

GUILLERMO A. BAVERA

AGUAS Y AGUADAS

PARA EL GANADO

4ª Edición

Ed. Imberti-Bavera

"E hizo Dios el firmamento, y separó las aguas que estaban debajo del firmamento, de aquellas que estaban sobre el firmamento. Y quedó hecho así"

Génesis, 1.7.

AGUAS Y AGUADAS
PARA EL GANADO

GUILLERMO ALEJANDRO BAVERA

Médico Veterinario UBA. Ex-Profesor Titular Efectivo de la Cátedra de Producción Bovina de Carne, ex-Director del Departamento de Producción Animal y ex-Profesor a cargo de la Cátedra de Clínica de Grandes Animales de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Ex -Profesor Titular de Zootecnia Especial I de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad del Centro (Río Cuarto). Productor Agropecuario. Ex-miembro CREA Morro II.

.

4ª edición

Edic. Imberti-Bavera
Río Cuarto
- 2011 -

Bavera, Guillermo Alejandro
Aguas y aguadas para el ganado. - 1a ed. - Rio Cuarto : Imberti-Bavera, 2011.
CD-ROM.

ISBN 978-987-27332-2-3

1. Ganado. I. Título.
CDD 636.2

Fecha de catalogación: 01/09/2011

Titulo: Aguas y aguadas para el ganado.
Autor: Méd. Vet. Guillermo Alejandro Bavera

Primera Edición, 1979.
Edit. Hemisferio Sur S.A.

Segunda Edición, 2001.
© Autor.

Tercera Edición, 2009.
© Autor.

Cuarta Edición, 2011.
© Autor

Reservados todos los derechos de la presente edición para todos los países. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente por ningún método grafico, electrónico, mecánico o cualquier otro, incluyendo los sistemas de fotocopia y fotoduplicación, registro magnetofónico o de alimentación de datos, sin expreso consentimiento del autor.

El logo de tapa y parte de los dibujos interiores fueron realizados por el Constructor Nacional Carlos H. Huergo; otros dibujos interiores fueron escaneados de folletos provistos por empresas industriales, comerciales y agropecuarias y entidades agropecuarias y de fotografías tomadas por miembros de la Cátedra de Producción Bovina de Carne de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

Impreso en la Argentina
Printed in Argentina

Hecho el depósito que prevé la ley 11.723

Distribuidor:
Guillermo A. Bavera, General Paz 359, X5800ACG, Río Cuarto, provincia de Córdoba, Argentina.
Teléfono: 54 - 0358 - 4640292
E-mail: gbavera@produccion-animal.com.ar

Este libro se terminó de imprimir en el mes de septiembre de 2011 por el autor.
.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración e informaciones brindadas en la actualización de este libro a:

CARLOS PEÑAFORT

Médico Veterinario. Jefe de Trabajos Prácticos de la Cátedra de Producción Bovina de Carne de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Ex-asesor del CREA Valle del Conlara. Coordinador Técnico Región Centro AACREA.

EDUARDO BAGNIS

Médico Veterinario. Jefe de Trabajos Prácticos de la Cátedra de Producción Bovina de Carne de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Productor agropecuario. Presidente de la Sociedad Rural de Río Cuarto.

FEDERICO CÉSAR DOGI

Médico Veterinario UNRC. Especialista en Reproducción Bovina IRAC-UCC. Ex-Ayudante de la Cátedra de Reproducción e Inseminación Artificial de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Profesión libre.

FRANCISCO PEDRO BAVERA

Analista de Sistemas y Licenciado UNRC. M.Sc. en Ciencias de la Computación Univ. de la República (Uruguay). Profesor Adjunto del Área de Computación de la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

JUAN CARLOS SÁNCHEZ

Ingeniero Agrónomo. Dr. en Producción Animal. Profesor Adjunto Efectivo de la Cátedra de Producción de Leche de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto

---

ESTA OBRA ESTÁ DEDICADA

A mi esposa	Martha
A nuestros hijos	María Josefina, Federico Guillermo, Francisco Pedro y Patricio Armando.
A nuestros nietos	María Paz, Guillermo, Benjamín, Agustín y Sol Carolina.

ÍNDICE GENERAL

Índice general 5
Prólogo a la primera edición 11
Prólogo a la segunda edición 11
Prólogo a la tercera edición 12

CAPÍTULO I: EL AGUA EN EL ORGANISMO ANIMAL

Porcentaje de agua en el organismo 13
Fuentes de obtención del agua 14
Distribución 15
Funciones 17
- Solvente 17
- Medio 17
- Transporte 17
- Hidrólisis 17
- Regulación de la temperatura 17
- En los órganos de los sentidos 18
- Lubrificante y amortiguador 18
- Intercambio de gases 18
- Excreción 18
- Secreción láctea 19
- Reproducción 19

Acción de beber 19
Regulación de la ingestión de agua 19
Equilibrio hídrico 20
Equilibrio ácido-base 21

CAPÍTULO II: CONSUMO DE AGUA

Factores que afectan el consumo 23
Factores biológicos 23
- Calor producido 23
- Tasa metabólica 23
- Especie y raza 23
- Variación individual 24
- Estado fisiológico 25
  - Terneros 25
  - Animales jóvenes 25
  - Vacas gestantes 25
  - Vacas lactantes 25
- Estrés 26
- Edad 26

Factores ambientales 27
- Temperatura ambiente 27
- Humedad ambiente 28

Factores de la dieta 28
- Cantidad de materia seca consumida 28
- Naturaleza del alimento 28
- Temperatura del agua de bebida 29
- Contaminación del agua 31
- Disponibilidad del agua 31
- Sales en el agua 31
- Interacción salinidad agua-calidad alimentos 32

Conclusión 34
Alteraciones del consumo 36
- Consumo deficiente 36
- Consumo excesivo 37

Hábitos de abrevado 37
- En general 37
- En ganado de carne 38
- En ganado lechero 40

Consumos de agua en establecimientos agropecuarios 41
Agua y alimentos 41

CAPÍTULO III: EL AGUA SUBTERRÁNEA

Ciclo hidrológico 43
Distribución del agua subterránea 45
Origen de las aguas subterráneas 47
Intrusión marina 48
Comportamiento dinámico 49
Hundimiento del suelo 49
Tipos de napas acuíferas 49
- Napa freática, primera napa o acuífero libre 50
- Napa freática colgada 50
- Napa artesiana, cautiva o confinada 51
- Napa o acuífero semiconfinado 51

Recarga natural de las napas 51
- Napa freática 51
- Napa artesiana 53
- Vínculos agua superficial-agua subterránea 53

Forestaciones industriales 54

CAPÍTULO IV: SUSTANCIAS CONTENIDAS EN EL AGUA

Las sustancias contenidas en el agua 55
- Metales 55
- No Metales 55
- Sales no incrustantes 56
- Sales y óxidos incrustantes 56
- Gases disueltos 56
- Contaminaciones 56

Causa de la carga de sustancias en el agua 57
- Agua de lluvia 58
- Aguas superficiales 58
- Aguas sub-alveas 59
- Aguas subterráneas 59
- Aguas que atacan o corroen los metales y el cemento 63
- Factores más comunes que favorecen la contaminación de las perforaciones 64
- Contaminadores más frecuentes del agua subterránea y fuentes de contaminación 64
- Eutrofización 65
- Toxinas 65
- Hidrocarburos 68
- Plaguicidas o fitosanitarios 69
- Metales pesados 71

Hipoclorito 71
Componentes potencialmente peligrosos de productos caseros….. 71
Lluvia ácida 73
Cenizas volcánicas 74
Microorganismos patógenos 75
Parásitos 76

CAPÍTULO V: UNIDADES EMPLEADAS EN SALES EN EL AGUA Y EN INSTALACIONES DE AGUADAS

Unidades empleadas en sales en el agua 79
Unidades de peso 79
Unidades de volumen 79
Unidades de concentración 80
Factores de conversión de mg/l a meq/l y de meq/l a mg/l 81
Concentración en porcentaje 81
Conductividad eléctrica o específica (C.E.) 82
Grados de dureza o hidrotimétricos (gh) 82
Conversión de grados de dureza 83
Equivalencias y conversiones de unidades de peso y concentraciones.... 83
Unidades empleadas en aguadas 84
Equivalencias pie-metro y pulgada-centímetro 85
Conversiones de unidades de longitud 85
Equivalencias de volumen del sistema métrico decimal empleado en aguadas... 85
Conversiones de unidades de volumen 85
Medidas de superficie 86
Fórmulas de superficie y volumen mas empleadas en aguadas 86
Medidas de fuerza 86
Medidas de presión 86
Medidas de temperatura 86

CAPÍTULO VI: EFECTO DE CADA UNA DE LAS SALES DEL AGUA EN EL ORGANISMO ANIMAL

Efecto de cada una de las sales del agua en el organismo animal 87
Bicarbonatos y carbonatos 87
Cloruros 88
Sulfatos 89
Sodio 91
Potasio 91
Calcio 92
Magnesio 92
Arsénico 92
Arsénico en el ser humano 95
Fluoruros 97
Flúor en el ser humano 101
Nitratos, nitritos, amonio y amoníaco 101
Nitratos y nitritos en el ser humano 104
Sulfuros y gas sulfhídrico 104
Fosfatos 105
Bromuros 105
Yoduros 105
Cinc 106
Cinc en el ser humano 107
Plomo 107
Plomo en el ser humano 108
Cobre y molibdeno 108
Silicio 111
Hierro 111
Manganeso 112
Boro 113
Selenio 113
Vanadio 113
Litio 114
Estroncio 114
Aluminio 114
Mercurio 114
Mercurio en el ser humano 115
Cadmio 115
Cadmio en el ser humano 115
Uranio 116
Antimonio 116
Cromo 116
Niveles de seguridad 117

CAPÍTULO VII: EFECTO DE LAS SALES TOTALES DEL AGUA EN EL ORGANISMO ANIMAL

Efecto por exceso de las sales totales del agua en el organismo animal 119
Intoxicaciones por agua salina 122
Contribución de las sales del agua a la nutrición animal 123
Aguas que benefician la producción o "engordadoras" 123
Conclusión 126
Aguas no engordadoras 126
Cálculo de la cantidad de cada mineral que aporta a la dieta el agua de bebida 126
Calcio 127
Sodio 127
Magnesio y azufre 127
Yodo, cinc, cobre, hierro, manganeso 127
Porcentaje de cada mineral que aporta el agua de bebida con respecto a los requerimientos diarios 128
Aguas deficientes en sales 130
Suplementación mineral incorporada en el agua de bebida 130
Tenores máximos de sales totales 131
Clasificación de las aguas para bebida de bovinos según su salinidad 132
Clasificación del agua de bebida para distintas especies en el oeste de Australia 134
Calidad del agua para cerdos 134
Tenores máximos de sales para consumo humano .. 135
Código Alimentario Argentino 135
Otras informaciones para el hombre 138

CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS DE AGUA PARA GANADO E INTERPRETACIÓN

Determinación del contenido salino....139
Por medio del gusto y/o de la observación....139
Salímetro....140
Conductividad específica o eléctrica (C.E.)....141
Medidores del total de sólidos disueltos y temperatura del agua....142
Medidores de pH....143
Análisis químico de agua....143
Toma de muestras....144
Protocolo tipo para análisis de agua de bebida para ganado....145
Identificación....147
Análisis físico....147
Color....147
Olor....148
Sabor....148
Turbiedad....148
Análisis químico....149
I: Determinaciones básicas....149
Residuo seco a 105º C....149
Determinación de iones....150
Aniones....150
Cationes....150
II: Determinaciones complementarias....150
A: Por conocimiento o sospecha....150
B: Por tratamientos del agua....150
pH....151
Acidez....151
Alcalinidad....151
Alcalinidad debida a carbonato y bicarbonato...153
Dureza total o grado hidrotimétrico...153
Iones antagonistas con herbicidas....154
Dureza permanente o persistente....154
Dureza temporaria, transitoria o accidental...154
III: Control del análisis....155
IV: Combinaciones hipotéticas....155
Ejemplo del procedimiento para determinar las combinaciones hipotéticas....158

CAPÍTULO IX: TIPOS DE AGUADAS

Clasificación de las aguadas....163
Aguadas naturales....164
Agua vertiente....164
Agua viva....167
Agua muerta....169
Aguadas artificiales....170

CAPÍTULO X: DETECCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Detección del agua subterránea....171
Método geológico....171
Método o prospección geoeléctrica....172
Radiestesia....174
Inventario de pozos existentes....177
Indicios de superficie....178

CAPÍTULO XI: ACCESO AL AGUA SUBTERRÁNEA

Introducción....179
Pozo....167
Pozo cribado, barrenado, radial, con colectores horizontales, perforaciones radiales o ranney....171
Jagüel....173
Perforación....177
Empleo de explosivos en perforaciones....181
Determinación del espesor de la napa en una perforación....181
Endoscopía con videocámara para perforaciones....182
Pozo y perforación....182
Campana....183
Encamisado o entubado....183
Caños de filtro....184
Pozo perforado a chorro....186
Pozo taladrado....186
Perforación horizontal....187
Caja de captación en manantiales....189
Captación de agua en laderas....191
Zanjas colectoras o de percolación....193
Galerías de captación o filtración....194
Qanat o foggaras....196

CAPÍTULO XII: MECANISMOS PARA EXTRAER, ELEVAR Y/O TRASLADAR AGUA

Introducción....213
Mecanismos primitivos que se emplearon en la Argentina....213
Mecanismos en uso actualmente....215
Mecanismos de extracción, elevación y/o traslado de agua por aspiración....215
Altura de succión o aspiración....216
Bombas volumétricas alternativas de émbolo....217
Cilindros con varilla central....217
Pulmón para el cilindro....221
Cilindros con varilla exterior al caño....221
Embolo tipo calcú....222
Bomba de aljibe o bomba sapo....223
Bomba elevadora....223
Cilindro doble efecto....224
Bomba volumétrica alternativa de diafragma....225
Bombas rotativas....226
Bombas centrífugas....226
Bombas centrífugas horizontales....227
Bombas centrífugas verticales....228
Bombas centrífugas tubulares....229
Electrobomba sumergible....230

Bombas sumergibles portátiles 233
Bombas que sacan arena.....234
Problemas de mal funcionamiento ajenos a las bombas 234
Bombas que no aspiran 234
Bombas que no rinden adecuadamente 235
Cebado.....235
Mecanismos de extracción, elevación y/o traslado de agua por transporte.....235
Balde volcador 235
Noria a cangilones.....237
Noria a rosario 237
Bomba de soga o de mecate.....238
Rueda elevadora, azud o azuda 239
Mecanismos de extracción, elevación y/o traslado de agua por columna de agua.....240
Surgentes y semisurgentes.....240
Acueductos 242
Sifón o sifón móvil.....242
Sifón intermitente.....244
Ariete hidráulico o bomba de ariete.....245
Bomba de aire comprimido 251
Bomba de eyector, a chorro o de inyección.....252
Mecanismos de extracción y traslado de agua por captación aérea 255
Captanieblas, atrapanieblas, colectores de brumas o nieblómetros 255

CAPÍTULO XIII: MECANISMOS QUE TRANSMITEN ENERGÍA PARA EXTRAER Y ELEVAR AGUA

Molino.....257
Historia 257
Descripción y funcionamiento de la máquina 258
Rueda de eje horizontal 259
Mecanismo de transmisión 260
Mecanismo de orientación y cierre.....262
Reguladores de velocidad.....263
Varilla de bombeo 265
Caño de elevación y descarga.....266
Varilla de bombeo exterior al caño 266
Contrapesos de la varilla de bombeo 266
Repuestos 267
Torre 267
Pararrayos en la torre 270
Caudales aproximados y diámetros de caños, cilindro y varilla en molinos 271
Problemas y soluciones en el molino 272
Elección del molino.....273
Automáticos para cierre de molino 274
Automático fuera de la torre 274
Automáticos para cierre y apertura de molinos.....275
Automático a sifón fuera del caño de elevación.....275
Automático a sifón sobre el caño de elevación 276
Automáticos a tubo flexible.....276
Automático a palanca y cremallera 277
Traslado de agua a distancia por gravedad por medio del molino.....278
Traslado de agua a distancia con reducido desnivel por medio del molino 278
Extracción e impulsión simultánea a altura de agua por medio del molino 279
Eolobomba.....282
Molinos de viento de eje vertical 282
Panémona 283
Savonius 284
Darrieus.....285
Molino vertical de alas batientes.....285
Cabezales de bomba.....286
Bomba pie de molino 286
Bombeador y motobombeador 286
Bombeador doble efecto 287
Cabezal para grandes profundidades.....288
Auxiliar de molino 288
Bombeador con martinete a cable o tipo petrolero..... 289
Instalación de dos cilindros con un solo caño chupador 290
Instalación de un cilindro con dos caños chupadores.....291
Malacate.....291
Rueda manual.....292
Rueda hidropulsada, hidráulica o riobomba 293
Turbobomba 295
Motores de combustión interna.....295
Automático para detención de motores nafteros ..296
Motores eléctricos 297
Consumo en motores 297
Reguladores automáticos de nivel de agua.....297
Toma de potencia de tractor 299
Polea de tractor.....299
Energía solar, fotovoltaica (FV) o generación eléctrica solar (GES) 300
Microturbinas 303
Rueda o microturbina Pelton 304
Aerogenerador, generador eólico o aerocargador.....306

CAPÍTULO XIV: DEPÓSITOS DE AGUA

Depósitos de agua 309
Clasificación.....309
Tomas de agua para depósitos abiertos.....310
Evaporación 311
Aprovisionamiento por aguas vivas 312
Embalse 312
Aprovisionamiento por aguas vivas y/o de lluvia . 314
Estanque o represa en superficie o atajado 314
Estanque excavado o represa excavada... 315
Aprovisionamiento por agua de lluvia.....316
Represa tradicional o primitiva 316
Represa o estanque excavado simple..... 317

Represa o estanque excavado simple mejorado 318
Minirepresa en cárcava 318
Represas o atajadas en cañadas, ríos muertos y paleocauces 319
Tajamar 319
Capacidad 320
Ubicación 321
Orientación y diseño 322
Construcción 322
Terraplén y taludes 325
Cierre del tajamar 326
Área de captación y canaletas de alimentación, regueras, canales robadores o encauzadores 327
Pileta de decantación, desarenador, prerepresa, trampa o decantador de sedimentos 329
Vertedero, aliviadero o desagüe de emergencia o de máximas 330
Extracción del agua 331
Mantenimiento de los tajamares, embalses, estanques y represas 333
Tanque chaco o megarepresa 333
Colector pluvial o trampa para lluvia 337
Preparación del terreno 337
Construcción 337
Pequeños depósitos naturales 339
Aprovisionamiento por agua subterránea 340
Embalse subterráneo 340
Tanques 341
Tanque australiano 341
Construcción del terraplén y armado del tanque 344
Piso 346
Revestimiento de tanques de chapa en zonas de aguas salobres 347
Soluciones a las pérdida de agua en los tanques 348
Tanque de ladrillos 349
Tanque con paredes de tierra 350
Tanque de cemento armado construido en el lugar 351
Tanque australiano con bebedero 352
Pequeño tanque bebedero o bebedero circular gigante o charca 352
Los árboles y las aguadas 353
Tanque cubierto 355
Tanque cubierto con bóveda y bebedero 356
Coberturas flotantes para tanques 357
Protección de aguadas en zonas de escorrentía y circuladores de hacienda 358
Métodos de impermeabilización en represas, estanques, tajamares y tanques chaco 359
Compactación por maquinaria 359
Pisoteo por hacienda 359
Tierra arcillosa 359
Suelo cemento 360
Geomembranas impermeables (plásticos) 360
Asfalto 364
Láminas metálicas 364
Sustancias químicas impermeabilizantes 364
Curado del concreto o cemento 365
Depósitos para abastecer a la población y a la hacienda con un solo equipo 366
Tanques plásticos 368
Peces en los depósitos de agua 368

CAPÍTULO XV: BEBEDEROS, BEBIDAS O ABREVADEROS

Bebederos, bebidas o abrevaderos 371
Bebederos en feedlot 378
Bebederos en tambos 379
Brazos con flotantes y válvulas 380
Bebederos portátiles 382
Empleo en campos sin aguadas o aguadas de mala calidad 382
Empleo en situaciones de emergencia 382
Empleo rutinario en pastoreo rotativo 383
Tanque o cisterna con bebederos montados sobre chasis con ruedas 387
Bebedero individual automático 390
Control de los bebederos 391
Bebederos para ciervos colorados 391
Instalación para ordenar el acceso a una aguada natural 392

CAPÍTULO XVI: CAÑERÍAS

Cañerías 393
Metálicas 393
Acero galvanizado 393
Accesorios más comunes 394
Latón o hidrobronz 396
No metálicas 396
Fibrocemento 396
Plásticos 396
Policloruro de vinilo o PVC 397
Accesorios mas comunes 399
Unión de PVC 400
Unión de PVC con acero 402
Unión de PVC con asbesto cemento 402
Unión de PVC - polietileno 403
Instalación de PVC rígidos 403
Polietileno 403
Accesorios más comunes 405
Transporte y estibado 406
Unión 406
Otro tipo de tubos polietileno 408
Instalación de tubos de polietileno 410
Golpe de ariete 411

Golpe de ariete inverso 413
Sistema presurizado o hidroneumático 413
Medición del caudal de una cañería 415
Aforo volumétrico o medición directa 415
Aforo por trayectoria 416
Aforo por regla 416
Caudalímetro ultrasónico 418
Acequias o canales 418
Aforo en agua corriente 418

CAPÍTULO XVII: UBICACIÓN Y MANEJO DE AGUADAS Y PASTURAS

Ubicación y manejo de aguadas y pasturas 421
Aguadas y efectos colaterales 421
Aguadas y costo energético del caminar 421
Conclusiones 422
Ubicación de las aguadas 422
Ubicación de los molinos 424
Aguadas y manejo de pasturas 425
Aguadas naturales 425
Generalidades 425
Pasturas naturales y cultivadas en regiones áridas y semiáridas 426
Importancia de la densidad del monte y arbustos en la distancia a la aguada 429
Beneficios de una segunda aguada 430
Aguadas en zona de sierra 433
Aguadas en pastoreos rotativos 433
Pastoreo con cierre temporal de las aguadas... 434
Aguadas en vacas lecheras en producción 434
Aguadas y fertilidad de los suelos 436
Aguadas y manejo de la hacienda 437
Buitrones 437
Repunte 438
Pediluvios 439
Tratamientos 439
Empleo de dosificadores 439

CAPÍTULO XVIII: INSTALACIONES PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

Instalaciones para el mejoramiento y/o mantenimiento de la calidad de las aguas 443
Chupador araña o patas de araña 443
Molinos múltiples 444
Molinos en lomas arenosas 444
Pozo con chupador flotante 445
Tanques cubiertos 446
Bebidas y cañerías reparadas del sol y heladas 447
Tanques profundos 447
Depósitos de agua con salida flotante 448
Recarga o alimentación artificial de napas pobres y/o salinas 448
Encamisado o entubado 453
Brocal y tapa de pozo 453
Nueva perforación 454
Perforaciones abandonadas 454
Mezcla de aguas 455

CAPÍTULO XIX: TRATAMIENTOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA

Tratamientos para mejorar la calidad del agua 457
Sedimentación de sustancias en suspensión 457
Sedimentación simple o natural 457
Sedimentación artificial o coagulación 458
Filtración 458
Tratamiento a la cal y soda en frío 458
Química del proceso 458
Instalaciones 459
Cálculo de los reactivos 459
Permutación iónica 461
Proceso por zeolita de hidrógeno 462
Proceso por zeolita de sodio 462
Resinas sintéticas intercambiadores de iones 463
Ósmosis inversa o ultrafiltración 463
Destilación 465
Tratamiento magnético 466

CAPÍTULO XX: MANEJO DEL GANADO EN AGUAS SALINAS

Manejo del ganado en aguas salinas 467
Manejo general de la hacienda y de las aguadas salobres 467
Tratamientos preventivos y manejo del ganado para nitratos y nitritos 468
Tratamientos preventivos y manejo del ganado para el arsénico 468
Tratamientos preventivos y manejo del ganado para flúor 469
Tratamientos preventivos y manejo del ganado para los sulfatos 470
Tanino 470
Almidón 471
Suplementación mineral 471

CAPÍTULO XXI: CÁLCULO DE AGUADAS

Calculo de aguadas 473
Capacidad del deposito 473
Calculo del mecanismo de extracción y elevación y de transmisión de energía 474
Molino 474
Bombas que no dependen del viento 475
Cálculo del bebedero 476
Pérdidas de carga 476
Cálculo de la cañería al bebedero 480
Selección de bombas centrífugas 482

BIBLIOGRAFÍA 487

PRÓLOGO A LA PRIMERA EDICIÓN

Los problemas que sobre aguas y aguadas para bovinos surgen en la práctica profesional, las consultas de productores, la necesidad en muchos campos de mejorar las aguadas como paso primordial para aumentar la receptividad, el interés de los alumnos y la inexistencia de una obra sobre el tema adaptada a nuestras condiciones de explotación bovina, nos han motivado para la realización de este trabajo.

Se ha tratado de dar al mismo un enfoque eminentemente práctico, en base a fundamentos científicos, dirigido a los profesionales y técnicos del agro, estudiantes y productores, y si bien está orientado a la explotación bovina, sus principios son aplicables a otras especies domésticas.

El agua en el organismo animal, el consumo de agua y el ciclo hidrológico son capítulos introductorios cuya lectura podrá obviarse de acuerdo a la formación básica del lector.

Los efectos de las sales del agua en el organismo animal, su determinación e interpretación, son temas a los que hemos concedido fundamental importancia, dadas las divergencias existentes sobre los mismos.

En los mecanismos de extracción y elevación de agua, transmisión de energía y depósitos de agua, pretendemos efectuar un ordenamiento sobre el tema, explicando su funcionamiento, ventajas y desventajas de cada uno, incluyendo los más antiguos si aún se encuentran en uso en el país, y los más modernos, aún cuando apenas comiencen a emplearse. El planteamiento se hace de manera que puedan ser elegidos los que más se adapten a cada zona y caso particular.

En los temas anteriores y en mejoramiento de aguas nos referimos únicamente a aquellos sistemas y obras que pueden ser encarados en forma rentable por el productor. No incluimos los que por su magnitud sólo pueden ser llevados a cabo por el Estado Nacional o por los Gobiernos Provinciales, y que pueden solucionar de raíz los problemas de aguas escasas o salinas en amplias zonas, como pueden ser el acueducto del Paraná hacia la zona central del país, la reactivación del riacho El Porteño, en Formosa, la recarga artificial de acuíferos en el valle del Tulum, en San Juan, o las sueltas de agua del río Atuel para el oeste de La Pampa, entre otras en estudio o ejecución.

El manejo y cálculo de aguadas son otros problemas que muchas veces, por no tenerse en cuenta, malogran un esfuerzo económico del productor o no le reditúan las ganancias que debiera.

No pretendemos haber agotado materia tan amplia como la encarada. Por ello solicitamos del lector el aporte de sus puntos de vista y experiencias personales sobre el tema, ya que es nuestro deseo poder reunir mayor información teórica y práctica referente a los distintos tópicos tratados.

El fin que nos hemos propuesto es contribuir a perfeccionar y difundir las soluciones a los distintos problemas suscitados por las aguas y aguadas. Si esta obra obtiene aunque sea en parte esto, habrá logrado su objetivo.

Guillermo A. Bavera, Eduardo E. Rodríguez, Héctor A. Beguet,
Oscar A. Bocco y Juan Carlos Sánchez
1979

PRÓLOGO A LA SEGUNDA EDICIÓN

Por la situación actual de las fuentes de agua a nivel nacional y mundial es interesante destacar algunos conceptos vertidos en las Conclusiones Técnicas del Segundo Encuentro de las Aguas organizado por el I.I.C.A. en Montevideo, Uruguay, fechadas el 18 de junio de 1999:

- En el medio rural el agua destinada al consumo animal es la misma que usan los productores rurales, lo que aumenta la responsabilidad técnica a la hora de solucionar los problemas, ya que no solo se trata de salud animal o riesgos para la producción sino también de salud humana.
- Implementar medidas concretas que contemplen la vulnerabilidad de los acuíferos, desde el punto de vista cuanti y cualitativo.
- Disponer de los mecanismos necesarios tendientes a lograr una óptima calidad del agua utilizable por el sector primario en toda la cadena agroalimentaria, que permita la obtención de un producto final acorde con los requerimientos del comercio internacional.

- Dada la importancia que está tomando la contaminación por los efluentes de las agroindustria y de las ciudades en zonas rurales, se debería aplicar la tecnología disponible, que minimice el impacto ambiental, de modo que el agua vuelva a recuperar su calidad antes de reintegrarse al ciclo hidrológico.
- Coordinar en forma adecuada la acción de los distintos organismos con competencia en el tema de los recursos hídricos; promoviendo la integración de equipos de trabajo interinstitucionales e interdisciplinarios, evitando así la superposición de esfuerzos.

Con la intención de colaborar muy modestamente en el cumplimiento de las intenciones de este Encuentro de las Aguas, he efectuado una extensa actualización, corrección, reordenamiento, ilustración, incorporación de nuevos tópicos y profundización de otros de la primera edición de este manual. A pesar de ello, sigue siendo un texto perfeccionable y limitado dada la importancia y amplitud del tema.

Es un libro al servicio de profesionales, técnicos, estudiantes agrotécnicos y universitarios, productores agropecuarios, administradores, mayordomos, comisionistas rurales y de toda aquella persona que deba informarse para la toma de una mejor decisión en el campo del agua de bebida y de las aguadas para el ganado.

Es de desear que esta edición tenga la misma aceptación y utilidad de la primera.

Bienvenidas todas las críticas, opiniones, sugerencias, experiencias y consultas que los lectores deseen realizar. Son importantes y deseados aportes que enriquecerán nuestros conocimientos y a futuras ediciones.

Guillermo A. Bavera
2001

PRÓLOGO A LA TERCERA EDICIÓN

La profunda intensificación de la producción agropecuaria ocurrida en los últimos años, ha llevado a que en la ganadería deban considerarse factores muchas veces poco atendidos, entre ellos la provisión de agua de calidad en cantidad adecuada en lugares apropiados.

Una restricción en el consumo ad líbitum de agua respecto de lo que el animal requiere redunda en una merma de la producción respecto al potencial existente. Es imprescindible valorizar el papel del agua como nutriente para el animal y el manejo del agua en el sistema de producción como herramienta que garantice un consumo acorde a los requerimientos. La consecuencia directa será una potencialización del impacto productivo de las otras técnicas que se estén aplicando.

El costo, a veces alto, de construir en un campo aguadas buenas y seguras aún en épocas de seca, se amortiza en pocos años al aumentar la producción. Un campo sin aguadas seguras incrementa fuertemente su valor cuando se lo provee de éstas.

Es por ello que el tema de las aguas y aguadas para el ganado cobra cada vez mayor importancia, dado que errores en su implementación pueden anular el efecto de otras inversiones y de las técnicas aplicadas.

Es nuestro único deseo que esta obra continúe siendo útil al productor ganadero.

Guillermo A. Bavera
2009

Nota: Esta 4ª edición es una actualización de la anterior y dado el poco tiempo transcurrido, siguen vigentes los conceptos vertidos en el prólogo de la misma.

Contacto:
Correspondencia: General Paz 359, (X5800ACG) Río Cuarto, provincia de Córdoba, República Argentina.
E-mail: gbavera@produccion-animal.com.ar
Mayor información: www.produccion-animal.com.ar

"...los novillos argentinos se producen con agua, aire y viento".

Molina, Jorge S. 1986. Tranqueras Abiertas, El Ateneo, Bs. As.

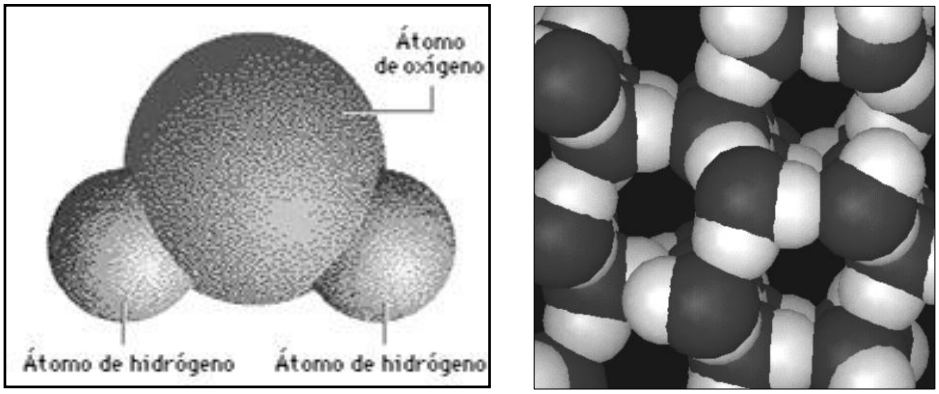
CAPÍTULO I

EL AGUA EN EL ORGANISMO ANIMAL

PORCENTAJE DE AGUA EN EL ORGANISMO

El agua es el compuesto químico más abundante en la superficie de la tierra. Se compone de dos elementos: hidrógeno y oxígeno, combinados en la proporción de dos átomos de hidrógeno por cada átomo de oxígeno:

$$2\ H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$$



Figuras 1-1.- a) Molécula de agua; b) Agua.

Sin embargo, el agua natural que conocemos no es estrictamente así, ya que debido a su gran capacidad disolvente, toda el agua que se encuentra en la naturaleza contiene diferentes cantidades de diversas sustancias en solución y hasta en suspensión, lo que corresponde a una mezcla.

En la evolución de la vida en nuestro planeta, una inmensa variedad de especies acuáticas tomaron hábitos terrestres, mientras otras formas vivientes continuaron su evolución sin cambios en su existencia acuática. Pero en ambos grupos, los procesos vitales internos siempre se cumplen en un medio acuoso, ya que el agua es el elemento más importante del protoplasma celular.

El agua constituye aproximadamente las dos terceras partes de la masa total del organismo de los mamíferos, pero existen variaciones de concentración en los distintos tejidos. La sustancia gris del cerebro alcanza la máxima concentración de agua, conteniendo un 85 %, la sangre un 79 %, el esqueleto un 22 %, la grasa un 15 %, la dentina un 10 % y el esmalte dentario, el tejido más duro del cuerpo, solo un 0,2 %.

La especie, la edad y la cantidad de grasa existente en los tejidos son factores que afectan el porcentaje de agua en el organismo.

Cuanto más joven y activo es el organismo, mayor es la proporción de agua. En los mamíferos, la mayor concentración se presenta en la fase fetal, alcanzando en el embrión un valor del 95 %; luego hay una rápida declinación hasta llegar a un nivel más constante después de los 5-10 meses de edad.

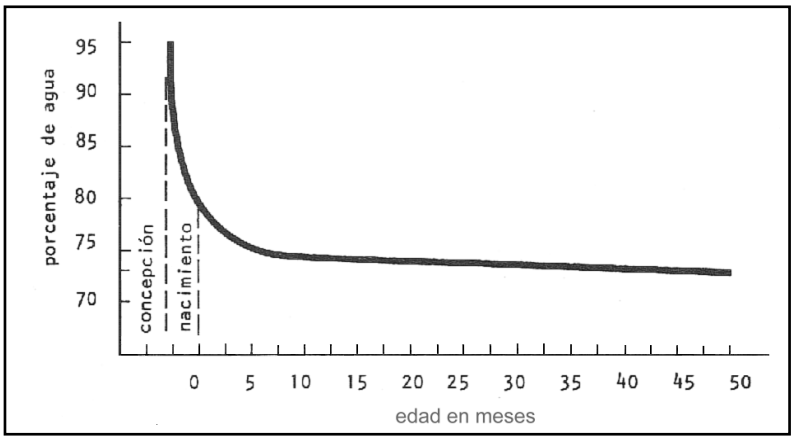


Figura 1-2.- Relación entre edad y contenido acuoso

El tejido adiposo contiene muy poca agua. Por lo tanto, el porcentaje de agua en un animal gordo es menor que en uno magro, pero siempre mayor del 50 %. En animales muy magros, el agua puede alcanzar un 73 %.

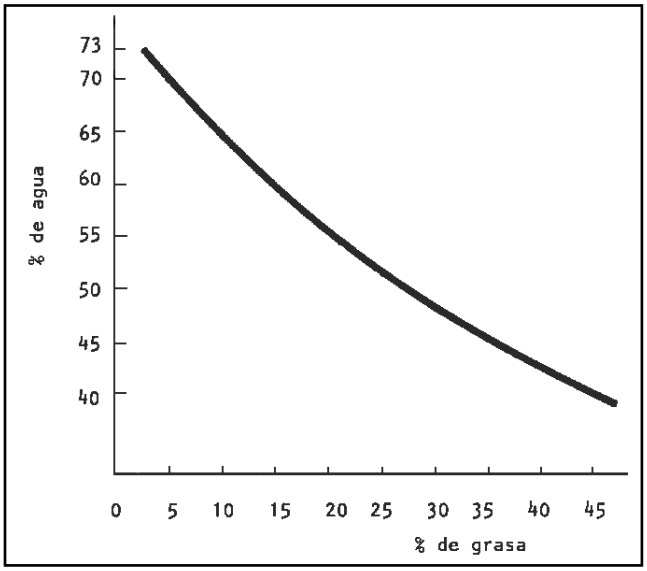


Figura 1-3.- Relación entre porcentaje de grasa y contenido acuoso

Los animales superiores sometidos a ayuno pueden soportar la pérdida total de su grasa y tolerar una disminución cercana a la mitad de la proteína corporal sin comprometer la vida. La pérdida de una quinta parte de su contenido acuoso puede ocasionarles la muerte por deshidratación, lo que evidencia la importancia del agua en la existencia y actividad de los animales. Por ello, se debe considerar el agua no solo como un alimento del animal, sino como su principal alimento y nutriente.

FUENTES DE OBTENCIÓN DEL AGUA

Las fuentes de obtención del agua para cubrir las necesidades del animal son:

- Agua abrevada voluntariamente.
- Agua libre presente en o sobre los alimentos.
- Agua de oxidación metabólica de los alimentos.
- Agua liberada en reacciones de síntesis, tales como uniones de aminoácidos para formar péptidos.
- Agua liberada en el catabolismo de los tejidos.

La importancia de estas diferentes fuentes de obtención varía según la especie y depende de la dieta, el hábitat y la capacidad para conservar el agua somática.

Tanto el agua contenida en los alimentos como la que se deposita sobre éstos por acción de fenómenos climáticos, están sujetas a un amplio margen de variación. Los valores pueden oscilar desde un 5-15 % en los alimentos secos (granos, henos, diferidos), alrededor del 50 % en los silajes y hasta un 80-90 % en algunos pastos tiernos. El agua contenida en las plantas en crecimiento varía con el grado de desarrollo, siendo mayor en estado vegetativo que en la fase reproductiva. Este agua de composición de los alimentos tiene una gran importancia ya que es una de las principales causas que regulan la necesidad de agua de bebida.

Aunque la mayor parte del agua consumida por el animal procede del abrevado o del alimento, existe otra fuente que es la del agua de oxidación metabólica. Cuando se oxida una molécula orgánica hay formación de dióxido de carbono y agua. La cantidad de agua liberada depende del número de átomos de hidrógeno y de su proporción en la sustancia que se oxida. Si se someten a combustión 100 g de grasa se liberan 100-110 g de agua. La misma cantidad de hidratos de carbono producen 55-60 g de agua y las proteínas solo 40 g. En conjunto, se calcula que el aporte es de 1 litro de agua por cada kg de materia orgánica digestible consumida, lo que supone hasta 16 litros de agua metabólica en raciones normales.

Este proceso que proporciona agua, impone también una pérdida adicional, ya que la oxidación determina un aumento de la respiración, eliminación de calor y excreción de orina. Por ejemplo, el producto final del catabolismo de las proteínas es la urea, la cual precisa abundantes cantidades de agua para su dilución y excreción. O sea que el agua producto de la oxidación de las proteínas no es suficiente para cubrir las necesidades metabólicas adicionales y por lo tanto el animal tiene que recurrir a los depósitos corporales de agua. Por otra parte, las grasas son compuestos mas oxidables que los hidratos de carbono, por lo que se precisa una mayor aireación pulmonar para proporcionar el oxígeno necesario. De esta forma, por la respiración, se pierde más agua cuando se ingieren grasas que cuando se consumen hidratos de carbono, por lo que estos últimos proporcionan mayor cantidad de agua neta que la grasa y las proteínas.

En ciertas condiciones fisiológicas, el agua metabólica cumple una función importante en la economía hídrica de los animales, pudiendo constituir entre el 5 y 10 % del consumo total de agua.

De todas estas fuentes de obtención de agua por el animal, la más importante por su volumen y la que más efecto tiene en la producción animal es la abrevada voluntariamente.

DISTRIBUCIÓN

El agua que posee el organismo se halla distribuida en distintos compartimentos. Las dos divisiones principales son el fluido intracelular y el fluido extracelular.

Cuantitativamente, el agua intracelular representa el 50 % del peso vivo, mientras que el agua extracelular el 20 %. El fluido extracelular se divide en plasma sanguíneo (en el interior del aparato circulatorio) y en líquido intersticial (en los espacios existentes entre las células). Parte del agua extracelular está compuesta por los líquidos sinovial, linfático, humor acuoso, pleural, pericárdico, peritoneal y cefalorraquídeo. El agua extracelular es la que variará más en caso de exceso o déficit temporal en el organismo, principalmente a nivel de los tejidos adiposo y muscular.

El rumen y la cavidad intestinal contienen una considerable cantidad de líquido, que aún hallándose fuera de los tejidos corporales puede incluirse al determinar el agua total del organismo.

Los fluidos circulan libremente por el organismo y se mantienen en un permanente equilibrio dinámico entre los distintos compartimentos, determinando un continuo intercambio entre ellos. La división del agua entre los compartimentos intra y extracelulares depende principalmente de la concentración y distribución de los electrolitos y proteínas existentes.

Los líquidos corporales como la sangre y el agua intracelular, tienen una concentración determinada y constante de cada ión. La concentración de cada ión y la influencia de sustancias orgánicas en suspensión contribuyen a formar lo que se denomina concentración osmótica de los líquidos corporales.

Como la concentración individual de cada ión es constante, la concentración osmótica de la sangre es también marcadamente constante. El agua de bebida con exceso permanente de sales hace aumentar la concentra-

ción osmótica de la sangre y otros líquidos corporales, y obliga al organismo a contrarrestar esa tendencia para el mantenimiento de la concentración osmótica normal, utilizando mecanismos que permiten la eliminación de sales y el mantenimiento del equilibrio.

Ante esta situación puede ser que el animal se sobreponga frente a un exceso de sales, aunque no se encuentre en un estado completamente normal, o, por lo contrario, que en el organismo se alteren algunas funciones fisiológicas, lo que se manifiesta en síntomas clínicos, como ser diarrea, inapetencia, insuficiente lactación, etc.

El pasaje de agua hacia el interior o exterior de las células, sin que varíe el volumen total en el organismo, puede ser tan perjudicial para el animal como la deshidratación real o la hidratación excesiva.

El agua del plasma sanguíneo tiene la función de mantener la comunicación con el medio externo, mientras el volumen elástico del compartimento del líquido intersticial le permite absorber toda variación transitoria del contenido acuoso orgánico.

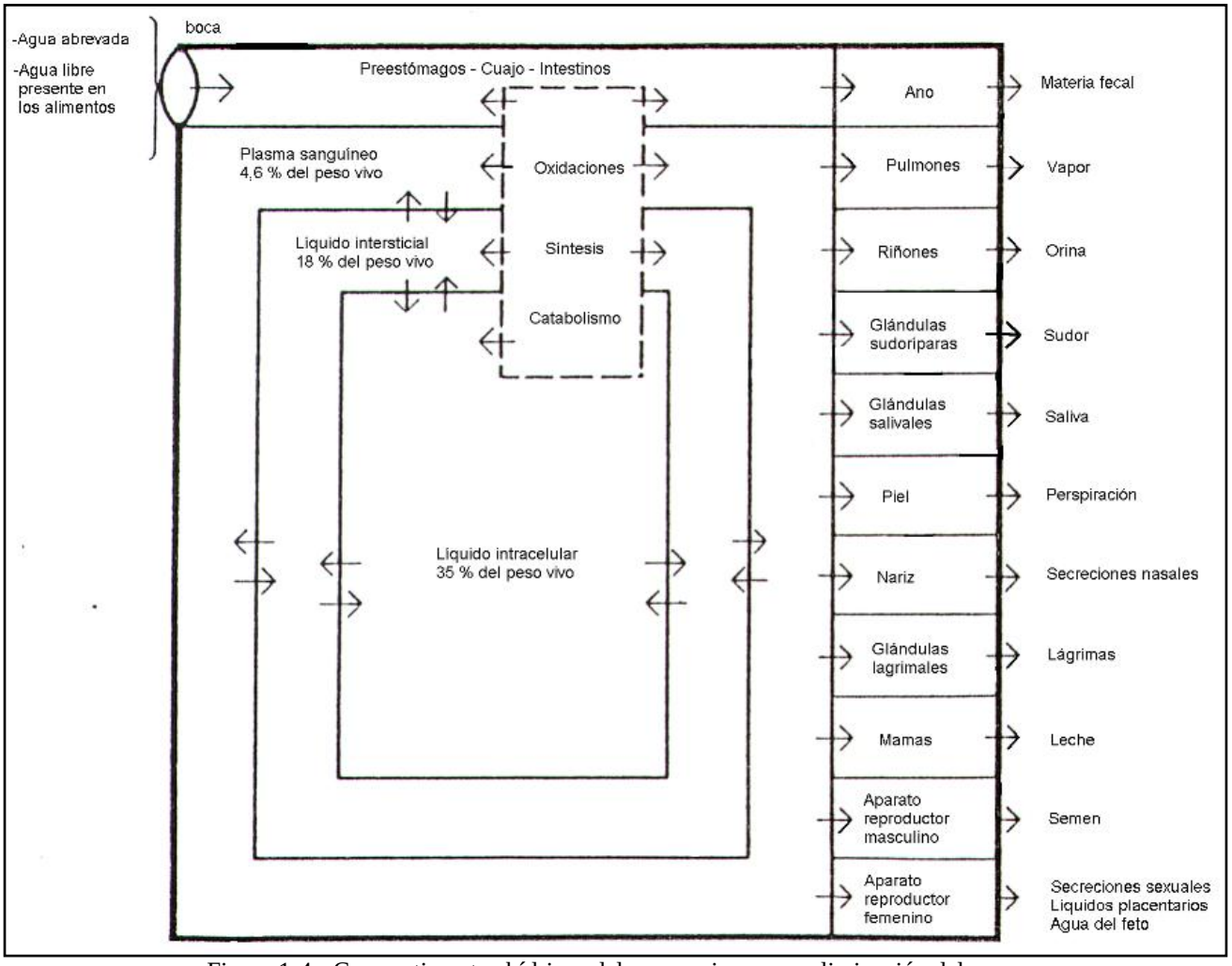


Figura 1-4.- Compartimentos hídricos del cuerpo; ingreso y eliminación del agua

El sodio es el catión principal del líquido extracelular. A su vez el potasio, magnesio y calcio son los cationes principales del interior de la célula.

La pérdida de cloruro de sodio del líquido intersticial deberá ir acompañada de una pérdida equivalente de agua para mantener isotónico el fluido restante, y el exceso de sodio en los espacios tisulares determinarán un aumento del volumen de agua por la misma razón. Por ser el sodio el constituyente mineral más importante del plasma sanguíneo, al variar su concentración provoca los cambios más notables en la presión osmótica. La

estabilidad de los fluidos corporales, en cuanto a volumen y composición, se basa en el contenido total de agua intracelular. Cuando el equilibrio de los fluidos del animal se ve sometido a una condición de estrés, el volumen y composición del compartimento intracelular se defiende intensivamente contra el cambio a expensas del espacio extracelular.

FUNCIONES

El agua es el compuesto químico que más funciones desempeña. Esto se debe a su poder solvente, a que químicamente es una sustancia neutra y a que la ionización de la mayoría de los materiales se realiza con mayor libertad en el agua que en cualquier otro medio.

Las funciones que cumple el agua en el organismo animal son las siguientes:

SOLVENTE

El protoplasma celular es una mezcla íntima de cristaloides (soles) y coloides (geles). El agua constituye el solvente de los cristaloides y el medio para la suspensión de los coloides. Son solubles en ella la mayor parte de las sustancias biológicas, excepto las grasas y algunas vitaminas.

MEDIO

Constituye un medio esencial para la digestión, absorción, metabolismo, secreción y excreción, procesos químicos y físicos que sólo pueden realizarse en un medio acuoso. Permite la actividad de la microflora y microfauna del rumen, pudiendo alcanzar el agua del mismo un peso equivalente al 15 % del animal. La asimilación de los alimentos, en forma disociada, se realiza a través de membranas. El tracto intestinal de los animales absorbe soluciones. Debido al poder disolvente del agua, las sales minerales se disocian en iones, es decir, partículas cargadas de electricidad que se mantienen separadas. Además, el agua constituye un solvente inerte, por cuanto no sufre modificación alguna por parte de la mayoría de las sustancias que en ella se disuelven.

TRANSPORTE

Representa el elemento vehiculizador de los nutrientes, residuos, hormonas, gases y otros materiales.

HIDRÓLISIS

Interviene en las rupturas hidrolíticas que se producen durante la digestión.

REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA

Mantiene un valor constante de la temperatura en todo el organismo. El agua por sí sola dispone de ciertas cualidades que son esenciales para la regulación de la temperatura corporal:

- El calor específico del agua (1 cal/g), es considerablemente superior al de cualquier otro líquido o sólido. Esto quiere decir que es el líquido que mayor cantidad de calor absorbe antes de elevar su temperatura y que para pasar del estado líquido al gaseoso requiere gran cantidad de calorías sin que su temperatura se eleve. Estos atributos permiten regular la temperatura corporal, hecho fundamental, pues la temperatura del organismo no debe oscilar mayormente. Los músculos, al actuar, descargan grandes cantidades de calor, lo mismo que hacen los órganos digestivos y las fermentaciones. El calor generado por todas estas fuentes podrían provocar la coagulación de las proteínas, pero el agua de los tejidos, al absorber una elevada carga de calor sin alterar su temperatura, interviene como compensador térmico.
- El calor de vaporización del agua es de 0,58 cal/g. Este valor es más alto que el requerido para evaporar una cantidad equivalente de cualquier otro líquido. Esta propiedad permite perder calor al cuerpo median-

te evaporación a través de pulmones y piel, manteniendo una temperatura constante entre 37° C y 39º C, a pesar que la temperatura ambiente se encuentre más elevada.

- La conductividad térmica del agua es superior a la de cualquier otro líquido ordinario. Esto es importante para conseguir la disipación del calor desde regiones orgánicas profundas. El agua de la sangre permite trasladar el calor de los planos profundos del cuerpo a las capas externas y posteriormente al medio ambiente.
- El agua fresca de bebida es sumamente útil para mantener o reducir la temperatura del rumen (que normalmente oscila alrededor de los 39º C) y mejorar por ende la fermentación y la digestibilidad.
- En el meteorismo, cuando la temperatura del rumen aumenta por sobre los 39º C disminuye la estabilidad de la espuma (se destruye), pero cuando disminuye por debajo de los 37º C, la espuma se estabiliza y resulta muy difícil que se destruya. Esto explica porqué cuando el animal ingiere agua muy fría o vegetales mojados por helada o rocío hay mayor empaste, ya que disminuye la temperatura del rumen y aumenta la estabilidad de la espuma.

EN LOS ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS

El agua es indispensable para el correcto funcionamiento de los mismos:

- El sabor y el olor son el resultado de una estimulación por compuestos químicos en solución.
- El sonido es conducido a través del oído interno por un líquido constituido en su mayor parte por agua.
- El funcionamiento de los canales semicirculares como órganos sensoriales del equilibrio dependen de la presencia de agua en los mismos.
- La transparencia de los medios del ojo y la hidratación y lubricación de la córnea se mantienen por el agua.

LUBRIFICANTE Y AMORTIGUADOR

Actúa lubricando las articulaciones a través del líquido sinovial; al corazón por el líquido pericárdico; al intestino por el contenido intestinal; a los órganos de la cavidad torácica por el líquido pleural y a los de la cavidad abdominal y parte de la pelviana por el líquido peritoneal. Cumple funciones como amortiguador del encéfalo y la médula espinal bajo la forma de líquido cefalorraquídeo.

INTERCAMBIO DE GASES

El agua humedece la superficie de los alvéolos pulmonares para que se realice la difusión de los gases.

EXCRECIÓN

El agua participa en la eliminación de productos de desecho a través de la orina y la materia fecal. La cantidad de agua que así se elimina no puede descender, sin riesgo, de un cierto nivel, que es función de la cantidad y calidad de los residuos a eliminar.

La cantidad de orina es muy variable y depende tanto de la ración ingerida como de la cuantía de las pérdidas a nivel de piel y pulmones. Se calcula una perdida de agua de unos 3,5 litros por orina cada 100 kg de peso vivo.

Las pérdidas a través de las heces están en relación directa con la cantidad de heces excretadas y con la mayor o menor aptitud de la especie animal para concentrar o deshidratar esas heces.

Las heces del bovino difieren de casi todas las otras especies animales por su alto contenido en agua, pudiendo llegar a ser del 60 al 80 % del total de las pérdidas hídricas. La cantidad total de heces eliminadas por un bovino europeo adulto es de unos 15 a 30 kg por día, pudiendo elevarse hasta 45 kg. En otoño, cuando la pastura es muy tierna, la cantidad de agua eliminada por heces puede alcanzar los 40 litros/día. En general, se calcula una pérdida de agua por heces de 3 a 5 litros por kg de MS consumida.

La cantidad de agua perdida por las heces depende en gran parte de la dieta, ya que las dietas suculentas y las con alto contenido mineral contribuyen a eliminar más agua en las heces.

En las diarreas agudas la descarga fecal de agua es mayor que en animales en estado normal, pero la pérdida total del líquido no es mucho mayor que en los últimos. El riñón compensa con mucha eficacia la pérdida de agua por vía fecal y el volumen plasmático puede mantenerse si el animal ingiere una cantidad suficiente de agua. Esto muestra la importancia de la ingestión de líquidos y electrolitos por boca durante los trastornos diarreicos.

La pérdida de agua por saliva durante el jadeo de los animales puede ser de hasta 18 litros por día. Como la intensidad del jadeo es función de la temperatura ambiente, las pérdidas por saliva serán mayores al aumentar la temperatura.

SECRECIÓN LÁCTEA

Al comienzo de la lactación se produce una retención de agua fisiológica en el organismo de hasta 1.3 litros por día durante las 10 primeras semanas.

La leche que producen las glándulas mamarias de los bovinos está constituida por un 85 a 88 % de agua. De ahí la importancia de la adecuada ingestión de agua en las vacas lecheras, ya que de no ser así, la producción decrece en forma manifiesta.

REPRODUCCIÓN

Vehiculiza el semen, permite el descenso del óvulo y la fecundación. Permite la nutrición del feto y actúa como amortiguador del mismo. El incremento del volumen plasmático y la retención de agua en los tejidos fetales durante la gestación se estiman en aproximadamente 0.1 litros por día promedio.

ACCIÓN DE BEBER

Para beber, los bovinos introducen sus labios en el agua, crean una presión negativa en el interior de la cavidad bucal (succión) y dirigen el agua hacia la faringe, principalmente mediante la acción de la lengua. Las contracciones de la faringe y las peristálticas del esófago completan el envío del agua hacia el cardias.

Cuando los bovinos adultos beben normalmente, el agua va directamente al rumen. En los terneros que maman la gotera retículo-esofágica se cierra y la leche va directamente al cuajo.

REGULACIÓN DE LA INGESTIÓN DE AGUA

La sed es el deseo de ingerir agua, y siendo el resultado de la necesidad, los animales beben para llenar esa necesidad. Es un proceso fisiológico sumamente complejo que tiene varias causas importantes:

- Reducción del flujo de saliva y sequedad de las mucosas bucal y faríngea inclinan a tomar agua, cualquiera sea su abundancia en los tejidos, pero puede estar relacionado indirectamente con la reducción del volumen del plasma.
- Sensaciones orales que pueden ser influenciadas por receptores osmóticos en la boca y que con el paso del agua dan la sensación de saciedad.
- Deshidratación celular, concentración salina en el líquido extracelular y aumento de la presión osmótica en la sangre, lo que ocurre comúnmente en varios casos de deshidratación debida a diarrea, poliuria o sudoración excesiva.
- Modificaciones de los coloides celulares al comienzo de la fiebre, lo cual produce la retención de líquidos.
- Polidipsia y poliuria intensas en la deficiencia de sal, además de pérdida de peso, disminución de la producción y hambre de sal.
- Falta de potasio, exceso de calcio en los líquidos orgánicos y los estados de uremia producen sed, cualquiera sea el estado de hidratación celular. Estos factores químicos son motivo de estímulo directo del centro de la sed situado en el hipotálamo.
- Diabetes insípida, que produce polidipsia intensa.

EQUILIBRIO HÍDRICO

Existen mecanismos reguladores que mantienen constante la cantidad de agua en el organismo, lo que se comprueba porque a pesar que la ingestión de agua se realiza en forma intermitente y variable, es prácticamente imposible detectar fluctuaciones en el agua somática.

El rumen es una reserva de agua para el bovino. En caso de privación de agua de bebida, durante unos días puede mantener el balance hídrico del cuerpo mediante la absorción de agua desde el rumen, no mostrando signos de deshidratación mientras el rumen tenga cierta cantidad de líquido.

Por otra parte, la existencia de un peso corporal constante, la inmediata necesidad de evacuar después de una gran ingestión de agua y el aumento de consumo en días cálidos, nos indican también la presencia de estos mecanismos reguladores, de suma importancia, ya que cambios relativamente pequeños en la proporción de agua corporal pueden ocasionar modificaciones en el funcionamiento fisiológico del animal.

El cuerpo del animal no puede almacenar grandes cantidades de agua durante largos períodos. El normal funcionamiento de los mecanismos orgánicos ocasiona una pérdida ininterrumpida de agua, por lo que es necesario, para mantener constante el contenido acuoso, un aporte regular que los animales obtienen de las fuentes citadas anteriormente. El animal autorregula el consumo de agua, y es por ello que se debe suministrar adlibitum permanentemente. Las ganancias se equilibran con las pérdidas, principalmente por la orina, pulmones, piel y heces. Se pierde una pequeña cantidad de agua por saliva (babeo), secreciones nasales, lágrimas y secreciones del tracto genital. En la hembra lactante abandona el cuerpo una gran cantidad de agua a través de la secreción láctea.

Las pérdidas por respiración, sudoración, perspiración y defecación son obligatorias. El aire inhalado puede ser muy seco, pero es exhalado saturado al 90 % aproximadamente. Cuando hay hiperventilación pulmonar por exceso de calor, la pérdida de agua aumenta.

La sudoración disipa calor con una eficacia del 400 % sobre la respiración. El cebú tiene glándulas sudoríparas mejor desarrolladas y en mayor cantidad por unidad de superficie con respecto al bovino europeo. Esta es una de las razones que lo hacen más resistente a las altas temperaturas.

La eliminación de agua continúa aunque el organismo padezca una gran deficiencia. Además, el agua eliminada por la perspiración, que es la transpiración insensible, como por la respiración, es agua pura por no tener electrolitos en disolución.

Por el contrario, el agua que se elimina por la materia fecal y por la transpiración sensible contiene electrolitos, especialmente cloro y sodio.

Diariamente los valores de pérdida obligada de agua se aproximan al 2 % del peso vivo, y esa cantidad debe ser aportada por la ingesta. Las pérdidas de agua del organismo llevan a un perjuicio económico por disminución de la producción de carne y leche, y si las mismas llegan a un 10 a 14 % del peso vivo (1/5 del contenido acuoso) llevan a la muerte por deshidratación.

Uno de los casos de deshidratación más comunes se da en los terneros, en los cuales son frecuentes las infecciones gastrointestinales, y como además poseen un equilibrio acuoso inestable, los efectos de tales infecciones están acompañados de pérdidas de agua y electrolitos. De acuerdo con la magnitud del síndrome diarrea, el orden de pérdida es: agua, bicarbonato, potasio, sodio, cloro.

La pérdida de agua por heces en el bovino es mayor que por orina y su porcentaje en las mismas oscila en un 83 % en el bovino europeo. En el caso de infecciones gastrointestinales puede aumentar hasta un 95 %, y si consideramos además que los animales con enteritis producen mayor cantidad de materia fecal que un animal sano, es fácil comprender la importancia de la pérdida de agua por esta vía.

La materia fecal de un animal en estado diarreico contiene cuatro veces más sodio y potasio que las heces normales. Esto se ve agravado por el menor consumo de forraje, por lo cual el organismo se ve obligado a extraer sodio, potasio y cloro de las células para mantener el equilibrio electrolítico.

Por su parte, el riñón funciona en forma facultativa sobre la retención o eliminación de agua y electrolitos. Cuando el organismo posee un exceso de agua puede eliminar orina muy diluida, pero cuando le es necesario conservar la poca agua disponible, la orina llega a niveles altos de concentración electrolítica. La vasopresina, hormona del lóbulo posterior de la hipófisis, colabora en el equilibrio hídrico, garantizando la suficiente reabsorción de agua en las células de los túbulos renales. La liberación de esta hormona depende de la presión

osmótica de la sangre, que a su vez está controlada por los osmorreceptores ubicados en el hipotálamo. Cuando la presión osmótica de la sangre desciende, disminuye la liberación de vasopresina y con ello la reabsorción de agua, produciendo gran cantidad de orina diluida. La pérdida de agua hace que se eleve la presión osmótica de la sangre y la producción de vasopresina, lo que da lugar a la eliminación de orina concentrada.

Otra hormona que participa en el equilibrio hidromineral es la aldosterona, que es uno de los corticoesteroides liberados por la glándula suprarrenal. Su función es la de regular la eliminación de sodio, potasio y cloruro por el riñón. En caso de carencia de esta hormona se elimina un exceso de iones sodio y cloro por la orina y su concentración en la sangre disminuye, reduciéndose también el volumen del líquido extracelular. Los iones potasio son retenidos en el organismo y su concentración en el plasma y en las células aumenta. Con la administración de mineralocorticoides disminuye la eliminación de cloruro de sodio y aumenta la de potasio.

La facultad del riñón para regular la presión osmótica se debe a su capacidad de producir una solución con una molalidad mayor que la del líquido que recibe y consecuentemente, se produce un ahorro de agua.

En la regulación del equilibrio hídrico también participan los minerales. En los animales herbívoros, la escasez de sal en la alimentación provoca una intensa eliminación de agua. El cloruro de sodio favorece la acumulación de agua preferentemente en los espacios extracelulares. El aumento de los constituyentes alcalinos de los líquidos corporales (alcalosis) da lugar a la retención de agua; el aumento de los componentes ácidos (acidosis) provoca diuresis, o sea aumento de la secreción de orina.

Cuando el aporte de agua es escaso o su excreción muy elevada, se produce la deshidratación del organismo. La reducción de los líquidos corporales provoca inmediatamente la reducción del volumen del plasma. Disminuye luego el volumen de los líquidos intersticiales e intracelulares. En primer lugar, el organismo trata de compensar el aumento de la concentración de la sangre. Para ello penetra líquido del espacio intersticial al plasma sanguíneo. La reducción del líquido intersticial provoca a su vez la salida de agua intracelular a los intersticios.

El exceso de agua de bebida o la disminución de la excreción por orina ocasionan un aumento de los líquidos corporales. Como consecuencia se produce hidremia, que es el aumento del volumen acuoso del plasma sanguíneo. Si la actividad renal se encuentra perturbada, cierta cantidad de líquido de la sangre pasa a los espacios intercelulares y de éstos al interior de las células. Este aumento de líquido en los espacios intersticiales e intracelulares se denomina edema.

EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

El mantenimiento del equilibrio ácido-base en el organismo es una demostración de la homeostasis. El organismo está sujeto a presiones de tendencia alcalósica y acidósica, tanto de naturaleza continua como intermitente. El metabolismo oxidativo produce constantemente ácidos láctico, carbónico y otros ácidos orgánicos. Los elementos residuales de las ingestas suministran los precursores de los ácidos minerales (PO^{-}, SO^{--}), así como de las bases (K^{+}, Na^{+}). Además el organismo debe afrontar la elaboración de secreciones voluminosas, tales como el jugo gástrico, que es fuertemente ácido (pH 2 a 4,1), y el jugo pancreático, de reacción alcalina (pH 7,3 a 8,5). A pesar de estos cambios, la reacción de los líquidos orgánicos permanece notablemente constante.

Las membranas celulares del cuerpo son permeables tanto a los aniones como a los cationes. Por lo tanto, los cambios en el pH de un compartimento líquido repercuten en la reacción de los otros líquidos orgánicos. Es por ello que un mecanismo de regulación presente en un compartimento líquido sirve a todo el cuerpo.

El pH de los líquidos extracelulares, específicamente el plasma, linfa y líquido cefalorraquídeo, es aproximadamente 7,4, mientras que el líquido intracelular es neutro o ligeramente ácido. El pH inferior del último compartimento está relacionado con las acumulaciones transitorias de los productos del metabolismo celular.

Los eritrocitos tienen un pH intermedio entre los valores del plasma y del líquido intracelular. El promedio del pH para la sangre de los animales domésticos es de 7,4 y se definen como extremos compatibles con la vida valores de 7 y 7,8.

El mantenimiento de una constancia tan exacta de la reacción, a pesar de las intensas y persistentes presiones acidósicas y alcalósicas, indica la existencia de un mecanismo regulador eficaz, que está formado por los sistemas amortiguadores (buffer) y las actividades pulmonar y renal.

"Si es importante que la hacienda coma tranquila lo es mucho mas que beba quieta y con toda calma. Nada perjudica mas el engorde que el no dejar al ganado beber con sosiego, sea en aguada natural ó en jagüel, para lo cual no hay necesidad de traerla, ella misma viene á sus horas, y debe dejársele permanecer allí todo el tiempo que quiera, hasta que se retira voluntariamente, y despacio.

La hacienda, generalmente, bebe, se hecha rumiar, vuelve a beber al rato, y es recién después de haber bebido esta segunda vez que se retira de la aguada".

Hernández, José. 1882. Instrucción del Estanciero, Edit. Casavalle, Bs. As.,:140.

CAPÍTULO II

CONSUMO DE AGUA

FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO

La determinación de las necesidades de agua de los bovinos en general y de un animal en particular, resulta dificultosa debido a la interacción de un gran número de factores. De las investigaciones efectuadas sólo se pueden obtener cifras orientativas del consumo real de agua por los bovinos, más aún en la Argentina, donde en general no nos referimos a un solo animal, sino a lotes de animales, comúnmente numerosos y muchas veces con pesos, razas y estados fisiológicos variados.

Los factores que inciden en la ingesta de agua los podemos clasificar en:

FACTORES BIOLÓGICOS

CALOR PRODUCIDO

El bovino europeo, debido a la gran cantidad de agua en sus heces, requiere 1,29 a 2,05 ml de agua de bebida por kilocaloría de calor producido (incluido el aumento necesario asociado a la actividad), mientras que otras especies necesitan solamente 1 ml de agua de bebida por kilocaloría de calor producido.

TASA METABÓLICA

Existe una fuerte correlación entre la tasa metabólica y el intercambio de agua corporal (ingreso-egreso de agua). Un metabolismo bajo utiliza menos agua para la transferencia de nutrientes y para la refrigeración por evaporación porque se genera menos calor. Así, la tasa metabólica y el intercambio de agua son mayores en animales jóvenes y altamente productivos, y menores en animales viejos o menos productivos (Church, 1993).

ESPECIE Y RAZA

Las distintas especies de animales no poseen los mismos requerimientos hídricos ni la misma eficiencia en su aprovechamiento. Los animales que no necesitan beber muy frecuentemente poseen una amplia ventaja en zonas áridas y semiáridas sobre los que deben hacerlo más frecuentemente, lo que se manifiesta claramente en el aprovechamiento del pastoreo, sobre todo cuando los potreros son de gran extensión

Los rumiantes pueden conservar el agua del organismo reduciendo la excreción de agua fecal, que es una fuente de pérdida de agua más importante que la orina. Con las heces se pierde de un tercio a un quinto de la pérdida total diaria de agua. El bovino europeo (*Bos taurus*) solamente puede reducir el contenido de humedad fecal hasta llegar a un 60 %.

Las necesidades de agua son menores en el ganado cebú (*Bos indicus*) que en las razas europeas mantenidas en condiciones similares. Ello se debe a que el cebú utiliza el agua con mayor eficacia que el bovino europeo, es más lenta la tasa de intercambio de su agua corporal, es inferior el contenido en humedad de las heces y posee una mayor eficacia en los mecanismos de disipación de calor. La diferencia en el empleo del agua entre *Bos taurus* e *indicus* es de hasta un 40 %.

La relación entre el agua de bebida y la MS consumida es menor para el cebú que para las razas europeas, con una oscilación de 2,41 a 3,01:1 para el cebú y 2,76 a 3,81:1 para el bovino europeo, mantenidos en condiciones similares. El cebú consume normalmente un 10 % menos de agua que el bovino europeo, pero en el verano esta diferencia aumenta hasta un 30 %. A medida que la temperatura ambiente aumenta, esta diferencia es más notable, mientras que con temperaturas bajas la diferencia entre cebú y bovino europeo no existe. El consumo de agua aumenta en forma más lenta, al elevarse la temperatura, en el cebú que en el bovino europeo. Esta diferencia resulta más evidente si se basa en el peso o en la unidad de superficie corporal. Asimismo, sus cruzas son más rústicas en este sentido que los bovinos europeos puros.

Es decir, el cebú está mejor adaptado a condiciones de estrés hídrico, por lo cual las limitaciones en el agua de bebida tienen menos efectos sobre el consumo de alimentos que lo observado en las razas europeas.

Todo esto contribuye a explicar en parte la superioridad del ganado cebú en las regiones secas y cálidas, ya que se ve menos afectado que las razas europeas por el suministro limitado de agua y su apetito se reduce en menor proporción.

Tabla 2-1.- Consumo de agua de ganado cebú y cruza europeo (3/4 Ayrshire-1/4 cebú) en Kenia durante 6 días (French, 1956, cit. por Ayerza).

Nº de abrevajes	1 año de edad		3-5 años de edad	
	Cebú	Cruza	Cebú	Cruza
Diario	46,7	109,8	115,7	161,9
Cada 2 días	40,4	95,3	101,1	141,1

El búfalo de agua (Bubalis bubalis) tiene requerimientos de agua de bebida semejantes al Bos taurus cuando no se emplean para trabajo y tienen lugares para bañarse o revolcarse. Galindo y Van Thu (1996) encontraron que el consumo de agua de bebida comparando búfalos y bovinos europeos, ambos trabajando, es significativamente diferente.

Tabla 2-2.- Consumo de agua de bebida de vacas y búfalas en trabajo y descanso (Galindo y Van Thu, 1996).

Agua consumida	Vacas		Búfalas	
	En trabajo	En descanso	En trabajo	En descanso
Litros/día	13,8	15,1	19,5	18,3
Litros/100 kg de peso vivo/día	2,8	3,1	4,0	3,8

El mayor consumo de agua de las búfalas se atribuye a los problemas de termorregulación de su especie cuando no tienen acceso a bañaderos o revolcaderos o no se los baña durante el trabajo para controlar la temperatura corporal.

Los ovinos son menos vulnerables que los vacunos a la falta de agua para beber bajo similares condiciones ambientales. Los bovinos utilizan por año un 50 % más de agua que los ovinos. También entre las razas ovinas hay diferencias en requerimientos de agua. Por ejemplo, la Merino Australiana usualmente requiere una cantidad de agua tres veces menor que las razas ovinas británicas (Squires, cit. por Ayerza, 1991).

VARIACIÓN INDIVIDUAL

Si se mantiene un lote homogéneo de bovinos bajo un mismo régimen alimenticio y bajo la acción de las

mismas condiciones ambientales y se mide el consumo individual de agua, se observa una gran variación en los valores. Esto se debe fundamentalmente a la variabilidad fisiológica entre los animales.

ESTADO FISIOLÓGICO

El fin para el cual el ganado utiliza el alimento marca variaciones en el consumo de agua:

Terneros:

Como la leche materna está constituida aproximadamente por un 85-88 % de agua, se puede apreciar que los mismos consumen cantidades notablemente mayores de agua por kg de MS que los animales adultos. Hasta las 5 semanas de edad y alimentados únicamente con dieta láctea, consumen aproximadamente 16 litros de agua/kg de MS. Además de la alta proporción presente en la leche, consumen pequeñas cantidades adicionales de agua.

Después de las 5-6 semanas, consumen unos 6 a 7 litros de agua/kg de MS. La leche no es un sustituto del agua, ya que cuando el ternero mama se activa el cierre de la gotera esofágica o surco o canal reticular o ruminoreticular para que la leche ingrese directamente al abomaso o cuajo. Esto no ocurre con el agua, que ingresa directamente al rumen, donde es esencial para su desarrollo, ya que los microorganismos del rumen requieren de un medio líquido.

Esto muestra la importancia que el agua de los bebederos esté al alcance también de los terneros.

Animales jóvenes:

Los animales en crecimiento con altas tasas de ganancia de peso demandan más agua, ya que hay una fuerte relación entre la tasa metabólica y el intercambio de agua corporal.

Vacas gestantes:

El consumo de agua se incrementa paulatinamente desde el comienzo de la gestación hasta el parto, aumentando en los últimos cuatro meses de gestación de un 50 % a un 80 % con respecto a los valores consignados en la figura 2-1. Esto se debe al elevado contenido hídrico de los aumentos de peso en las fases finales de la gestación y a las mayores demandas fisiológicas de la vaca gestante.

El incremento del volumen plasmático y la retención de agua en los tejidos fetales durante la gestación se estiman en un promedio diario de aproximadamente 0.1 litros, suponiendo una retención lineal.

Vacas lactantes:

La lactación es el estado fisiológico que mayor consumo de agua exige, por lo que el mismo se debe obtener sumando a los valores dados en la figura 2-1 un incremento aproximado de 3 a 4 litros de agua/kg de leche producida en vacas de razas lecheras y unos 2 litros de agua/kg de leche producida en razas de carne, aunque esta cifra tiene mucha variación con la raza, la temperatura ambiente, mes de lactación y otros factores, tales como la lactosa, el sodio, el potasio y el cloro de la leche, que actúan como osmolitos determinando el agua necesaria para su producción.

Durante las 10 semanas iniciales de la lactación se retienen de forma fisiológica en el organismo hasta 1.3 litros de agua por día.

Por todo esto, una vaca lechera de alta producción requerirá entre 100 y 150 litros de agua de bebida por día. Es decir, un aumento de alrededor del 75 % sobre el consumo de una vaca seca.

Ya que la leche está compuesta en un 85-88 % por agua, la importancia de la provisión de agua de bebida en su producción es tan grande que pequeñas restricciones al consumo se reflejan inmediatamente en disminución de la misma. El suministro insuficiente de agua reduce la producción de leche más rápidamente que la deficiencia de cualquier otro nutriente. Piaggio y García indican que una pequeña restricción en el consumo de agua disminuye el consumo de materia seca en aproximadamente 0.45 a 0.9 kg/día, lo cual puede deprimir la

expresión del pico de producción en alrededor de 0.9 a 3 kg/día. Una reducción en el consumo de agua de 40 % puede hacer bajar la producción de leche hasta en un 25 %.

Vacas lactando consumen más agua y producen más leche cuando el agua está disponible de forma continua que cuando la frecuencia de acceso se reduce (ARC, 1980).

De acuerdo a todo esto, es probable que una de las limitantes de la producción lechera nacional lo constituya un consumo de agua deficitario en cantidad y/o calidad, particularmente durante los meses cálidos con alto stress térmico.

Tabla 2-3.- Consumo de agua según categoría, temperatura ambiente y nivel de producción de leche (Harris y Van Horn, 1991).

Categoría	Consumo MS (kg)	Litros		
		10º C	20º C	32º C
Ternera 90 kg	3	10	11	15
Vaq. 270 kg	8	26	37	45
Vc. seca 600 kg	13	45	58	70
Vc. 18 litros/día	16	76	79	92
Vc. 30 litros/día	18	77	90	100
Vc. 35 litros/día	20	89	100	115

ESTRÉS

Como la ingestión de agua está estrechamente relacionada con la ingestión de materia seca, cuando la ingestión de esta última disminuye, por ejemplo, en situaciones de estrés, la ingestión de agua también se reduce.

En el estrés por calor también se puede producir polirrea, llegando la pérdida de saliva durante el jadeo (babeo) hasta los 18 litros por día. La intensidad del jadeo es función de la temperatura ambiente, por lo que las pérdidas de agua por esta vía serán mayores a mayor temperatura.

Durante el estrés por calor las raciones con más del 18 % de proteína bruta con un porcentaje de proteína digestible mayor al 61 % producen un incremento de las necesidades de agua de un 15 %, pero en ciertos casos de estrés por calor la ingesta de agua puede aumentar hasta entre un 20 y un 50 %.

La producción de leche requiere el consumo de cantidades muy altas de agua, lo que es especialmente problemático en situaciones de estrés por calor, puesto que las necesidades de agua se ven aumentadas mientras que el consumo de materia seca disminuye (NRC, 2001).

Además de la cantidad de agua ingerida, la temperatura de ésta es importante, porque tiene un efecto sobre el consumo. La ingestión de agua fresca tiene un efecto refrigerante en situaciones de estrés por calor (Wilks et al., 1990).

El consumo de agua fresca en situaciones de estrés por calor contribuye a mejorar el confort de la vaca y aumentar su productividad, aunque las vacas prefieren el agua templada, a temperatura ambiente a la sombra, incluso cuando hace calor. Para que el aporte de agua fresca artificialmente sea eficaz, es imprescindible que el animal no disponga de otras fuentes de agua templada (Milam et al., 1986; Wilks et al., 1990).

Durante el invierno puede producirse la situación contraria, puesto que las vacas reducen el consumo de agua si está demasiado fría.

EDAD

Dada la fuerte relación entre la tasa metabólica y el intercambio de agua corporal, los requerimientos de agua son mayores proporcionalmente al peso vivo en animales jóvenes y productivos que en animales adultos o viejos y menos productivos.

FACTORES AMBIENTALES

TEMPERATURA AMBIENTE

Cuando la temperatura ambiente se encuentra en valores de -12º C, el consumo de agua es de aproximadamente 1 cm^3 por caloría producida por el organismo, o dicho de otra forma, el consumo de agua es de 3,5 litros/kg de MS. Por encima de 5º C, el consumo se eleva en forma creciente. A altas temperaturas el consumo de MS se puede deprimir mientras el consumo de agua sigue aumentando para refrigerar el organismo (transpiración, perspiración, jadeo).

En la figura 2-1 se puede apreciar que entre los 5º C y 30º C la cantidad de agua consumida aumenta exponencialmente hasta alcanzar un valor de 6 litros de agua/kg de MS.

Los valores de este gráfico se dan para animales alimentados a ración. En el caso de pastoreo directo hay un aumento del 50 % del consumo de agua/kg de MS, lo que se debe al mayor gasto metabólico que realizan los bovinos para alimentarse. En estas cifras se encuentra incluida el agua de los alimentos.

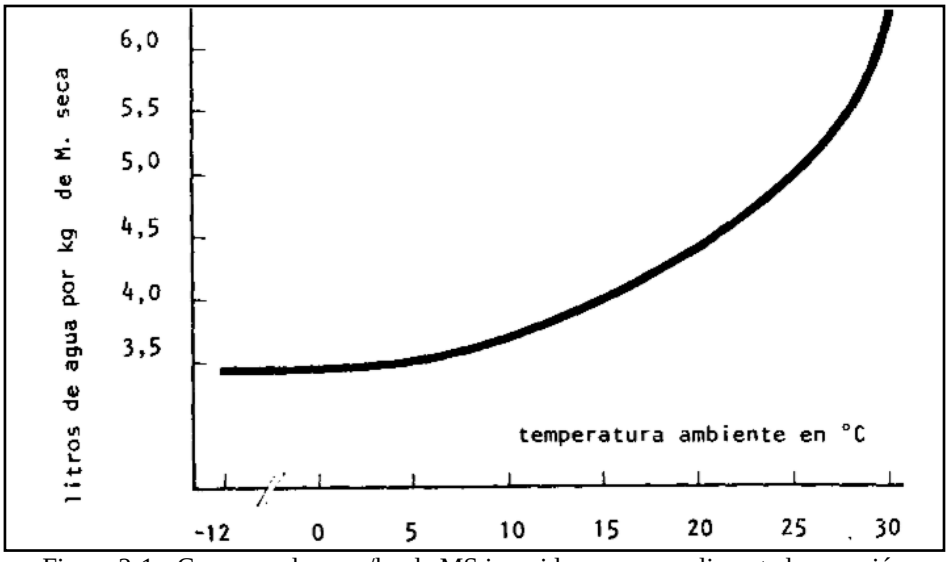


Figura 2-1.- Consumo de agua/kg de MS ingerida por vacas alimentadas a ración a distintas temperaturas ambiente (valores promedio).

La temperatura ambiente también modifica la cantidad de agua perdida por cada vía. Así al aumentar la temperatura desde 18 a 30 ºC, se encontró que el consumo de agua aumentó un 29 %, las pérdidas fecales se redujeron un 33 % y las pérdidas urinarias, por piel y vías respiratorias aumentaron un 15, 59 y 50 % respectivamente.

El consumo de agua también se puede expresar como porcentaje del peso corporal. El bovino no lactante y sin someterlo a estrés por el calor puede beber el 5-6 % de su peso corporal por día, lo que puede aumentar hasta el 12 % o más del peso corporal por día cuando es sometido a estrés térmico.

Con altas temperaturas los bovinos eliminan calor por la evaporación de agua mediante el jadeo, lo que hace que aumenten en forma considerable los requerimientos de agua.

En los animales expuestos al estrés calórico es fundamental proveer agua en condiciones que faciliten su consumo, lo que se tratará en los próximos capítulos.

A temperatura exterior cuyos valores se encuentran entre -18º C a +5º C, el ovino sólo consume 1 litro de agua/kilo de MS consumida, y a temperaturas exteriores de 5 a 30º C, 1,8 litros/kg de MS. Vemos que el ovino requiere menos agua que el vacuno, por lo que su pastoreo puede alejarse sensiblemente de la aguada, e incluso puede soportar mucho más tiempo que el vacuno la falta de la misma.

Tabla 2-4.- Relación temperatura ambiente-requerimientos agua.
(Adap. de Efecto del ambiente en los requerimientos de nutrientes de los animales domésticos, NRC, 1981).

Temperatura ambiente	Litros/kg MS
> 35 °C	4-10
15-25 °C	3-5
–5-15 °C	2-4
< –5 °C	< 2-3

Con aguas que contienen 1,5 g/l de sales, la temperatura máxima diaria provoca oscilaciones en la ingesta de agua, mientras que el consumo de MS se mantiene estable. Con niveles de sales totales de 6,5 g/l el consumo de agua no responde al estímulo de una mayor temperatura y el consumo de MS no sufre variantes. Cuando el valor de sales totales llega a los 10 g/l, el consumo de agua disminuye y entra en oscilaciones que llevan al animal desde casi deshidratarse hasta la ingestión de picos de grandes ingestiones de agua, alterando su fisiología (Sager, 1998).

HUMEDAD AMBIENTE

Una humedad ambiente alta acompañada de alta temperatura, aumenta el consumo de agua, ya que se intensifica el estrés térmico porque descienden las pérdidas de calor por evaporación de agua en piel y pulmones.

FACTORES DE LA DIETA

CANTIDAD DE MATERIA SECA (MS) CONSUMIDA

Si se considera un tamaño corporal determinado, se puede apreciar que la cantidad de agua/kg de MS consumida es proporcionalmente mayor para los niveles de ingestión bajos de MS, que para los niveles altos, aunque lógicamente, el consumo total de agua es mayor cuanto mayor es la cantidad de MS consumida por día.

A medida que se incrementa la concentración de la MS de la dieta, el consumo de agua de bebida aumenta, pero el consumo total de agua (agua de bebida mas el agua del alimento) disminuye.

La restricción en el consumo de agua de bebida reduce drásticamente el consumo de materia seca, dándose el caso que animales pastoreando forrajes de excelente calidad, no ganan el peso diario o producen la leche esperada debido al suministro insuficiente de agua.

La disminución que experimenta el consumo de alimentos como consecuencia de restricciones en el agua es menor en el cebú (Harrochs y Philips, 1961).

En los terneros, como para fermentar el alimento las bacterias del rumen tienen que encontrarse en un medio acuoso, si no hay suficiente agua no pueden crecer y el desarrollo ruminal será más lento. Como la mayor parte del agua que entra al rumen proviene de agua ingerida, se debe poner a su disposición agua ya al cuarto día de nacido.

NATURALEZA DEL ALIMENTO

Un factor muy importante a tener en cuenta es la composición nutritiva. Cuando los bovinos consumen un alimento con alto tenor proteico, aumenta el consumo de agua debido a la necesidad de eliminar mayor cantidad de urea por riñón que con una dieta de bajo tenor.

Los terneros que solo consumen leche necesitan beber agua, sobre todo si se encuentran en climas templados o tropicales. Aunque la leche contiene del 85 al 88 % de agua, el elevado contenido de proteínas obliga a

la pérdida de agua por orina, y si el animal no recibe agua adicional disminuye su rendimiento.

En la crianza artificial de terneros, la leche o el substituto de leche no constituyen agua extra, ya que cuando el ternero es alimentado, la leche o el sustituto es desviado del rumen y el retículo por acción de la gotera, esofágica. Esta gotera se encuentra activa hasta las 12 semanas de edad, cerrándose en respuesta a una estimulación nerviosa y desviando la leche del retículo y rumen hacia el cuajo o abomaso. Por consiguiente, la leche o el sustituto no debe considerarse como fuente de agua, ya que no ingresa al retículo-rumen.

La ingestión de suplementos minerales y/o nitrogenados con una dieta determinada pueden producir un aumento del consumo de agua.

Cuando en producciones extensivas la calidad del forraje es baja, las vacas limitan el consumo y el intercambio de agua, controlando de esa manera el balance del nitrógeno y alcanzando niveles de mantenimiento de la proteína con dietas que normalmente se encontrarían por debajo de las necesidades de mantenimiento. Si con estas dietas pobres en nitrógeno hubiera un alto consumo de agua y por lo tanto un alto flujo de orina, se extraería la urea del plasma de forma que no estaría disponible para ser reciclada hacia el rumen para estimular la digestión microbiana.

Alimentos altamente energéticos, producen gran cantidad de agua metabólica, mientras que alimentos bajos en energía, producen poca. En general, todos los forrajes secos y concentrados, demandan un consumo de agua por parte del animal mayor que los forrajes verdes.

Los silajes y las pasturas verdes (raciones "húmedas") tienen alto porcentaje de humedad y los granos y henos (raciones "secas") bajo porcentaje (un 12 %), lo que supone un aporte aproximado de 2.5 litros de agua por día, mientras las raciones "húmedas" producen un aporte diario de agua que puede alcanzar los 20 litros. Pastoreando forrajes tiernos (verdeos invernales en otoño) "ad libitum", los bovinos pueden ingerir más de 100 litros diarios de agua a través del pasto.

Los alimentos suculentos disminuyen el consumo de agua, a tal punto que en verdeos invernales tiernos, los novillos consumen solo 3-4 litros de agua de bebida/día, ya que el resto de las necesidades lo aporta el alimento.

Una de las causas que pueden disminuir la ingestión de alimento por parte del animal es su bajo contenido de MS. El consumo aumenta en forma lineal con respecto al incremento porcentual de MS del forraje, por lo que a menor porcentaje de MS en el alimento menor consumo diario de MS, y por lo tanto, menor producción. Se han citado varias causas de este problema:

- El elevado contenido de agua del forraje puede reducir la palatabilidad y la aceptabilidad a través de una reducción en el tamaño del bocado.
- Puede existir una disminución en el tiempo total de consumo.
- Podría ocurrir una restricción física del consumo debido a la presencia de grandes cantidades de agua en el tracto digestivo. Sin embargo, en experiencias donde se agregó agua en el rumen no se obtuvieron restricciones en el consumo.
- Lo real parecería ser que cuando el forraje con alto contenido de agua es consumido, ocupa un volumen en el rumen que potencialmente limita el consumo, por lo menos hasta que ocurra el proceso de ruptura celular y liberación del agua del alimento. Es decir, que el menor consumo se debería al factor mecánico de producción de saciedad.

TEMPERATURA DEL AGUA DE BEBIDA

Como los mecanismos de disipación de calor insumen agua, el consumo de este elemento aumenta en forma considerable con las altas temperaturas. Se puede observar que en días calurosos y teniendo el ganado la posibilidad de acceder a dos aguadas en un mismo potrero, una con agua fresca por tener un tanque cubierto y bebedero a la sombra, y otra sin reparo de los rayos solares, eligen la primera. El agua fresca, en días calurosos, absorbe calor directamente de la vaca, produciendo una disminución de la temperatura corporal y de la tasa de respiración, mantiene la motilidad del rumen y produce un mayor consumo de alimento y aumento de la producción.

Para estimular la entrada de vacas a la sala de ordeño en forma voluntaria y simultáneamente refrescarlas en épocas calurosas, se debe ofrecer agua fresca o enfriada. El consumo de agua fresca por las vacas lecheras de alta producción en días calurosos ayuda a disipar la carga de calor causada por las altas temperaturas metabólicas que con el tiempo provocan una disminución en la ingesta y en la producción y que también pueden provocar un aumento del porcentaje de muertes embrionarias. En Texas se demostró que el agua de bebida enfriada aumenta los rendimientos en producción de leche de 25,8 kg (controles, agua a 30º C) a 27,3 kg (agua enfriada a 10º C). El aumento de producción se asoció a un gran consumo de materia seca.

Es decir que, en días calurosos, el consumo de agua fresca aumenta el consumo de alimentos, la ganancia de peso y la utilización de la energía debido a que es el mejor método para que el animal reduzca su temperatura ruminal y pueda digerir mejor los alimentos.

González Pereyra y col. (2010) colocaron tres bebederos al sol y tres bajo estructura de red 80 % sombra a 2,2 m de altura, registrándose la temperatura del agua a las 10, 13,30 y 17 horas, dos veces por semana durante 6 semanas. A las 17 horas la temperatura media del agua, 33,2 ± 1,6 ºC al sol y 25,3 ± 1,9 ºC a la sombra presentó diferencias significativas ($p < 0,05$), mostrando el efecto de la sombra.

En otro experimento, los mismos autores ofrecieron agua a 18 y 31 ºC (T1 y T2) durante 10 minutos dos veces al día durante 5 días a cinco vacas. No hubo diferencias significativas entre las proporciones de respuesta a los tratamientos ($p > 0,05$). Se registró menor consumo con T1 (18 L) respecto a T2 (35,9 L), pero hubo mayor disipación de calor corporal con el agua más fría (T1 = 672,64 kJ d-1; T2 = 620,76 kJ d-1).

La hacienda consume menos agua fría que la que está a temperatura normal, pero el efecto refrigerante de la misma es mayor, ya que luego de 20 minutos de la ingestión, la tasa de respiración disminuye, y luego, en unos 40 minutos asciende nuevamente. Es decir, que las temperaturas corporales descienden rápidamente luego que las vacas ingirieren agua fría, pero debido a las altas temperaturas ambientales no es mucho el tiempo transcurrido para que la temperatura corporal del animal vuelva a ascender.

Es importante la ubicación de los bebederos. Deben estar cerca de los animales y preferentemente a la sombra. Una de las reacciones de los animales ante el calor es caminar menos; si los bebederos están lejos no van al agua, y si van, no vuelven la pastura a comer.

Si se puede enfriar u obtener agua a bajas temperaturas no se debe suministrar en bebederos abiertos donde se calienta, sino que es conveniente usar bebederos pequeños que contengan poca agua y estén a la sombra.

En zonas de aguas salinas, la exposición del agua al sol aumenta la concentración de sales por evaporación, con disminución del consumo de agua y de la producción.

El agua fresca tiene mayor cantidad de anhídrido carbónico, por lo que es menos alcalina, siendo preferida por ello por el animal, además de por su temperatura.

El agua de surgentes debe dejarse enfriar antes de ser consumida por los animales, no solo porque el animal debe consumir agua fresca, sino también por la mayor concentración de sales disueltas en el agua caliente que precipitan al enfriarse.

El acceso permanente a agua fresca a temperatura esencialmente no mayor a la temperatura de agua de pozo es preferible a la provisión de agua por tanques o lagunas con agua almacenada y calentada por el sol.

En días fríos, el ganado consume más agua si la misma se calienta levemente o se encuentra al reparo de las heladas que si está cerca del punto de congelación.

Las temperaturas bajas favorecen la calidad del agua, dado que a menor temperatura hay menor actividad microbiana.

En general, la temperatura del agua de bebida más aceptada por el bovino es a temperaturas moderadas (17-28° C) más bien que agua fría o caliente, y de acuerdo a la temperatura ambiente.

En resumen, el efecto del agua fresca en épocas calurosas produce:

- Disminución de la tasa de respiración.
- Disminución de la temperatura ruminal.
- Disminución de la temperatura corporal.
- Mayor consumo de alimento y mayor producción.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA

El ganado defeca y orina, tanto en el cuerpo de agua superficial como en sus alrededores, agregando al agua nutrientes, bien sea de forma directa o por escorrentía; esta materia orgánica de tipo alóctona puede reducir la palatabilidad del agua e interferir en los rendimientos esperados (Erikson, 2006). En ensayos conducidos por Willms y col. (2002), el ganado evitaba el agua que estaba contaminada con 0.005 % de abono fresco cuando tenía acceso al agua limpia; el ganado que tenía acceso al agua limpia pasó más tiempo pastando y menos tiempo descansando que al que le fue ofrecida el agua directa de la charca o el agua de la charca llevada a un bebedero (Botero y col., 2009).

DISPONIBILIDAD DEL AGUA

El conocimiento del comportamiento ingestivo de las vacas y sus preferencias puede ayudar al mejor diseño de los puntos de bebida y su ubicación, optimizando el bienestar animal y la producción.

El manejo del agua interactúa con el sistema de pastoreo y la carga animal. Sistemas intensivos con altas cargas instantáneas en pastoreos rotativos plantean problemas de manejo de agua diferentes a los sistemas extensivos, donde importa mas el tamaño de potrero y la distancia al agua.

Una vaca en producción puede beber un promedio de 10 a 20 litros de agua por minuto, por lo cual es importante considerar la velocidad de reposición del líquido, especialmente en épocas de calor.

En los pastoreos rotativos, los animales en engorde mejoran su ganancia de peso diaria y beben mas y con mayor frecuencia si tienen el agua en cada parcela sobre los que tienen que recorrer mas de 600 metros por un callejón hasta una única aguada. En vacas de tambo, Correa Urquiza y col (2009) encontraron que las que tenían agua en al parcela bebían menor cantidad total que las testigos con aguada en un callejón.

Además, el comportamiento social de los bovinos hace que el traslado de los primeros animales hacia el agua sea inmediatamente seguido por el resto del rodeo, que de ese modo deja de comer para instalarse por varias horas alrededor de la bebida.

Los animales estabulados que tienen agua permanentemente a su disposición, beben más frecuentemente. Los animales a campo que tienen grandes distancias a recorrer hasta la aguada, beben con menor frecuencia y el consumo es menor.

Cuando el consumo de agua declina, el consumo de alimento también lo hace. En rodeos lecheros de alto rendimiento se observa que la producción de leche es significativamente mayor cuando el agua está a disposición constantemente que cuando se administra una sola vez al día, ya que en el primer caso toman más agua. Esto se nota más en las vacas de alta producción.

Correa Urquiza y col. (2009) encontraron que el agua en la parcela aumentó la producción de leche durante el verano, y el aumento fue mayor cuanto mayor era la distancia desde la parcela hasta la aguada para el rodeo control. En la composición de la leche, se observó una tendencia positiva a favor del rodeo con agua en la parcela en los porcentajes de sólidos totales, grasa y proteínas.

Resumiendo, cualquier restricción en las necesidades de agua de un animal afectará su productividad. Si el agua es escasa o está muy alejada del animal responderá con menor consumo de pasto y por consiguiente caerá su producción. Es decir, el animal debe tener siempre libre y permanente disponibilidad de agua de bebida.

En las regiones áridas y semiáridas, la distancia a las aguadas es un factor determinante del hábito de consumo. En muchos casos, el encierre del ganado se hace mediante el "cierre" de la aguada o por medio de buitrones, ya que los animales van a la misma (bajan) cada 2, 3 o más días, según la temperatura. El consumo de agua en ese momento es mucho más elevado que si bebiera 1 o 2 veces al día, pero en el mismo período de tiempo el consumo total es equivalente, es decir no consumen ni más ni menos agua.

SALES EN EL AGUA

Se puede considerar que el agua salina tiene dos fracciones teóricas:

- Una fracción obligatoriamente urinaria, necesaria para excretar las sales con la orina, cuya magnitud dependerá del contenido de sales del agua y de la aptitud del animal para concentrar la orina.
- Una fracción de agua libre, resultante de restar del agua ingerida la fracción urinaria. Es el agua que realmente dispone el animal para sus funciones fisiológicas (evaporar, excretar por orina los catabolitos normalmente producidos y para excretar con las heces, leche, etc.).

Por ello, cuanto mayor es el contenido de sales del agua, menor será la fracción de agua libre de sales y mayor deberá ser el consumo de agua para satisfacer los requerimientos fisiológicos. Pero cuando la salinidad del agua sobrepasa cierto límite, el animal es incapaz de consumir el volumen de agua requerido, y a partir de ese punto, reducirá el consumo de alimento para disminuir la cantidad de solutos a excretar por orina y por ende, sus requerimientos en agua libre de sales. Es decir, disminuye su productividad.

Por lo tanto, podemos definir la tolerancia de un animal a la concentración salina del agua como el nivel máximo de sales totales que puede presentar el agua de bebida sin afectar el consumo de alimento y el nivel productivo.

Los cambios repentinos de aguas de baja salinidad a alta salinidad, provocan más daño que los cambios graduales.

En resumen, la calidad y cantidad de sales presentes en el agua de bebida hacen variar su consumo por el ganado, pudiendo actuar como estimulantes o como limitantes de la ingestión hídrica.

INTERACCIÓN SALINIDAD DEL AGUA-CALIDAD DEL ALIMENTO

Una alcalinidad muy elevada disminuye la palatabilidad del agua y por lo tanto el consumo.

La presencia de hasta 4 g/litro de sulfato de sodio en el agua causa un leve incremento del consumo, pero si el valor es de más de 10 g/litro hay una marcada reducción en el consumo de agua y en la producción por toxicidad.

El cloruro de sodio y otras sales en disolución, en concentraciones altas, producen un gran aumento de la ingestión hídrica.

Si la alta salinidad de un agua impide al animal consumir lo que necesita, disminuye la ingesta de materia seca, por lo que no podrá alcanzar un adecuado nivel de producción

Las aguas de salinidad alta (no excesiva) mejoran la digestibilidad de las pasturas de baja digestibilidad, aumentando el consumo de agua y de MS, mientras que con pasturas de alta digestibilidad el consumo de MS y de agua se ven deprimidos.

A este respecto trabajos realizados en la E.E.A. San Luís muestran una marcada diferencia de consumo de agua y de forrajes debido a la calidad de ambos componentes de la dieta.

Tabla 2-5.- Relación salinidad del agua y calidad del forraje (E.E.A. INTA San Luís).

Calidad del agua de bebida	Forraje de baja calidad		Forraje de alta calidad	
	Consumo de MS kg MS /día	Consumo de H_2O litros /día	Consumo de MS kg MS /día	Consumo de H_2O litros /día
Baja salinidad (1,5 g de ST/l)	2,00	6,73	3,78	17,29
Alta salinidad (5,9 g de ST/l)	2,20	7,40	3,53	14,85

Casagrande y Sager (2000) encontraron que la evolución del peso vivo de novillos bebiendo agua con cloruros fue superior al que bebía agua con sulfatos. Los mismos autores (2000b) manifiestan que cuando no se da el predominio de una sal sobre otra, se obtienen los máximos niveles de consumo de agua y de digestibilidad de la MS, mientras que el predominio de cloruros o de sulfatos no produce cambios importantes en el consumo y en la digestibilidad de la MS pero sí en el consumo de agua, que disminuye en las aguas sulfatadas.

Por lo general, y tomando en cuenta la salinidad del agua dentro de los valores tolerables, la mezcla de sa-

les presentes no produce alteraciones en la cantidad consumida de agua, mientras que concentraciones salinas altas aumentan el consumo, salvo casos de toxicidad.

El acostumbramiento a una determinada calidad de agua por parte del animal es muy importante. Animales acostumbrados a tomar agua clasificada como muy buena (1-2 g/l de sales totales) llevados a zonas con aguas de 4-5 g/l se niegan a beberla, disminuyendo el consumo de MS y su condición corporal, hasta que se acostumbran a la misma. Como ejemplo de este hecho, el autor comenta que su padre (Guillermo J. J. Bavera) tenía cabaña de Angus en Roberts, pcia. de Bs. As., con agua muy buena calidad. Cuando se llevaban toros a exposiciones rurales de zonas de aguas de salinidad elevada, era necesario llevar agua en tambores para mezclarla con la del lugar para bajar la salinidad, pues sino los toros no bebían, con la consiguiente disminución de su estado para ser presentados.

Se puede disimular la diferencia de palatabilidad agregando pequeñas cantidades de melaza al agua de bebida hasta lograr el acostumbramiento.

Sager (2000) cita trabajos realizados en la E.E.A. INTA San Luís que muestran una marcada diferencia de consumo de agua y de forrajes determinada por la calidad de ambos componentes de la dieta.

Cuando se trabajó con agua de cinco niveles salinos diferentes con heno de alfalfa, se encontró el mayor consumo de alfalfa se da con 2,5 g de ST/l, mientras que el mayor consumo de agua se obtuvo con 4,5 g de ST/l.

Tabla 2-6.- Relación sales totales-consumo de agua (Sager, 2000).

	Salinidad del agua en g/litro de sales totales				
	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5
Consumo de agua (litros /kg^{0,75})	0,443	0,549	0,558	0,582	0,536
Consumo de MS (kg/kg^{0,75})	0,105	0,134	0,130	0,122	0,114

En el gráfico siguiente pueden visualizarse estos valores:

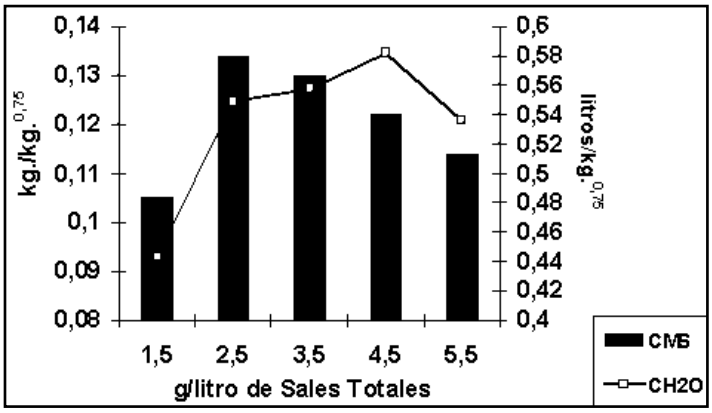


Figura 2-2.- Consumo de MS de alfalfa y agua con diferente salinidad (Sager, 2000).

Tabla 2-7.- Consumo y digestibilidad de materia seca y consumo de agua en relación a la calidad de la dieta y salinidad del agua de bebida (Sager, 2008).

Salinidad agua	Calidad dieta	Consumo MS kg MS/kg.^{0,75}	% Digestibilidad MS	Consumo agua litro/kg.^{0,75}
Media	Baja	0,060 ± 0,011 a	48,16 ± 11,42 a	0,203 ± 0,044 a
Alta	Baja	0,067 ± 0,013 b	56,21 ± 9,8 b	0,225 ± 0,047 b
Media	Alta	0,114 ± 0,018 c	66,55 ± 7,27	0,525 ± 0,162 c
Alta	Alta	0,108 ± 0,024 d	66,84 ± 8,14	0,453 ± 0,087 d
a, b Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,01), entre grupos de dieta de baja calidad. c, d Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,01), entre grupos de dieta de alta calidad.				

En las condiciones anteriores se puede apreciar que el agua con alta salinidad (6 g de ST/l) mejoró la digestibilidad y el consumo de agua y forraje de la dieta de baja calidad, pero la situación es inversa cuando se trata de dieta de alta calidad.

En el mismo sentido, Martínez Marín y Sánchez Cárdenas (2006) citan a Chalis et al (1987):

Tabla 2-8.- Relación salinidad agua de bebida-consumo agua, concentrados y producción (Chalis et al, 1987)

	Agua de bebida	
Componente	Control (ppm)	Desalinizada (ppm)
Sulfato	2400	120
Cloro	520	30
Sodio	466	92
Potasio	27	4
Calcio	526	24
Fosfato	0	0
Magnesio	240	20
Carbonato	0	0
Bicarbonato	181	144
Hierro	0	0
Boro	0	0
Flúor	1,1	0,4
Diferencia catión-anión	-143	-4,2
Sólidos totales disueltos	4387	434
Nitratos	26	0
pH	7,22	7,56
Respuesta		
Consumo de agua litros/día	105	144
Ingesta concentrados kg/día	10,2	14,1
Producción de leche kg/día	26,6	33,8

CONCLUSIÓN

Un consumo correcto de agua de bebida consta de cuatro factores: agua de buena calidad, en cantidad suficiente, disponible permanentemente y un sistema de suministro adecuado para que todos los animales puedan beber rápido y sin dificultades el agua necesaria para desarrollar su producción. Cuanta más agua beben los animales, más alimento consumen, lo que conduce a una mayor ganancia diaria de peso o mayor producción de leche.

Considerando los factores enumerados, se puede en general esperar un consumo promedio de 8 a 12 % del peso del animal, es decir, unos 50 litros de agua/día promedio para animales vacunos británicos adultos en pastoreo.

Cuando se alimenta ganado a pastoreo con suplementos, el consumo será de aproximadamente 65 litros/día. Los animales de alto peso corporal y en días cálidos pueden consumir 80 litros/día, y si se trata de buenas vacas lecheras en producción, es posible superar un consumo de 150 litros/día.

Como ejemplo, transcribimos la tabla que el NRC (1989 y 1996) da para bovinos de carne:

Tabla 2-9.- Necesidades aproximadas en litros de agua de bebida para bovinos de carne (Adapt. del NRC, 1996).

Peso en kg	4,4º C	10º C	14,4º C	21,1º C	26,6º C	32,2º C
Vaquillonas, novillos y toros en crecimiento						
182	15,1	16,3	18,9	22,0	25,4	36,0
273	20,1	22,0	25,0	29,5	33,7	48,1
364	23,8	25,7	29,9	34,8	40,1	56,8
Bovinos en terminación						
273	22,7	24,6	28,0	32,9	37,9	54,1
364	27,6	29,9	34,4	40,5	46,6	65,9
454	32,9	35,6	40,9	47,7	54,9	78,0
Vacas preñadas						
409	25,4	27,3	31,4	36,7	---	---
Vacas lactando						
+ 409	43,1	47,7	54,9	64,0	67,8	61,3
Toros adultos						
636	30,3	32,6	37,5	44,3	50,7	71,9
+ 727	32,9	35,6	40,9	47,7	54,9	78,0

Para vacas lecheras en producción el NRC (2001) propone la siguiente ecuación:

Consumo de agua (litros/día) = 15,99 + (1,58 x CMS) + (0,90 x PL) + (0,05 x Na) + (1,2 x Tmin)

Donde:

CMS = consumo de materia seca (kg/d)
PL = producción de leche (kg/d)
Na = consumo de sodio (g/d)
Tmin = temp. diaria mínima en ºC.

Tabla 2-10.- Consumo aproximado de agua y producción de leche (Univ. de Pensilvania)

Producción de leche (Litros/vaca/día)	Consumo de agua (Litros/vaca/día)
22	105
27	114
32	122
36	130
40	140
45	150
54	170
63	188
Dieta 55 % MS; 21ºC temperatura ambiente; 3,5 % G.B.	

Como se comprueba a través de los ejemplos transcriptos y los demás existentes en la bibliografía, hay numerosas tablas y fórmulas de diversos autores y organismos para predecir el consumo de agua en bovinos en distintas situaciones, pero siendo tantos los factores que influyen, coincidimos con Etcheverry, F. (2000), que encontró que las varias ecuaciones de predicción de consumo de agua que controló no lograron predecir correctamente el consumo de agua por los animales. Por lo tanto, siempre se debe trabajar con un gran margen de seguridad, es decir, con exceso de oferta sobre el posible consumo de agua de bebida.

ALTERACIONES DEL CONSUMO

CONSUMO DEFICIENTE

La restricción de agua en el ganado altera su biología, produciendo efectos directos y retardados que afectan su capacidad de rehabilitación. Una restricción crónica de agua puede producir un estrés crónico severo que reduce la productividad en niveles a veces no detectables fácilmente.

El primer efecto de una restricción moderada es la reducción en la ingesta de alimentos. Por lo tanto, si se desea tener una buena producción, no debe faltar el agua de bebida ad libitum y con fácil acceso.

Cuando por cualquier razón el consumo es menor de 3-4 litros de agua/kg de MS consumida, se originan perturbaciones en el organismo. El animal manifiesta la llamada inapetencia fisiológica que lo lleva a consumir menos alimentos y más lentamente, aún disponiendo de pasturas de buena calidad. Cuando se limita al 50 % el consumo de agua en bovinos, la tasa de aumento de peso baja un 25 %. El tubo digestivo puede actuar como cierta reserva de agua y aportarla al organismo durante un tiempo, pero esta cesión debe ser restaurada para que no se alteren las funciones fisiológicas normales.

La carencia de agua disminuye la fertilidad de los toros. Incluso en animales de alta rusticidad como el cebú, un ayuno obligado de agua por más de 48 horas produce efectos nocivos sobre la producción. Debe considerarse como muy importante que un bovino no pase nunca más de 48 horas sin la posibilidad de beber.

Los animales deshidratados presentan problemas para desollarlos y eviscerarlos, además de que la conservación de su carne es más difícil. Por eso es importante ofrecer a los animales que van a ser transportados para su sacrificio cantidades adecuadas de agua en forma periódica.

Cuando hay escasez de alimentos es cuando más deben extremarse las previsiones para asegurar un abastecimiento continuo y abundante de agua de buena calidad. Procediendo así, los animales resistirán mejor una insuficiencia alimenticia.

La falta total de ingestión de agua, ya sea por no tener acceso a la misma o por no buscar tomarla, como puede ocurrir en animales con debilidad extrema en los que está abolida o disminuida la sensación de sed, o por imposibilidad de tragarla, como en la intoxicación por abrepuño, en la rabia o en encefalitis, sumado a las pérdidas obligatorias, incrementadas en muchas enfermedades, lleva a un paulatino aumento de la concentración salina en el líquido extracelular que se hace hipertónico. Esto induce la salida de agua del líquido intracelular para nivelar la hipertonicidad del líquido extracelular. La sangre se concentra y se produce una mala circulación con deficiencia de oxígeno y acumulación de desechos en el organismo porque no pueden ser eliminados.

El agua proporcionada por los alimentos es inferior al mínimo que necesita el riñón para excretar los productos del metabolismo, por lo que aunque el animal coma, el organismo no puede disponer de ese líquido para bajar la hipertonicidad de los líquidos extra e intracelular. La excreción de orina está muy disminuida, pero contendrá sodio y cloruros, aunque su eliminación está reducida como consecuencia de la necesidad de ahorrar agua. Las manifestaciones clínicas básicas que se presentan en la deshidratación son los ojos hundidos, abdomen deprimido, pliegue de la piel lento, mucosas secas, piel seca y escamosa, gran excitabilidad con temblor y espuma en la boca. La marcha es rígida e incoordinada y pronto el animal se echa.

La muerte sobreviene como consecuencia de la elevada presión osmótica, cuando se llega a perder el 15 % del peso corporal, lo que ocurre alrededor del séptimo día, ya que la eliminación de agua es aproximadamente del 2 % del peso corporal por día. En la necropsia se comprueba licuefacción masiva de los depósitos de grasa, deshidratación y muerte fetal temprana en vacas preñadas.

El vacuno puede reponer el 15 a 20 % del peso corporal perdido en la primera toma de agua y el 20 a 25 % en un plazo de 1 a 1,5 horas.

Se ha desarrollado un método de diagnóstico indicativo de deficiencia en el consumo de agua por apreciación visual de la materia fecal. En la experiencia, los vacunos fueron controlados individualmente con un consumo preestablecido de 130, 100, 77, 59 y 45 % del requerimiento diario de agua según el NRC (1989), incluyendo el agua del alimento. Se analizó el contenido de MS de las heces y se estableció una calificación visual de la misma desde más seca 1 a más húmeda 5. El contenido de MS de las heces aumentó con la reducción de

la oferta de agua y la frecuencia de bebida, defecación y orina se redujo. La materia fecal de los animales que consumieron el 100 % de los requerimientos de agua presentaron una consistencia pastosa en forma de torta y la de los que bebieron el 45 % de sus requerimientos resultaron más secas y con anillos sucesivos formando un cilindro (Pinheiro Machado y col., 2000). Esto tiene vigencia cuando se trata de alimento de la misma calidad y no cuando el animal consume pasturas de alta o baja digestibilidad, que de por sí producen materia fecal líquida, pastosa o seca.

Los bovinos deben abrevar como mínimo cada 24 horas y nunca más de 48 hs sin beber. Los ovinos como mínimo cada 36 horas y los equinos cada 12 horas a menos que el viaje dure menos de 18 horas y puedan comer inmediatamente después de la llegada.

En nuestro país las condiciones de temperatura y humedad relativas pueden ser muy variables y en ocasiones extremas, por lo que debe establecerse como regla general que los animales adultos de cualquier especie no deben permanecer más de 18 horas sin agua y comida. Para los animales más jóvenes estos intervalos se reducirán tomando en cuenta las condiciones climáticas y del ganado.

CONSUMO EXCESIVO

Son raros los casos en que se produce un consumo excesivo de agua. Uno de ellos se da en la crianza artificial de terneros a balde, donde es necesario tener la precaución de evitar el acceso del ternero al agua hasta una hora después de haber dado la ración láctea. Hay veces en que el animal sufre una perversión del gusto por la ingesta de leche en balde, y si tiene agua a disposición inmediatamente después de tomar leche, considerándola leche, la consume sin control, hasta el extremo de sufrir una intoxicación hídrica.

Hemos observado un caso donde esta perversión del gusto era tan aguda que los terneros bebieron aceite usado de motores. Otro caso observado, en invierno, es de terneros en crianza artificial tratando de romper la capa de hielo formada en un bebedero por la helada inmediatamente después de la toma de leche en balde.

Luego de aproximadamente una hora, cesa el efecto de perversión del gusto y es conveniente el suministro de agua ad libitum.

Otro caso de consumo excesivo de agua se puede dar en animales sedientos, que puede llevar a una intoxicación si concurre la circunstancia de una previa deshidratación (rotura de tanques, bebidas, bombas o molinos, falta de viento) y pérdida de sales después de un ejercicio prolongado (arreos, transporte, trabajos en bretes) y/o altas temperaturas ambiente seguidas de acceso ad libitum al agua. Estos cuadros de sobrecarga ruminal por agua (encharque) muchas veces son confundidos con otras intoxicaciones, por lo que su incidencia puede ser mayor de lo reconocido.

Animales adultos deshidratados que no han muerto por esta causa, pueden morir uno o dos días después de ingerir agua abundante, luego de tener marcha vacilante, caída de rodillas y decúbito lateral con miembros en extensión y movimientos de pedaleo. Los terneros con intoxicación por agua muestran hematuria, pulmones edematosos y convulsiones unas cuatro horas después de ingerir gran cantidad de agua.

Por lo tanto, a animales sedientos solo hay que permitirles beber pequeñas cantidades de agua espaciadamente durante varias horas, no permitiendo que beban ad libitum hasta que el organismo normalice su hidratación.

En la intoxicación hídrica se produce una hidratación celular, originando edema cerebral, con cuadro nervioso de debilidad muscular, temblor, diarrea, inquietud, ataxia, convulsiones y coma terminal. Puede haber hemólisis y por consiguiente anemia, hipotermia y salivación.

HÁBITOS DE ABREVADO

En general

- Al acto de beber un animal adulto le dedica de 5 a 10 minutos diarios.

- Como existe una jerarquía establecida en cada rodeo, el uso del agua se puede ver afectado por la dominancia social. Por ello, algunos animales pueden tener una restricción al acceso al agua, aunque la misma se ofrezca ad libitum.
- Cuando en el rodeo hay animales astados y mochos, los primeros tienen prioridad de acceso al agua, y en algunos casos hasta pueden impedir que los mochos beban.
- Con alta temperatura ambiental, el agua fresca es más efectiva para reducir el estrés calórico, disminuyendo la tasa respiratoria y la temperatura corporal.
- Con elevadas temperaturas el consumo de agua se modifica, reduciéndose el intervalo entre bebidas a menos de dos horas. En estas condiciones el agua se debe estar disponible en el potrero y cerca de la sombra, pues el animal prioriza mantenerse a la sombra y no trasladarse a tomar agua. Esta reducción en el consumo de agua reduce más el consumo de materia seca que ya de por sí es bajo por el calor.

En ganado de carne

- Cuando el agua está disponible con facilidad para los animales en pastoreo, en potreros poco extensos, beben usualmente de 2 a 7 veces al día, con un promedio de 3-4 veces diarias.
- El vacuno tiene un gran espíritu gregario, en especial en algunas razas, lo que hace que cuando uno se dirige a la aguada, lo sigan algunos otros o todos. Esta interacción entre los animales del rodeo hace que probablemente beban todos, aunque no todos precisen realmente consumir agua.
- Es común que el ganado en explotación extensiva, en zonas de monte y/o sierra, de potreros de gran superficie, no vaya más de una vez por día al bebedero durante los meses cálidos y en invierno pase 48 horas o más sin abrevar.
- En las región semiárida y árida, cuando la distancia desde zonas de pastoreo a las aguadas es muy grande, y el encierre de bovinos se hace mediante el "cierre" de la aguada ya que los animales "bajan" a la misma cada 2, 3 o más días, el consumo de agua ese día es mucho más elevado que si se produce en 1 o 2 tomas diarias, pero en el mismo período el consumo total es equivalente, es decir no consumen ni menos ni más agua.
- Shultz y col., en zonas tropicales, comprobaron una mayor frecuencia en la toma de agua en el búfalo (*Bubalis bubalis*) comparado con el cebú cuando se alimentaron con forrajes de baja calidad con 89 % de MS y la raza lechera Guernsey tomó agua con mayor frecuencia que el cebú cuando recibieron forraje verde de alta calidad con 18 % de MS.
- En invierno los vacunos se dirigen desde el lugar en que los sorprende la mañana en dirección a la aguada. Al mediodía, especialmente si hay sol, pasan un buen rato alrededor de la misma y a la tarde beben por última vez y se dirigen hacia zonas de dormidero o zonas alejadas de la aguada para pasar la noche. A la mañana siguiente emprenden nuevamente camino hacia la aguada.
- Cuando la temperatura ambiente no excede los 26º C el ganado vacuno tiende a efectuar sus abrevados por la mañana y al final de la tarde, mientras que en otros momentos consume muy poca agua.
- Cuando la temperatura sobrepasa los 32º C los períodos durante los que no consume agua tienden a acortarse y los animales suelen beber cada 2 horas o más a menudo, dirigiéndose desde cualquier punto del potrero a la aguada para saciar la sed, sin detenerse a comer en el camino. Cuando el calor es intenso, pasan hasta 8 horas (desde las 9-10 hs hasta las 16-17 hs) en las proximidades de la aguada, rumiando, descansando y bebiendo cada tanto.
- Hay aguadas en que el ganado bebe solamente de noche. Esto se debe a que el porcentaje de anhídrido carbónico disuelto en el agua disminuye durante el día debido al calentamiento del agua, lo que la hace más alcalina, y durante la noche, al disminuir la temperatura del aire, y por lo tanto la del agua, aumenta la concentración de anhídrido carbónico, alcanzando una concentración suficiente como para mejorar la palatabilidad.
- El mismo principio anterior ocurre con las aguadas que “se arruinan” los días de viento norte, por la disminución del anhídrido carbónico disuelto debido a la acentuada baja de la presión atmosférica. Esto hace que los animales se concentren cerca de la válvula de entrada de agua al bebedero para tomar el agua que entra, la que está mas fresca y menos asoleada, y por lo tanto, con mayor concentración de anhídrido carbónico y menos alcalina.

- El ganado no acostumbrado a aguas con tenores salinos límites, previamente arisquea y olfatea y luego lame el agua en lugar de sorberla normalmente, levantando la cabeza, realizando movimientos de mandíbula y dejando salir el agua de la boca, en una acción muy característica, tomando poca agua por toma y más veces.
- Si en un potrero hay una aguada muy salina y otra con agua buena, aunque para llegar a la segunda los animales deban caminar más, prefieren a ésta.

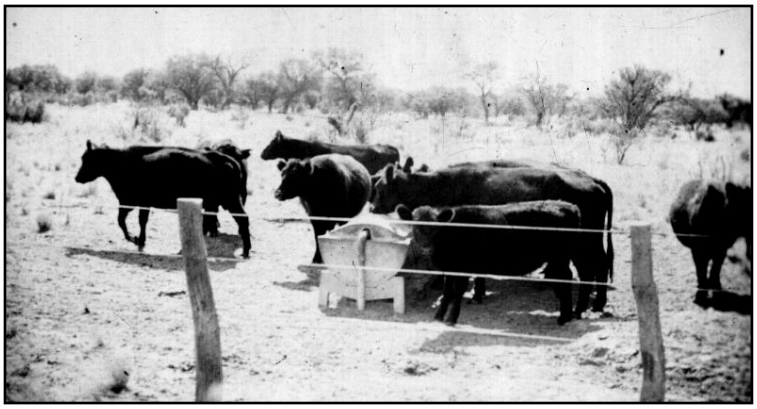


Figura 2-3.- Bebedero con agua muy salina (11 g/litro de sales totales); las vacas solo lamen el agua y se dirigen enseguida hacia otra aguada existente en el potrero que provee agua buena para cría por mezcla de aguas. Potrero de 700 ha en un campo en la zona de los médanos y monte pampeano-puntanos, sur de Rancul, La Pampa.

- Ciertos pastos, como los verdeos invernales tiernos y el maíz antes de muñequear, tienen un elevado contenido en agua, lo que disminuye en forma marcada la tendencia de los animales a estar gran parte del día junto a las aguadas al reducirse su necesidad de agua de bebida.
- En sistemas extensivos de potreros de grandes dimensiones, los efectos negativos del traslado de los animales para beber agua a puntos distantes en el mismo potrero se acentúan en condiciones de altas temperaturas ya que el animal prioriza el mantenerse a la sombra.
- Animales recién arribados a una aguada, pueden rechazar el agua por diferencia de salinidad con la que están acostumbrados a tomar. Se debe observar esto atentamente para evitar signos de deshidratación. Esto puede ocurrir dentro de un mismo establecimiento, en distintos establecimientos y en animales llevados a exposiciones rurales de zonas de aguas muy salinas.
- Los vacunos pueden beber en cantidades moderadas y por algunos días aguas de alto contenido salino sin sufrir daño, siempre y cuando no hayan estado previamente privados de agua.
- El ganado vacuno estabulado tiende a beber frecuentemente si el agua está fácilmente a su alcance, particularmente durante el tiempo caluroso.
- El alimentado a ración, en feedlot o el que a pastoreo recibe suplementos concentrados (alto contenido de MS) tiende a beber con más frecuencia y más que el que permanece a pastoreo exclusivamente.
- Animales acostumbrados a abrevar en bañados u otras aguadas naturales, al ser llevados a potreros con aguadas artificiales, suelen meterse en los bebederos por tener la costumbre de beber parados dentro del agua.
- El bovino no necesita beber agua inmediatamente después de ingerir un suplemento salino. Pueden pasar más de 7 horas hasta que tenga necesidad de beber. Por lo tanto, los saladeros, excepto en época de servicio en que conviene que toros y hembras permanezcan más tiempo juntos, se deben colocar lejos de las aguadas para no agregar una causa más de sobrepastoreo y traslado de la fertilidad en la cercanía de las mismas.
- En pastoreo rotativo sin agua en la parcela, los animales se trasladan por callejones hasta el bebedero, en grupo, siguiendo un patrón diario de consumo de agua, lo que aumenta la demanda instantánea de agua, con posible agotamiento del agua del bebedero.

- En pastoreo rotativo con agua en la parcela, los hábitos varían, tomando el animal agua un promedio de 6 a 7 veces por día, menor cantidad por vez, a distintas horas y sin permanencia cerca de la bebida; toman agua y van a comer, ya que son conscientes que la tienen cerca y a disposición.
- Con el agua en la parcela en pastoreo rotativo los animales no actúan con espíritu gregario dirigiéndose en grupos grandes a la aguada, sino que van en forma individual o en pequeños grupos y por poco tiempo.
- Con aguas de salinidad alta, en épocas de lluvias con encharcamientos no se presentan los síntomas esperados por el exceso de sales. Esto se debe a que los animales, en estos casos, prefieren beber de los charcos y lagunas. El problema se presenta nuevamente en épocas de seca.
- En engorde a corral ocurre a veces que un alto porcentaje de animales se montan entre sí. Esto se puede deber a la existencia de poco espacio en bebederos y comederos, ya que los animales que luchan para llegar a un bebedero o comedero sobrecargado tienden a montarse más.
- En los períodos de mayor consumo de agua, la dominancia social determina que, si la disponibilidad de agua no es abundante, los animales más sumisos no accedan a la fuente, retirándose para volver más tarde e incrementando el tiempo dedicado a beber, o bien, reduciendo el consumo diario. Ha sido registrada una reducción del 7 % y 9 % en el consumo de agua y materia seca, respectivamente (Anderson et al, 1984).
- Las vacas beben más agua mientras están consumiendo alimentos secos. Si cuentan con bebederos cercanos es común que alternen la ingesta del alimento y del agua, por lo que es importante tener bebederos con agua fresca y limpia y con accesos fáciles cerca de las áreas de alimentación.

En ganado lechero

- Vacas lactando consumen más agua y producen más leche cuando el agua está disponible de forma continua que cuando la frecuencia de acceso se reduce (ARC, 1980). Estos efectos son mayores con altos niveles de producción y elevada temperatura ambiente.
- Las vacas lecheras lactantes pueden beber hasta unas diez veces por día (10 minutos al día y a razón de 10 a 20 litros/min).
- El mayor consumo de agua se efectúa al salir de la sala de ordeño. Por tanto, es importante proveer suficiente agua en esta situación. Por el contrario, el suministro de agua dentro de la sala de ordeño no afecta apreciablemente el consumo.
- El consumo de agua de las vacas lecheras en pastoreo es controlado entre otras cosas por la disponibilidad de agua, siendo que el consumo de agua se incrementó en un 50 % cuando estaba disponible en el campo durante 21,2 horas/día comparado con agua ofrecida en la sala de ordeño durante 2,8 horas/día (NRC, 1981).
- Cuando el agua de bebida se suministra en la sala de ordeño, la posibilidad de que todo el rodeo cubra sus necesidades de consumo de agua es función de su disponibilidad instantánea en relación al número de animales y al tiempo que permanece a su disposición. Esto último es modulado a su vez por factores de comportamiento animal como la proporción entre vacas pluríparas y primíparas, ya que la dominancia sobre las vacas de primera cría lleva a que estas últimas en general sean relegadas. Las vacas relegadas consumen un 7 % menos de agua y un 9 % menos de materia seca que las dominantes, y como consecuencia producen menos (Piaggio y García).
- Con agua en la parcela, sobre las que solo bebían en la sala de ordeño, Piaggio y García obtuvieron en promedio anual, un 5 % más de litros/vaca, con una mayor concentración de sólidos, cuya diferencia representa un 6,5 % en cantidad de sólidos no grasos y mayor a un 7 % en términos de cantidad de grasa y proteína (kg/v/d). La diferencia fue mayor en épocas calurosas.
- En las vacas lecheras en lactación, el 40 % del consumo se produce entre las 15 y 21 horas. El pico de la demanda ocurre entre la 1ª y 3ª hora posterior al ordeño de la tarde, cuando ya se han retirado del tambo.
- En el ganado lechero, la cantidad de agua bebida llega al máximo luego del ordeño, pudiendo llegar a beber 7 a 20 litros por minuto y hasta un 40 a 60 % del total del consumo diario.
- Las vacas lecheras en producción deben tener agua a disposición permanentemente, pues se ha constatado que en esta forma producen alrededor de un 5 % más de leche que si bebieran a discreción solo dos veces por día y un 10 % más que si lo hicieran en una sola toma diaria.

- En las vacas lecheras en producción, durante períodos de elevadas temperaturas el patrón diario de consumo de agua se modifica, reduciéndose el intervalo entre bebidas a menos de dos horas.
- Antes del ordeño conviene que las vacas dispongan de bebederos en el corral de espera, donde pueden permanecer entre 15 y 60 minutos; esta zona suele ser calurosa y puede incidir negativamente al incrementar el estrés de los animales, por lo que es conveniente el agua a su disposición.
- Las vacas lecheras produjeron mas leche y consumieron menos agua cuando se les suministró agua fría artificialmente. Cuando se les permitió elegir, prefirieron el agua fresca a temperatura de pozo, no tan fría.

CONSUMOS DE AGUA EN ESTABLECIMIENTOS AGROPECUARIOS

Tabla 2-11.- Consumos medios de agua en establecimientos agropecuarios.

Consumo humano	Por persona	400 litros/día
Explotación ganadera (por animal)	Bovinos carne	50 lts/día
	Vacas lecheras	50 - 150 lts/día
	Cabras	8 lts/día
	Ovejas	8 lts/día
	Burros	25 lts/día
	Equinos	50 lts/día
	Porcinos	20 lts/día
	Gallinas c/100	23 lts/día
	Pavos c/100	80 lts/día
Riego	Por árbol frutal	150 lts
	Quinta hortalizas	60 m^3 por hectárea

AGUA Y ALIMENTOS

La importancia del aporte de agua en la producción de alimentos es tal que se han establecido los conceptos de "huella del agua" (water footprint) y "agua virtual" (virtual water) para evaluar países, regiones o productos conforme a la cuantía de agua necesaria para su producción. Los países grandes productores de carne bovina encabezan esta escala, según se puede deducir de las siguiente tabla:

Tabla 2-12.- Cantidad de agua necesaria para producir los principales alimentos
En el ganado, este cuadro incluye el agua de bebida y el agua necesaria para la producción del forraje.
(Adapt. de FAO, 1997)

Producto	Unidad	Agua en litros
Bovino	Cabeza	4.000.000
Ovejas y cabras	Cabeza	500.000
Carne fresca de bovino	Kilogramo	15.000
Carne fresca de oveja	Kilogramo	10.000
Carne fresca de pollo	Kilogramo	6.000
Leche	Kilogramo	800
Cereales	Kilogramo	1.500
Cítricos	Kilogramo	1.000
Legumbres, raíces y tubérculos	Kilogramo	1.000

Apocalípticamente se habla que las grandes potencias vendrán en el futuro a llevarse nuestra agua. Esto está ocurriendo actualmente, ya que estamos exportando al mundo grandes cantidades de agua, a buenos precios, como productos agropecuarios y agroindustriales.

"Los ojos de agua no se hallan generalmente sino después de pasar una capa de tosca que se encuentra, según el parage, en distintas profundidades. Obsérvese que hay dos capas de tosca; la primera es blanca y no contiene agua, la segunda es mas oscura, semejante a la greda, y es allí, pasando esta segunda capa de toscas, donde se encuentran las fuertes vertientes".

Hernández, José. 1882. Instrucción del Estanciero, Edit. Casavalle, Bs.As., :118.

CAPÍTULO III

EL AGUA SUBTERRÁNEA

CICLO HIDROLÓGICO

Se denomina ciclo hidrológico a la circulación del agua en cualquiera de sus estados físicos (líquido, sólido o gaseoso) desde los océanos, mares, lagos y otras masas abiertas de agua al aire; desde el aire a tierra, sobre su superficie o bajo ésta, y de nuevo a los océanos. Es un ciclo cerrado. No se produce nueva agua. Toda el agua que existirá, está aquí ahora.

Los principales componentes naturales de los procesos del ciclo hidrológico son: precipitación, infiltración, escorrentía, flujo superficial, flujo subterráneo, evaporación y transpiración.

Las aguas se pueden dividir en la naturaleza en dos grandes grupos que son: las aguas de superficie y las del subsuelo. Si bien se pueden diferenciar, no se debe realizar una división tajante, ya que todas pertenecen al ciclo hidrológico, que al ser dinámico produce un flujo continuo entre ellas. El hombre puede captar el agua en forma eficiente en algunos puntos de éste ciclo.

La atmósfera terrestre contiene unos 13.000 km³ de agua. Esta cantidad representa el 10% de los recursos de agua dulce del planeta que no se encuentran en las aguas subterráneas, en los casquetes polares ni en el permafrost.

Cuando la precipitación atmosférica alcanza el suelo, se divide en varias partes que prosiguen la fase terrestre del ciclo hidrológico siguiendo diferentes caminos. De la cantidad total anual de 110.000 km³ de precipitación sobre la superficie terrestre, cerca de 40.000 km³ se convierten en escorrentía superficial y recarga de acuíferos (agua azul) y se estima que unos 70.000 km³ quedan almacenados en el suelo y más tarde vuelven a la atmósfera a través de la evaporación y la transpiración de las plantas (agua verde).

Los procesos de evaporación y transpiración (evapotranspiración) están estrechamente relacionados con el agua presente en la humedad del suelo; estos procesos actúan como fuerzas motrices sobre el agua que se transfiere en el ciclo hidrológico. El movimiento a través del suelo y la vegetación es considerable y representa el 62% del agua dulce que se renueva cada año a nivel global.

Una característica esencial del agua es su dinamismo, ya que siempre está en movimiento. Es evaporada desde sus superficies libres o incorporada a la atmósfera por la transpiración de suelos y plantas. Esta última es muy importante; por ejemplo, un solo manzano, durante un período de vegetación activa de 6 meses, puede lanzar al aire 6.800 litros de agua.

La evaporación da como resultado la transferencia de vapor de agua a la atmósfera, que al elevarse se enfría lentamente, y cuando por el continuo enfriamiento se satura y condensa aparecen las nubes y según el desarrollo que éstas alcancen, se produce la precipitación.

Las nubes liberan su humedad como precipitación, en forma de lluvia, granizo o nieve. La precipitación puede ocurrir sobre los océanos o sobre la tierra. Una parte de la precipitación que cae en la tierra se evapora retornando a la atmósfera; una moja la superficie del suelo y se escurre hacia las corrientes superficiales, y el resto se filtra en el suelo y percola hacia los flujos de agua del subsuelo. Las plantas, que extraen agua del

subsuelo mediante sus sistemas radicales, emplean el 2 % de esa agua para la fotosíntesis y el resto se traslada a las hojas, donde a través de la evapotranspiración la devuelven a la atmósfera.

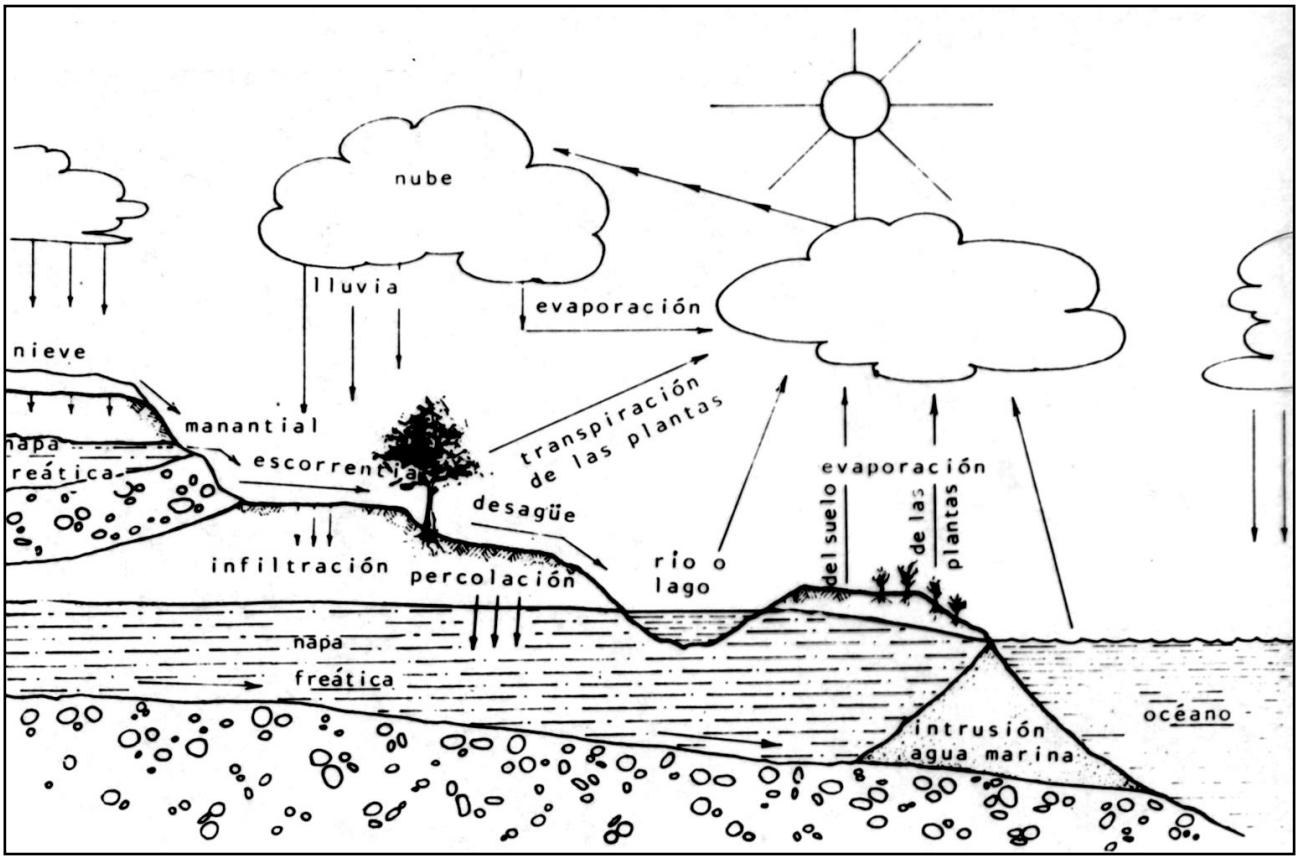


Figura 3-1.- Ciclo hidrológico

La mayoría del agua de los continentes se encuentra subterránea, el 0,62 % del total, frente a los ríos y lagos que representan el 0,017 %.

Tabla 3-1.- Distribución porcentual del agua en el planeta (Adapt. de NGS Magazine, 2002)

Ubicación			% Parcial	% del Total
Océanos y otras aguas saladas (71 % de la superficie terrestre)			96,5	97,5 %
Lagos salados (mares interiores) + Aguas subterráneas saladas			1	
Glaciares y nieves	68.7	% del 2,5	1,71	2,5 %
Subterráneas dulces	30.1		0,75	
Permafrost	0.8		0,02	
Superficial y atmosférica:	0.4		0,01	
Lagos de agua dulce	% del 0,4	67.4	0,00674	
Humedad del suelo		12.2	0,00122	
Atmósfera		9.5	0,00095	
Humedales		8.5	0,00085	
Ríos		1.6	0,00016	
Biota, seres vivos		0.8	0,00008	

Cerca del 40 % del agua que cae en forma de precipitación sobre el suelo proviene del vapor derivado del océano. El 60 % restante proviene de fuentes terrestres.

En un clima templado, el 33 % de la precipitación total generalmente vuelve a la atmósfera por evaporación o evapotranspiración, el 33 % se convierte en agua superficial a través de la escorrentía y el 34 % recarga las aguas subterráneas.

En un clima semiárido, el 50 % del total de las precipitaciones generalmente vuelve a la atmósfera por evaporación o evapotranspiración, el 30 % se convierte en agua superficial a través de la escorrentía y el 20 % recarga las aguas subterráneas.

En un clima árido, el 70 % del total de la precipitación generalmente vuelve a la atmósfera por evaporación o evapotranspiración, el 29 % se convierte en agua superficial a través de la escorrentía y sólo el 1 % recarga las aguas subterráneas.

Las lluvias en las regiones semiáridas y áridas son de corta duración, de relativa alta intensidad y caen en áreas limitadas con alta variabilidad. Como regla general, cuanto menor es el promedio de la lluvia anual mayor es su variabilidad:

La mayor parte de las aguas de escorrentía y de las subterráneas terminan su recorrido en los océanos, de donde se evaporan nuevamente, por lo que se considera que los mares son el punto final e inicial del ciclo hidrológico.

En muchos casos el hombre ha modificado el ciclo hidrológico por su actuación sobre el medio ambiente físico. Ejemplos de ello son la deforestación de montes naturales y selvas, la forestación con especies foráneas, los canales de drenaje, los diques y represas, las grandes áreas impermeabilizadas por el asfalto y el cemento de las ciudades, las rutas y vías de trenes, los acueductos, la extracción descontrolada de agua de los acuíferos subterráneos, más su responsabilidad sobre el cambio climático global.

DISTRIBUCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

En el perfil del suelo existen dos zonas de acumulación de agua: la zona de aireación y la de saturación. La zona de aireación se extiende desde la superficie de la tierra hasta el nivel en el cual todos los intersticios o espacios abiertos se encuentran totalmente saturados de agua. Esta zona puede variar desde pocos centímetros hasta un centenar de metros o más. En ella se encuentra la capa de agua del suelo, que yace debajo de la superficie, y es de donde las plantas extraen la humedad necesaria para su crecimiento. Es una capa de alta porosidad y gran capacidad para retener el agua por atracción molecular. Su profundidad varía, de acuerdo al tipo de suelo y vegetación, desde las tierras de cultivo a las áreas boscosas, que están constituidas por plantas de raíces profundas.

En el límite de la zona de aireación se encuentra el borde capilar, que llega en profundidad hasta la zona de saturación. La capilaridad es una propiedad del agua que consiste en cierta forma de atracción que tienen las moléculas de agua entre sí y que hace que “mojen” los pequeños espacios existentes en las sustancias sólidas, o entre sustancias que se componen de pequeñas partículas o que forman tubos muy finos. Este fenómeno produce varios efectos sumamente importantes, como la posibilidad de que el agua se desplace hacia arriba o en forma horizontal a través de pequeños conductos o espacios. Mientras más estrechos son los poros del suelo, mas se eleva el agua. De este modo, el espesor de esta capa varía de acuerdo a la textura del suelo y puede ser prácticamente cero cuando los poros son grandes.

Existe en la zona de aireación una tercera capa llamada intermedia, entre las dos anteriores, donde la mayor cantidad de agua de la capa del suelo pasa por gravedad hacia la napa freática, cargándola con el exceso de agua meteórica que la capa del suelo no puede retener.

La zona de saturación o de aguas freáticas o acuífero (acuífero = *que porta agua*) se encuentra por debajo de la zona de aireación. En ella los poros están completamente llenos de agua. El agua contenida en los mismos se conoce como agua del subsuelo, y es la única, dentro del perfil, que puede fluir con cierta facilidad hacia un pozo o perforación.

La superficie que separa la zona de aireación de la zona saturada se denomina nivel freático, el que fluctúa verticalmente a lo largo del tiempo.

La zona de saturación puede extenderse hasta gran profundidad, pero a partir de los 700 m apenas se encuentra agua. Es frecuente hallar zonas de saturación locales en forma de bolsas de agua, bolsones, lagos subterráneos o lentejones sobre estratos impermeables.

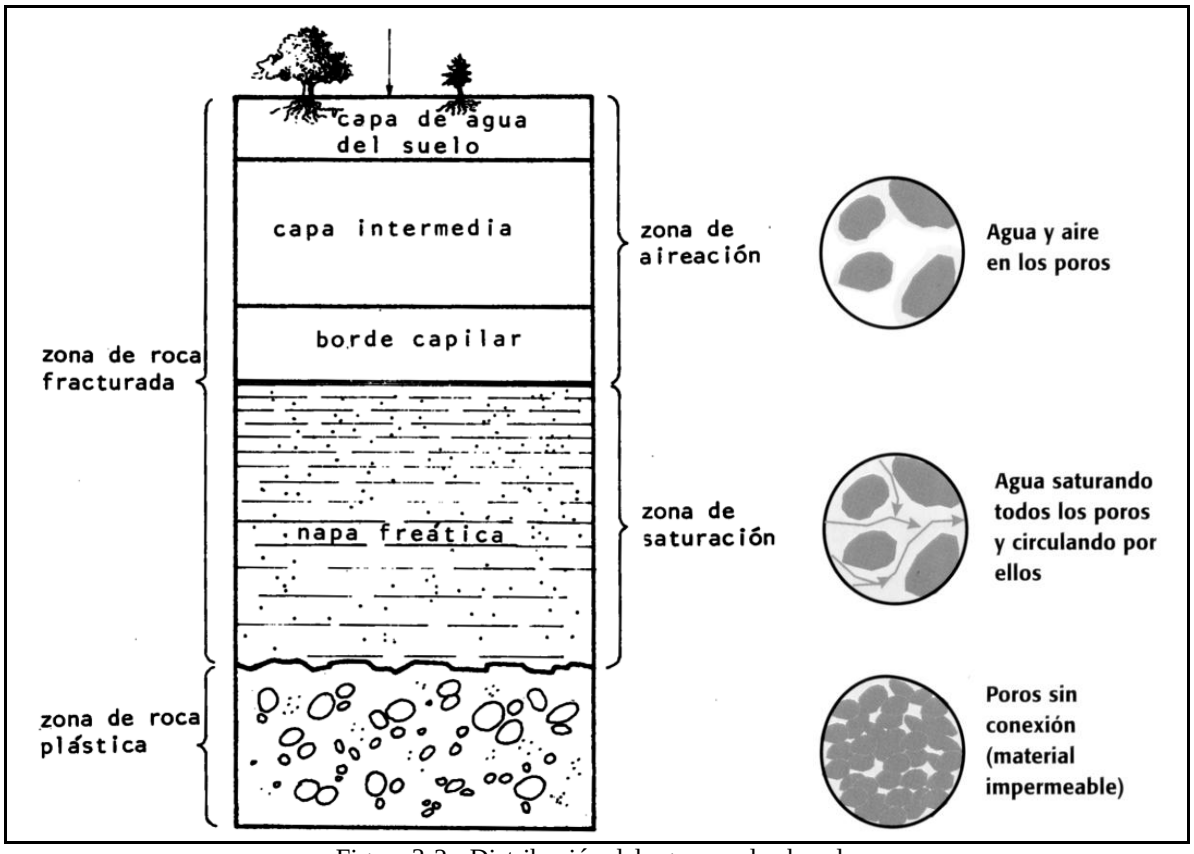


Figura 3-2.- Distribución del agua en el subsuelo

La zona de saturación puede extenderse hacia arriba y llegar a veces hasta la misma superficie del suelo, como sucede en algunos terrenos bajos, cauces de ríos, lagunas y ciénagas. En el sur de la provincia de Córdoba, las intensas lluvias producidas a partir de 1997 mas los aportes del crecido Río Quinto, elevaron de tal manera la napa freática que el agua, en algunas poblaciones, brotaba hasta por entre las juntas del pavimento, haciendo ceder los cimientos de edificaciones y colmatando y derrumbando los pozos ciegos. Fue necesario poner en funcionamiento grandes bombas para deprimir la napa, lo que en algunas poblaciones, como Pincén, fue inútil. Desde el 2006 este problema también está ocurriendo en una amplia zona entre Justo Daract (San Luís) y Coronel Moldes y Bulnes (Córdoba).

Blarasin y Cabrera (2005) indican que hay una tendencia creciente en la magnitud de los excedentes de las precipitaciones, incrementándose a partir de la década del '70, y que el almacenamiento de los mismos en los sistemas de llanura del sur de Córdoba implica una importante elevación de 2 a 3 metros de los niveles freáticos. En la zona de Coronel Moldes, entre 1964 y 2005 la elevación superó los 10 metros.

Las zonas de aireación y saturación se encuentran en la zona de rocas fracturadas. En ella, las cargas sufridas por las rocas están por debajo de su límite elástico, lo que determina la formación del suelo y subsuelo por descomposición del material original.

Por debajo de la zona de roca fracturada, se encuentra la zona de rocas plásticas, donde las mismas están sometidas a presiones tales que provocan su deformación, desaparecen los intersticios y la única agua que la roca contiene es su agua de composición.

ORIGEN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

La mayoría del agua dulce líquida del mundo (97 % según algunos cálculos) no es visible, sino que yace en el subsuelo en los acuíferos (Sampat, 2000, Monroe y Wicander, 1994). Parte de este agua subterránea fría, limpia y en lento movimiento es un legado del pasado y se ha almacenado en los acuíferos por hasta 10.000 años (Environment Canadá, 1999).

Por lo tanto, la existencia del agua subterránea depende en gran parte de la historia geológica de la tierra. Los estudios de geología regional son requisitos indispensables para comprender todos los aspectos referentes al agua subterránea.

Las aguas subterráneas dependen de las filtraciones del agua de lluvia y de nieve a través de las capas permeables, de fallas en la estratificación o discordancia entre las capas, de las corrientes de infiltración de ríos y lagos y de la relación de la cantidad de agua extraída en un área respecto a la recarga natural o artificial y por ende, a la precipitación media anual.

En algunos casos, las aguas de las napas profundas afloran a la superficie del suelo bajo la forma de manantiales, lo que ocurre en la unión de una roca porosa, como la piedra caliza o la arenisca, con un roca impermeable, como la arcilla o la pizarra, pero en general, siguen corriendo por las capas de terreno permeable formando napas acuíferas. Estas se pueden encontrar formando varias napas superpuestas separadas por estratos impermeables. Comúnmente son muy amplias y abarcan extensas regiones. En algunos casos es fácil conseguir agua, pues casi todas las perforaciones dan con la napa, no obstante variar el caudal en forma manifiesta de un punto a otro.

Los pliegues de los estratos terrestres superpuestos formados por diversas razones (enfriamiento, presión), dan lugar a una sucesión de ondulaciones cóncavas o sinclinales, y otras elevadas o anticlinales. Es por lo general en las sinclinales, que originariamente fueron valles, donde se encuentra con mayor facilidad abundante agua subterránea. En el caso de las anticlinales, también puede encontrarse agua, pero en tal caso siempre confinada entre dos estratos impermeables, formando bolsones, que se distinguen por presentar una presión mayor que la atmosférica.

Si la corteza terrestre resultara lo suficientemente homogénea y permeable como para absorber y acumular toda el agua proveniente de las precipitaciones, no presentaría dificultad obtener a través de una perforación abundante caudal en cualquier parte, pero toda el agua subterránea se encuentra en los espacios abiertos de las rocas. Existen varias clases de rocas que se diferencian mucho en la forma y tamaño de sus poros. Los materiales sueltos (arena, grava y fragmentos de rocas) presentan espacios porosos fácilmente visibles, pero los espacios que hay entre las partículas de arcilla y de otros materiales de textura fina son sumamente pequeños.

La porosidad de los materiales rocosos sueltos varía con la disposición, la forma y el grado de las partículas. En algunas rocas consolidadas, la porosidad original se ha reducido por compactación o por depósito de material aglomerante en los espacios porosos. En otros casos, la porosidad ha aumentado por el desarrollo de fracturas o por la disolución de algunos constituyentes de la roca.

En general, la porosidad tiende a ser mayor en las capas superficiales, disminuyendo a medida que aumenta la profundidad. Las rocas menos porosas son aquellas que se encuentran a grandes profundidades y que soportan una presión tan elevada que altera su estructura y cierra todos sus poros.

La capa de agua del suelo no suministra su agua a las perforaciones, pero a través de ella pasa por percolación gran parte del agua utilizada por el hombre. En las rocas del subsuelo se encuentra el agua que llega a las perforaciones, siempre que el suelo sea capaz de dejarla alcanzar el manto freático.

En casos excepcionales, en ciertas rocas calizas y otras con cavernas de disolución, el agua subterránea puede correr como ríos subterráneos, pero en su mayoría, el flujo se da a través de una miríada de poros o fracturas interconectadas. La velocidad con que se mueve el agua subterránea depende en gran parte de la permeabilidad del material rocoso. En los materiales permeables, la gravedad es la fuerza que mueve el agua hacia abajo, hasta la zona de saturación, y desde allí fluye a niveles más bajos, alcanzando por último los océanos, donde es vertida por los manantiales y por las áreas de infiltración. Todo esto hace que el movimiento de las aguas subterráneas sea muy lento y el tiempo de la renovación del agua sea de cientos de años, especialmente para las napas más profundas.

La cantidad de agua que puede almacenar una napa subterránea se establece por el promedio de recarga anual del reservorio, de igual forma que el rendimiento de un depósito superficial depende del agua que recibe. Los reservorios pequeños de agua subterránea pueden dar rendimientos abundantes si tienen facilidad de recarga por corrientes superficiales. En cambio otros, aún siendo mucho más grandes, no mantienen un rendimiento constante debido a que la recarga puede ser sumamente pequeña. El rendimiento sostenido de los pozos está limitado por la cantidad y velocidad del agua subterránea que se mueve hacia el reservorio desde los sitios de infiltración.

La presencia de las plantas y de las primeras capas del suelo son imprescindibles para que el agua de las precipitaciones se infiltre y recargue los acuíferos. Un aumento de la erosión del suelo significa siempre una disminución en la recarga de los acuíferos.

Prácticamente toda el agua subterránea proviene de las infiltraciones, pero hay otras fuentes, como la llamada agua juvenil, que procede del interior de la tierra, observable en ciertas regiones volcánicas, y el agua de formación o connata, que fue atrapada por los sedimentos desde la época en que se depositaron, hace cientos de millones de años. El volumen de recarga corriente de estas aguas fósiles es muy exiguo o no existe. Por consiguiente, son recursos naturales no renovables y están al margen del actual ciclo hidrológico.

El agua de composición de ciertos minerales también puede ser considerada como fuente cuando éstos se descomponen y queda en libertad.

Esencialmente, toda el agua subterránea utilizable forma parte del esquema circulatorio del ciclo hidrológico. Las fuentes de agua del subsuelo se encuentran generalmente almacenadas, mientras que el agua de ríos y otras fuentes superficiales están normalmente en circulación y se renueva con más frecuencia, por lo que está sujeta a fluctuaciones periódicas en mayor proporción que las del subsuelo.

Los acuíferos pueden tener problemas de sobreexplotación. Esto afecta a muchas regiones del mundo, especialmente zonas agrícolas, como ser el oeste de EE.UU., buena parte de la India, Pakistán, áreas del norte de China y zonas de otros países. En algunos de estos lugares, los niveles freáticos están descendiendo a un ritmo de un metro por año. Este agotamiento puede reducir permanentemente la capacidad natural de la tierra para almacenar agua, ya que su extracción excesiva puede provocar la compactación de los poros y espacios que la retienen. Si el acuífero está cerca de la costa, ese hueco producido por la extracción de agua puede ser ocupado para siempre por agua de mar.

INTRUSIÓN MARINA

En los acuíferos costeros el agua salada del mar se introduce, como si fuera una cuña, por debajo del agua dulce, debido a su mayor densidad. En la separación entre el agua salada y la dulce se forma una zona de mezcla, de salinidad intermedia, conocida como interfase. Cuando existe equilibrio natural el agua marina permanece estacionaria, mientras que el agua dulce, alimentada por corrientes subterráneas, fluye hacia el mar.

El agua de mar es cuarenta veces más densa que el agua dulce. Por lo tanto, por cada unidad de agua dulce sobre el nivel del mar, se requieren cuarenta unidades de agua dulce bajo el nivel del mar (1:40) para evitar que el agua salada desplace al agua dulce y ocupe su espacio. En otras palabras, si se reduce la profundidad del agua dulce del acuífero en un centímetro, sube el agua de mar cuarenta centímetros.

La intrusión de agua salada puede ser un problema grave en las zonas costeras en que los ritmos de bombeo de agua subterránea son lo suficientemente altos como para causar que el agua de mar invada los acuíferos de agua dulce. Una vez contaminados con agua salada, los acuíferos no se pueden usar con fines de agua potable o irrigación y permanecerán salobres durante muy largo tiempo.

La elevación de los niveles del mar por el cambio climático agravaran el problema de la intrusión de agua salada en los acuíferos de agua dulce. Los riesgos se preveen mayores en los mantos isleños poco profundos y en los acuíferos costeros muy explotados.

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

El agua subterránea tiene escasa movilidad, con bajas velocidades de flujo que, en condiciones de equilibrio natural (cuando no existe alteración por explotación) varían entre algunos cm y decímetros por día. Esto hace que los procesos de degradación, particularmente los vinculados a la contaminación, se produzcan muy lentamente por lo que resulta difícil detectarlos, especialmente en las fases iniciales. Este comportamiento que aparece como beneficioso para la preservación del acuífero, en realidad no lo es, pues la baja actividad dinámica deriva en lapsos muy prolongados para la restauración o descontaminación.

HUNDIMIENTO DEL SUELO

Las extracciones en gran escala de agua subterránea pueden conducir a la consolidación de los acuíferos y el hundimiento del suelo. En EE.UU. el bombeo de agua subterránea ha conducido al hundimiento del valle San Joaquín en California, Houston-Galveston en Texas, Baton Rouge en Louisiana y la zona de Phoenix en Arizona. Partes de la Ciudad de México se han hundido unos 10 metros en la década de 1970.

El hundimiento puede causar daños generalizados en alcantarillas, líneas de flotación, cimientos, canales, acueductos, carreteras y revestimiento de los pozos. En la Ciudad de México ha motivado que el nivel promedio del centro haya bajado dos metros por debajo del fondo del lago de Texcoco, lo que eleva los riesgos de inundaciones. Pero lo más importante es la naturaleza irreversible del hundimiento del suelo, ya que cuándo los sedimentos de éstos se compactan, su capacidad para almacenar se reduce para siempre.

TIPOS DE NAPAS ACUÍFERAS

Las napas acuíferas se pueden dividir en napas freáticas y napas artesianas.

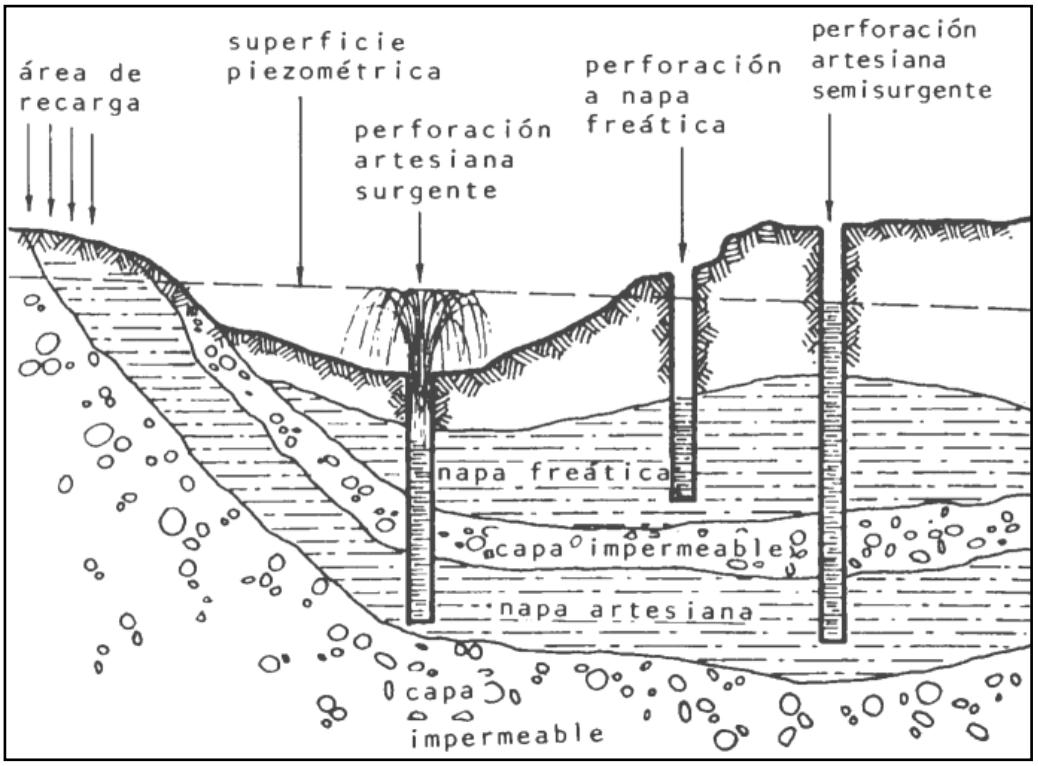


Figura 3-3.- Tipos de napas acuíferas

NAPA FREÁTICA, PRIMERA NAPA O ACUÍFERO LIBRE

La napa freática (del griego *pozo*) es aquella en que el manto acuífero está apoyado sobre una capa impermeable pero no está confinada por otra capa superior impermeable. El agua de estas napas está virtualmente a presión atmosférica. La napa freática marca el nivel más alto al cual se eleva el agua en una perforación construida en ese manto, variando éste a veces con los años o por los muchos pozos locales que extraen agua.

La luna, en la misma forma en que influye en las aguas de los mares, actúa sobre las aguas de las napas freáticas en los pozos, jagüeles y perforaciones, por lo que las mismas alcanzan su máximo nivel en el mismo momento que la pleamar.

En el noroeste de la provincia de Buenos Aires se ha comprobado un estancamiento del nivel de la freática durante los meses de invierno, comportamiento que es prácticamente independiente del nivel de las precipitaciones. En años lluviosos la napa ha subido en los meses de primavera, a veces peligrosamente (llego a estar en el promedio del Partido de Gral. Villegas a menos de 1 m de profundidad). También se observó una baja de 1,30 m de profundidad (desde 1.20 m a 2.50 m) comparando el mes de diciembre, cuando las lluvias anuales cayeron de 1020 mm a 503 mm anuales. Un uso interesante que tiene esta información es poder predecir el nivel futuro de la freática, en función de distintos escenarios de lluvia. Conociendo la napa inicial, por ejemplo en el momento de siembra del cultivo, se puede calcular cual será su nivel, según las lluvias que se esperen, a partir de relacionar la diferencia de napas con las lluvias y la evapotranspiración. De esta manera se puede estimar, por ejemplo, si habrá piso para cosechar, si la napa bajará demasiado y si será inaccesible para las raíces de los cultivos, etc. (Otero, A., 2004).

Por lo general, estas napas son de escaso rendimiento, pero algunas pueden llegar a soportar la extracción de grandes caudales.

En cuanto a su calidad, pueden ser a veces de higiene dudosa por las posibles contaminaciones. Incluso sus cualidades químicas varían de un lugar a otro, llegando a ser inadecuadas para uso agropecuario cuando resultan excesivamente cargadas de sales.

NAPA FREÁTICA COLGADA O COLGANTE

La infiltración desde la superficie hasta la napa freática puede ser interrumpida en lugares donde se encuentra un lente de material impermeable, como ser arcilla, acumulándose el agua por encima de ese lente. Se forma así lo que se conoce como napa freática colgada o colgante a cierta distancia del verdadero nivel freático.

Cuando se efectúa una perforación, es importante identificar si no se dio con una de estas napas, ya que en general es muy poca el agua que contienen. Es frecuente que en períodos de sequía, cuando no hay recarga por infiltración, muchas de estas napas colgantes se agoten.

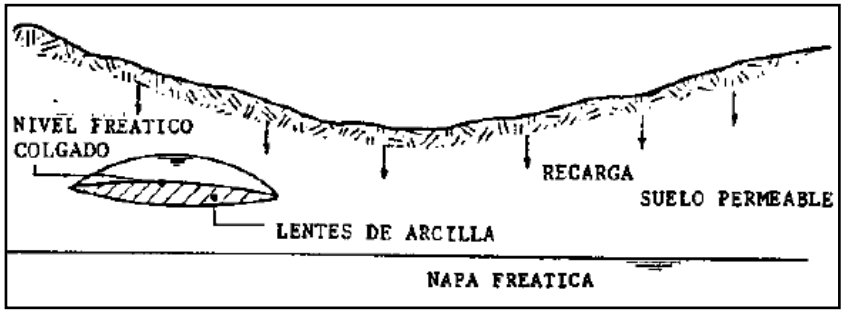


Figura 3-4.- Napa freática colgada encima de una lente de arcilla en un acuífero freático.

NAPA ARTESIANA, CAUTIVA O CONFINADA

Es aquella en que el agua está confinada bajo una presión superior a la atmosférica entre dos capas impermeables. En contraposición al caso de las freáticas, en una perforación el agua de estas napas se elevará a niveles situados por encima del manto superior de confinamiento. Esto es debido a la presión hidrostática creada por las capas impermeables confinantes.

El nivel exacto al cual se elevará el agua en las perforaciones localizadas en una napa artesiana se denomina superficie piezométrica o nivel piezométrico, y es el que corresponde a una recta que une el origen de la napa con el nivel del mar, si su terminación coincide con el mismo, o con su terminación interna en el continente.

NAPA O ACUÍFERO SEMICONFINADO

Estos acuíferos son mas frecuentes que los confinados. El techo, el piso, o ambos, están formados por capas de baja permeabilidad (semiconfinantes, filtrantes o acuitardos) que si bien dificultan, no impiden la circulación vertical del agua. Para que ello suceda, además de la permeabilidad, deben existir diferencias de carga o potencial hidráulico entre el acuífero semiconfinado y el que se le sobre o infrapone. Se recargan y descargan a través de las capas limitantes.

RECARGA NATURAL DE LAS NAPAS

NAPA FREÁTICA

El aporte de agua a la zona de saturación por las precipitaciones atmosféricas se realiza a través de tres etapas:

1) Infiltración del agua desde la superficie del terreno que se encuentra inmediatamente por encima de ella;
2) Movimiento descendente del agua a través de la zona de aireación.
3) Entrada del agua en la zona de saturación.

La infiltración se produce por la acción combinada de las fuerzas de gravedad y de atracción molecular que ejercen las partículas del suelo. La fuerza de gravedad tiene una importancia secundaria cuando la humedad del suelo es reducida. En estas condiciones, una gota de agua de lluvia que cae sobre la superficie es retenida por las fuerzas moleculares del suelo que hacen que se absorba rápidamente. A medida que el suelo se va humedeciendo, la atracción molecular pierde intensidad y la infiltración tiene lugar debido a la atracción gravitatoria. En esta etapa de la recarga, la permeabilidad del terreno que determina la velocidad de penetración del agua adquiere fundamental importancia.

El manto de evaporación en la zona de aireación, debido a la extracción del agua que realizan las raíces de las plantas, constituye un obstáculo para la recarga de la zona de saturación. Algunas plantaciones forestales, tales como eucaliptos y pinos, agravan este problema por su gran consumo de agua y la extensión y profundidad de sus raíces. No obstante ello, el agua puede atravesar ese manto de aireación, incluso cuando la humedad sea escasa, a través de los conductos originados en la descomposición de las raíces o los realizados por los insectos o animales de mayor tamaño.

Cuando se producen la recarga, el agua desciende rápidamente como lo haría en un tubo capilar bajo una presión hidráulica suficiente. No obstante, luego de pasar por los intersticios los mayores caudales, van dejando parte de su agua que se adhiere a las paredes. Este fenómeno hace que el aporte continúe durante mucho tiempo, pero con una intensidad decreciente.

La velocidad y caudal de la recarga de aguas subterráneas depende de las precipitaciones, como principal fuente de abastecimiento, y de la permeabilidad del terreno, que determina la cantidad de agua que llega a los

depósitos subterráneos. La recarga es muy variable por las diferentes condiciones de entrada y por la gran oscilación de las precipitaciones en cuanto a cantidad y distribución entre las distintas regiones.

Otro condicionante de la recarga es el tipo de cultivo. Las zonas boscosas y las pasturas permanentes producen mejor recarga que las tierras aradas. En las primeras, la mejor textura del suelo por su mayor contenido de materia orgánica, determina que el agua esté más limpia y no se taponen los intersticios de infiltración. Por ello, la erosión significa siempre una disminución en la recarga de los acuíferos y un riesgo para todos aquellos que se abastezcan de dichos acuíferos. Por otro lado la modificación que esto supone para los ciclos hidrológico y climático puede producir graves alteraciones de estos en el futuro.

En el Chaco, en varios lugares y oportunidades se ha comprobado que la infiltración de agua de lluvia hacia la napa acuífera ocurre con mayor frecuencia e intensidad en campos agrícolas y pasturas que bajo monte nativo, formando nuevas lentes de aguas potables someras encima de las aguas subterráneas salobres. Mediciones a lo largo de un transecto entre pastura sembrada y monte nativo mostraron que la profundidad de la napa acuífera y su conductividad quedaban mayores bajo monte que bajo pastura. Este resultado es consistente con observaciones hechas en Australia. Sin embargo, la recarga mayor de la napa puede resultar problemático bajo ciertas condiciones específicas, en lugares con muy alto nivel de la napa acuífera salobre. En estas condiciones la mayor recarga puede promover la salinización de suelos (como por ejemplo en los bordes de campos bajos) por ascensión capilar del agua salobre a la superficie. Por ello es importante en los sitios susceptibles a la salinización a dejar intacto el monte nativo (A. Glatzle).

La topografía es otra característica que condiciona la eficiencia de la recarga. Es evidente que zonas como la llanura pampeana, de materiales sedimentarios permeables y considerable extensión, son más eficientes que terrenos con grandes pendientes, en donde la escorrentía es máxima.

La recarga se opera a tasas mayores en áreas de superficie arenosa, con respecto a aquellas aledañas de carácter limoso o arcilloso. Ello se debe, entre otras razones, a la buena capacidad de infiltración de las arenas, cobertura vegetal de bajo porte y baja densidad que crece sobre ellas, y a la escasa capacidad de retención de agua de los suelos originados en estos materiales parentales, en general de un pobre desarrollo edáfico.

La profundidad del nivel piezométrico es estable en las zonas húmedas y variable en las áridas o de lluvias periódicas. En la zona semiárida argentina se han encontrado variaciones de hasta 20 metros, lo que trae consecuencias prácticas en la obtención del agua.

La relación entre la precipitación pluvial y la recarga, si las demás variables que controlan este proceso son las mismas, es una función simple con proporcionalidad directa.

En áreas de llanura semiárida, en las provincias de La Pampa, Córdoba y en Paraguay se ha encontrado la ocurrencia de una recarga diferenciada en un área de llanura con pequeños sectores suavemente deprimidos y distinta litología subsuperficial, factores que influyen conjuntamente sobre la infiltración eficaz de los excedentes hídricos. La menor concentración de sales en la freática de esos lugares se originarían por una acumulación adicional de agua de lluvia en la parte central de los bajos por escurrimiento superficial desde las zonas más elevadas. Lo visto nos muestra la importancia del análisis geomorfológico de estas regiones para la ubicación de las obras de captación de agua subterránea con una calidad relativamente más aceptable.

Cuando la recarga de la freática es muy grande, puede subir hasta inundar los campos. Es común que esto se solucione a través de zanjas y canales que se llevan el agua que sobra. El problema es que también se llevan la que no sobra cuando hay seca. Mientras existan esas zanjas y canales, aún en épocas de lluvias normales, va a faltar humedad en el suelo, ya que no se recargó la napa, la que estará permanentemente deprimida.

No hay soluciones puntuales, sino soluciones integrales para una determinada región. Es necesario hacer un estudio hidrogeológico serio, ya que se trata de un fenómeno hídrico de alcance regional que no se arregla puntualmente actuando en un solo campo. Se debe hacer un censo regional de niveles freáticos acotados al cero del IGM y diseñar el mapa isofreático y de la red de flujo del acuífero freático. En esa forma se conoce de donde viene el agua y para donde va, y de acuerdo a ésto tomar las medidas correctas. Lógicamente, son proyectos costosos en dinero y tiempo, que solo pueden ser encarados por los gobiernos nacional y provinciales, pero son la única solución a lago plazo.

En zonas frías, donde el terreno permanece helado, la zona de aireación resulta muy impenetrable. Al llegar las épocas de calor, el suelo se va deshelando desde la superficie hacia abajo, y simultáneamente se va

saturando. Cuando se completa el deshielo, el agua desciende rápidamente y constituye el principal aporte de agua durante el año a las capas inferiores. No obstante, si además de helada, la superficie se encuentra cubierta con nieve, que la aísla térmicamente del ambiente, las posibilidades de recarga dependerán de las condiciones climatológicas de la zona. Si la fusión de la nieve es muy rápida y se produce antes que el terreno se deshiele, el agua producida por ella se perderá para la recarga subterránea en forma de escorrentía superficial. Por el contrario, si es lenta, se produce juntamente con el deshielo del terreno y la infiltración será máxima.

NAPA ARTESIANA

Una napa artesiana, en el área llamada de recarga, donde se acerca a la superficie del terreno, se alimenta por lluvias o nieves en las sierras, ventisqueros, lagos, ríos, etc. Además pueden recibir agua del subsuelo procedente de filtraciones a través de las capas confinantes y en intersecciones con otras napas cuyas áreas de recarga están a nivel del terreno.

VÍNCULOS AGUA SUPERFICIAL-AGUA SUBTERRÁNEA

Las aguas subterráneas y superficiales pueden estar vinculadas. La mayoría de los acuíferos, ya sean freáticos o confinados, tienen un área de descarga que puede tomar la forma de manantiales si el agua sale a la superficie, encausándose en arroyos. También puede ocurrir que en los lugares más deprimidos de la superficie, una parte del acuífero quede expuesta y se formen lagunas alimentadas desde su base. El acuífero también puede tener desagüe en el mar, en forma submarina.

En otros casos, debido a la conformación del terreno, un acuífero puede ser drenado por un río o arroyo (aguas subalveas), al que aporta agua en todo o en gran parte de su recorrido. Estos cursos de agua se denominan efluentes o ganadores, pues reciben agua del acuífero, es decir, ganan flujo. En el caso inverso, cuando es el río o arroyo el que pierde parte o todo su caudal, que se infiltra en el terreno y se incorpora al acuífero, se denomina influente o perdedor. Un tercer grupo son los cursos de agua bimodales, que pueden ser de fluctuación estacional, o sea que en épocas de seca reciben aportes de agua de la napa freática y en épocas de lluvias aportan agua al acuífero, o de comportamiento distinto en una y otra margen del curso de agua, o en diferentes tramos del río. Un cuarto grupo de cursos de agua sería los denominados indiferentes, que no poseen ningún contacto con el acuífero

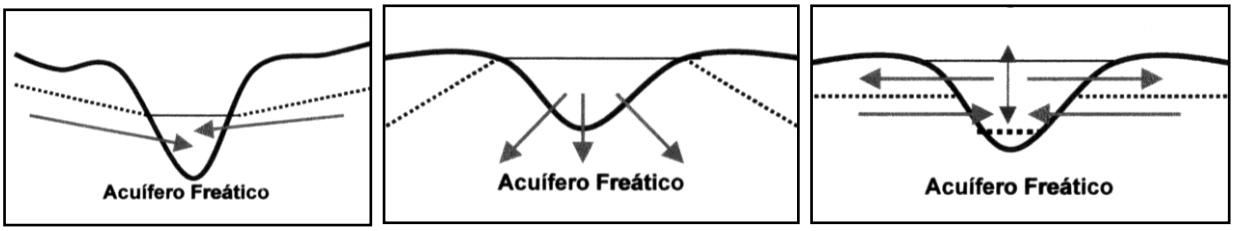


Figura 3-5.- Cursos de agua: a)-Efluente o ganador; b)-Influente o perdedor, c)-Bimodal

Si hace mucho que no llueve y no obstante hay agua en el río, la misma proviene de la zona de saturación o napa freática. De esta forma, si no llueve la napa freática se irá empobreciendo (conteniendo menor cantidad de agua) y la superficie freática comenzará a descender, lo que producirá una disminución del nivel del río. Si la misma napa freática baja mas allá del lecho del río, éste se seca. Cuando la napa freática no desciende el nivel freático, el río es permanente y nunca presenta su cauce seco.

FORESTACIONES INDUSTRIALES

En un estudio sobre el balance hídrico de una plantación de eucaliptos realizado durante 2005 al 2007 en una microcuenca brasilera en la región de Cocais, municipio mineiro de Antônio Dias, donde sobre una precipitación de 1299 mm (similar a Concordia, Entre Ríos) el 57 % (741 mm) fue utilizado por la plantación para su proceso de transpiración mediante la absorción, 9,8 % (128 mm) fue evaporado de la superficie de los árboles a la atmósfera, 31 % se infiltró en el suelo (414 mm) abasteciendo a las napas y solo escurrió por la superficie un 1 % (17 mm). La transpiración de 741 mm anual (2 mm por día) es similar a otras especies forestales y cultivos agrícolas perennes (ABMP, 2008).

Con respecto a las forestaciones industriales, organizaciones chilenas advierten que "la pérdida de fuentes de agua asociada a las plantaciones forestales se debe a varios factores, pero el principal es el elevado consumo de agua de estas especies para crecer rápidamente, tal como lo necesita la industria. Dado que se trata de extensas plantaciones creciendo a un ritmo muy acelerado, los impactos sobre el agua se vuelven cada vez más graves, llegando hasta la desaparición de manantiales y cursos de agua, como sucede en las provincias de Arauco, Región del Bio Bio y de Malleco y Cautín, Región de la Araucanía, donde entre los meses de Diciembre a Marzo las comunidades no tienen agua, y los municipios deben surtir con camiones aljibe a las comunidades, asumiendo un costo que es responsabilidad de las empresas forestales".

"Queda prohibido el vuelco, descarga o inyección de efluentes contaminantes a las masas superficiales y subterráneas de agua cuando tales efluentes superen los valores máximos de emisión establecidos para los mismos y/o cuando alteren las normas de calidad establecidas para cada masa hídrica. Esta prohibición también se aplicará cuando los efluentes contaminantes afecten negativamente a la flora, la fauna, la salud humana y los bienes".

Art. 46, Ley Provincial del Ambiente Nº 7343, pcia. de Córdoba, Rep. Argentina.

CAPÍTULO IV

SUSTANCIAS CONTENIDAS EN EL AGUA

LAS SUSTANCIAS CONTENIDAS EN EL AGUA

Con excepción del agua obtenida en laboratorio, el agua pura no existe. Ni aún el agua de lluvia recogida en un recipiente aséptico deja de tener elementos extraños disueltos o en suspensión que la contaminen.

Distintos factores pueden hacer un agua inapta para el consumo del ganado, como ser la contaminación microbiana, la presencia de toxinas orgánicas o minerales tóxicos, la contaminación accidental con productos agroquímicos o desechos industriales (agua contaminada), y, la más importante por el momento en la Argentina, la salinidad (agua de mala calidad).

Con frecuencia, en las aguas naturales se encuentran una serie de elementos químicos que se pueden agrupar de la siguiente forma:

METALES

Son muy comunes en las aguas de bebidas. Químicamente se presentan en estado iónico, con cargas positivas (cationes).

Los que se encuentran en mayor proporción en las aguas de bebida son: sodio (Na^{+}), calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}) y potasio (K^{+}).

Se encuentran ocasionalmente y en pequeña cantidad: hierro (Fe^{++}), manganeso (Mn^{++}), cobre (Cu^{++}), plomo (Pb^{++}), estroncio (Sr^{++}), litio (Li^{++}), vanadio (V^{+++++}), cinc (Zn^{++}), aluminio (Al^{+++}), mercurio (Hg^{++}) y cadmio (Cd^{++}).

NO METALES

Algunos de estos elementos pueden o no presentarse combinados con oxígeno.

No obstante, todos forman iones con cargas negativas (aniones).

Los que se encuentran en mayor proporción en las aguas de bebida son: cloro (Cl^{-}, Cl_2), azufre (SO_4^{--}, SO_3^{--} S_2^{--}), carbono (CO_3^{--}, CO_3H^{-}), silicio (SiO_4^{--}) y nitrógeno (NO_3^{-}, NO_2^{-}, NH_4^{+}).

Se encuentran ocasionalmente y en pequeña cantidad: flúor (F^{-}), fósforo (PO_4H^{--}, $PO_4H_2^{-}$), iodo (I^{-}), bromo (Br^{-}), selenio (Se^{--}), arsénico (AsO_3^{--}, AsO_4^{---}) y boro (BO_3^{---}).

Cuando se combinan los cationes y aniones antes mencionados entre sí y/o con gases del aire, se forman sales, óxidos y gases. Estas sustancias que se encuentran en las aguas naturales se pueden clasificar en:

SALES NO INCRUSTANTES:

Cloruro de sodio (sal común, sal de mesa o halita), cloruro de potasio (muriato de potasa, silvita o sustituto de la sal de mesa), carbonato de sodio (ceniza o sal de sosa), sulfato de sodio (sal de Glauber), sulfato de bario (barita), nitrato de potasio (salitre, sal nitro).

SALES Y ÓXIDOS INCRUSTANTES:

El carácter de sales incrustantes y no incrustantes está dado por la solubilidad de las mismas en el agua. En el caso de las primeras la solubilidad es muy baja y los depósitos se producen por la precipitación de estas sales insolubles.

Entre las sustancias que pueden dar productos sólidos al estar presentes en las aguas, tenemos las sales de hierro, de calcio y de magnesio, la materia orgánica y silicio (libre o combinado), siendo las principales carbonato de calcio (calcita, piedra caliza, yeso blanco, aragonita o mármol triturado), cloruro de calcio (sal descongelante), carbonato de magnesio (magnesita), sulfato de magnesio (sal inglesa o de Epsom), cloruro de magnesio, óxido de hierro, óxido de sílice, etc.

Todos estos elementos originan depósitos (incrustaciones, sarro), como los de carbonato de calcio, que en general son coposos y poco adherentes, pero la presencia de otras sales (sulfato de calcio o yeso) pueden modificar su estado. El carbonato de magnesio se comporta de manera análoga al de calcio, disolviéndose más fácilmente que éste en presencia de dióxido de carbono (CO_2). La presencia de sílice y de silicatos puede dar al combinarse con otras sales incrustaciones muy adherentes de silicatos alcalinos.

Además de sales incrustantes, se pueden encontrar en las aguas de bebida óxidos que poseen idéntica propiedad debido a su insolubilidad (óxidos de hierro, óxidos de sílice).

GASES DISUELTOS:

Entre los productos gaseosos en disolución, los más importantes son los gases del aire (oxígeno, nitrógeno, metano) y el dióxido de carbono o anhídrido carbónico (CO_2).

El dióxido de carbono es un gas relativamente soluble que al hidrolizarse produce ácido carbónico parcialmente disociado. Ejerce un papel importante por la acción que tiene sobre las sales, al disolver los carbonatos y silicatos alcalino-térreos. Las sales que se mantienen en disolución gracias al dióxido de carbono, se depositan cuando dicho gas es expulsado del agua, por lo que las aguas se convierten en incrustantes. Aguas con más de 20 mg/l de dióxido de carbono libre pueden ser agresivas para el hormigón. Su concentración se halla frecuentemente entre 1 y 30 mg/l, correspondiendo los valores más bajos a aguas en contacto fácil con la atmósfera.

El oxígeno en el agua produce un medio oxidante y juega un papel de importancia en la solubilización o insolubilización de iones que cambian con facilidad de valencia, así como en la actividad de los microorganismos. La concentración a saturación del oxígeno en el agua en contacto con el aire es del orden de 10 mg/l. La mayoría de las aguas subterráneas tienen entre 0 y 5 mg/l, frecuentemente por debajo de los 2 mg/l. El mayor problema del oxígeno disuelto en el agua es que produce corrosión, pero su ausencia puede originar malos gustos. Para la toma de muestras es necesario utilizar botellas especiales que permitan cerrar sin dejar gas en su interior (botella Winkler) y no debe agitarse. Se debe analizar lo antes posible pues puede consumirse el oxígeno durante el almacenamiento, en especial si la iluminación es suficiente. Habitualmente su análisis no se realiza.

CONTAMINACIONES:

La contaminación puede deberse a procesos naturales o artificiales. Entre los **naturales**, se encuentran la salinización por contacto con sedimentos marinos o salinos, la incorporación de sustancias provenientes de yacimientos metalíferos que depositan plomo o cobre y por disolución de oligoelementos como flúor o arsénico a partir de sedimentos volcánicos.

Entre las **artificiales**, el agua subterránea se puede contaminar por fosas sépticas, pozos negros, letrinas, corrales de animales, feedlot, tambos, piletas o desagote de efluentes, fugas del alcantarillado, abonos con nitratos o fosfatos, vertidos industriales o de hidrocarburos por accidente o rotura de conductos o tanques de almacenamiento, intrusión de aguas salinas, actividades mineras en las que se lava mineral o se construyen balsas de lodos en las que se almacena el estéril si existieran filtraciones o las balsas sufrieran roturas, etc. Las aguas superficiales, cuando sirven de recarga, pueden contaminar acuíferos.

La contaminación causada por el hombre que se encuentra en la historia es la química, agregándosele hoy en día gravísimas contaminaciones orgánicas. Por lo tanto, por contaminaciones se pueden encontrar en el agua: nitratos, toxinas, hidrocarburos, plaguicidas, metales pesados, hipoclorito, lluvia ácida, microorganismos patógenos, parásitos, etc.

En algunos casos es posible encontrar sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.

También se están produciendo contaminaciones térmicas, localizadas sobre todo aguas abajo de las centrales nucleares, y cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de fábricas y centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.

Con respecto a la dimensión del recurso deteriorado, los procesos de contaminación se pueden clasificar en puntuales o difusos. Los **puntuales** se reconocen porque afectan un volumen reducido del acuífero, que pueden incluir uno o pocos pozos. Se caracterizan por la elevada concentración de contaminantes, que disminuyen si se elimina la fuente de contaminación. En los procesos de contaminación **difusa**, en cambio, se ven afectados volúmenes significativos del acuífero en concentraciones generalmente bajas que son difíciles de reconocer y eliminar porque abarcan a muchos usuarios.

La recuperación de las aguas contaminadas es muy difícil y lenta no llegando a ser total. Por tanto es imprescindible tomar medidas preventivas para evitar la contaminación.

CAUSAS DE LA CARGA DE SUSTANCIAS EN EL AGUA

En la molécula de agua cada átomo de hidrógeno está vinculado con uno de oxígeno por medio de una unión denominada covalente, porque todos sus átomos poseen el mismo número de electrones, es decir, que el átomo de hidrógeno y el de oxígeno comparten un electrón. Los electrones de oxígeno e hidrógeno que no participan en la unión covalente se distribuyen en forma despareja, o sea que son atraídos con más fuerza hacia el oxígeno que hacia el hidrógeno. En consecuencia, el oxígeno se carga negativamente y el hidrógeno queda con carga positiva, un desequilibrio que genera un dipolo eléctrico.

Esta separación de cargas es la que le otorga al agua su gran poder disolvente. Sus moléculas pueden introducirse entre los iones que constituyen un cristal de sal y orientarse hacia las cargas eléctricas opuestas, disminuyendo la cohesión y facilitando su disolución. De allí el efecto corrosivo sobre las rocas.

Algunos constituyentes minerales de las rocas son fácilmente solubles en agua, como ser el cloruro de sodio y el yeso. Otros minerales se hidratan rápidamente, por lo que aumenta su volumen y pueden llegar a desintegrarse, como por ejemplo la roca anhidrita, que se convierte en yeso.

El oxígeno disuelto en el agua actúa mediante una oxidación combinada con hidratación.

El anhídrido carbónico disuelto en el agua, en combinación con ésta, forma el ácido carbónico, un ácido débil que puede convertir los carbonatos insolubles (de calcio, magnesio, hierro, etc.) en bicarbonatos relativamente solubles. Esta acción es más marcada en las zonas calcáreas.

Algunas rocas, tales como la arenisca, aunque no son esencialmente calcáreas, pueden contener carbonato de calcio como constituyente, el que actúa como aglutinante manteniendo los granos de arena unidos. El agua que contiene anhídrido carbónico disuelto, al atravesar rocas de este tipo, no solamente se enriquece con bicarbonato cálcico, sino que origina también la desintegración de la roca misma en su conjunto.

Los silicatos y alúmino silicatos de sodio, potasio, hierro y calcio son importantes constituyentes de las rocas y también son atacados por el anhídrido carbónico produciendo carbonatos y bicarbonatos solubles, dejando sílice libre.

Estas disoluciones de las rocas pueden producirse directamente por el agua de lluvia, mientras que el agua que se infiltra a través de la tierra y la que se escurre por la superficie disuelven las sales que encuentran a su paso. De esta manera, las aguas pueden contaminarse con estas sales y llegar a poseer cantidades tan elevadas como 30-35 g/l o aún más, compuestas por una cantidad de sales que pueden tener efectos nocivos sobre la fisiología del animal, ya sea por su concentración, por su composición o por ambas causas simultáneamente.

AGUA DE LLUVIA

El agua de lluvia es la más pura de las aguas naturales. Sin embargo, por su composición química se considera de baja alcalinidad y dureza y de alto contenido de CO_2, debido a que contiene cantidades apreciables de gases (al caer disuelven el CO_2 de la atmósfera) junto con algunos sólidos disueltos en baja cantidad y suspendidos, muy baja turbiedad y en la mayoría de los casos, también microorganismos.

El agua de lluvia se emplea como fuente directa de suministro, pero como todas las otras aguas se derivan finalmente de ella, su acción disolvente, debido en parte a algunos de sus solutos, desempeña un papel importante que afecta la composición de las aguas superficiales y profundas.

Tabla 4-1.- Concentraciones promedio de algunos elementos contenidos en el agua de mar, de lluvia y destilada por energía solar (Adapt. de Mello Garcías y Rocha Freitas, 2000).

Elemento	Unidad	Agua de mar	Agua de lluvia	Agua destilada
Calcio	mg/l	272,23	2,21	1,43
Magnesio	mg/l	1.044,86	0,83	0,54
Potasio	mg/l	352,97	0.36	0,39
Sodio	mg/l	8.347,31	2,46	2,17
Cloruro	mg/l	11.712,13	4,40	0,93
Bromuro	mg/l	26,73	2,70	0,00
Fluoruro	mg/l	0,85	0,00	0,00
Dureza	mg/l CO_3Ca	4.982,53	8,36	4,50
Alcalinidad	mg/l CO_3Ca	65,33	5,00	5,33
Salinidad	mg/l	25.150,67	40,93	35,48
Oxígeno disuelto	mg/l	5,53	8,47	5,86
pH	---	6,60	5,00	5,33
Temperatura	ºC	24,43	19,85	33,67

AGUAS SUPERFICIALES

Las aguas superficiales muchas veces son turbias y con abundante cantidad de materia orgánica, especialmente cuando se encuentran cercanas a áreas pobladas o industriales. Todos los ríos llevan materia orgánica e inorgánica en forma de solución o suspensión. La cantidad y composición de los sólidos disueltos depende de la naturaleza de los suelos que atraviesan y de la composición de las rocas en la zona de alimentación de los manantiales, otorgándole características determinadas a algunos ríos, que por ello reciben nombres tales como Colorado, Negro, Bermejo, Blanco o Salado.

Las aguas de regiones con abundante humus contienen cantidades a veces muy apreciables de materia orgánica en suspensión y son generalmente opacas, de color marrón y ligeramente ácidas debido a la presencia

de ácidos formados por la descomposición de la materia vegetal. Sin embargo, son típicamente blandas y con pequeñas cantidades de materia mineral disuelta o en suspensión.

Las aguas que atraviesan superficies calizas o yesosas contienen, además de la materia suspendida que es principalmente inorgánica, considerable cantidad de calcio disuelto y algunas veces, bicarbonato de magnesio de reacción ligeramente alcalina. La concentración de sales disueltas en las aguas superficiales aumenta desde su origen hasta su desembocadura. Es así que generalmente las vertientes de los cursos de agua poseen en su composición una mínima cantidad de minerales.

La carga de sales también puede realizarse a partir de rocas por el agua que se filtra por grietas y uniones de las mismas. En las regiones con abundancia de piedra caliza, la mayor parte del agua de lluvia penetra en el terreno dando lugar a poca existencia de agua superficial.

Las aguas superficiales reciben cantidades excesivas de nutrientes (eutrofización) por los vertidos urbanos e industriales y el arrastre de abonos agrícolas y residuos ganaderos.

Las aguas residuales domésticas contienen nitrógeno y fósforo procedente principalmente de las deyecciones humanas y de los productos de limpieza. Hay industrias que también producen vertidos ricos en estas sustancias.

Los residuos domésticos e industriales en general están localizados, lo que permite la instalación de plantas de tratamiento y control. El caso de los residuos agrícolas es distinto, pues su carácter es difuso y muy irregular, por lo que la depuración de sus vertidos es en general inaplicable y se puede transformar en la principal causa de eutrofización.

La principal vía de entrada de los abonos en las aguas superficiales es a través de la escorrentía, que los arrastra en su mayor parte junto a partículas del suelo. El contenido de fósforo y nitrógeno en el suelo es más alto en las capas más superficiales, las cuales son las más erosionadas. Además, el proceso erosivo tiende a afectar más a las partículas finas del suelo, que son las que contienen la mayor parte del nitrógeno y fósforo. Debido a esto, el sedimento erosionado tiene mayor concentración de nutrientes que el suelo del cual proviene (para el fósforo es frecuente 2 a 6 veces más y para el nitrógeno 2 a 8 veces más).

AGUAS SUB-ÁLVEAS

Son las aguas que corren por el subálveo del río. Se captan en general mediante pozos filtrantes o galerías filtrantes. Son en general aguas de muy buena calidad ya que han sufrido un proceso natural de filtración. El costo de las obras para utilización de este agua puede ser algo elevado.

AGUAS SUBTERRÁNEAS

El agua subterránea provee aproximadamente el 85 % del agua consumida por el ser humano y por los animales. El problema de las aguas saladas y/o amargas es uno de los más serios que deben soportar grandes zonas del país, de alta potencialidad económica, pero limitadas por las aguas para una eficiente producción ganadera. En casi todas las provincias hay problemas de salinización de aguas subterráneas: centro y norte de Santa Fe, Santiago del Estero (excepto la zona colindante con Tucumán), Chaco, el Chaco Salteño, la depresión del Salado y el noroeste de Buenos Aires, extensas zonas de la Pampa, Córdoba, San Luís, son lugares donde este hecho se verifica con mayor intensidad.

Las aguas subterráneas interaccionan con el suelo, integrando un sistema multifase donde intervienen principalmente factores físicos y geológicos. Los procesos que interactúan con la fase acuosa cambian con la atmósfera y biosfera, y las interacciones con las fases mineralógicas determinan la composición de las aguas subterráneas desde el punto de vista de componentes disueltos.

Los factores físicos son el tiempo de residencia del agua y la dirección del flujo, que afectan directamente la evolución química del agua.

Los factores geológicos son el tipo de suelo y litología del subsuelo y su meteorización y distribución. Estos factores interaccionan con el agua, produciendo asociaciones de elementos con grupos minerales, lo que es muy importante por la incidencia que tienen los diferentes tipos de suelos en la calidad química del agua subterránea.

Otros factores que inciden son las fluctuaciones de los niveles freáticos como consecuencia de la variabilidad climática típica de cada región.

La lenta velocidad de percolación a través de las aberturas del terreno por donde fluyen o se acumulan las aguas subterráneas, proporciona una acción filtrante de las partículas que originalmente se pueden encontrar en suspensión en el agua, dándole a las mismas un aspecto cristalino. Por lo común están exentas de microorganismos patógenos, que muchas veces sí los poseen las aguas superficiales. Por otra parte, la escasez de oxígeno y nutrientes en el agua subterránea evita su desarrollo y multiplicación. Por ello, el agua de perforaciones es en general de gran pureza orgánica, y en consecuencia, con índices de color, sabor y olor bajos, con calidad estable, con gran protección contra la polución natural y la provocada por el hombre, con casi independencia de las fluctuaciones pluviométricas y con la ventaja que suele encontrarse en o cerca del punto de utilización, pero en muchos casos es rica en sales minerales disueltas. Esto es debido al espesor de los estratos o capas por las cuales ha pasado el agua infiltrada antes de enriquecer la napa y al arrastre de sales en las mismas.

La información sobre los elementos en concentraciones por debajo de 0,1 μg/l en general es escasa. Los más comunes en aguas subterráneas se recopilan en orden decreciente de concentración en la tabla 4-2.

Tabla 4-2.- Nivel de concentración de elementos en μg/l en aguas subterráneas no contaminadas (Adapt. de Allard, 1995).

Concentración en μg/l	Elementos
> 1000	calcio (Ca); cloro (Cl); potasio (K); magnesio (Mg); sodio (Na); azufre (S); silicio (Si).
100 - 1000	aluminio (Al); flúor (F); hierro (Fe);
10 - 100	boro (B); bario (Ba); bromo (Br); nitrógeno (N); fósforo (P); estroncio (Sr); cinc (Zn).
1 - 10	cobre (Cu); iodo (I); litio (Li); manganeso (Mn); rubidio (Rb); titanio (Ti).
0,1 - 1	plata (Ag); arsénico (As); berilio (Be); cerio (Ce); cobalto (Co); cromo (Cr); lantano (La); molibdeno (Mo); neodimio (Nd); níquel (Ni); plomo (Pb); antimonio (Sb); selenio (Se); uranio (U); vanadio (V); circonio (Zr)
0,01 - 0,1	bismuto (Bi); cadmio (Cd); cesio (Cs); galio (Ga); ofmio (Hf); mercurio (Hg); escandio (Sc); samario (Sm); torio (Th); tungsteno (W); iterbio (Yb).
< 0,01	oro (Au); europio (Eu); lutecio (Lu); estaño (Sn); tantalio (Ta); terbio (Tb)

La pureza orgánica y la salinidad aumentan generalmente, no siempre, al aumentar la profundidad de la napa de agua y, por lo tanto, la de los pozos o perforaciones.

Las excepciones están ocasionadas por fisuras y comunicaciones que conectan el agua del subsuelo con la superficial, especialmente en las proximidades de fuentes de contaminación tales como piletas o lagunas de oxidación de tambos, feedlot, criaderos o invernaderos de cerdos, avícolas, cabañas o industrias, lugares de concentración de hacienda (cercanías de aguadas, lugares donde se suplementa, feedlots, corrales, bretes, remates ferias, etc.), lavaderos de camiones jaula, abonos agrícolas, pozos ciegos, desagües cloacales, fuga de los sistemas de alcantarillado o cloacal, desechos industriales, lixiviados de basurales a cielo abierto o de enterramientos sanitarios, etc.. Los pozos poco profundos o inadecuadamente construidos o mal encamisados, pueden provocar la contaminación orgánica por desagües e infiltración superficial. Las aguas superficiales pueden contaminar a las subterráneas cuando sirven de recarga a las mismas. En las regiones costeras puede ser importante la contaminación con agua de mar por intrusión. Las actividades mineras pueden contaminar los acuíferos.

Los acuíferos reaccionan a la contaminación de distintas maneras. Los procesos de oxidación son importantes en la disminución de la contaminación por compuestos orgánicos y nitrogenados. Cuando hay poco

oxígeno se producen fenómenos anaerobios en los que se reducen nitratos y sulfatos y se producen otros compuestos como dióxido de carbono, metano, azufre, etc., que pueden dar otro tipo de contaminación.

El terreno puede retener materiales contaminantes temporal o permanentemente. Esta capacidad de retención tiene un límite y permite la acción de otros procesos purificadores. El agua contaminada también es dispersada en el acuífero, lo que supone un grado de mezcla. Si la contaminación es extensa, es importante esta disolución, pero es reducida si se trata de una contaminación localizada, como ser un vertido.

La temperatura casi constante que tiene el agua subterránea se debe a la del terreno por donde circula, también constante de acuerdo a la profundidad. A 30 metros de la superficie terrestre la temperatura se mantiene a 10° C; de ahí en más aumenta a razón de 3° C cada 100 metros de profundidad. De este modo, a los 3.000 metros corresponderán 100° C. Esta es una de las causas de las aguas termales.

Las aguas subterráneas, aún de zonas distantes entre sí, responden en líneas generales a las mismas características: sobre una napa salada abundante, de fondo, se encuentran napas de menor caudal y de menor tenor salino, que por ser de densidad más baja, quedan apoyadas en la anterior sin llegar a mezclarse, siendo enriquecidas por las aguas meteóricas.

El equilibrio del agua salada y el agua dulce es dinámico, por lo que en pocos días una aguada puede variar significativamente. Si se acelera el ritmo de extracción a un nivel que rompa el equilibrio, el agua dulce se agota y se produce la intrusión de agua salada. En estos casos, hay que disminuir la extracción para dar tiempo a que se restablezca el equilibrio con el agua dulce de las zonas cercanas, y en algunos casos, hay que retirar la hacienda hasta que la aguada recupere su calidad.

La calidad de las distintas napas que se encuentran en un lugar determinado es muy variable, y no se puede asegurar que la primera sea mejor que la segunda o viceversa. Tampoco siempre es mejor la calidad de una napa surgente respecto a la de otra existente en el lugar. De acuerdo al conocimiento que se tenga de la zona o al aporte que pueda efectuar un estudio geológico y geoeléctrico, se puede o no intentar una profundización de la perforación, con el fin de dar con una napa menos salina.

En zonas próximas a ríos no salinos, el agua es más dulce por la infiltración del agua de lluvia y las corrientes de agua. En algunas zonas, las perforaciones en lomas proveen agua de mejor calidad que en los bajos.

En zonas de planicie, con napas freáticas a no más de 10 metros de profundidad y con alta porosidad del suelo, la concentración salina de la napa puede disminuir en épocas de lluvias por el aporte del agua meteórica a la misma.

Por el contrario, en zonas de suelos salinos, la concentración en las napas puede aumentar en épocas lluviosas por el lavado y arrastre de sales que realiza el agua al atravesar el perfil del suelo. Estas modificaciones de la concentración salina del agua del subsuelo de acuerdo a las lluvias y estaciones, es muy variable, pues depende de numerosos factores como ser: corriente de la napa, si es freática o artesiana, ubicación del área natural de recarga, si es napa o lentejón, suelo poroso o impermeable, suelo salino, profundidad, etc., por lo que no se pueden establecer reglas generales para las variaciones estacionales de la salinidad, que en muchos casos no existe.

En pozos construidos a pocos metros de distancia, puede haber aguas subterráneas con distintas cargas de sales. Este hecho es característico de toda la región pampeana y se produce por la constitución del subsuelo, saturado a veces de sales en las que predominan los cloruros y sulfatos de sodio y magnesio.

La calidad del agua para bebida animal en la mitad norte de la provincia de Buenos Aires es con frecuencia aceptable, y no presentaría inconvenientes para la producción y salud animal, con algunas excepciones. La tendencia general de los contenidos hallados de sales totales, cloruros, sulfatos y dureza es que todos estos valores se incrementan en dirección este a oeste en la región. Por el contrario, la ocurrencia de elevados valores de nitratos obedece a causas puntuales y relacionadas a diferentes aspectos: construcción de pozos, manejo de efluentes, ubicación de fuentes de contaminación y características locales de los suelos (Herrero y col., 2000).

En la llanura chaqueña, a diferencia de la pampeana, se han formado lentejones u ollas de agua, separadas a veces entre sí por sólo un fino manto de sedimentos impermeables. Es decir, que no hay en muchas zonas del Chaco una verdadera napa acuífera, sino bolsones de agua que varían en su salinidad. Es por ello que per-

foraciones muy cercanas pueden dar aguas muy diferentes en cuanto a tenor salino. Esta es también la razón por la cual en épocas de grandes lluvias, algunas aguadas buenas se transforman en salinas al contactar las ollas.

En el Chaco, en general las aguas empeoran a mayor profundidad, debido a que los sedimentos del subsuelo son muy ricos en sulfatos.

En las napas costeras, el agua salada de mar, por su mayor densidad, se introduce en forma de cuña por debajo del agua dulce. En la separación entre el agua dulce y la salada se forma la interfase de salinidad intermedia. Cuando existe equilibrio, el agua marina permanece estacionaria, mientras el agua dulce, alimentada por la corriente de la napa, fluye hacia el mar. La penetración de la cuña de agua salada dentro del acuífero es tanto menor cuanto mayor es el flujo de agua dulce hacia el mar.

Cuando se produce una extracción intensa de agua dulce, el flujo de la misma hacia el mar disminuye, lo que provoca un avance hacia tierra adentro de la cuña de agua salada, elevándose el nivel de la interfase y produciéndose una depresión en el nivel de agua dulce de la napa. Si la extracción de agua dulce es excesiva, la elevación de la interfase alcanza el nivel del pozo, por lo que el bombeo comienza a captar agua salobre. Este problema es producido fundamentalmente por la urbanización, la industrialización y el riego agrícola, actividades que consumen una enorme cantidad de agua subterránea comparada con la necesaria para agua de bebida animal.

Respecto al riego, se lo ha implementado en forma indiscriminada, en gran medida para cultivos extensivos, en algunas provincias. Las consecuencias de este mal manejo, no sólo afectarán a la reserva de agua sino a la calidad del agua subterránea debido a que gran parte de esa región es semiárida o árida y los acuíferos dulces conforman lentes de poca extensión y volumen, rodeados y subyacidos por agua salobre o salada, cuya recarga está muy limitada por el déficit en el balance hídrico y el tamaño de las lentes (Auge, 2006).

En zonas de sierra o pedemonte, las napas no son mantos extensos sino que son angostas, es decir, son como ríos subterráneos dada la existencia de grandes masas de rocas que interrumpen su curso, por lo que una perforación puede no encontrar agua a pesar de estar muy cerca de otra que sí la produce.

En general, en el subsuelo de nuestro país no abundan las napas acuíferas continuas y de composición constante. Por lo tanto, la calidad de las aguas varía mucho de un punto a otro, aún en extensiones relativamente pequeñas, de manera que a pesar de corresponder a la primera o a la segunda napa, o provenir de pozos o perforaciones que tengan aproximadamente la misma profundidad, la calidad de las aguas en una zona determinada puede variar considerablemente.

Cuando se colonizaron algunas zonas en la segunda mitad del siglo XIX, las napas freáticas se encontraban mucho más cerca de la superficie. Actualmente, en esas mismas zonas, las napas se encuentran a mayor profundidad y en algunas casos, hasta se han agotado.

Adicionalmente a esto, el tenor salino se ha incrementado hasta alcanzar en algunos casos, límites que superan los recomendables para bebida animal.

Este problema se va acentuando en algunas zonas por el incremento de la población humana y ganadera, que extraen agua de las napas freáticas a un ritmo mayor que el aporte efectuado a las mismas por la recarga natural.

Otro hecho que puede salinizar la napa freática son las grandes secas. Como ejemplo, podemos citar lo ocurrido en el centro norte de la provincia de Santa Fe durante el año 2006, donde por la gran seca la napa freática redujo su caudal y aumentó el tenor de sales totales, incluido el arsénico, con grandes problemas para la hacienda y la población humana.

A veces hay excepciones a esto. Por ejemplo, en 1979 las grandes lluvias en la zona sudeste de las sierras Comechingones (Cba.) y en la zona de recarga de sus napas hizo que las mismas aumentaran su caudal y bajaran la salinidad, hasta tal punto esto último que los animales sufrieron hambre de sal.

En algunas zonas de Santiago del Estero la elevación de la napa freática es consecuencia del riego y del impedimento del escurrimiento superficial debido al trazado de caminos transversales a la dirección del flujo. Este ascenso puso en algunos casos en contacto directo al agua subterránea con el horizonte de ceniza volcánica que se encuentra entre los 2 y 3,5 metros, y en otros casos a través de la zona capilar. Esta sería la causante del incremento del arsénico en el agua subterránea, cuya incorporación se vería favorecida por el contac-

to permanente con soluciones que facilitaron su desintegración. Desde 1983 se han detectado en esta zona casos de hidroarsenisismo humano, con reporte de defunciones. Este oligoelemento supera en la zona en 50 veces los límites permitidos por la Organización Mundial de la Salud (Herrera et al, 2000).

Por las grandes precipitaciones pluviales de los años 1997 y primera mitad de 1998 caídas en algunas zonas del país debidas a la intensidad de la corriente de "El Niño", la napa freática subió su nivel y en algunos casos alcanzó la superficie.

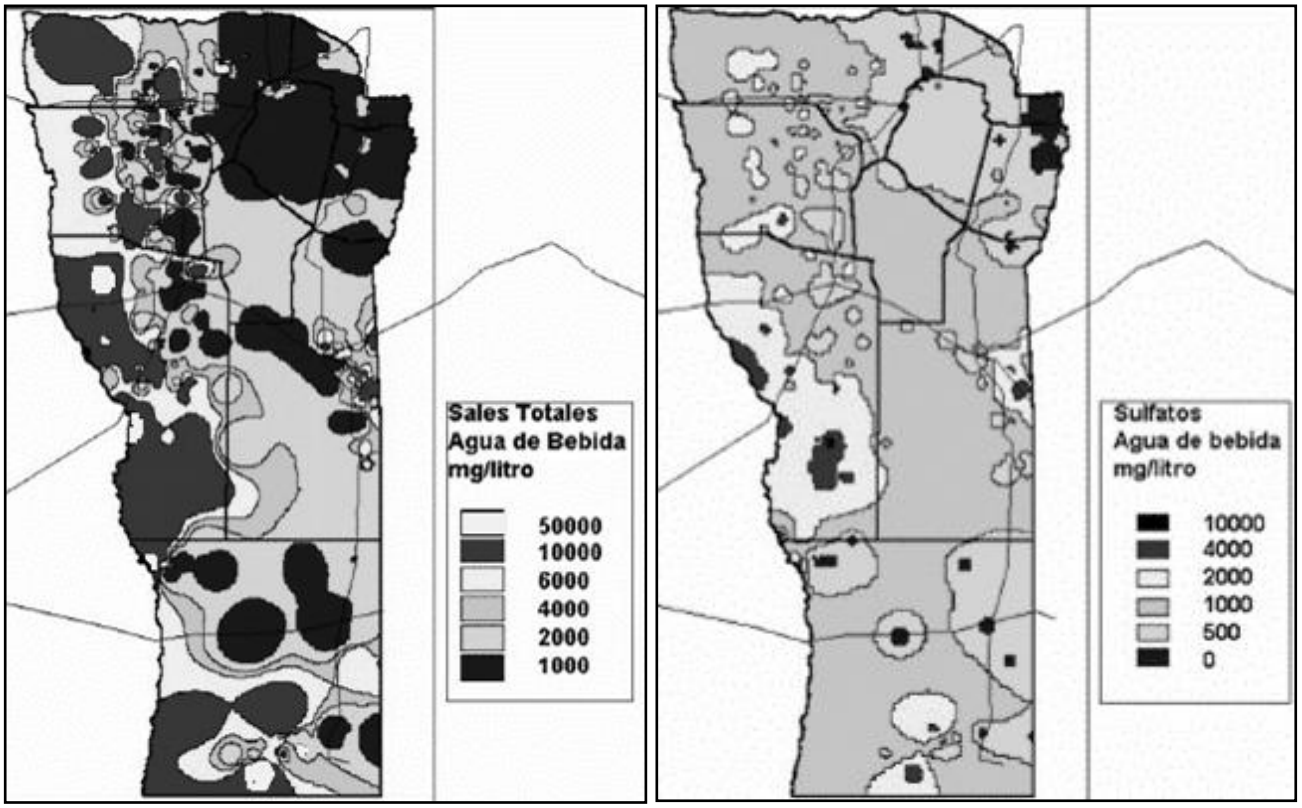


Figura 4-1.- Distribución espacial de sales totales y de sulfatos en el agua de bebida para ganado en la provincia de San Luís (Sager, 2005). Estos mapas son un ejemplo de la gran variación espacial de la calidad de las aguas subterráneas en el país.

AGUAS QUE ATACAN O CORROEN LOS METALES Y EL CEMENTO

Los metales empleados corrientemente en las aguadas (acero, hierro, fundición, cinc, etc.) son atacados por las aguas que tienen reacción no alcalina (pH <7) con poca proporción de carbonatos, aire disuelto y ácido carbónico activo. Una proporción elevada de cloruros, nitratos y sulfatos favorece la agresividad del agua.

Si el agua es caliente (surgentes, manantiales) su composición química general influye menos en la acción contra los metales que su proporción de oxígeno, a no ser que el agua tienda a formar incrustaciones por su elevada dureza de carbonatos. Una alcalinidad alta del agua (pH >9) puede evitar la agresividad del agua caliente.

Para las cañerías de acero la más favorable es el agua con dureza de carbonatos que pase los 10 grados franceses (10º F) o 6º alemanes, sin contener ácido carbónico libre agresivo, pero sí oxígeno del aire disuelto. Un agua de estas condiciones forma sobre el metal, poco a poco, una película protectora, compacta y adherente, de carbonato de calcio y productos de la corrosión del metal.

Las aguas de pH menor de 5 o mayor de 8 tienen secuelas corrosivas sobre instalaciones

El hormigón y el cemento son atacados por las aguas de reacción ácida, pobres en cal y con mucho anhídrido carbónico. Nocivas son asimismo las que contienen mucha cantidad de sulfato, sales de amonio y de magnesio y ácido sulfhídrico (sulfuros).

FACTORES MAS COMUNES QUE FAVORECEN LA CONTAMINACIÓN DE LAS PERFORACIONES

- Subdivisión de las tierras
- Producciones intensivas (feedlots, terminaciones a corral, tambos, porcinos).
- Contaminaciones puntuales por cercanías de pozos negros y corrales.
- Pozos o perforaciones mal construidos (sin encamisar, sin brocal, sin tapa, etc.).
- Profundidad menores a 7 metros.
- Perforaciones o pozos inactivos abandonados.
- Suelos de alta permeabilidad
- Fuentes de contaminación cercanas (corrales, bretes, lavaderos, etc.).
- Lagunas de oxidación.
- Escurrimientos (fertilizantes, plaguicidas).

CONTAMINADORES MÁS FRECUENTES DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Tabla 4-3.- Fuentes de contaminación y contaminantes

Fuente de contaminación	Contaminantes
Actividades agrícola y ganadera intensivas	nitratos; amonio; pesticidas; microorganismos fecales
Saneamiento *in situ*	nitratos; microorganismos fecales; trazas de hidrocarburos sintéticos
Estaciones de servicio y talleres de automotores	benceno; otros hidrocarburos aromáticos; fenoles; hidrocarburos halogenados
Depósito final residuos sólidos	amonio; salinidad; hidrocarburos halogenados; metales pesados
Industrias metalúrgicas	tricloroetileno; tetracloroetileno; otros hidrocarburos halogenados; metales pesados; fenoles; cianuro
Talleres de pinturas y esmaltes	alcalobencenos; tetracloroetileno; otros hidrocarburos halogenados; metales; hidrocarburos aromáticos
Industria maderera	pentaclorofenol; hidrocarburos aromáticos
Tintorerías	tricloroetileno, tetracloroetileno
Manufactura de pesticidas	hidrocarburos halogenados; fenoles; arsénico; metales pesados
Depósito de lodos residuales domésticos	nitratos; hidrocarburos halogenados; plomo; cinc
Curtiembres	cromo; salinidad; hidrocarburos halogenados; fenoles
Exploración y extracción de petróleo y gas	salinidad (cloruro de sodio); hidrocarburos aromáticos
Minas de carbón y de metales	acidez; metales pesados; hierro; sulfatos

EUTROFIZACIÓN

La eutrofización o enriquecimiento en nutrientes de las aguas produce un crecimiento excesivo de algas y otras plantas acuáticas, las cuales al morir se depositan en el fondo de los ríos, represas, embalses o lagos, generando residuos orgánicos que, al descomponerse, consumen gran parte del oxígeno disuelto y de esta manera pueden afectar a la vida acuática y producir la muerte por asfixia de la fauna y flora.

Las aguas superficiales reciben cantidades excesivas de nutrientes por los vertidos urbanos e industriales y el arrastre de abonos agrícolas. El estiércol animal es la principal fuente de eutrofización en las lagunas de los establecimientos ganaderos por su alto contenido en fósforo (0,1 a 0,4 %).

Las algas y otras plantas acuáticas se desarrollan cuando encuentran condiciones favorables: temperatura, sol y nutrientes. A partir de la primavera, la temperatura y el sol son suficientes, de forma que el crecimiento de las algas queda limitado solo por la cantidad de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo. La erosión de la roca, la descomposición de la materia orgánica silvestre y otros procesos naturales producen, normalmente, cantidades limitadas de estos nutrientes. Son, por tanto, los aportes de la actividad humana los que favorecen la eutrofización.

Estos aportes son de naturaleza muy diversa. Las aguas residuales domésticas contienen nitrógeno y fósforo procedente, principalmente, de las deyecciones humanas y de los productos de limpieza. Diversas industrias producen también vertidos más o menos ricos en estas sustancias. La actividad agraria es también una fuente importante, especialmente por los abonos aportados a los cultivos y los residuos originados por la ganadería.

El nitrógeno es uno de los principales contaminantes de las aguas subterráneas. El exceso de abonado nitrogenado produce la acumulación de nitratos en el suelo. Es conocido que las plantas aprovechan únicamente un 50 % del nitrógeno aportado en el abonado, por lo que el exceso se pierde, generalmente lavado del suelo por el agua de lluvia o de riego que se filtra al subsuelo, siendo arrastrado hacia los acuíferos, ríos y embalses, contaminando, por lo tanto, las aguas destinadas a consumo animal y/o humano. De hecho, en muchos trabajos de investigación se ha concluido que el principal factor responsable de la contaminación de las aguas subterráneas por nitratos es la agricultura.

Hemos visto que la principal vía de entrada de los abonos en las aguas superficiales es a través de la escorrentía, que los arrastra en su mayor parte junto a las partículas de suelo y que el contenido de fósforo y nitrógeno en el suelo es más alto en las capas más superficiales, las cuales son las más erosionadas.

El exceso de nutrientes provoca el crecimiento exagerado de las algas y plantas acuáticas, que al morir se depositan en el fondo y en la superficie. La descomposición de sus restos consume el oxígeno disuelto en el agua y los restos que sobrenadan en la superficie impiden la entrada de luz solar. El río o lago ha muerto, pues no pueden vivir especies animales.

TOXINAS

En aguas dulces, el término alga se refiere a organismos microscópicos, en principio unicelulares, algunos de los cuales forman colonias y alcanzan dimensiones visibles a simple vista como partículas verdes diminutas. Generalmente, estos organismos se encuentran finamente dispersos por toda el agua, y a altas densidades pueden producir una considerable turbiedad.

En las aguas estancadas y en los tanques y bebederos que no son limpiados con suficiente periodicidad, aparecen estas características algas de color verde resbalosas o gelatinosas al tacto.

La razón por la que algunas aguas producen principalmente algas marrones o verdes, no tóxicas, mientras que en otras se encuentran las verdeazuladas (cianobacterias) es desconocida. Las cianobacterias son organismos que poseen características de bacterias y un poco de las algas. Se asemejan a las algas en tamaño y a diferencia de otras bacterias, contienen pigmentos azul-verdosos o verdes y por lo tanto, realizan la fotosíntesis. Por ello, también se les denomina algas azul-verdosas (*Cyanophita*). A diferencia de la mayoría de algas, muchas especies de cianobacterias se pueden acumular en espumas superficiales, suspendidas, flotando libremente o adheridas a distintos substratos, generalmente denominadas “florecimientos”, “floración” o “blooms”,

con una densidad celular sumamente alta. Las algas individualmente son microscópicas, usualmente invisibles al ojo desnudo. A veces se multiplican rápidamente, formando colonias claramente visibles y dando apariencia de una capa espumosa verde o azul verdosa sobre la superficie del agua, colonias que son vistas con facilidad. Al contario de las algas verdes, no pueden recogerse del agua con la mano.

Hay unas cinco o seis especies del grupo de las verde-azuladas que pueden ser tóxicas, pero la mayoría de las algas que forman una capa verde en la superficie del agua pertenecen al grupo verde y no son tóxicas. La toxicidad depende, además de la especie, de los tipos de bacterias asociadas, condiciones de crecimiento, acumulación de descomposición y cantidad de materiales tóxicos consumidos por el animal. El crecimiento excesivo de algas es favorecido por la presencia de grandes cantidades de materia orgánica en el agua y por el tiempo cálido. Este florecimiento es más frecuente en verano y otoño. Con sol y calor, las algas se pueden duplicar en menos de un día. La producción de toxinas es máxima cuando la temperatura del agua en que se encuentran las algas es de 25 °C y escasa o nula cuando ésta se eleva a 32.5 °C. La mayor concentración de algas se produce, por lo tanto, hacia fines del verano, sobreviviendo durante el invierno en el fondo del sedimento como esporas o estado vegetativo hasta la próxima estación de crecimiento.

Las algas que causan estos problemas son típicamente planctónicas, es decir, organismos que flotan libremente y se distribuyen en todo el cuerpo del agua. Las algas que más problemas causan dentro de las verde azules son de los géneros *Microcystis, Anabaena, Lyngbya*, y A*phanizomenon*, pero algunos de los efectos más perjudiciales son causados por especies flageladas diminutas de algas amarillo-verdes.

Cuando las algas tóxicas se descomponen, liberan una poderosa endotoxina (polipéptido cíclico), por suerte muy inestable ya que puede desaparecer del agua en un par de días. La toxina ha desaparecido cuando las algas en descomposición adquieren su particular olor a podrido fuerte. Los síntomas en los animales dependen de la cantidad de algas y de agua ingeridas.

Las toxinas de las cianobacterias se agrupan en neurotoxinas y hepatotoxinas. La acción de las neurotoxinas es rápida, causando la muerte por paro respiratorio a los pocos minutos de la exposición, mientras que las hepatotoxinas, el tipo más común de intoxicación, son de acción más lenta, causan la muerte en horas o a los pocos días. La mayoría de los casos aparecen rápidamente dentro de los 15 a 45 minutos después de la ingestión del agua y la muerte se presenta dentro de las 24 hs post-ingestión. La secuencia de los síntomas son dolor abdominal, diarrea, postración, temblores musculares, cianosis, parálisis general, convulsiones y muerte. Cuando los animales no mueren, hay ictericia, sangre en materia fecal y síntomas de fotosensibilización.

Las principales lesiones se circunscriben al tracto gastrointestinal, que presenta hemorragia, en hígado hay necrosis centrolobulillar hemorrágica y en riñón se puede observar nefritis tubular tóxica.

La toxicidad también cesa rápidamente ya que un cambio en el clima produce rápida descomposición de las algas finalizando con la toxicidad.

El primer caso documentado de una intoxicación letal de ganado por beber agua de un lago altamente infestado con cianobacterias fue publicado el siglo XIX, y los casos reportados desde entonces incluyen ovejas, ganado vacuno, caballos, cerdos, perros, peces, roedores, anfibios, aves acuáticas, murciélagos, cebras y rinocerontes (Codd y otros, 1989).

El diagnóstico se basa en los síntomas y en la aparición de casos mortales en un momento en que hay grandes cantidades de algas en las aguadas. También es un indicio que los animales hayan comenzado a beber en una nueva aguada cuyos tanques y/o bebederos hace tiempo que no están en uso y no se han limpiado, acumulando gran cantidad de algas.

Emiliani y Emiliani (1997) describen un caso típico en una laguna permanente de la cuenca inferior del río Salado, en la provincia de Santa Fe, donde se produjo una floración de la cianobacteria *Anabaena spiroides Kleb* con una mortandad de ganado vacuno y aves silvestres que abrevaron en ella. La floración se produjo con días calmos, lluvias insuficientes y aportes de nutrientes (excrementos de animales), altas temperaturas y pH 8,5. El ganado que abrevó en las orillas murió; el que abrevaba internándose en la laguna no sufrió malestares evidentes. Las aves acuáticas murieron estando en el agua o muy cerca de la ribera. Esto se debió a que las cianobacterias pueden flotar y el viento tiende a acumularlas en las orillas, donde pueden formar capas espesas. Los animales que beben estas concentraciones pueden consumir dosis letales. La desaparición de una floración cianobacteriana puede suceder en un día, semanas o varios meses.

Claro y col (2010) describen un caso de intoxicación por algas verdes-azuladas en bovinos en el Dpto. Gral. Ortiz de Ocampo de la región de los llanos riojanos (chaco árido). Los signos principales fueron nerviosos, digestivos y respiratorios. La muerte aconteció de manera sobreaguda y en proximidades de la represa donde se observaba abundante cantidad de floraciones de bacterias cianogenéticas verde-azuladas y espuma. Anteriormente a la presentación clínica en los bovinos, en la zona hubo 8 porcinos muertos, de los cuales 4 fueron encontrados en el lodo de la represa. Por otra parte, también aparecieron gallinas, pavos y gran cantidad de palomas muertas, en los alrededores y orilla de la misma.



Figuras 4-2.- a) Represa típica de la zona de los Llanos Riojanos en época de seca; b) Vaquillona intoxicada en decúbito esternal (Rubén Claro, 2010).

No hay tratamiento para esta intoxicación, por lo que se debe prevenir, limpiando tanques y bebederos, drenar o cercar estanques y lagunas donde el agua quede estancada durante mucho tiempo y vigilar las orillas de arroyos y lagos donde la acumulación de algas puede ser excesiva. Cuando por el tipo de aguada no es posible efectuar la limpieza, conviene dar de beber a los animales en otra, volviendo a la primitiva solo cuando el alga emite el característico olor a descomposición que indica que ha desaparecido el peligro.

Deben limitarse los nutrientes que van a parar al agua o airearla bombeándola a un bebedero. No hay información de envenenamiento por cianobacterias de animales que ingieran agua en bebederos. Otra medida preventiva es situar la toma de agua un metro por debajo de la superficie del agua para evitar las zonas de mayor concentración de toxinas.

Por otra parte, la acumulación excesiva de algas puede llegar a obstruir bombas y cañerías.

En los tanques el alga puede ser controlada parcialmente con sulfato de cobre en la proporción de 1 ppm (1 kg en 1.000.000 litros de agua) o con otros productos alguicidas. Cuando el cobre se aplica en aguas duras, se forman rápidamente precipitados de hidróxido o carbonato de cobre, por lo que deja de tener efecto alguicida. Se puede prevenir parcialmente la nueva formación de algas colocando sumergidas en el tanque hojas de cobre o limaduras o cualquier pieza de cobre. Esto se mantiene efectivo durante bastante tiempo, a menos que el cobre se recubra rápidamente por cardenillo verde.

El tratamiento debe comenzar cuando el desarrollo de las algas se torna visible, pues en ese momento se controlan con más efectividad. Se debe aplicar en días calmos y soleados, cuando la temperatura del agua es de más de 16º C y el movimiento del agua es mínimo. Antes de aplicar el tratamiento, retirar las acumulaciones grandes de algas.

En caso de sospecha de intoxicación por algas es importante obtener material inmediatamente, que de no poder ser examinado se guardará refrigerado y si el tiempo transcurrido es más de 24 hs se preservará con 3-5 % de formol.

Las algas que se desarrollan en los depósitos no lo pueden hacer si no tienen luz, por lo que los tanques cubiertos mantienen el agua limpia y también fresca.

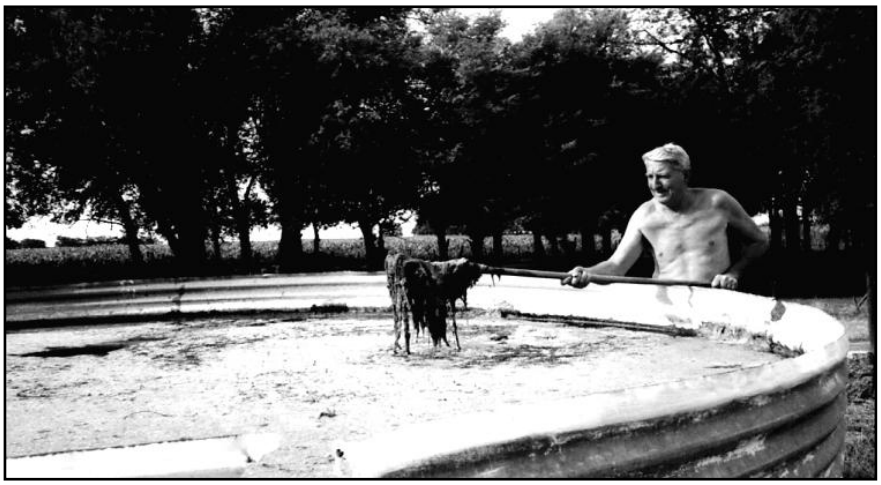


Figura 4-3.- Gran crecimiento de algas y plantas acuáticas en un tanque australiano sin limpieza periódica. Río Cuarto, provincia de Córdoba.

HIDROCARBUROS

Por la lenta circulación del agua y la capacidad de absorción de los terrenos de un acuífero, puede tardar mucho tiempo en presentarse la contaminación en un lugar determinado.

Los acuíferos presentan un notable poder depurador frente a muchos contaminantes, pero esto tiene un límite que depende fundamentalmente del agente contaminante. Una vez contaminadas las napas subterráneas por hidrocarburos, la recuperación es muy difícil y lenta, no llegando nunca a ser total.

Las pérdidas en depósitos de combustibles, especialmente los subterráneos o semisubterráneos donde las pérdidas demoran más en detectarse, pérdidas en maquinarias o accidentes con gran contaminación de suelos, cunetas de rutas, pozos, etc., llevan a la contaminación de las napas de agua. Cien litros de gasoil pueden determinar contaminaciones medibles en las napas hasta a 100 km del lugar del derrame.

El 26 de septiembre de 1999 se produjo un derrame de petróleo proveniente de un oleoducto en la comunidad de El Salao, provincia Andrés Ibáñez, Bolivia. Al día siguiente, la empresa transportadora solucionó el problema de la fuga de petróleo y el derramado fue derivado a un pozo que se excavó sin ninguna medida de mitigación ambiental. El petróleo filtró hasta la napa freática y de allí derivó subterráneamente hasta el río cercano, contaminándolo y convirtiendo la corriente de agua en una extensa capa negra y aceitosa. Esta contaminación derivó en graves problemas para los seres humanos de la zona, para los animales y para el riego de los cultivos.

En Argentina, en la provincia de Neuquén, las comunidades Mapuche han elevado serías denuncias por la contaminación con hidrocarburos de las napas de agua, en gran volumen y en una extensa superficie, provocada por las empresas petroleras. También se encontraron evidencias de contaminación con metales pesados y otras sustancias tóxicas de las aguas fluviales y subterráneas.

Sin posibilidad de llegar a la gravedad de los casos citados, los productores deben tener sumo cuidado en los derrames de combustibles y pérdidas de los depósitos, pues pueden contaminar las napas, con graves perjuicios para ellos mismos y para sus vecinos.

Los hidrocarburos polinucleados son cancerígenos, de carácter acumulativo, fijándose en el hígado y tejido graso. Los bovinos que beben aguas contaminadas con hidrocarburos pierden apetito y estado corporal.

La formación de la grasa de la leche se dificulta al producirse una unión química enzima-hidrocarburo polinucleado, con lo que se reduce su producción. La mortandad en las crías aumenta por mala alimentación por menor cantidad de leche y leche anormal, produciéndoseles problemas hepáticos.

Los toros fijan los hidrocarburos en las grasas del aparato reproductor, con lo cual éste se atrofia, disminuyendo la capacidad reproductiva.

PLAGUICIDAS O FITOSANITARIOS

Todos los insecticidas y herbicidas químicos empleados producen residuos, algunos de muy corta duración mientras que otros son largamente persistentes. Los intentos de predicción sobre la magnitud de estos residuos presupone una evaluación muy precisa de todos los factores que regulan la tasa de pérdida o desaparición de los productos químicos, ya que la cantidad de cualquier residuo de un determinado plaguicida que se pueda encontrar en un ambiente ecológico dado, ya sea planta, aire, suelo, agua o tejido animal, será un balance final de lo que quede luego de pérdidas por volatilización, descomposición, lixiviación y traslocación.

Gran parte de lo que se conoce sobre efectos de plaguicidas en animales ha sido obtenido mediante experimentos con animales de laboratorio, por lo que la extrapolación de esos resultados a la naturaleza es sumamente difícil.

Para los animales, los insecticidas en general son tóxicos más agudos que los fungicidas y herbicidas, y los insecticidas clorados son en general más tóxicos que los órgano fosforados y metil carbamatos.

Las fuentes de contaminación de aguas superficiales por plaguicidas son:

- Agregado directo al agua para combatir mosquitos, malezas acuáticas y otros.
- Descarga de plantas manufactureras de pesticidas.
- Lavado por lluvia de tierras con cultivos tratados y su posterior escurrimiento. Generalmente son áreas de influencia extensa pero con baja concentración, por lo común menos de un microgramo por litro en aguas de drenaje de áreas tratadas.
- En proximidades de ríos, lagos y otras zonas sensibles, por deficiencias en el manejo de los productos en el transporte, llenado y limpieza de los equipos y durante la aplicación. Especial cuidado se debe tener en los días de viento.
- Vertido de líquidos o productos solubles en agua en la superficie del terreno.
- Enterramiento de sustancias en el suelo.

Debido a que los plaguicidas se aplican comúnmente de una manera difusa, su paso a las aguas subterráneas se realiza con una dilución importante, dando concentraciones finales bajas.

Los factores que determinan el grado de contaminación indirecta del agua son la solubilidad del plaguicida en ésta, su persistencia en el suelo, su formulación, cantidad aplicada y método de aplicación, el declive y características del suelo, la cobertura vegetal y el tiempo que media entre la aplicación del pesticida y la primera lluvia suficiente para provocar el lavado.

Los productos contaminantes se mueven desde la superficie a través del suelo, la zona no saturada, y pueden alcanzar el acuífero. El movimiento de los contaminantes en el agua subterránea depende de sus características físico-químicas y generalmente son transportados en la dirección del flujo. Durante el transporte las sustancias contaminantes pueden sufrir procesos de atenuación que reducen tanto la velocidad de movimiento como su poder contaminante (dilución, dispersión, filtración, precipitación, absorción, intercambio iónico, asimilación biológica, oxido-reducción, neutralización, etc.). Pero se ha comprobado que algunos productos resultantes de la descomposición de los fitosanitarios son tanto o más tóxicos que la sustancia original. Por ejemplo, el paraxón es un metabolito del insecticida paratión que aumenta la inhibición de la enzima colinesterasa del sistema nervioso; el diazoxón se produce a partir del insecticida diazinón con el mismo efecto que el paraxón; diversos metabolitos del herbicida atrazina, el etilentiourea (ETU), formado a partir del EBDC y diversos fungicidas (maneb, mancoceb, zineb) tienen efectos cancerígenos; el DDE es un disruptor hormonal tan potente o más que el DDT del que procede.

Los productos más problemáticos son los insecticidas organoclorados y organofosforados y los herbicidas del grupo de las triazinas (atrazina, desmetrina, simazina, terbutrina).

La inactivación de un plaguicida puede ser rápida o lenta, dependiendo de su naturaleza, la del suelo, la climatología y las labores agrícolas.

En general, cuando los plaguicidas se aplican en dosis normales y racionalmente teniendo en cuenta todos los aspectos, incluido el de la posible influencia sobre las aguas subterráneas, en raras ocasiones se encuentran en cantidades anormalmente altas en ellas. Sin embargo, un manejo inadecuado de estos compuestos durante

su almacenamiento, vertidos accidentales, aplicaciones incorrectas o efectos acumulativos en la concentración de los productos pueden producir importantes contaminaciones locales del agua subterránea.

Los insecticidas y herbicidas son un problema potencial para el bovino, ya que pueden contaminar las aguadas desde el suelo, por pulverizaciones o fumigaciones, ser arrastrados por las lluvias o por falta de procesamiento de los residuos.

Sin embargo, se ha encontrado que una gran parte de los insecticidas y herbicidas más comunes no afectan la digestión microbiana de la materia seca en el rumen y los constituyentes de las paredes celulares in vitro cuando los niveles de contaminación en el medio estuvieron por debajo de 100 ppm. Otras concentraciones mucho mayores encontradas en el agua de bebida se han considerado debajo de la DL 50 (dosis letal 50) para los bovinos, lo cual indica que la salud del ganado no es afectada. Sin embargo, su carne y leche pueden ser contaminadas altamente para consumo humano.

Tabla 4-4.- Efectos a largo plazo comprobados de algunos productos fitosanitarios y orgánicos

Materia activa	Cancerígeno	Mutagénico	Daños reproductivos	Dermatitis	Asma	Neurotoxicidad	Disruptor hormonal
Aldrin	*					*	
Azinfos		*				*	
Benceno	*						
Carbaril		*	*	*		*	*
Clordano	*						
Clorpirifos		*		*		*	
Cloruro de vinilo	*						
DDT						*	
Diacinón			*			*	
Dieldrin	*					*	
Dimetoato	*	*	*			*	
Endosulfan						*	*
Endrin	*					*	
Fentión			*			*	
Heptacloro	*					*	
Heptacloro epoxi						*	
Lindano	*		*	*		*	*
Malatión			*	*			*
Metomilo						*	*
Paratión	*	*		*	*	*	*
Pentaclorofenol	*						
Piretroides		*		*	*	*	*
Tetracloruro de carbono	*						
Tolueno						*	
Tricloroetileno	*						
Xileno						*	

La presencia de plaguicidas se ha constatado en los acuíferos de todos los países desarrollados. Las técnicas analíticas actuales no permiten detectar algunos fitosanitarios o sus productos de degradación a concentraciones muy bajas, por lo que es posible que los estudios realizados hasta el momento sean poco realistas, ya que el muestreo es bastante complejo y los altos costos de los análisis los han limitado a unas pocas sustancias rastreadas. Es decir, que no se conoce con certeza la contaminación por fitosanitarios de las aguas subterrá-

neas, pero si se sabe que estos productos están presentes en los acuíferos de todas las regiones con agricultura intensiva.

METALES PESADOS

Entre las contaminaciones químicas, por su importancia y por su antigüedad, hay que destacar la de los metales pesados. Las enfermedades que provocan en hombre y animales son tanto más peligrosas cuanto más se concentran en la cadena biológica.

El plomo, que provoca el saturnismo, era una intoxicación muy extendida en el hombre en el Imperio Romano, cuando los conductos de agua eran de este metal.

El mercurio causó grandes problemas en la localidad japonesa de Minamata luego de la Segunda Guerra Mundial, afectando a hombres y gatos que se alimentaban de peces contaminados. Pero ya desde el siglo XVI el mercurio contamina constantemente los ríos y aguas del Alto Perú, sobre todo alrededor y aguas abajo de la ciudad de Potosí, donde se empleaba en la metalurgia de la plata.

Rodríguez Sánchez (2003) citando a la Organización Mundial de la Salud, menciona que se ha comprobado que la leche de bovinos que pastorean e ingieren agua a las orillas de lagos y ríos contaminados con desechos industriales y aguas negras contienen metales pesados como plomo, cadmio, mercurio y zinc; en estos estudios se ha encontrado que la concentración de metales pesados ingeridos por las vacas tienen influencia sobre las concentraciones de dichos elementos en la leche y que una parte de estos elementos son excretados unidos a compuestos orgánicos de la leche, principalmente proteínas, mientras que otros se asocian a una baja porción de grasa.

HIPOCLORITO

El emplear hipoclorito de sodio u otros antisépticos clorados en dosis elevadas en depósitos de agua y bebederos, o en lugares en los que los animales puedan llegar a beber el agua, tales como piletas de natación, desinfección de elementos de tambo o de la industria, etc., pueden llevar a una intoxicación de los animales.

El cloro transforma la hemoglobina en hematina. Tiene afinidad por la materia orgánica, fijándose a ella; ataca la función sulfhidrilo de las proteínas. Se elimina por riñón lesionando los glomérulos de Malpighi y los túbulos renales. Inhibe los sistemas enzimáticos de fermentación de los tejidos, por lo que se comporta como antiglucolítico, tóxico del sistema nervioso y del corazón. Altera el núcleo y protoplasma de las células, determinando edema y necrosis en órganos, mucosa y piel.

Los hipocloritos son muy inestables y por acción de los ácidos como el carbónico de aire, con el agua dan origen al ácido hipocloroso, que se descompone proporcionando cloro y oxígeno nacientes.

Ante la sospecha que el cloro contenido en el agua de bebida actúa como tóxico para los animales, el análisis químico debe efectuarse investigando el cloro activo total y no solo el activo libre, ya que puede haber cloro combinado que queda en libertad en el medio ácido del estómago.

La acción tóxica del cloro se manifiesta por muertes, alteración de los aparatos respiratorio, circulatorio, digestivo, urinario, del sistema nervioso y/o por síntomas relacionados con trastornos del metabolismo hidrocarbonado. En las intoxicaciones por ingestión, los síntomas más marcados se hallan en riñón y tubo gastrointestinal.

COMPONENTES POTENCIALMENTE PELIGROSOS DE PRODUCTOS CASEROS

Un cuadro que alerta sobre el peligro permanente de la actividad del hombre sobre la contaminación de las aguas para uso humano y animal es el siguiente:

Tabla 4-5.- Componentes potencialmente peligrosos de productos caseros (Universidad de Rhode Island, 1988)

Producto	Componentes tóxicos o peligrosos
Anticongelante (gasolinas o sistemas	metanol, glicol etilénico
Fluido para transmisiones automáticas	destilados de petróleo, xileno
Acido de acumulador (electrolito)	ácido sulfúrico
Desengrasadores para entradas de coches	solventes de petróleo, alcoholes, éter glicólico
Desengrasadores para motores y metales	hidrocarburos clorinados, tolueno, fenoles,
Limpiadores de motor y radiador	solventes de petróleo, acetonas, butanol, éter glicólico
Fluidos hidráulicos (fluidos para frenos)	hidrocarburos, fluorocarbonos
Aceites de motor y aceites de residuo	hidrocarburos
Gasolina y combustible para motores jet	hidrocarburos
Combustibles de diesel, queroseno	hidrocarburos
Grasas, lubricantes	hidrocarburos
Antioxidantes	fenoles, metales pesados
Detergentes de lavacoches	sulfunatos aquílicos de benceno
Ceras y pulimentos para coches	destilado de petróleo, hidrocarburos
Asfalto y brea para techos	hidrocarburos
Pinturas, barnices, tinturas, tintes	metales pesados, tolueno
Diluyentes de pinturas y lacas	acetona, benceno, tolueno, butil, acetato, acetonas
Quitadores de pintura y barniz, deslustradores	cloruro de metileno, tolueno, acetona, xileno, etanol,
Limpiadores de brochas de pintura	hidrocarburos, tolueno, acetona, metanol, glicoles etilenos, cetonas metílicos etilenos
Despojadores de pisos y muebles	xilenos
Pulimentos para metales	destilados de petróleo, ixopropanol, nafta de petróleo
Quitadores de mugre y manchas de ropa	destilados de petróleo, percloroetileno
Quitamanchas y fluidos de tintorería	hidrocarburos, benceno, percloroetileno, tricloroetano 1.1
Otros solventes	acetona, benceno
Sal de piedra (Halita)	concentración de sodio
Refrigerantes	tricloro 1,1,2 - trifloroetano 1,2,2
Quitador de insectos y brea	xileno, destilado de petróleo
Limpiadores caseros, limpiadores de horno	xilenoles, glicoles etilénicos, isopropanol
Limpiadores de sumideros	tricloroetano 1,1,1
Limpiadores de sanitarios	xileno, sulfonatos, fenoles clorados
Limpiadores de letrinas	percloroetileno, diclorobenceno, cloruro de metileno
Desinfectantes	cresol, xilenoles
Pesticidas (toda clase)	naftalina, fósforo, xileno, cloroformo, metales pesados, hidrocarburos clorados
Fotoquímicos	fenoles, sulfito de sodio, cianina, haluro de plata, bromuro
Tinta de imprenta	metales pesados, fenol-formaldehído
Conservadores de madera (creosota)	dentaclorofenoles
Cloruro para piscinas	hipoclorito de sosa
Lejía o sosa cáustica	hidróxido de sosa
Limpiadores de joyas	cianuro de sosa

LLUVIA ÁCIDA

La lluvia ácida es el resultado de la emisión de ciertos gases contaminantes, principalmente el dióxido de azufre (SO_2), los óxidos de nitrógeno (NO) y el amoníaco. Los dos primeros son emisiones consecuencia de la utilización de los combustibles fósiles como fuentes de energía en las industrias, en los hogares y en el transporte automotor. El amoníaco es aportado en grandes cantidades por los desechos en zonas con elevado número de explotaciones ganaderas intensivas (feedlot). Los gases que se originan en su mayor parte en las ciudades y en las zonas fabriles, suelen sobrevolar grandes extensiones territoriales sin respetar fronteras. El oxígeno atmosférico, la luz solar y el vapor interaccionan con los gases y producen ácido sulfúrico y nítrico. Los ácidos se mezclan con agua de las nubes y caen en forma de lluvia (lluvia ácida líquida). En zonas con escasez de precipitaciones forman partículas microscópicas en la atmósfera y caen sobre la superficie terrestre (lluvia ácida sólida o deposición seca). Las sustancias contaminantes también pueden mezclarse con las gotas de la niebla (deposición oculta), cuya acidez puede llegar a ser diez veces superior a la de la lluvia. La lluvia ácida tiene un pH inferior a 5,6, pudiendo bajar hasta 2,5 y excepcionalmente hasta 1,5.

Especialmente en zonas con un elevado número de horas de insolación, los óxidos de nitrógeno pueden intervenir junto con compuestos orgánicos volátiles (CVO) en complejas reacciones fotoquímicas, dando lugar a la formación de ozono troposférico, que es un contaminante secundario fuertemente oxidante.

Tanto el dióxido de azufre como los óxidos de nitrógeno producen profundos daños, a veces irreparables, a los suelos, las aguas y la salud humana, potenciándose su poder de acción cuando estos gases se combinan con otros contaminantes presentes en la atmósfera.

Los habitantes de las grandes ciudades son quienes se encuentran más cerca del peligro. Más de 1200 millones de personas en el planeta están expuestas a niveles de azufre excesivamente altos en el aire que respiran, siendo esto más peligroso para los niños, las personas mayores y, especialmente, para aquellos que padecen de problemas pulmonares, ya que estos gases acidificantes irritan las vías respiratorios, agudizando las enfermedades preexistentes o generando nuevas. Se ha encontrado un aumento de los casos de cáncer. En los animales se ha visto pérdida de pelo y desgaste prematuro de mandíbulas, entre otras afecciones.

Cuando la lluvia ácida se deposita en los suelos produce graves daños, entre ellos la disminución de la productividad de las cosechas y la desaparición de los bosques. La combinación de sulfatos y aluminios mata bacterias del suelo, las raíces de los árboles y disuelve los nutrientes de las plantas. La acidificación del suelo conduce a que los metales tóxicos se introduzcan en la cadena alimentaria.

En los árboles los ácidos se fijan en las hojas, dañándolas. Los elementos contaminantes se introducen en los vegetales, alterando en distinta medida su metabolismo, siendo la fotosíntesis y la respiración los dos procesos más afectados. Como resultado, se produce un debilitamiento gradual de la planta, que cada vez se hace más sensible a las plagas, enfermedades y deficiencia hídrica. En los Estados Unidos se estima que, por estas causas, se pierde anualmente el cinco por ciento de los cultivos de cereales, mientras que en Polonia, se ha visto morir el 80 % de un bosque de 5.000.000 de ha. En Suiza, la disminución de la superficie arbolada que retiene las avalanchas y corrimientos de tierra pone en peligro miles de hogares. En Alemania a principios de la década de 1990 más de la mitad de los bosques estaban dañados o muriendo.

Una vez que los suelos han sido acidificados, las sustancias contaminantes se desplazan hacia los ríos, lagos y napas subterráneas. Estos cambios en la química de las aguas pueden tener efectos devastadores, ya que a medida que el nivel de acidez (pH) desciende a menos de 6,5 algunos seres vivos empiezan a desaparecer. Los grupos más sensibles son los peces, los musgos, ciertos hongos y los organismos acuáticos pequeños. Finalmente, toda la vida normal en el agua muere cuando el pH se ubica por debajo de 5. La lluvia ácida ha causado la acidificación de 14.000 lagos en Canadá, un 25 % de los de Suecia y un 8 % de los de Finlandia. La gravedad del problema también se ha extendido a Gran Bretaña y a los Alpes.

Estos gases han provocado una importante corrosión en edificios y monumentos de algunas ciudades de Europa y América del Norte. Por ejemplo, el Partenón ha sufrido más en los últimos 30 años el efecto de la erosión de lo que soportó en los anteriores 2.400 años. El Segundo Protocolo sobre el Azufre limita su emisión en Europa, y se calcula que, solo por reducir los daños a las edificaciones, evitará gastos estimados en 9.000 millones de dólares.

En zonas de América Latina estos gases podrán tener efectos aún más corrosivos por la mayor temperatura y alta humedad de la región. Como resultado del crecimiento demográfico, de la industrialización y del incremento del tráfico automotor, las emisiones previstas en América latina para el año 2025 serán dos veces mayores que las de 1990.

En junio de 1999 se registró por primera vez la evidencia de lluvia ácida en la Argentina en la localidad de Puerto Rico, a orillas del río Paraná, en la provincia de Misiones. Dado que en la región no hay fuentes naturales de dióxido de azufre, como podría ser un volcán, las emisiones sólo pueden atribuirse a la actividad humana, como por ejemplo, la fabricación de papel y pesticidas o la generación de electricidad con combustibles ricos en azufre (Gallardo, 2000).

Vecinos de Buenos Aires denunciaron en 2007 la presencia de ácido sulfúrico en la lluvia que cae sobre la Ciudad. Esta lluvia ácida sería producto de gases emitidos por las centrales de generación de energía eléctrica, presumiblemente por el fueloil de mala calidad importado de Venezuela y utilizado en reemplazo del gas en épocas de alto consumo. La zona de embajadas del Barrio Parque tiene sus veredas marcadas con "lunares". La fuerte lluvia de granizo y viento que afectó a los porteños a fines del 2006 delató lo imperceptible: las esferas de hielo depositadas en los baldosones se convirtieron en manchas blancas por efecto del ácido que contenían (www.perfil.com, 06.06.07).

CENIZAS VOLCÁNICAS

Es interesante informar como un desastre natural puede interferir súbitamente en el normal funcionamiento de las aguadas, tal como ocurrió en la erupción el 14 de agosto de 1991 del volcán Hudson, de la patagonia chilena, que afectó a gran parte de la provincia de Santa Cruz

El polvo de origen volcánico, en términos generales, no es soluble en el agua. Las partículas en movimiento, al tomar contacto con el agua depositada en charcos y lagunas, precipitan, rellenándolas paulatinamente. Paralelamente, a partir de las orillas, el material que es retenido por la humedad, forma una masa esponjosa de espesor variable y color marrón oscuro, que con los sucesivos aportes de material, progresa en forma centrípeta hasta rellenar por completo el depósito de agua, ya que las partículas, al embeberse en agua, fijan nuevas partículas arrastradas por el viento.

Este material acumulado en las orillas de las aguadas, lagunas, ríos y manantiales alcanzó espesores de 30 - 40 cm. Los cursos de agua se estrecharon hasta el punto en que corrientes fuertes pudieron arrastrar el material y mantener el cauce abierto, pero en las aguadas de escaso caudal, el material depositado anuló completamente la corriente de agua.

Todo esto llevó a que en algunas zonas los animales no tuvieran agua a su disposición y murieran de sed.

En las aguadas artificiales, en sus molinos y motores, el problema fue la abrasividad de las partículas, que hace que los mismos tengan un gran desgaste y se inutilicen rápidamente (Corbella y col., 1991).

Estos problemas se repitieron, aunque en menor escala, con la erupción del Chaitén en 2008 y la del Puyehue en 2011.

Las aguadas más vulnerables son las de aguas quietas (tajamares, lagunas, pozones, bebederos, etc.) y menos las de arroyos o ríos. No se deben remover las aguadas con cenizas, sino dejar que las mismas sedimenten, aunque las partículas más finas quedaran en suspensión enturbiando el agua. En las cenizas del Chaitén no se han encontrado elementos tóxicos en concentraciones que puedan afectar la salud animal.

Cuando la capa de cenizas supera los 15-20 cm sobre el suelo pueden cubrir la vegetación impidiendo la alimentación del ganado.

Además de los efectos en el tracto respiratorio de todas las especies animales, en los ovinos las cenizas penetran en el vellón, alcanzando un peso considerable si se humedecen por efecto de alguna lluvia. Si el animal está debilitado por falta de forraje y de agua, este peso suele "voltear" al animal, impidiéndole caminar. En estos casos la muerte es inminente. Aún no existiendo mortandad, se estiman una disminución en el rinde de la esquila del 5 al 10 % y una baja en su valor de comercialización, ya que a consecuencia de la ceniza, disminuye la grasitud de la lana, volviéndose más seca.

También el hábito de pastorear en contra del viento influye en el impacto que las partículas de ceniza ejercen en los ojos de los animales, disminuyendo su visión o perdiéndola totalmente según la intensidad del viento.

Los animales se resisten al consumo del agua conteniendo cenizas, lo que acarrea debilitamiento del ganado y disminución del índice de preñez. Para contrarrestar esta situación es necesario acercarle en sus mismos potreros agua limpia y forrajes.

Otro problema es el desgaste anticipado de la dentadura de los animales a raíz de la ingesta de pasturas con ceniza, la que actúa como abrasivo, aumentando los índices de refugo.



Figuras 4-4.- Erupción del complejo volcánico Puyehue, Cordón Caulle, en Riñinahue, sur de Chile, que entró en erupción el 04.06.2011. La columna piroclástica superó los 10 km de altura, y por los vientos predominantes, las cenizas afectaron primero a las ciudades argentinas de Bariloche y Villa La Angostura y para el 9 de junio ya habían llegado a la ciudad de Buenos Aires, afectando con distinta intensidad a las provincias y poblaciones intermedias.

MICROORGANISMOS PATÓGENOS

Los microorganismos patógenos en el agua (bacteria**s,** virus y protozoarios parásitos), a diferencia de los contaminantes químicos, son organismos que no se disuelven en el agua sino que se anexan a substancias coloidales o sólidos en suspensión presentes en el agua.

Generalmente no son propios del agua, sino del tracto digestivo de animales portadores del patógeno, que los elimina por las excretas, como ser *E. coli, Cryptosporidium, Salmonella y Leptospira*. Por lo tanto, la contaminación es causada por aguas servidas o no tratadas que han tenido contacto con material fecal. Estos microorganismos generalmente afectan a los animales más jóvenes y tienen menos importancia en los adultos. Una enfermedad que sí afecta a los animales adultos es la leptosporidiosis, que puede diseminarse mediante el agua contaminada y que produce una mayor tasa de abortos, que normalmente tienen lugar de 2 a 5 semanas después de la infección.

Los bovinos tienen gran tolerancia a elevados recuentos bacterianos, pero una ingesta excesiva puede interferir en el metabolismo del rumen, llegando incluso a la cetosis. Concentraciones muy altas de coliformes pueden causar diarreas, abscesos, úlceras, mastitis e intoxicación.

Algunas bacterias como la *Escherichia coli* son destruidas por la flora en el rumen, por lo que determinar su número en el agua de bebida no es imprescindible, aunque concentraciones muy elevadas pueden provocar diarreas que afectan principalmente a terneros.

Para las distintas especies de animales existen distintos valores máximos, siendo el indicador más común el de coliformes totales y fecales. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE.UU. recomienda que el agua para bebida animal debe contener menos de 5.000 coliformes totales por 100 ml, y los coliformes fecales deben ser cercanos a cero.

La coccidiosis (*Cryptosporidium*) es una enfermedad provocada por protozoos (*Eimeria e Isospora*) que infestan el intestino. Cada especie tiene su variedad propia y aparentemente la contaminación cruzada no se produce. Generalmente no es grave ni es causa de muerte. Sus síntomas son diarrea, a menudo acuosa y a veces acompañada de sangre, pérdida de peso y debilidad.

No es común realizar cultivos para determinar organismos patógenos existentes en el agua de bebida de los bovinos. Sin embargo, en algunos casos se justifica, como por ejemplo, cuando hay terneros con diarreas en las guacheras, pues es posible que la causa sea *Salmonellas* en el agua. También en tambos de la provincia de Buenos Aires con antecedentes de mastitis se ha detectado contaminación con *Pseudomonas aeruginosa*.

El control bacteriológico en establecimientos lecheros tiene gran importancia, ya que los microorganismos presentes en el agua pueden contaminar el circuito empleado en el ordeñe, aumentando el conteo de bacterias viables (UFC) en la leche. Se recomienda realizar controles semestrales del agua empleada en este tipo de establecimientos.



Figura 4-5.- Algunos microorganismos del agua.

Para minimizar los patógenos en agua hay que prevenir su entrada desde fuentes fecales y evitar el ingreso de los animales a los cursos de agua. Los rayos ultravioleta del sol son efectivos para la eliminación de patógenos en aguas que estén relativamente claras. Permitir que los animales estén en contacto directo con el agua puede levantar partículas en el agua, enturbiarla e impedir que estos rayos destruyan los patógenos del agua.

La cloración del agua en concentraciones de 3 a 4 ppm puede resultar una medida efectiva para eliminar bacterias. Niveles de cloración bastante altos, de 50 a 100 ppm no parecen ser un problema para los animales (Lagger y col, 2000), aunque dosis exageradas, generalmente accidentales, vimos que pueden producir intoxicaciones y muertes.

PARÁSITOS

La más común de las parasitosis transmitidas a los animales domésticos a través del agua de bebida superficial es la fasciolasis, distomatosis, chonchaco (San Luís y NOA), corrocho (San Juan), palomilla del hígado (zonas de la pampa húmeda) o saguaypé (en guaraní, gusano chato o plano). Su agente causal es la *Fasciola hepática* u hojuela del hígado, de aspecto aplanado y de unos 25 a 30 mm de longitud por 10 mm de ancho en su estado adulto, que vive alojado en los canales biliares de varios mamíferos herbívoros domésticos, cuyo orden de prevalencia es ovino, bovino, caprino, porcinos y equinos. También ataca al hombre.

Desde el hígado, el parásito elimina sus huevos al exterior, comenzando un ciclo que necesita imprescindiblemente un huésped intermediario. El huevo, cuando cae en un medio húmedo o líquido evoluciona en unos 20-25 días dando lugar a un estado intermedio llamado miracidium, que en menos de 48 horas debe penetrar en el organismo del caracol *Limnaea viatrix* para poder sobrevivir y continuar su evolución. Estos caracoles son muy pequeños y viven en las aguas dulces de arroyos y esteros. Dentro del caracol el miracidio sufre distintas transformaciones, produciendo finalmente las metacercarias, que salen del caracol y se enquistan en los vegetales a nivel de la superficie acuática. Todo este proceso se desarrolla en unos dos meses.

La metacercaria puede ser ingerida por un animal, penetra a través de las vellosidades intestinales y llega al hígado, alojándose en los canalículos biliares, donde permanecen entre uno y tres años, con los consiguientes problemas.

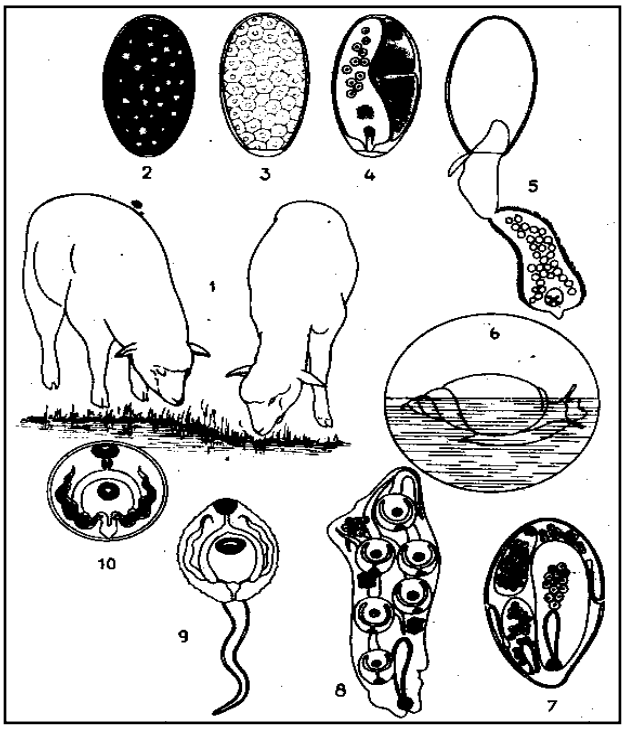


Figura 4-6.- Evolución de la *Fasciola hepática*: 1) infestación de los hospedadores definitivos; 2) huevo eliminado por las heces; 3) morulación del huevo; 4) formación del miracidio; 5) liberación del miracidio; 6) penetración en el caracol; 7) esporosisto; 8) redia; 9) cercaria que ha abandonado el caracol; 10) metacercaria (Boero, 1967).

En nuestro país está distribuido desde el centro patagónico hasta el norte, predominando en zonas bajas, anegadizas, ríos y arroyos.

La forma de combatir la distomatosis es mediante la eliminación del caracol, que se puede efectuar con sulfato de cobre en proporción de 1 kg en 500.000 a 1.000.000 de litros de agua o también con pentaclorofenato, que es de acción superior al sulfato de cobre, a razón de 1 kg en 1000 litros de agua aplicando 10.000 litros por hectárea.

Un tratamiento clásico en riachos y arroyos es colocar el sulfato de cobre en una bolsa en el punto extremo de la corriente para que sea arrastrado en forma continua (Boero, 1967). Sin embargo, este sistema no es eficaz, ya que es necesario eliminar el 100 % de los caracoles, pues quedando un 5 % de moluscos vivos, en pocas semanas la repoblación es total.

La forma más recomendable para disminuir la infestación de caracoles es el drenaje de las áreas pantanosas, menucos y vertientes y cercar y evitar el ingreso de los animales a esas áreas.

Un enemigo natural de los caracoles y de las pirañas es el yacaré. Su exterminio en ciertas zonas hizo aumentar los casos de distomatosis y también el número de pirañas, con los consiguientes problemas para los animales que abrevan en aguadas naturales (Lieberman, 1971).

"Metro: Unidad de medida del sistema métrico decimal. Es próximamente la diezmillonésima parte del cuadrante de meridiano que corre del polo Norte al Ecuador. Equivale á poco más de 43 pulgadas castellanas.

Metro cúbico: medida equivalente en capacidad á muy cerca de 62 cántaras, en volumen a algo más de 46 pies cúbicos, y en peso á 2173 libras y 2 granos."

Diccionario Enciclopédico Hispano-Americano. 1912. Montaner y Simón, Barcelona, 13:992.

CAPÍTULO V

UNIDADES EMPLEADAS EN SALES EN EL AGUA Y EN INSTALACIONES DE AGUADAS

UNIDADES EMPLEADAS EN SALES EN EL AGUA

Al tratar el efecto de las sales sobre el animal, las distintas concentraciones se expresarán siguiendo el criterio de unificar las unidades empleadas. No obstante esta premisa, se detallan otras unidades posibles de encontrar en la bibliografía o en protocolos de análisis.

Por último, se consignarán las equivalencias y los factores de conversión a efectos de poder comparar las distintas unidades de medida que se hallen en la bibliografía o en análisis realizados por distintos laboratorios.

UNIDADES DE PESO

Se emplea generalmente el gramo (g) o submúltiplos del mismo. Entre estos últimos, los más usuales son el miligramo (mg) y el microgramo (μg)

1 g = 1.000 mg = 1.000.000 μg

Otra unidad de peso muy utilizada en este tipo de análisis es el miliequivalente (meq), definido como la milésima parte del equivalente gramo. El equivalente gramo es el peso en gramos de un ión que se combina o reemplaza a un gramo de hidrógeno o, expresado de otra manera, es el peso atómico o molecular dividido por la valencia o carga del anión o catión.

UNIDADES DE VOLUMEN

La unidad de volumen más usual es el litro. Su símbolo es la ele minúscula (l), pero como tipográficamente se puede confundir con el uno (1), algunos autores emplean la ele mayúscula (L). En aquellos casos en que el litro representa un volumen inconvenientemente grande, se recurre al mililitro (ml), que se define como la milésima parte del litro.

Otra unidad de volumen empleada es el centímetro cúbico (cm^3). Aunque éste y el ml pueden ser usados indistintamente al tratar la salinidad del agua y en la mayoría de otros casos, estas unidades no son estrictamente idénticas. El ml es igual a 1,000028 cm^3. Esta pequeña diferencia se debe a que por imperfecciones de las primeras medidas experimentales, se estableció que 1 kg de agua debía ocupar exactamente 1 decímetro

cúbico (dm^3), pero esta relación no se cumple exactamente, dando como resultado esa leve diferencia entre ambas unidades.

Tabla 5-1.- Medidas de volumen

1 m^3	1.000 dm^3	1.000.000 cm^3	
1 dm^3	1.000 cm^3	1.000.000 mm^3	
1 cm^3	1.000 mm^3	0,061 pulgadas^3	
1 litro	1 dm^3	1.000 cm^3	1 kg de agua pura a 40 ºC
1 litro	61,023 pulgadas^3	0,0353 pies^3	
1 m^3	35,314 yardas^3	264,3 galones USA	
1 galón USA	0,1337 pies^3	231 pulgadas^3	
1 yarda^3	0,7645 m^3	21 pies^3	
1 pulgada^3	16,3872 cm^3		
1 pie^3	0,02832 m^3	1,728 pulgadas^3	
1 galón USA	3,785 litros		
1 pie^3	28,317 litros	7,48 galones USA	

UNIDADES DE CONCENTRACIÓN

En los análisis de agua las concentraciones de las sustancias presentes se expresan generalmente en relaciones peso de soluto/volumen de solución.

En el caso de concentraciones elevadas, por ejemplo al referirse a sales totales o en el caso de alguna sal o elemento cuyo tenor es alto, se utiliza la unidad de concentración gramos por litro (g/l ó $g.l^{-1}$). En otros casos resulta más conveniente el empleo de miligramos por litro (mg/l ó $mg.l^{-1}$).

Estas son dos formas de escribir la concentración g/l ó $g.l^{-1}$ y mg/l ó $mg.l^{-1}$ son correctas y ambas indican lo mismo, por lo que pueden emplearse indistintamente.

Teniendo en cuenta que un litro de agua pesa 1 kg, mg/l es equivalente a partes por millón (ppm), otra unidad de concentración frecuentemente empleada en análisis. En otras palabras, ppm significa la cantidad de gramos de la sustancia disuelta en 1.000 litros de agua.

Si las concentraciones son menores que 1 mg/l, puede resultar más conveniente expresar los resultados en µg/l (microgramos por litro), lo cual equivaldría a partes por billón (ppb).

mg/l = ppm
µg/l = ppb

Cuando la unidad de peso empleada es el miliequivalente, la unidad de concentración es el miliequivalente por litro (meq/l), de uso muy generalizado en este tipo de análisis.

En tabla 5-2 se presentan los factores de conversión para pasar de mg/l a meq/l y viceversa y en tabla 5-4 distintas equivalencias.

Tabla 5-2.- Factores de conversión de mg/l a meq/l y de meq/l a mg/l.

Cationes			Aniones		
	meq/l = mg/l x:	mg/l = meq/l x:		meq/l = mg/l x:	mg/l = meq/l x:
Al^{+++}	0,11112	8,994	As^{---}	0,04	24,974
B^{+++}	0,2775	3,604	AsO_3^{--}	0,016	61,45
Ba^{++}	0,01456	68,67	AsO_4^{---}	0,022	46,31
Ca^{++}	0,0499	20,04	AsO_5^{--}	0,013	77,44
Cd^{++}	0,0178	56,2	BO_2^{-}	0,02336	42,81
Cr^{++}	0,0577	17,33	Br^{-}	0,01252	79,91
Cu^{++}	0,03148	31,77	Cl^{-}	0,02821	35,45
Fe^{++}	0,03581	27,92	CO_3^{--}	0,03333	30
Fe^{+++}	0,05372	18,62	CO_3H^{-}	0,01639	61,02
H^{+}	0,9921	1,008	CrO_4^{--}	0,01724	58
Hg^{++}	0,0099	100,3	F^{-}	0,05264	19,00
K^{+}	0,02557	39,1	I^{-}	0,00788	126,9
Li^{+}	0,1441	6,939	NO_2H^{-}	0,02174	46,01
Mg^{++}	0,08228	12,16	NO_3^{-}	0,01613	62
Mn^{++}	0,0364	27,47	OH^{-}	0,0588	17,01
Mn^{++++}	0,07281	13,73	PO_4H^{--}	0,02084	47,99
Na^{+}	0,0435	22,99	$PO_4H_2^{-}$	0,01031	96,99
NH_4^{+}	0,05544	18,04	PO_4^{---}	0,03159	31,66
Pb^{++}	0,009653	103,6	S^{--}	0,06238	16,03
Sr^{++}	0,02283	43,81	SH^{-}	0,03024	33,07
Zn^{++}	0,0306	32,69	SH_3H^{-}	0,01233	81,07
			SO_4H^{-}	0,0103	97,07
			SO_3^{--}	0,02498	40,03
			SO_4^{--}	0,02083	48,03
			Si^{----}	0,142	7,023
			SiO_3^{--}	0,02629	38,04
			SiO_4^{--}	0,022	46,02

Los factores para convertir mg/l a meq/l resultan de dividir la carga o valencia del ion por su peso molecular y los factores para pasar de meq/l a mg/l se calculan dividiendo el peso molecular del ion por su carga o valencia

CONCENTRACIÓN EN PORCENTAJE

Se suelen expresar de este modo las concentraciones que sobrepasan los 10 g/l. Este sistema conduce a menudo a la ambigüedad, dado que la concentración en porcentaje de una solución puede expresarse de varias maneras.

Tres de los métodos más comunes son:

$$\% \text{ peso/volumen} = \frac{\text{peso soluto (g)}}{\text{volumen solución (ml)}} \times 100$$

$$\% \text{ en peso} = \frac{\text{peso soluto}}{\text{peso solución}} \times 100$$

$$\% \text{ en volumen} = \frac{\text{volumen soluto}}{\text{volumen solución}} \times 100$$

En todos los casos, el denominador se refiere a la solución (solvente + soluto) y no al solvente solo.

El porcentaje en peso tiene la ventaja de ser independiente de la temperatura, mientras que los otros no lo son. Por esta razón, es usado frecuentemente para dar la concentración de soluciones acuosas donde el soluto es un sólido.

Para evitar ambigüedad, el uso de la composición por ciento como método de expresión de una concentración, requiere que se establezca explícitamente el tipo de porcentaje empleado. Esta información es omitida con frecuencia, lo que obliga a decidir intuitivamente el tipo de porcentaje empleado. En tales casos, se supone que se ha utilizado un porcentaje en volumen si el soluto es un líquido y un porcentaje peso/volumen si el soluto es un sólido.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA O ESPECÍFICA (C.E.)

La conductividad eléctrica es la capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí. El agua tiene un sistema de conducción eléctrica especial, ya que no se produce mediante electrones, como en los metales, sino a través de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica (electrolitos o conductores electrolíticos).

Dado que las sales disponen, en abundancia, de estas partículas, le otorgan al agua una mayor conductividad. Al destilar agua y eliminar las sales, la misma ofrece mayor resistencia a la circulación de la corriente eléctrica. Es decir, que la conductividad eléctrica nos indica aproximadamente la cantidad de sales existentes en el agua.

La unidad de concentración empleada para medir la conductividad eléctrica suele estar referenciada a 25 °C y el valor obtenido debe corregirse en función de la temperatura. Coexisten varias unidades de expresión de la conductividad, aunque las más utilizadas actualmente son dS/m o $dS.m^{-1}$ (deciSiemens por metro), S/cm (Siemens/cm), mho/cm (mho por centímetro), mmhos/cm (milimhos por centímetro, que es la milésima parte del mho/cm), y según los organismos de normalización europeos, mS/m (miliSiemens por metro).

El nombre mho resulta de la lectura a la inversa del ohm (unidad de resistencia). Para trabajar con números más manejables se emplean submúltiplos. Especialmente en agua (ver cap. VIII), se usa el µS/cm (microsiemens/cm) o el µmho/cm (micromho/cm), que es la milésima parte de un mmho/cm.

GRADOS DE DUREZA O HIDROTIMÉTRICOS (gh)

La dureza del agua se expresa en grados de dureza o grados hidrotimétricos (gh). Este tipo de unidad sólo es empleada para medir la dureza y alcalinidad debida a carbonatos y bicarbonatos de las aguas.

Tabla 5-3.- Conversión de grados de dureza

1 grado alemán = 10 mg CaO/l	1 grado inglés =10 mg CO_2Ca/en 0,7 litros	1 grado Francés =10 mg CO_2Ca/l	Dureza EU o americana = mg/l de CO_2Ca
1	1,25	1,79	17,8 mg/l de CO_2Ca
0,8	1	1,43	14,24 mg/l de CO_2Ca
0,56	0,70	1	9,97 (10) mg/l de CO_2Ca

EQUIVALENCIAS Y CONVERSIONES

Tabla 5-4.- Equivalencias y conversiones de unidades de peso y concentraciones

Unidad dada	por	factor	igual	Unidad buscada
kg	x	1.000	=	g
kg	x	1.000.000	=	mg
g	x	1.000	=	mg
g	x	1.000.000	=	µg o mcg
g	x	0,001	=	kg
mg	x	1.000	=	µg o mcg
mg	x	0,001	=	g
µg o mcg	x	0,001	=	mg
µg o mcg	x	0,000.001	=	g
g/kg	x	1.000	=	mg/kg = ppm
g/kg	x	1.000	=	ppm = mg/kg
g/kg	x	0,1	=	%
g/l	x	1.000	=	mg/l = ppm
g/l	x	1.000	=	ppm = mg/l
g/l	x	0,1	=	%
g/l	x	100	=	mg/100 ml = mg/100 cm^3
g/l	x	100	=	ºF *
mg/kg	x	0,001	=	g/kg
mg/kg	x	1	=	ppm
mg/kg	x	0,000.1	=	%
mg/g	x	0,1	=	%
mg/l	x	0,001	=	g/l
mg/l	x	1	=	ppm
mg/l	x	0,000.1	=	%
mg/l	x	0,1	=	ºF *
mg/100 cm^3	x	1	=	mg/100 ml = mg/dl
mg/100 ml	x	1	=	mg/100 cc = mg/dl
mg %	x	1	=	mg/dl = mg/100 cm^3
µg/g o mcg/g	x	0,001	=	g/kg
µg/g o mcg/g	x	1	=	mg/kg
µg/g o mcg/g	x	1	=	ppm
µg/g o mcg/g	x	0,000.1	=	%
µg/l o mcg/l	x	0,000.001	=	g/l
µg/l o mcg/l	x	0,001	=	mg/l

µg/l o mcg/l	x	0,000.1	=	%
ng/ml	x	1	=	µµg/ml o mcmcg/ml = pg/ml
ng/ml	x	0,000.000.001	=	g/ml
ppm	x	0,001	=	g/kg
ppm	x	0,001	=	g/l
ppm	x	1	=	mg/kg
ppm	x	1	=	mg/l
ppm	x	0,000.1	=	%
ppm	x	1	=	µg/g o mcg/g
ppm	x	0,1	=	ºF *
%	x	10	=	g/kg
%	x	10	=	g/l
%	x	10.000	=	mg/kg
%	x	10.000	=	mg/l
%	x	10.000	=	ppm
%	x	10	=	mg/g
%	x	10.000	=	µg/g o mcg/g
%	x	10	=	g/l
%	x	1.000	=	ºF *
ºF	x	0,01	=	g/l *
ºF	x	10	=	mg/l = ppm *
ºF	x	0,001	=	% *
Libra	x	453,6	=	g
Libra	x	0,4536	=	kg
Libra	x	16	=	onza
kg	x	2,2046	=	Libra
* : Válido solo para carbonato de calcio.				

UNIDADES EMPLEADAS EN AGUADAS

En ciertas maquinarias (molinos) y cañerías (caños de hierro), aún se emplean las medidas inglesas y en otras (caños plásticos) se emplea el sistema métrico decimal. La siguiente tabla nos expresa sus equivalencias:

Tabla 5-5.- Equivalencias pie-metro y pulgadas-centímetro

Pies	=	metros		Pulgadas	=	centímetros
1		0,3048		½		1,270
6		1,8288		¾		1,905
8		2,4384		1		2,540
10		3,0480		1 ¼		3,175
11		3,3528		1 ½		3,810
12		3,6576		1 ¾		4,445
14		4,2672		2		5,080
15		4,5720		2 ½		6,350
16		4,8768		3		7,620
20		6,0960		4		10,160
21		6,4008		5		12,700
27		8,2296		6		15,240
33		10,0584		7		17,780
40		12,1920		8		20.320
50		15,2400		9		22,860
60		18,2880		10		25,400

Tabla 5-6.- Conversiones de unidades de longitud

Unidad dada	por	factor	igual	unidad buscada
m	x	3,281	=	pies
pies	x	0,3048	=	m
m	x	39,37	=	pulgadas
pulgadas	x	0,0254	=	m
cm	x	0,3937	=	pulgadas
pulgadas	x	2,540	=	cm
legua	x	5	=	km
legua	x	5000	=	m

En volumen o capacidad de aguadas, en Argentina se emplea únicamente el sistema métrico decimal:

Tabla 5-7.- Equivalencias de volumen del sistema métrico decimal empleado en aguadas

Denominación	símbolo	equivalencia
metro cúbico	m^3	= 1.000 litros
litro	l	= 1 dm^3 = 1000 cm^3 (cc)

Tabla 5-8.- Conversiones de unidades de volumen

Unidad dada	por	factor	igual	unidad buscada
m^3	x	35,31	=	pies cúbicos
pies cúbicos	x	0,0283	=	m^3

Tabla 5-9.- Medidas de superficie

1 m^2	100 dm^2	
1 dm^2	100 cm^2	
1 cm^2	100 mm^2	
100 m^2	1 área	
1 hectárea (ha)	100 áreas	10.000 m^2
100 hectáreas	1 km^2	
1 $legua^2$	2500 hectáreas	
1 km^2	0,3861 $millas^2$	247,1 acres
1 $milla^2$	2,5899 km^2	640 acres
1 hectárea (ha)	2,471 acres	107.640 pies
1 acre	0,4047 hectáreas	4.840 yardas
1 m^2	10.764 $pies^2$	1.196 $yardas^2$
1 dm^2	0,155 $pulgadas^2$	
1 cm^2	0,00155 $pulgadas^2$	
1 $yarda^2$	0,836 m^2	9 $pies^2$
1 pie^2	929 cm^2	12 $pulgadas^2$
1 $pulgada^2$	6,452 cm^2	645,2 mm^2

Tabla 5-10.- Fórmulas de superficie y volumen mas empleadas en aguadas

Superficie cuadrado	Lado x lado
Superficie paralelogramo	Base x altura
Superficie círculo	¶ x r^2 (3,14 x radio x radio)*
Volumen cubo	lado x lado x altura
Volumen cilindro	3,14 x radio x radio x altura
Volumen cubo en litros	m lado x m lado x m altura x 1000 = litros
Volumen cilindro en litros	3,14 x m radio x m radio x m altura x 1000 = litros
*El radio es la mitad del diámetro	

Tabla 5-11.- Medidas de fuerza

1 HP	0,745 kw
1 HP	1,014 CV
1 CV	0,736 kw
1 CV	0,9862 HP
1 kw	1,340 HP
1 kwh	860 Kcal
1 kwh	1,36 CVh

Tabla 5-12.- Medidas de presión

1 kg/cm^2	14.223 $lb/pulgada^2$
1 $lb/pulgada^2$	0,0703 kg/cm^2
1 atmósfera	1,033 kg/cm^2

Tabla 5-13.- Medidas de temperatura

0 ºC (Celsius) = 32 º Fahrenheit	
Conversión de Celsius a Fahrenheit	ºF = 9/5 x ºC + 32
Conversión de Fahrenheit a Celsius	ºC = 5/9 x (ºF - 32)

"Uno de los primeros y principales inconvenientes de las tierras nuevas, en todas las regiones áridas y semiáridas del mundo, es la falta de agua para el hombre y los animales. El problema principal es el del agua potable, pues generalmente hay suficiente cantidad de agua salada."

Molina, Jorge S. 1980. Una nueva conquista del desierto, Emecé Edit., Bs. As.:35.

CAPÍTULO VI

EFECTOS DE CADA UNA DE LAS SALES DEL AGUA EN EL ORGANISMO ANIMAL

BICARBONATOS Y CARBONATOS

Estos iones comunican alcalinidad al agua, dando capacidad de consumo de ácido al producir una solución tampón. Precipitan con mucha facilidad.

La toma de muestras de agua debe realizarse con precaución para evitar la pérdida de dióxido de carbono o anhídrido carbónico (CO_2), debiendo protegerse de los cambios de temperatura y analizarla lo antes posible.

En aguas de bajo contenido salino, es común que los bicarbonatos sean las sales que aparezcan con mayores concentraciones, siendo el más común el bicarbonato de sodio.

La solubilidad de los bicarbonatos en agua es 30 veces mayor que la de los carbonatos. Si el agua se hierve, los bicarbonatos se transforman en carbonato, que precipitan, de acuerdo a la siguiente reacción:

$$(CO_3H)_2Ca + \varnothing \rightarrow CO_3Ca \downarrow + H_2O + CO_2 \uparrow$$
$$(CO_3H)_2Mg + \varnothing \rightarrow CO_3Mg \downarrow + H_2O + CO_2 \uparrow$$

Por ello la dureza debida a los bicarbonatos de calcio y magnesio disueltos en el agua se denomina dureza temporaria, ya que puede eliminarse por ebullición del agua (ver cap. VIII: Análisis de agua).

La exposición directa del agua a los rayos solares (asoleado del agua) puede reducir el tenor de bicarbonatos en aguas que los contienen en abundancia. Esto ocurre porque no es imprescindible que la temperatura llegue a los 100° C para que se realice la transformación a carbonatos insolubles que precipitan, sino que a medida que aumenta la temperatura, la reacción se va acelerando. En verano, un agua a sol directo puede llegar a los 60-70° C, lo que es suficiente para que por una acción prolongada se complete el proceso.

El efecto que producen los bicarbonatos y carbonatos en el animal es neutralizar el ácido clorhídrico, no dejándolo actuar y por ende, provocando un retardo en la digestión. De todos modos, no se les atribuyen efectos nocivos a esta acción alcalinizante. Sin embargo, en situaciones muy particulares contribuyen a desencadenar desequilibrios, como ante el caso del sulfato de sodio, disminuyendo su tolerancia, o a entorpecer la asimilación de elementos menores, y fundamentalmente, contribuyen a aumentar la salinidad total.

Se ha determinado que los bovinos pueden ingerir concentraciones de carbonatos y bicarbonatos considerados en conjunto de 2-3 g/l sin tener trastornos. Generalmente su concentración en el agua de bebida no pasa de los 1,5 g/l, lo que minimiza el problema.

En conclusión, no se conocen efectos negativos para la producción animal, pero su combinación con el calcio y el magnesio definen la dureza del agua formando incrustaciones en las cañerías.

CLORUROS

El anión cloruro se encuentra presente en todas las aguas. Da sales muy solubles, es muy estable en disolución, muy difícilmente precipitable y no se oxida ni reduce en aguas naturales. Su presencia se debe a disolución de cloruros solubles de sodio, calcio, magnesio y potasio, siendo el más frecuente el cloruro de sodio o sal común que le da al agua gusto salado. El cloruro de magnesio es de gusto muy amargo y de acción purgante suave y el cloruro de calcio aparece muy frecuentemente y su acción también es purgante suave.

El cloruro de sodio es el menos perjudicial para el ganado. Todos los cloruros son generalmente menos nocivos que los sulfatos debido a que la concentración de cloruros en sangre es varias veces mayor que la de sulfatos y los mecanismos de regulación son mucho más eficaces para el primero. Las sales de magnesio son más perjudiciales que concentraciones similares de sales de sodio.

Una concentración de cloruro de sodio de 20 g/l resulta claramente tóxica, aún en invierno, produciéndose una grave anorexia, pérdida de peso y deshidratación. Los animales se encuentran letárgicos y las temperaturas rectales descienden. El sodio del plasma sanguíneo se eleva, lo mismo que el potasio.

Con concentraciones de 17,5 g/l también se han encontrado efectos nocivos, aún durante el invierno, en animales jóvenes. El ganado vacuno adulto para carne puede llegar a sobrevivir con esta concentración en el agua.

El agua con 15 g/l de cloruro de sodio da lugar a un incremento en la excreción urinaria de nitrógeno de alrededor del 37 % sobre los animales que beben agua dulce. Con esta concentración los animales sólo mantienen el peso, siendo el máximo tenor que puede ingerir el bovino para carne en períodos prolongados, en estado de mantenimiento, con un nivel muy inferior de seguridad para las vacas lactantes. Es decir, esta concentración es compatible con la vida en mantenimiento, pero es perjudicial para la producción (crecimiento, desarrollo y producción de leche). Los 15 g/l del agua de bebida son soportados bien en invierno, pero no en verano, pudiendo producirse mortandades.

En verano, dosis de 12,5 g/l de cloruro de sodio en el agua resultan tóxicas, el consumo de agua aumenta hasta un 70 % sobre los que beben agua dulce, en tanto que en invierno, con esta concentración ganan peso en cantidades mínimas.

Una concentración de 10 g/l de cloruro de sodio no produce efectos tóxicos ni merma en el consumo de alimentos, pero sí da una pronunciada disminución en la ganancia de peso en animales en inverne. Con 7 g/l no se afecta la ganancia de peso.

El cloruro de calcio es más tóxico que el de sodio, no tolerando los animales concentraciones de 10 g/l.

El cloruro de magnesio es de gusto muy amargo y de acción purgante suave. Las sales de Mg son más perjudiciales que concentraciones similares de Na. Un contenido de 2 g/l de cloruro de magnesio puede dar lugar a pérdidas de apetito y diarrea intermitente, sobre todo si el cloruro de sodio está también en concentración elevada.

En los vacunos que abrevan en aguas con cloruros en altas concentraciones se puede encontrar una intoxicación crónica. Los animales presentan anorexia, debilidad, pérdida de peso, deshidratación, hipotermia y posibles diarreas. Si los animales están obligados a un esfuerzo, es frecuente su colapso y la aparición de convulsiones tetánicas. Es común en estas condiciones la acetonemia en el ganado lechero. Hay que tener en cuenta que la gastroenteritis causada por la ingestión excesiva de aguas salobres tiene pocos caracteres diagnósticos a la necropsia y se debe deducir el problema por el análisis del agua de bebida.

El agua de bebida con cloruros en exceso provoca diúresis, ya que se destina a la osmorregulación renal, en lugar de utilizarse para la rehidratación de los tejidos.

Cuando los animales beben durante períodos largos aguas con muy bajo contenido de cloruro de sodio, como ser aguas de lluvias o vertientes no salinas, y no se ponen a su alcance suplementos minerales, se ve un escaso crecimiento, pelo áspero, desmedro y baja fertilidad, pero es muy difícil que el animal muera por falta de cloruros. En un grado limitado, otros aniones y cationes pueden sustituir al sodio y cloro respectivamente, manteniendo el equilibrio adecuado de los líquidos del organismo.

El tenor de cloruros en el agua de bebida compatible con la producción bovina tiene grandes dificultades en su determinación, dada la gran variedad de circunstancias naturales ya explicadas que pueden incidir sobre la misma, siendo una de las principales el grado de acostumbramiento del animal. Por otra parte, muchas

aguas de bebida contienen cantidades apreciables de magnesio, cuya acción es más nociva que la de los cloruros.

En resumen, se podría dar como cifra tentativa, teniendo en cuenta las variantes vistas, que el nivel límite de concentración de cloruro de sodio como sal única del agua, algo no habitual, para rodeos de cría, estaría entre los 10 y 11 g/l y para invernada no debe pasar los 7 g/l.

SULFATOS

El ion sulfato se encuentran en casi todas las aguas naturales, dando en general sales solubles a muy solubles, siendo las más frecuentes las de magnesio y sodio, que otorgan un sabor amargo y repugnante. El sulfato de sodio es menos amargo y menos irritante que el de magnesio, siendo más tolerable por la hacienda. El sulfato de calcio es el menos perjudicial de todos y su concentración en el agua de bebida no puede superar los 2,09 g/l, ya que a esa concentración se satura y precipita el excedente, pudiendo los animales consumirla una vez que se acostumbran a ella sin que se aprecien efectos tóxicos.

A una concentración de 500 mg/l, los sulfatos pueden afectar a los terneros, pero con el paso del tiempo pueden adaptarse con pocos problemas de salud. Concentraciones de más de 800 mg/l pueden afectar al metabolismo mineral y causar una deficiencia de cobre, zinc, hierro y manganeso.

Es un elemento activante de la digestión de la celulosa, favoreciendo una mayor retención de la misma, ya que es necesario para formar aminoácidos azufrados en el rumen. La población microbiana ruminal puede convertir el azufre inorgánico, tanto el azufre elemental como el proveniente de los sulfatos, en compuestos de azufre orgánicos para ser utilizados por el animal. El azufre es necesario para los microorganismos del rumen para su crecimiento y metabolismo. Su deficiencia trae como consecuencia una reducción de los microorganismos ruminales y por consiguiente una síntesis de proteína microbiana reducida, predominando una población que no puede utilizar lactatos. Esto causa un incremento de lactatos en el rumen, sangre y orina similar a la acidosis por láctico.

Maidana (1982) indica que las bacterias reducen los sulfatos y sulfitos a sulfuros, que pueden ser absorbidos tanto por las bacterias como por la pared ruminal.

Los sulfatos actúan sobre el equilibrio ácido-básico por alterar el tenor de calcio y fósforo normales en suero. Este efecto es importante, ya que la escasez de estos elementos en el organismo animal afecta sensiblemente la fertilidad de los vientres, incidiendo básicamente en la baja del porcentaje de parición. De allí la importancia en estos casos de suplementar con calcio y fósforo la hacienda, después de conocer, por medio de un análisis, la cantidad de sulfato que contiene el agua.

Otro efecto de los sulfatos es el laxante, que depende del grado de acostumbramiento del animal. El sulfato impide la absorción de una cantidad equivalente de sodio, por lo que cuando el sulfato de sodio llega al intestino, dada su concentración como sal soluble, tiende a fijar el agua y se interrumpe o disminuye la absorción de la misma por el organismo, produciéndose una evacuación muy acuosa (diarrea, chorreadura). Por lo tanto, se altera el proceso digestivo y se extraen y eliminan sales minerales por la diarrea. La absorción del cobre se ve afectada y las reservas de este elemento disminuyen. Como el cobre está ligado al metabolismo del hierro, su bajo tenor o carencia provoca inconvenientes en la formación de hemoglobina, con la consiguiente anemia. Coadyuva en este fenómeno de falta de cobre la presencia de molibdeno en las pasturas. Estas interacciones se verán mas en detalle al tratar el cobre y el molibdeno.

La masa corporal del animal influye en gran medida en el efecto de los sulfatos, ya que cuanto más pequeño es el animal, mayor es el efecto.

El problema varía también con la alimentación. Si los animales están en un rastrojo o un diferido, toman más agua que si se encuentran sobre un verdeo, por lo que ingieren más sales.

La presencia de bicarbonato de sodio (CO_3HNa), por sus efectos neutralizantes en el tracto gastrointestinal, disminuye la tolerancia al sulfato de sodio (SO_4Na_2), ya que acrecienta sus propiedades laxantes. Esta acción puede notarse ya en los bovinos con aguas con un contenido de bicarbonato de sodio de 2 g/l (alta alcalinidad) y de sulfato de sodio de 0,25 a 0,30 g/l.

No hay absorción de sulfatos en el rumen, sino que el mismo se reduce a ion sulfuro para ser absorbido. Esta reducción es muy rápida y se debe a las bacterias, pero no todas pueden utilizar el sulfato como fuente de azufre para sus proteínas. Por lo tanto, la capacidad del rumen para reducir los sulfatos depende de un período de adaptación al sulfato de la dieta (Hungate 1966). Este período de adaptación, que dura dos a tres semanas, se ve reflejado en una reducción del consumo de agua y forraje. Este efecto se agudiza en condiciones de temperaturas altas y se atenúa con forrajes con gran contenido de humedad. Hay un porcentaje reducido de individuos que no se adaptan.

La producción tóxica del sulfuro puede ocurrir cuando el ganado consume agua alta en sulfatos. El NRC (1996) da como nivel tolerable máximo de sulfuro entre 0.15 y 0.40 % de la materia seca.

La ingestión de altos niveles de sulfatos del agua (0,7 % de la MS) puede producir casos esporádicos de polioencefalomalacia (PEM). Los síntomas notados en animales con PEM incluyen letargo, anorexia, ceguera, temblores del músculo, éstasis gastrointestinal, incoordinación, escalonamiento, debilidad, convulsiones, y muerte. El sulfuro de hidrógeno es un gas tóxico que puede ser inhalado después de su eructación (Kandylis, 1984), interrumpiendo el metabolismo energético en las células del cerebro, causando posteriormente las lesiones necróticas que caracterizan el PEM.

La microflora del rumen puede utilizar tanto el nitrógeno proteico como el no proteico. Cuando hay proteínas en cantidades adecuadas en el forraje las utiliza, y cuando las mismas se encuentran en proporción muy reducida, las bacterias utilizan el nitrógeno no proteico. Por consiguiente, el sulfato de magnesio no se acumula en el intestino, debido a que la flora utiliza el nitrógeno no proteico o el endógeno y el azufre del sulfato ingerido para formar las proteínas azufradas.

Sin embargo, elevadas concentraciones de sulfatos afectan negativamente a los microorganismos ruminales, disminuyendo su número y en consecuencia la actividad metabólica microbiana total (Block y col., 1951, Loneragan y col., 2001).

Además, como el azufre de los metales bivalentes son generalmente muy poco solubles, es posible que el consumo de agua con altos contenidos de sulfatos produzca precipitados de calcio, cobre y/o magnesio en el rumen, lo que disminuiría la disponibilidad en solución de esos cationes esenciales para el metabolismo microbiano, produciendo una disminución de la digestibilidad del forraje.

En Canadá no se observaron efectos laxantes con aguas con 5 g/l de sulfato de sodio (3,45 g/l de sulfato). Para animales de cría acostumbrados, el máximo tolerable de sulfatos es de 4 g/l. Este nivel no constituye el límite normal para toda la hacienda, ya que si a un animal no acostumbrado a estos niveles se le da este agua, se genera un proceso gastrointestinal con grandes diarreas. Dosis mayores de 4 g/l de sulfatos se consideran peligrosas para el ganado vacuno. Dosis de 2,5 g/l de sulfatos no provocan efectos perjudiciales en novillos en engorde si las condiciones de temperatura no son rigurosas.

La alteración de los tenores de calcio y fósforo en el suero se atenúa por la presencia de calcio en las aguas, ya que cuando el agua es absorbida a través de la mucosa del aparato digestivo, la concentración de sales poco solubles en el intestino aumenta, y al ser superada la solubilidad del calcio, el mismo precipita, sustrayendo de la solución parte del ión sulfato, con lo que disminuyen los efectos osmóticos responsables de la acción laxante. El sulfato forma con el calcio el sulfato de calcio que es insoluble y por lo tanto, no fija agua, no produciendo diarrea y siendo eliminado por las heces.

Si existe calcio en concentración alta en el agua y/o se administra como suplemento mineral, se produce una mayor tolerancia al sulfato, pudiendo llegar a 7 g/l. La proporción debe estar en 1,5 partes de sulfato por cada parte de calcio ingerido. Por ello, se considera de gran utilidad en un agua que la relación Ca++/Mg++ sea de 2 o más.

El sulfato de sodio hasta 1 g/l favorece la digestión de celulosa y un mayor consumo de alimentos.

En aguas que han estado en contacto con suelos pantanosos y mantos carboníferos, los sulfatos presentes pueden provenir de la oxidación del azufre y de los sulfuros presentes en la materia orgánica.

El sulfato, por encima de los 500 mg/l es agresivo para el cemento y el hormigón, a los cuales corroe y destruye lentamente.

SODIO

El sodio tiene una solubilidad muy elevada y es muy difícil de precipitar. Está presente en las aguas como resultado de la disolución de sus sales, en especial cloruros, bicarbonatos y sulfatos. Como el sodio combinado constituye casi el 3 % de la corteza terrestre, su concentración suele ser alta, llegando a veces a inutilizar importantes fuentes de agua.

El sodio es necesario para el mantenimiento de la presión osmótica del líquido ruminal, del balance ácido-base, del balance de los fluidos corporales, la transmisión nerviosa, la captación de glucosa por las células y para la absorción del magnesio a través de las paredes ruminales (bomba de sodio).

El cloro es necesario para la activación de la amilasa y la formación del ácido clorhídrico gástrico.

Sus deficiencias acarrean pérdida de peso, pica, debilidad general, calambres musculares, disminución de la producción de leche, pelaje áspero y quebradizo y muerte. Los síntomas se muestran generalmente después de varios meses de deficiencia.

Los bovinos necesitan recibir un abastecimiento regular en la dieta de cloro y sodio porque su capacidad de almacenaje en el organismo es limitada. El animal adulto absorbe del 85 al 90 % del sodio ingerido. Cualquier exceso consumido es rápidamente excretado en la orina. La sal también es perdida en la sudoración. Cuando se lo priva al animal de cloruro de sodio, es capaz de conservar las reservas limitadas del cuerpo por una alta disminución de las pérdidas urinarias.

Después de una deficiencia severa prolongada, los niveles sanguíneos de cloro y sodio y las cantidades secretadas en la leche no disminuyen, por lo que los animales en lactancia sufren más la falta de sal en la dieta.

Hay numerosas zonas del país en que los animales presentan una gran avidez por la sal ("hambre de sal") provocada por la escasez de cloruro de sodio en los pastos y en el agua de bebida. El agua de bebida puede ser un proveedor importante de cloruro de sodio en la alimentación bovina, pero en muchas zonas la misma debe ser clasificada como deficiente.

En los vacunos que abrevan en aguas con altas concentraciones de cloruros se puede encontrar una intoxicación crónica. La gastroenteritis causada por la ingestión excesiva de aguas salobres tiene pocos caracteres diagnósticos a la necropsia y se debe deducir el problema por el análisis del agua de bebida.

POTASIO

El potasio es necesario para el balance ácido base en las células, la regulación de la presión osmótica, el equilibrio hídrico, la integridad celular, la transmisión del impulso nervioso, la contracción muscular y algunas reacciones enzimáticas.

Como el sodio, el potasio tiene una solubilidad muy elevada y es difícil de precipitar. Se encuentra en todas las aguas naturales. En las dulces hasta 10 mg/l. Extraordinariamente se encuentran aguas con más de 100 mg/l. Constituye una de las fuentes de la radiactividad de las aguas profundas. Es un elemento esencial en la nutrición. Sin embargo, sus efectos a altas concentraciones, poco frecuentes, pueden ser perjudiciales.

Altos niveles en la dieta interfieren con la absorción del magnesio (Newton y col., 1972; Fontenot y col., 1973; Blood y Radostits, 1992)

Su deficiencia se puede manifestar por pica, crecimiento retardado, pérdida de peso, debilidad muscular, irritabilidad, incoordinación, parálisis, tetania, reducción del consumo alimenticio (anorexia), acidez intracelular, degeneración de órganos vitales y desórdenes nerviosos.

Ha sido demostrado que el potasio afecta el apetito de los rumiantes. Varios experimentos han comprobado que el consumo diario de alimento en novillos fue reducido debido a deficiencias de potasio (Drieger, 1966).

Como el potasio generalmente está presente en pequeñas cantidades y sus propiedades son muy semejantes a las del sodio, se lo agrupa con éste en los análisis. Cuanto mayor es la salinidad total del agua, menor es el error al adoptar este criterio, y si la salinidad es baja, su importancia en el agua de bebida para ganado es despreciable.

CALCIO

El calcio es necesario para la formación de huesos y dientes, el crecimiento muscular (7,1 g de Ca/100 g de proteína ganada), la producción de leche (1,23 g de Ca/kg de leche producida), la transmisión de impulsos nerviosos, la regulación del ritmo cardíaco, la coagulación de la sangre, la permeabilidad de las membranas, la contracción muscular, la secreción de ciertas hormonas y la actividad enzimática.

Tenores altos de calcio en la dieta reducen la absorción del manganeso y el cinc (Suttle y Field, 1970) y afectan el metabolismo del fósforo, magnesio y algunos oligoelementos. Por otra parte, dietas muy altas en calcio reducen el consumo y la ganancia de peso, pero en general, los cambios son relativamente reducidos.

Forma sales moderadamente solubles a muy solubles. En el agua es fácil de precipitar como carbonato de calcio.

Junto con el magnesio, es el principal responsable de la dureza de las aguas, siendo muy frecuente su presencia en las mismas. La disolución de rocas calcáreas, dolomíticas y de yeso, presentes en los suelos, es la principal fuente de calcio en las aguas.

Para el calcio no se han dado límites, pero su existencia en el agua en cantidades grandes puede perjudicar a las vacas lecheras cuando deseamos restringir el calcio en el preparto para evitar la hipocalcemia.

MAGNESIO

Wacker (1980) indica que más de trescientas enzimas son activadas por el magnesio. Es esencial para todos los procesos de biosíntesis, incluso la glicólisis, el transporte por membrana energía-dependiente, en el ciclo AMP, el complejo MG-ATP, el desarrollo del esqueleto, la transmisión del código genético, el mantenimiento de los potenciales eléctricos en los nervios y membranas del músculo y la transmisión nerviosa.

Se ha demostrado un papel relevante del magnesio en la actividad de la flora celulolítica del rumen, mejorando significativamente la digestibilidad de la celulosa e incrementando el consumo de materia seca (Ruiz Moreno y col., 1998). El consumo de dietas con bajos tenores de magnesio producen una disminución en la actividad celulolítica de las bacterias ruminales, que resulta en una menor digestibilidad de la celulosa del orden del 24 al 30 % (Ledesma Arocena y col., 1994).

El magnesio constituye aproximadamente el 2,1 % de la corteza terrestre, lo que explica su presencia en todas las aguas naturales. Es más soluble que el calcio y algo más difícil de precipitar.

Las aguas con un contenido elevado en sales de magnesio poseen un sabor amargo intenso y desagradable. Provoca diarreas al unirse al cloro y formar cloruro de magnesio, que no es absorbido, con consecuencias similares a las provocadas por el sulfato de sodio. Contribuye a la dureza del agua.

Se han dado como límites de magnesio para vacas lecheras 0,25 g/l; para terneros destetados 0,4 g/l y para vacunos adultos 0,5 g/l.

ARSÉNICO

Es el mineral más conocido popularmente como tóxico, siendo su forma inorgánica la más tóxica.

Sus compuestos se han empleado para baños contra ectoparásitos, como reguladores de la microfauna del rumen, como medicamentos inyectables contra mixomatosis (verrugas), tónicos y como herbicidas, pero su empleo cesó por su toxicidad y por haberse logrado medicamentos más eficaces.

Los compuestos pueden clasificarse en dos grupos:

1) Arsenicales inorgánicos empleados como herbicidas y pesticidas y
2) compuestos orgánicos o fenilarsónicos empleados como aditivos alimentarios.

El envenenamiento por el primer grupo es usualmente el resultado de la ingestión de alimento contaminado con herbicidas o insecticidas arsenicales, aunque algunos compuestos (arsénico sódico) son fácilmente absorbidos por los pulmones y piel. Los compuestos fenilarsónicos son empleados en cerdos y pollos más que en bovinos (Fetcher, 1992).

Los compuestos solubles del arsénico están presentes en gran parte de las aguas a concentraciones variables. Es un contaminante natural, componente común en los minerales depositados por las emanaciones volcánicas. Su existencia en el agua como arseniato se debe al aporte que realiza el suelo en forma de óxido arsenioso.

Las capas del suelo más ricas en arsénico son siempre las superficiales, disminuyendo su contenido en las capas inferiores, siendo constante su presencia en concentraciones variables entre 0,1 y 5,3 mg/100 g de tierra. No siempre los suelos ricos en arsénico se corresponden con aguas también ricas en este elemento, pues en muchas zonas del país, con suelos ricos en arsénico, las aguas de los pozos que allí se perforan no lo contienen o sólo en mínimas proporciones.

En general, es un problema que se presenta sólo en las aguas subterráneas. Una excepción a esto son las aguas de algunos riachos de las cercanías de San Antonio de los Cobres (pcia. de Salta), que aparecen con una elevada concentración de arsénico (río Chorrillos 3,5 mg/l; río San Antonio 0,7 mg/l, cifras que varían con los deshielos), o el río Jáchal (pcia. de San Juan) con una concentración de 0,10 a 0,15 mg/l.

En una zona de aguas arsenicales, a una mayor alcalinidad del agua corresponderá una mayor concentración de arsénico. En aguas ricas en sales de calcio y magnesio, ya sean bicarbonatadas o sulfatadas, no aparecerá arsénico o lo hará en bajísimas concentraciones. La presencia de arsénico en agua subterránea está asociada a la de flúor, ya que ambos provienen de la meteorización de minerales de origen volcánico.

La llanura Chaco Pampeana Argentina es la región más extensa del mundo (un millón de km^2) afectada por la presencia de arsénico en aguas subterráneas. La principal zona con mayor concentración de arsénico en las aguas subterráneas tendría una forma de C invertida, abarcando el este de Salta, Jujuy, Chaco, Santiago del Estero, Santa Fe, norte de Buenos Aires, este y sur de Córdoba y norte de La Pampa. En menor concentración, también existen problemas en zonas de Formosa, Tucumán, La Rioja, San Luis, San Juan y Mendoza.

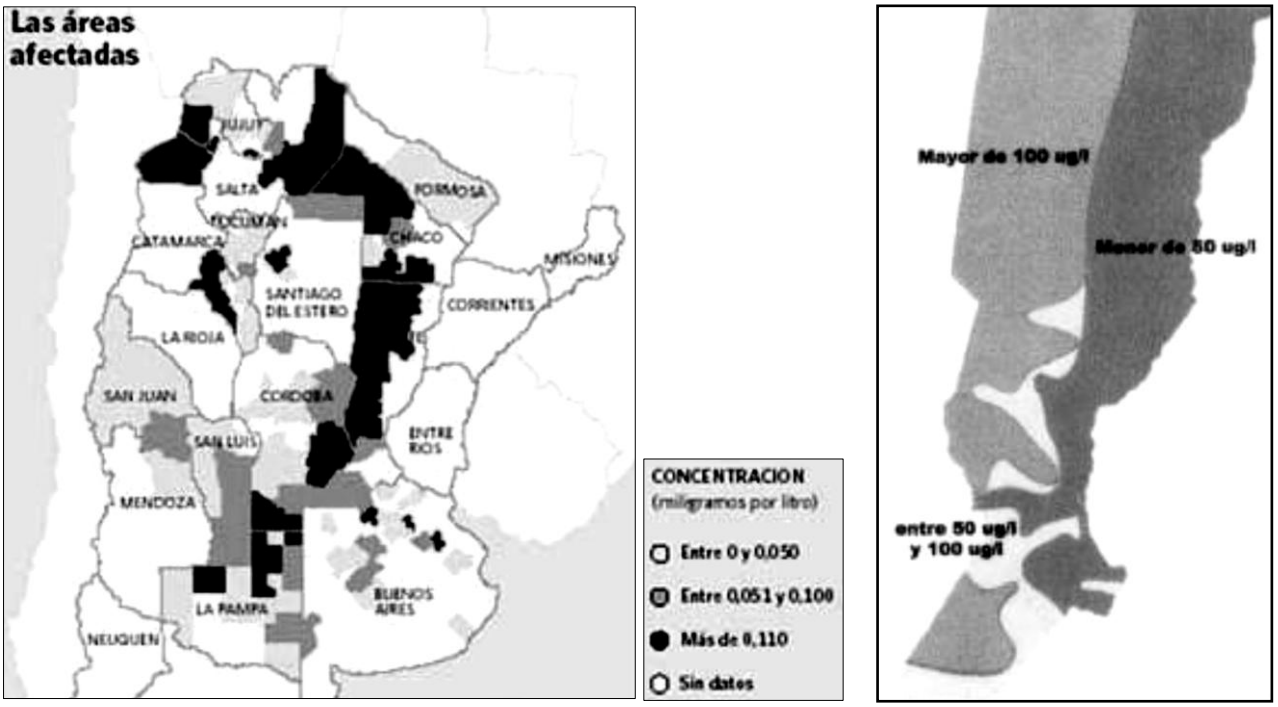


Figura 6-1.- Zonas de la Argentina con arsénico en sus aguas subterráneas en mg/l (más oscuras mayor concentración) (Secretaría de Desarrollo Sustentable de la Nación); Figura 6-2.- Zonas más detalladas de la provincia de Santa Fe con arsénico en sus aguas subterráneas (en µg/l; más oscuras menos concentración): a) Franja este, cuyas aguas subterráneas principalmente provienen del acuífero Puelche, presenta bajos contenidos de arsénico y en general con buena calidad química; b) Franja oeste, cuyas aguas subterráneas tienen naturalmente concentraciones elevadas de arsénico.

En muchas áreas predomina el arsénico en las aguas de la primera napa (freática), no así en las napas más profundas semisurgentes o surgentes. Ejemplo de esto son el departamento Robles (pcia. de Santiago del Este-

ro); la región de Bell Ville y la cuenca del río Tercero (pcia. de Córdoba); el centro y norte de la provincia de Santa Fe; norte y sur de la provincia de Buenos Aires; norte de la provincia de La Pampa y a ambos lados del límite con la provincia de Buenos Aires; el sector suroeste de la ciudad de Río Cuarto y desde allí hacia el sur de la provincia de Córdoba. En algunas zonas de la provincia de Córdoba, la intoxicación crónica con arsénico en el hombre es endémica, ya que algunas aguas, como ser en cercanías de Mattaldi, tienen 1,1 mg/l de arsénico. El Instituto Superior de Enseñanza Tecnológica (Rossia, 2000) de Huinca Renancó, suroeste de la provincia de Córdoba, encontró en la zona valores de arsénico desde 0,1 a 0,63 mg/l, siendo el valor común en la región 0,2 mg/l. En otras zonas de la misma provincia las aguas llegan a un contenido de 1,4 mg/l.

En otros lugares puede presentarse el caso inverso, como por ejemplo en la zona de Rufino (pcia. de Santa Fe), donde el arsénico predomina en las aguas profundas o en el norte de la provincia de Santiago del Estero, en la región de Monte Quemado, donde se encuentran aguas profundas a 90-100 metros con concentraciones de arsénico cercanas a 1 mg/l (Trelles y col., 1970).

La elevada toxicidad del arsénico y sus compuestos exige un riguroso control de las aguas sospechosas, pues aún en dosis pequeñas pueden acumularse en el organismo y provocar intoxicaciones crónicas. La mayoría de los compuestos arsenicales producen el mismo síndrome tóxico, debido a que todas las formas originales del arsénico pasan a arsenito y se combina como tal con los grupos sulfhidrito de las proteínas, incluidas las enzimas, siendo más tóxicos los compuestos inorgánicos que los orgánicos y de entre aquellos la forma trivalente más que la pentavalente. En laboratorio se ha encontrado que el arsénico trivalente es más tóxico que el pentavalente debido a que el pentavalente tiene menos influencia sobre las actividades enzimáticas, pero en el animal puede ser reducido a trivalente.

Aún cuando los compuestos del arsénico se acumulan en cierto grado en los tejidos corporales, principalmente en piel, pelo y pezuñas debido a la afinidad del arsénico por los grupos sulfhidrilos de las proteínas que integran los tejidos queratinizados, la rápida excreción por heces y principalmente por orina disminuye sus efectos tóxicos. Normalmente la leche y los tejidos corporales contienen pequeñas cantidades de arsénico. Los órganos donde se registran las mayores concentraciones de arsénico son hígado y riñón. El hígado desarrolla desde una simple necrosis de los hepatocitos hasta una cirrosis después de la cicatrización.

Pérez Carrera y col. (2010), en un trabajo realizado en el departamento Unión de la provincia de Córdoba, encontraron que los órganos del bovino donde se registraron las mayores concentraciones de arsénico fueron hígado y riñón. Los niveles hallados en hígado estuvieron entre 27,0 y 46,5 µg/g y en riñón, entre 24,0 y 73,2 µg/g. En las muestras de músculo y glándula mamaria, las concentraciones estuvieron en todos los casos por debajo del límite de detección de la técnica utilizada. Las concentraciones de arsénico en los diferentes tejidos analizados se encontraron dentro de los límites recomendados a nivel nacional.

El arsénico es biometilado, predominantemente en hígado, a ácido metilarsónico y ácido dimetilarsínico, proceso fundamental en la desintoxicación porque estos metabolitos han mostrado menor toxicidad. La eficiencia de la metilación depende de la dosis de arsénico y existe una saturación cuando la ingesta supera los 0,50 mg diarios.

En la intoxicación crónica, los animales se muestran deprimidos, sin apetito, débiles y se mueven con dificultad y torpeza. Pueden existir temblores, contracciones convulsivas y diarreas, con frecuencia de color muy oscuro, producido por sangre y fragmentos de mucosa intestinal. A la necropsia se encuentra la piel frágil y desecada, lesiones en el tracto intestinal, con rotura de los vasos sanguíneos y necrosis de las células epiteliales y subepiteliales, hepatitis, nefritis, congestión pulmonar, endocarditis, hemorragias epicárdicas y áreas hemorrágicas en peritoneo. Aún cuando otros procesos pueden presentar signos similares a los producidos por el arsénico, el hallazgo de gastroenteritis hemorrágica, sobre todo si existe edema, exige la realización de análisis para detectar la presencia de arsénico.

Para el bovino, se estima que la concentración máxima en el agua de bebida se encuentra entre 0,15 y 0,30 mg/l, pero aún éstas concentraciones pueden llegar a desencadenar la intoxicación crónica, cuyos síntomas se verán acelerados a medida que aumente el tenor de arsénico. La concentración máxima recomendada para agua bebida de bovinos (Régimen de Desechos Peligrosos, Ley 24051, Decreto Nacional 831/93) es de 0,5 mg/l, mientras que lo recomendado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2001) es de 0,067 mg/l.

Cuánto arsénico es realmente absorbido por las plantas, cuanto queda en sus células y cuánto llega al grano es un tema aún poco investigado. A excepción de las especies vegetales con capacidad de concentrar arsénico, como ser algunos helechos, su concentración rara vez excede 1 mg/kg de MS. Además, su distribución decrece desde la raíz hacia el tallo y las hojas.

En la vaca, al igual que en el hombre, la leche no constituye una vía importante de eliminación de arsénico. Sólo una pequeña fracción del ingerido pasa a la secreción láctea.

Las aguas con alto contenido de arsénico (mayor a 0,3 mg/l) y flúor (mayor a 0,7 mg/l), por su capacidad para secuestrar calcio, cobre, magnesio y zinc no son recomendables, debiéndose incrementar la oferta en la dieta de calcio, magnesio y oligoelementos (suplementación mineral).

Actualmente no hay antecedentes en la Argentina de intoxicación crónica por arsénico en bovinos, aunque algunas manifestaciones clínicas crónicas de problemas de piel y de pezuñas podrían asociarse al consumo por períodos prolongados de agua con niveles superiores a 0,5 mg/l (Sager, 2003). Existe una limitada evidencia de carcinogenecidad del arsénico en animales (Vázquez, H. y col.).

Excepto esta posibilidad, los casos de intoxicación por arsénico descriptos en bovinos en Argentina no son crónicos, sino agudos. Como en el bovino que bebe aguas con arsénico la intoxicación es crónica y de lento desarrollo hasta mostrar síntomas, de acuerdo a su concentración en la misma, el problema desaparece en los animales de engorde para faena (novillos, novillitos, vaquillonas, terneros), ya que antes que aparezcan los síntomas clínicos el animal es terminado (engordado) y faenado. Las vacas de cría y los toros podrían estar sujetos a un mayor peligro por su permanencia en el campo, pero el refugo anual de estos animales por baja fertilidad, problemas sanitarios u otras causas, podría llegar a enmascarar una leve intoxicación y permitir seguir en producción a los animales más resistentes al arsénico.

En definitiva, la ingesta de agua con elevados tenores de arsénico no es un problema para el ganado vacuno de carne o lechero.

Arsénico en el ser humano

En diversos países existen límites fijados de toxicidad en agua para uso humano. Así la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (USEPA) fija en 50 µg/l el contenido de arsénico del agua potable, pues está probado el riesgo de cáncer en poblaciones de Chile, Argentina y Taiwan, donde los niveles en agua son elevados (NRC, 1999).

La ley nacional Argentina como la de la mayor parte de las provinciales fijaba los niveles oficiales de tolerancia del arsénico en 0,05 ppm para consumo humano, aunque la OMS ha bajado, justificadamente, este límite a 0,01 ppm (10 µg/l). En mayo de 2007 y en consonancia con la OMS, el Código Alimentario Argentino redujo a 0,01 mg/litro el máximo de arsénico permitido en agua de red.

El problema del hidroarsenicismo crónico en el ser humano es mas grave que en los animales, y los profesionales del agro deben alertar a los productores, pues en casi todos los campos por lo menos una de las aguadas es compartida por el hombre y los animales.

Antiguamente, la enfermedad en Argentina se llamó "Mal de Bell Ville", porque la mayoría de los pacientes afectados provenía de esa ciudad cordobesa, diagnosticándose los dos primeros casos, en 1917. Luego se detectaron casos en Santiago del Estero, en la ciudad de Monte Quemado y, cuando se comenzaron a investigar otras provincias, se halló que era un problema de alto alcance geográfico.

Hoy recibe el nombre de Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE) y tiene su origen en el consumo prolongado de agua con altos niveles de arsénico. Entre los 5 a 20 años aparecen los síntomas, de acuerdo a la concentración de As del agua. Lamentablemente, la población aún no está informada adecuadamente de este problema.

El arsénico está presente en las napas que surten a pueblos y ciudades rurales de Jujuy, Salta, Formosa, Chaco, Tucumán, Santiago del Estero, San Juan, La Rioja, Santa Fe, Córdoba, San Luis, La Pampa, Buenos Aires y Río Negro. Por ejemplo, en Junín (prov. Bs. As.), los valores van desde 0,08 mg hasta 0,15. Se estima que la dosis mortal de arsénico es de alrededor de 100 mg, la misma cantidad que en dicha zona ingiere una persona al cabo de seis meses. En Argentina unos 4 millones de personas consumen agua con concentraciones tóxicas de arsénico, principalmente poblaciones rurales que emplean agua subterránea. En América Latina la cifra llegaría a 14 millones de personas expuestas.

El arsénico es absorbido por el intestino y llega a todas las células a través de la sangre. Esto explica sus efectos nocivos a nivel hepático, renal y neurológico, pero también puede producir hipertensión y diabetes tipo dos.

El alto contenido de arsénico en el agua aumenta la probabilidad de contraer cáncer de piel y en órganos blandos. Es un elemento tóxico y cancerígeno con efecto acumulativo en el organismo. Al ser expuestas las células al arsénico, se oxidan, y cuando eso sucede, envejecen, apareciendo el hidroarsenicismo. Puede ocurrir que la célula muera, lo que no tiene mayores consecuencias porque el organismo en general las recambia constantemente, o que se transforme para defenderse y así aparece el cáncer.

Las manifestaciones en la piel consisten en primera instancia en un aumento de la transpiración en las palmas de las manos y en las plantas de los pies, que se ponen rojos y pican; luego se engrosa la piel de esos sitios (queratodermia) y aparece una pigmentación oscura, especialmente en el tórax y el abdomen, salpicada por manchas blancas. Los síntomas de estos tumores malignos que se observan a simple vista son una composición más gruesa de la piel, una manchita con escamas en la superficie, unas que parecen úlceras, otras como verrugas y nódulos. También pueden aparecer lesiones en palmas de las manos y plantas de los pies y manchas amarillas en todo el cuerpo. También, produce náuseas, gastroenteritis, alteraciones neurológicas, vasculares, cefaleas, diabetes y afecciones menores, como anemia y depresión. Progresivamente la enfermedad evoluciona en cuatro periodos: **hiperhidrosis palmoplantar** con prurito y descamación, conjuntivitis, vómitos o diarreas; **hiperqueratosis palmoplantar** con lesiones dolorosas que impiden caminar y realizar tareas manuales, **melanodermia** del tronco y parte superior de los miembros y **cancerización** (cáncer de Hutchinson, epitelioma de Bowen).

Puede derivar en casos de cáncer de piel, esófago, estómago, colon y vejiga. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer coloca al arsénico en el grupo uno de los elementos causantes de esta enfermedad.

Los más vulnerables son los niños, las mujeres embarazadas y en lactancia, las personas desnutridas y los pacientes renales y hepáticos.

En el ser humano, factores genéticos, dietéticos y otros provenientes del estilo de vida pueden afectar la capacidad de detoxificación. Hay casos de adaptación al consumo excesivo de arsénico, por lo menos comprobado en el hombre. En un mismo hogar puede haber un nieto enfermo y una abuela sana, mientras que en el NOA hay comunidades coyas que desde hace siglos beben agua con niveles de arsénico tóxicos para otras personas, sin mostrar signos de arsenicismo crónico.

La absorción percutánea del arsénico, así como otros metales pesados como ser mercurio, estaño, cobre, bismuto y antimonio, depende de la transformación del compuesto lipoinsoluble original en un oleato metálico liposoluble. Esto puede producirse en o sobre la capa córnea por combinación de la sal del metal pesado con los ácidos grasos del sebum, o fuera del organismo cuando se incorpora en bases de ungüentos que contengan ácidos grasos (Bavera, 2006).

Si bien el arsénico de los alimentos suele encontrarse en forma orgánica, que es menos tóxica (Abernathy y col., 2003), Pérez Carrera y Fernández Cirelli (2004) indican que el alto potencial tóxico del arsénico muestra la necesidad de investigar acerca de las concentraciones de este elemento en los alimentos de origen animal, para establecer normas sanitarias y nutricionales que protejan al consumidor. A nivel internacional, se han calculado factores de biotransferencia de arsénico a leche bovina. Utilizando los valores hallados, estos autores estiman que cuando el nivel de arsénico en agua supera la concentración de 500 ppb, la concentración de arsénico en leche puede superar el límite máximo permitido internacionalmente (10 ppb), aunque estarían comprendidos dentro de los valores recomendados a nivel nacional (100 ppb).

El músculo esquelético no es un tejido donde se acumule el As ya que no interviene activamente en el metabolismo de este elemento. No hay reportes de problemas en el hombre por consumir carne o leche de bovinos que han bebido permanentemente aguas con arsénico. Se puede consumir sin riesgo la carne o la leche de estos animales, y si bien riñón e hígado pueden ostentar valores mayores a los recomendados, tampoco es problema siempre que no se ingieran todos los días esas vísceras. Para la USEPA (1998) los problemas de arsénico para humanos están asociados solamente con aguas y pescados y muy raramente con productos de animales domésticos.

FLUORUROS

Los animales normalmente consumen bajos niveles de flúor que en pequeñas cantidades es beneficioso y esencial. Cuando consumen cantidades elevadas, sus efectos son adversos.

El flúor se encuentra en el agua principalmente en forma de fluoruro sódico. Las aguas que los contienen en concentraciones elevadas provienen generalmente de pozos profundos o de napas que se originan en formaciones rocosas ricas en este elemento, con frecuencia muy distantes de las zonas afectadas, o a la presencia de ceniza volcánica en el subsuelo. En un mismo lugar, napas más superficiales suelen contener cantidades muy inferiores de flúor que las napas profundas, por lo que los casos de intoxicación se deben principalmente a aguas de estas últimas.

Aunque no en concentraciones elevadas, se lo puede encontrar también en aguas superficiales, como por ejemplo el río Blanco (prov. de Mendoza) que en algunas épocas del año llega a contener 1,2 mg/l, el río Calabalumba en Capilla del Monte (pcia. de Córdoba) con 1,4 mg/l y el río de los Sauces (pcia. de La Rioja) con 1,4 mg/l.

La mayoría de las aguas ricas en flúor son aguas duras, en las cuales el calcio y el magnesio que contienen actúan favorablemente dificultando la absorción del flúor a través del tubo digestivo, pero esto no es una regla, ya que también se encuentra en cantidades elevadas en aguas muy blandas, como ser en Río Hondo, pcia. de Santiago del Estero.

La deficiencia de flúor en la dieta del ser humano favorece la aparición de caries dentales. En los vacunos raramente ocurren deficiencias de flúor, pero si problemas por el exceso, tal como ocurre en el ser humano.

En cantidades adecuadas es necesario para mantener la dureza de los dientes y huesos. No obstante, en dosis excesivas actúa retardando el crecimiento por intoxicación crónica, debida a la ingestión de pequeñas cantidades durante largo tiempo, pero siendo raros los casos de muerte.

El bovino es menos resistente a la toxicidad por flúor que otros tipos de ganado en pastoreo. Los animales jóvenes son menos tolerantes a los excesos de flúor que los adultos. El flúor no atraviesa la barrera placentaria y se encuentra en cantidades mínimas en la leche y el calostro, de manera que el ternero se halla expuesto al riesgo de intoxicaciones sólo luego del destete, cuando comienza a ingerir agua en mayores cantidades.

En la intoxicación crónica son características las lesiones de los dientes y de los huesos. Las anomalías de los dientes son muy tempranas. Sin embargo, suelen pasar desapercibidas hasta después de manifestarse otros síntomas, como ser retraso en el crecimiento y cojera. Esta última, común en todas las edades, se acompaña de cierta rigidez, lo que da una marcha dolorosa, con sensibilidad acentuada por la presión sobre los miembros y lomo.

Los dientes de leche no son afectados por estar formados antes del nacimiento. Los animales jóvenes sometidos a ingestiones excesivas de flúor antes de la aparición de los dientes permanentes, sufren modificaciones en el tamaño, forma, color, orientación y estructura de los mismos. El moteado de los dientes se presenta en tonos pardos amarillento hasta negro y verdoso. Estas manchas son más frecuentes en los incisivos y aparecen varios meses después de haber emergido. Debido a la defectuosa calcificación del esmalte provocada por la fluorosis, los dientes se desgastan prematuramente, en especial los más moteados, generalmente a partir de los cuatro años de edad. El desgaste rápido y desigual dificulta la masticación, produciéndose además infección en los alvéolos y caída de los dientes, lo que trae como consecuencia la falta de crecimiento del animal y pérdida de estado. Los animales afectados lamen el agua en lugar de sorberla normalmente.

Como los problemas dentales por el flúor son comunes al hombre, la fluorosis dental que muestran los habitantes en muchas regiones es el mejor índice de la presencia del flúor en las aguas que han utilizado estas personas en forma constante para bebida en los primeros 12 a 14 años de sus vidas, y sin lugar a dudas, cuanto más marrón o negro es el veteado de sus dientes, tanto mayor ha sido la concentración de flúor.

También pueden ocurrir alteraciones degenerativas en la médula ósea, riñón, hígado, glándulas adrenales, miocardio y sistema nervioso central.

En estas intoxicaciones crónicas actúa un mecanismo de desintoxicación al depositarse el flúor junto con el fósforo en los tejidos dental y óseo. Mientras que en los dientes el depósito se da sólo en las fases de formación de los mismos, en los huesos ocurre constantemente. El depósito en los huesos es variable. Los huesos de los animales jóvenes en crecimiento pueden incorporar cantidades similares de flúor en todo el hueso, mien-

tras que en los adultos se deposita en menor cantidad y sólo en la superficie perióstica de las diáfisis, dando lugar a la aparición de exóstosis (sobrehuesos) o hiperostosis periostal. Así, en los jóvenes, los extremos de los huesos largos y articulaciones costocondrales aparecen abultados. La hiperostosis periostial puede afectar todos los huesos, principalmente en los puntos de inserciones tendinosas o de las fascias, siendo más grave en los miembros, el cinturón pélvico, costillas, mandíbula y vértebras toráxicas, lumbares y sacras. A concentraciones más elevadas se sobrepasa la capacidad de almacenamiento de los tejidos óseo y dental, por lo que aumentan las cantidades de flúor en orina y sangre, dándose síntomas generales de toxicidad.

La osteomalacia, la osteoporosis y las exostosis son debidas a la extrema movilización de fósforo y calcio para compensar los excesos de pérdida por orina de estos elementos junto con el flúor. Con frecuencia se presentan huesos engrosados, sobre todo el esternón, mandíbula, metacarpianos, metatarsianos y falanges. Estas alteraciones en el metabolismo del calcio y fósforo predisponen a los huesos a fracturas.



Figura 6-3.- Metatarsos. Izquierdo normal. Derecho: osteofluorosis con severa hiperosteosis periostal con superficie áspera e irregular por crecimiento desordenado del hueso y pobre mineralización. Las superficies articulares no fueron afectadas (McDowell y Conrad, 1978).

El contenido normal de flúor en hueso va de 300 a 600 ppm en el bovino adulto, superando ocasionalmente las 1.200 ppm. Valores de 2.000 a 4.000 ppm indican una absorción de una cantidad anormal de flúor. Cuando la concentración está por debajo de las 2.500 ppm no hay engrosamiento del hueso, anormalidades microscópicas ni cambios en la acción enzimática (Aguado Sánchez y col., 1996).

La reproducción y los rendimientos de leche se resienten indirectamente a causa de la desnutrición. Entre los animales adultos, las vacas lecheras y las gestantes son las más afectadas debido a la movilidad y pérdidas minerales que se dan en la lactación y la preñez.

Son bastante variados los niveles tóxicos indicados para flúor en aguas de bebida. Esta variación está relacionada con la edad del animal, la cantidad y continuidad del consumo de agua con flúor, la naturaleza de los pastos y raciones y las combinaciones químicas del flúor en el agua y en el alimento (fosfatos minerales con flúor). Estas variables carecen relativamente de importancia cuando el flúor invade los tejidos blandos a causa de una ingestión masiva del mismo, es decir, cuando se presenta fluorosis aguda.

Niveles marginalmente tóxicos pueden provocar la intoxicación sólo cuando el animal se encuentra sometido a períodos de estrés fisiológico como desnutrición, temperaturas elevadas, gestación, lactación o enfermedad.

La absorción del flúor disminuye cuando el agua o la dieta poseen cantidades relativamente grandes de calcio, magnesio o aluminio, ya que el flúor combinado con ellos es menos soluble, dificultándose su absorción y aumentando su excreción fecal.

Cuando de un agua con flúor se pasa a otra sin el mismo, el flúor acumulado en los huesos durante el período de consumo elevado se elimina lentamente con la orina, dejando la posibilidad a un posterior depósito.

Los datos disponibles indican que el moteado de los dientes aparece ya con 2 a 5 mg/l en el agua de bebida, pero el desgaste de los mismos no se da hasta dosis mayores.

La intoxicación crónica se ha visto en bovinos ya cuando el agua tenía 15 a 16 mg/l. Las grandes alteraciones generalizadas ocurren cuando el agua contiene 30 mg/l.

Los niveles normales en el agua de bebida para mantener la dureza de los dientes los dan concentraciones entre 0,8 y 1,5 mg/l, siendo esta última concentración la considerada máxima.

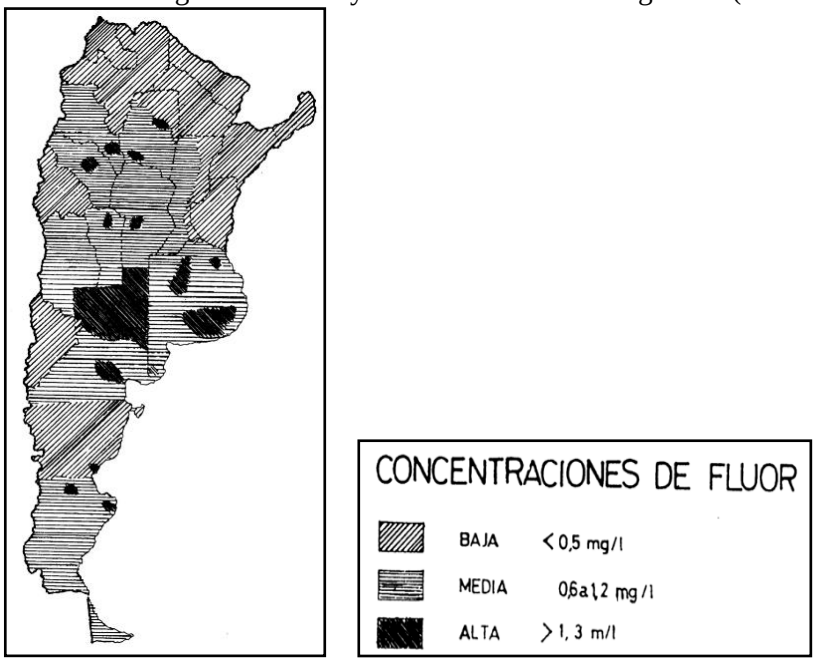
El límite permisible de concentración de flúor variará de acuerdo a las condiciones climatológicas, es decir, las condiciones que influyen en la cantidad de agua de bebida que ingieran los animales, y a la composición salina del agua.

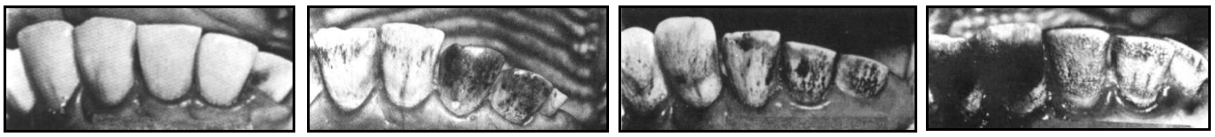
En general, las aguas que contienen elevadas concentraciones de flúor en el país tienen menos de 2 mg/l y en pocas áreas superan los 4 mg/l. En la Argentina, la provincia de La Pampa y zonas limítrofes son las que registran el más alto y extendido índice de fluorosis en sus aguas.

Tabla 6-1.- Flúor en las provincias argentinas (Martínez Prieto, 1988).

Provincia	Concentración de flúor en mg/l		Provincia	Concentración de flúor en mg/l
Formosa	0,2 a 1,2		Entre Ríos	0,1 a 1,8
La Pampa	1,0 a 13,0		Córdoba	0,4 a 2,6
Tucumán	0,1 a 0,8		San Juan	0,3 a 1,0
Catamarca	0,26 a 1,84		Misiones	0,1 a 0,5
Chubut	< 0,2 a 1,6		La Rioja	< 0,2 a 3,0
Santa Fe	0,2 a 4,5		Jujuy	< 0,2 a 1,2
Salta	< 0,2 a 0,8		Buenos Aires	< 0,2 a 2,0
San Luís	0,3 a 6,2		Chaco	< 0,2 a 1,9
Corrientes	< 0,2 a 0,7		Río Negro	< 0,2 a 4,4
Santiago del Estero	0,4 a 8,4		Mendoza	0,3 a 1,7
Neuquén	0,1 a 1,5		Santa Cruz	0,1 a 3,5
Tierra del Fuego	0,5 a 1,0			

Figura 6-4.- Distribución de aguas con flúor y concentración en la Argentina (Martínez Prieto, 1988).





Figuras 6-5.- Todos estos bovinos recibían dietas con 7 ppm de flúor; a) Testigo; b) Se le agregó 30 ppm de flúor a la dieta; c) Se le agregó 50 ppm de flúor a la dieta; d) Se le agregó 100 ppm de flúor a la dieta. Observar el incremento progresivo en el moteado de los dientes (Campbell y Lasley, 1969).

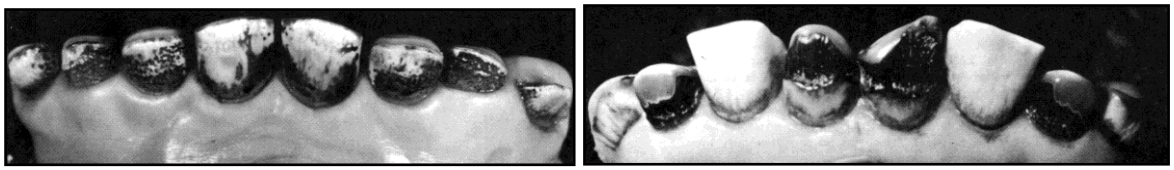
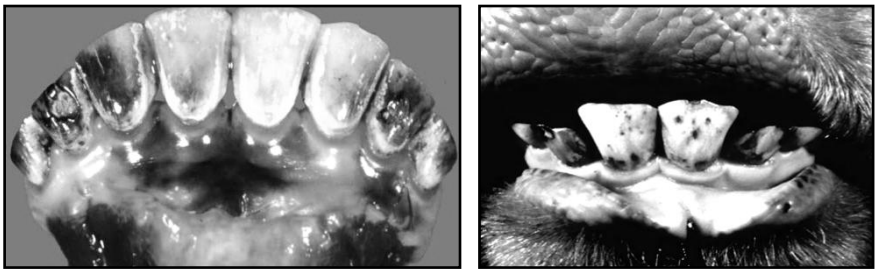


Figura 6-6.- Incisivos de bovino de cuatro años con severa fluorosis dental: hipoplasia del esmalte, hipocalcificación, manchado y desgaste anormal, que refleja un constante consumo alto de flúor durante la formación de los dientes.
Figura 6-7.- Incisivos de bovino de cinco años con fluorosis dental severa con períodos intermitentes de consumo elevado de flúor durante la formación de los dientes (McDowell y Conrad, 1978).



Figuras 6-8.- Fluorosis dental severa (www.vet.cornell.edu).



Figura 6-9.- Severa alteración dentaria en vaca con fluorosis como consecuencia de erupción volcánica;
Figura 6-10.- Cifosis y cojera en un novillo con niveles óseos de flúor de 13200 ppm (Araya, 2003).

Culot y col. (1967) encontraron zonas de fluorosis crónica en los partidos de Tapalqué, Azul y Tandil de la provincia de Buenos Aires. Particularmente les llamó la atención los casos clínicos de exóstosis, engrosamiento de las articulaciones y desgaste casi total de los incisivos y muelas con exposición de la pulpa dentaria, en vacunos de 3 a 5 años de edad, pastoreando campos naturales con predominio de especies alcalinófilas en zonas aledañas de Tapalqué. Además, se observó enflaquecimiento de los animales como consecuencia de las dificultades para alimentarse. En otras zonas del sudeste bonaerense observaron sintomatología clínica más atenuada, manifestándose principalmente por el ennegrecimiento de los dientes en el ganado, problema que también afecta a los habitantes del lugar. Estos casos de fluorosis observados se relacionan con contenidos variables y altos de flúor en las aguas de bebida en las zonas afectadas (entre 2 y 6 ppm).

López y col. (1999) opinan que el origen fluorósico del desgaste dental prematuro en el ganado no había sido diagnosticado en la Argentina, aunque es bien conocido en otros países, porque en la literatura interna-

cional se ha señalado que para efectuar un diagnóstico definitivo de fluorosis como causa del desgaste prematuro de dientes, deben coincidir varios factores:

a) desgaste dental prematuro;
b) exceso de flúor en aguas;
c) exceso de flúor en huesos y
d) exceso de flúor en una muestra de orina mezclada de varios animales afectados (los valores normales (2-8 ppm) se elevan a 15-20 ppm en casos positivos de fluorosis.

En pruebas efectuadas en la EEA Anguil y en un campo distante 30 km donde la ocurrencia de desgaste dental prematuro es común, determinaron que el mismo se debía al exceso de flúor en las aguas de bebida. Estos autores citan también que en zonas del partido de Benito Juárez, provincia de Buenos Aires, el desgaste dental prematuro causa en los rodeos de cría un aumento del orden del 100 % en el porcentaje de reposición (del 12 - 15 % al 25 - 30 %), lo que evidencia la gravedad económica del problema.

Como el flúor es un tóxico acumulativo no sólo es importante el nivel de ingestión, sino también el largo del período en que ha ocurrido esta ingestión. Por ello, el problema fundamental es en las vacas y su reposición, que permanecen varios años en el campo consumiendo agua con exceso de flúor. En cambio, los novillos y vaquillonas en engorde van a faena antes que aparezcan síntomas de fluorosis.

Los bovinos adultos alimentados durante periodos largos con fosfatos altos en contenido de flúor, tienden a acumular este elemento en el tejido óseo sin cambios importantes en el peso corporal, consumo de alimentos, ni en la mineralización del tejido (Godoy y col., 2000)

En un campo se deben reservar las aguadas con menor contenido de flúor para las categorías jóvenes después del destete. Si todas las aguas tienen alto nivel de flúor, será necesario llevar fuera del campo a las hembras de reposición luego del destete y traerlas nuevamente una vez preñadas y lo más cerca posible de la parición. Es decir, que las vaquillonas beban agua con flúor excesivo una vez que por lo menos han aflorado las pinzas y primeros medianos. El mismo manejo para los toritos nacidos en el campo. Con respecto a los machos castrados y las hembras para inverne, no hay problema que permanezcan en el campo pues se venderán gordos antes de que los dientes se desgasten, tanto por la edad como porque las pasturas empleadas en inverne son mas tiernas que para cría.

Flúor en el ser humano

En casi todos los campos hay una o varias aguadas cuyas aguas son empleadas por el hombre y por los animales. Como en el hombre la fluorosis es también un problema grave, se debe prestar especial atención a este elemento y tomar las medidas necesarias.

NITRATOS, NITRITOS, AMONIO Y AMONÍACO

Son sales muy solubles y por lo tanto, difícilmente precipitables. Su presencia en el agua de bebida es poco frecuente y hace presumir un contacto de las aguas con terrenos contaminados por materia orgánica en descomposición y frecuentemente indica contaminaciones bacteriológicas. Los procesos de descomposición de la materia orgánica determinan la formación de amoníaco, que por oxidaciones sucesivas se transforma en nitrito y finalmente en nitrato. También puede deberse a plantas acuáticas, algas, peces u otros animales muertos en los depósitos de agua o en el pozo o antepozo del molino, a fertilizantes en contacto con la napa o a las mismas sales presentes en el suelo, a pozos sépticos y a áreas de altas concentraciones de animales.

El uso intensivo de la fertilización nitrogenada ha hecho crecer en los últimos tiempos la concentración de estos elementos en las aguas. Las plantas aprovechan alrededor del 50 % del nitrógeno aportado por la fertilización. El excedente se pierde, generalmente por lavado del suelo e infiltración en el subsuelo, llegando hasta las napas, ríos, lagunas, etc., contaminándolos. En general, el exceso de fertilización nitrogenada y su defectuosa aplicación son las causas que más contribuyen a la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas.

El exceso de riego favorece la lixiviación o lavado de las sales del suelo, y por lo tanto, la contaminación con nitratos.

En caso de aumento del contenido de nitratos en las aguas de los acuíferos, se deben tomar, entre otras posibles, las siguientes medidas:

1º.- Reducir la dosis de fertilizantes nitrogenados en los cultivos dominantes en las zonas vulnerables.

2º.- Insistir en la importancia del momento de aplicación de los fertilizantes coincidiendo con el periodo de máximas necesidades del cultivo y, en general, de las buenas prácticas agrícolas.

3º.- Reducir el consumo del agua de riego y mejorar el sistema.

La ganadería no es una actividad contaminante de las aguas, sino que el factor contaminante es el mal manejo de los efluentes que la ganadería produce y las concentraciones muy elevadas de animales en un área. Los suelos de los corrales de trabajo, de zonas de aguadas, de tambos o de engorde (feedlot), ferias de hacienda, lavaderos de camiones, frigoríficos, lagunas de oxidación de efluentes, etc., contienen nitrógeno y bacterias hasta profundidades de 8 a 9 metros en algunos casos, pudiendo contaminar la napa freática. Por debajo de esta profundidad, el suelo es generalmente estéril. Una idea del peligro que representa un mal manejo de las deyecciones, por su volumen, la da el siguiente cuadro:

Tabla 6-2.- Producción aproximada anual de deyecciones líquidas y sólidas

Especie	Deyecciones anuales, kg	
	Sólidas	Líquidas
Vacunos jóvenes	3600 - 4500	1800
Vacunos de 500 kg	5800	2600
Vacas lecheras	9100	5500
Equinos de 500 kg	6200	1600
Equinos de 700 kg	9100	2700
Porcinos de 40 kg	360	250
Cerdos 80 - 90 kg	900	700
Corderos de 25 - 30 kg	200	200
Ovejas de 40 kg	400	300
Ovejas de 60 kg	600	400
Gallinas	60	---
Patos	85	---

Los procesos de descomposición de la materia orgánica determinan la formación de amoníaco, presente en las aguas como ion amonio, que por oxidaciones sucesivas se transforma en nitrito y finalmente en nitrato.

Las napas o los pozos poco profundos con infiltraciones de terrenos muy fértiles, pueden contener hasta 3 g/l de nitratos. El agua de limpieza de los tambos y feedlot, y los charcos y lagunas, especialmente si están en lugares de concentración de animales, como ser aguadas o corrales, pueden disolver el amoníaco de los emuntorios y llegar a tener hasta 10 g/l de nitratos y ser arrastradas hasta la napa, contaminándola con nitratos hasta concentraciones peligrosas.

Este problema de las napas aumenta en épocas lluviosas y disminuye hasta casi desaparecer en épocas secas. Por lo tanto, cuando se hacen análisis buscando nitratos en aguas de napas deben efectuarse 2-3 veces por año o más. Las napas también pueden contaminarse a través del caño camisa de la perforación o por un encamisado deficiente.

En caso de que se determine la presencia de cualquiera de estos iones en el agua de bebida, debe efectuarse un análisis bacteriológico ante la posibilidad de la existencia de gérmenes patógenos. Estos iones son una fuente de nitrógeno para las bacterias, permitiendo su proliferación.

Los nitratos por sí son poco tóxicos y su efecto deriva de la acción cáustica en grandes cantidades sobre la mucosa digestiva, que lleva a una gastroenteritis, pero su importancia como causa de intoxicaciones estriba en que pueden, en ciertas circunstancias, reducirse a nitritos en cantidades suficientes como para intoxicar al animal. Esta reducción puede darse en el agua misma, en los alimentos o en el tracto digestivo.

Inversamente al proceso de oxidación de la materia orgánica, en el organismo animal se producen sucesivas reducciones: de nitratos a nitritos y de éstos a amoníaco. Por encima de una determinada concentración de

nitratos, la velocidad de reducción de los nitritos a amoníaco tiene un límite y en consecuencia se acumulan nitritos.

Los nitritos asimilados se combinan con la hemoglobina de la sangre produciéndose metahemoglobina, incapaz de actuar como portadora de oxígeno, lo que trae como consecuencia anoxia. Los síntomas tóxicos se observan cuando aproximadamente el 30 % de la hemoglobina se transforma en metahemoglobina, acentuándose hasta que se llega a un 80-90 % de metahemoglobina. Los nitritos también son vasodilatadores, agravándose en consecuencia la anoxia tisular debido a una circulación periférica deficiente.

Si los nitritos se ingieren preformados, sus efectos son muy rápidos; en cambio, si provienen de la reducción de nitratos en el rumen, pueden pasar algunas horas antes que se evidencien los síntomas clínicos. En el bovino se llega al nivel máximo de metahemoglobinemia unas cinco horas después de la ingestión de nitratos. Esto nos indica que el peligro de la intoxicación por nitratos es menor si los mismos no se reducen en el rumen o si se da una reducción rápida y completa hacia amoníaco. Por lo tanto, la cantidad de metahemoglobina formada a partir de una misma dosis de nitratos puede variar entre límites bastante amplios.

Los animales intoxicados presentan diarreas, salivación, cólicos, disnea, respiración rápida y anhelante, temblores, marcha vacilante y posterior decúbito, cianosis, palidez de las mucosas, pulso rápido filiforme y la temperatura puede ser normal o subnormal. En los casos de envenenamiento muy agudo, pueden no aparecer los síntomas clínicos y presentarse directamente la muerte.

Los niveles tóxicos son difíciles de determinar. Hay una gran variabilidad en la susceptibilidad de un animal a otro, y por otra parte, la reducción de nitratos a nitritos en el rumen se da en magnitudes variables.

Los animales recién llegados a una aguada donde existen nitratos son más susceptibles por una falta de adaptación de la flora ruminal. Las vacas preñadas que subsisten ingiriendo aguas con nitratos suelen presentar abortos, incluso en forma epizoótica. Los vacunos que ingieren nitratos en exceso, necesitan más vitamina A, posiblemente debido a que este anión perturba la transformación de caroteno pudiendo producir avitaminosis A. A su vez, la ingestión de cantidades de nitratos que generalmente no traen problemas pueden acarrearlos si hay avitaminosis A preexistente.

Si bien la acción tóxica aguda es muy conocida, la ingestión crónica de nitratos a niveles inferiores a los de intoxicación aguda presenta mayores dificultades diagnósticas ya que los síntomas no son espectaculares ni tampoco patognomónicos. La formación de metahemoglobina no sobrepasa el 10 %, por lo que la sintomatología suele pasar inadvertida por su escasa gravedad. La forma crónica trae aparejada anorexia, aumento en la micción, abortos, disminución de la producción láctea, esterilidad, laminitis y desmejora el estado general del animal. Se debe prestar atención a aquellos rodeos con decrementos en la producción de leche y cuadros abortivos o estériles inexplicables. Todo este mosaico sintomatológico aparece cuando un bovino adulto ingiere unos 30 gramos de nitritos por día, ya sea que provengan del agua de bebida y/o de las pasturas. Si los nitritos provinieran solamente del agua de bebida, la intoxicación crónica se produciría con un contenido en la misma de unos 0,6 g/l.

Tabla 6-3.- Concentración de nitratos en agua y su efectos (NRC, 1974)

Nitratos en ppm o mg/l	Efecto
0 - 44	Sin efectos
45 - 132	Seguro si la ración tiene bajo contenido en nitratos
133 - 220	Puede ser perjudicial si se consume durante un largo período de tiempo
221 - 660	Alto riesgo, pueden ocurrir bajas
661 - 800	Alta probabilidad de bajas
> 800	No usar

Puede ser un riesgo preparar sustitutos lácteos en los tambos con agua que contenga nitratos (Lagger y col., 2000).

El ayuno aumenta la susceptibilidad a la intoxicación por nitratos y nitritos, posiblemente porque se reduce la capacidad del rumen para destoxificar nitratos cuando la alimentación es deficiente. Bovinos alimentados con una ración adecuada toleran sin efectos perjudiciales cantidades de nitratos o nitritos que determinarían

una transformación de hemoglobina en metahemoglobina del 50 %. Por lo tanto, los bovinos que consumen agua con posibilidades de contener nitratos o nitritos deben recibir cantidades adecuadas de hidratos de carbono en su dieta.

El problema de nitratos o nitritos en el agua se agrava si en un determinado momento existen en la pastura plantas tóxicas o pasturas circunstancialmente tóxicas que los contengan.

Herrero y col. (2000) observaron, en un trabajo realizado en el noreste de la provincia de Buenos Aires, altos valores de contaminación en un elevado porcentaje de muestras, determinando la falta de aptitud tanto para uso animal como humano en numerosos pozos, especialmente en áreas con mayor subdivisión de la tierra. Destacan los altos contenidos de nitratos hallados en el agua subterránea de la región, cuyo principal uso es el ganadero. En estos casos es necesario controlar aquellas fuentes de agua que serán utilizadas para el consumo de animales jóvenes, principalmente en guacheras, como así el balance energético en los animales con alta exigencia productiva. En la evaluación de los factores de riesgo observaron la presencia de diversas causas (pozos sépticos, corrales de animales y lotes fertilizados) incidiendo en forma diferente en cada caso particular. En estos casos consideran fundamental el número y características de las fuentes de contaminación, especialmente cuando se realiza un uso compartido de las fuentes de agua entre humanos y animales.

En resumen, el problema es muy variable como para poder dar cifras exactas. Se considera que aguas con nitratos en concentraciones de 1 a 3 g/l son potencialmente tóxicas, pero en animales con deficiencias energéticas en la alimentación, 200 mg/l ya pueden producir intoxicación. Las aguas con nitritos en concentraciones de 10 mg/l pueden ocasionar problemas.

Nitratos y nitritos en el ser humano

Precaución en las aguadas donde el hombre comparte dicha agua, ya que los nitratos y nitritos son también peligrosos para el ser humano, muy especialmente en los niños, en los que produce el llamado "síndrome del bebé azul" (anoxia anémica). Aunque esta enfermedad puede ocurrir en cualquier edad, el agua contaminada con nitratos afecta principalmente a niños menores de seis meses.

Los bebés tienen más riesgos de adquirir metahemoglobinemia que los niños mayores y los adultos porque tienen una acidez estomacal más baja, lo que permite el crecimiento de ciertos tipos de bacterias en el estómago y los intestinos. Si se alimenta a un niño con leche en polvo preparada con agua contaminada con nitratos, estas bacterias pueden convertir los nitratos en nitritos.

SULFUROS Y GAS SULFHÍDRICO

El azufre ($S^{=}$) se hidroliza con facilidad a sulfuro (SH^{-}) y sulfhídrico (SH_2). Su concentración en el agua generalmente está muy por debajo de 1 mg/l, aunque en aguas de medios muy reductores, con reducción de sulfatos, se puede llegar a veces hasta 100 ppm.

Su presencia en el agua de bebida es el resultado de la acción bacteriana sobre sulfatos y materia orgánica en condiciones de anaerobiosis. Por lo tanto, su existencia hace sospechar que el agua ha estado en contacto con materias en putrefacción, lo que hace indispensable realizar un análisis bacteriológico de la misma.

En el caso de aguas almacenadas, suelen presentarse en las profundidades de tajamares, represas y tanques profundos con materia orgánica depositada. En las aguas provenientes de napas subterráneas su existencia se puede deber a contaminación por las mismas causas.

La presencia de sulfuros está caracterizada por el olor y sabor desagradables que confieren al agua. El sulfuro de hidrógeno es el que más comúnmente se encuentra, presentando alta toxicidad. Este mismo gas puede formarse en el intestino a partir de azufre, o en el rumen por reducción de sulfatos. En este último caso, no hay evidencias de que se produzca en cantidades suficientes para ser tóxico.

El sulfuro de hidrógeno produce parálisis del sistema respiratorio al inhibir las enzimas relacionadas con la respiración celular. Los síntomas de intoxicación son disnea, cianosis, apatía, disminución de la actividad refleja y convulsiones. Cantidades mínimas pueden llevar a la muerte.

FOSFATOS

La palabra fósforo viene del griego (*phos*: luz, *phero*: llevo; llevar luz) lo que es debido a que algunos compuestos del fósforo presentan el fenómeno de la luminiscencia. Las "luces malas" que suelen verse en nuestros campos, son debidas a los viejos huesos enterrados, tanto de animales como de hombres (Mufarrege, 2004).

La mayoría de las sales del fósforo son muy poco solubles. Se hidrolizan con facilidad. En general su concentración es menor a 1 mg/l, pudiendo llegar a 10 mg/l y excepcionalmente a 50 mg/l. En las concentraciones usuales bajas no origina problemas, por lo que no es frecuente determinarlo en los análisis.

Su presencia en concentraciones más altas que las usuales en aguas naturales indica, en casi todos los casos, una contaminación de las mismas con materia orgánica, materias fosforadas en putrefacción, fertilizantes, aguas tratadas y/o aguas sobrantes de uso agrícola.

En caso de detectar su presencia, está indicado un análisis bacteriológico. Se la puede tratar con cloro como desinfectante.

BROMUROS

El comportamiento del bromo es similar al ión cloro. En aguas dulces su concentración en general es menor a 0,01 mg/l. En las concentraciones usuales no ocasiona ningún problema.

Los bromuros suelen presentarse en aguas subterráneas próximas al mar, el que tiene una concentración de 65 mg/l. Su presencia, en estos casos, indica contaminación de la napa con agua de mar.

Rara vez es necesario realizar su análisis en el agua de bebida.

YODUROS

El iodo está presente en la mayoría de las células del cuerpo. La glándula tiroides lo requiere para la síntesis de la hormona tiroidea. El 70-80 % del yodo ingerido se absorbe en el rumen y hay una resecreción considerable en el abomaso, que es nuevamente absorbido en el intestino delgado y grueso. El yodo absorbido es capturado por la glándula tiroides o excretado por orina. En las vacas en lactación, se secreta por leche aproximadamente el 8 % del yodo dietético.

La carencia de iodo produce retardo del crecimiento, supresión, depresión o irregularidad del estro, disminución de la libido, deterioro de la calidad del semen, reabsorción embrionaria, abortos, fetos muertos al nacer, gestación y partos prolongados, placentas retenidas, nacimiento de terneros muertos, débiles, con bocio o alopécicos, presentando en animales jóvenes a menudo caída del pelo y síntomas de bocio.

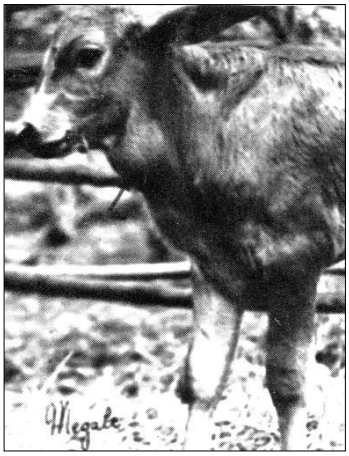


Figura 6-11.- Bocio en ternera (F. Megale, Univ. Fed. Minas Gerais, Brasil)

El bocio o "coto" en algunas zonas del país, es el signo clínico más frecuentemente observado, sin alteraciones anatómicas en otros órganos. Por lo tanto, desde el punto de vista clínico, el diagnóstico de una deficiencia de iodo se basa en la presentación de una deformación en el cuello, blanda al tacto, generalmente bilateral, producida por la hipertrofia de los lóbulos de la tiroides. Estos signos se observan más frecuentemente en terneros, novillitos y vaquillonas que en animales adultos, porque los animales con esta sintomatología son refugados.

Los yoduros sólo se encuentran en cantidades mínimas y en casos aislados en aguas subterráneas, por contaminaciones, especialmente de agua de mar.

García Torregrosa (1991), en Salta, en equinos de un establecimiento donde se habían presentado abortos y casos clínicos de bocio en yeguas y en sus potrillos, encontraron que los resultados de los análisis en leche y sangre confirmaban la deficiencia de yodo diagnosticada clínicamente, coincidiendo la variación estacional con observaciones realizadas en otros países.

Pechín (1994) informa la carencia de iodo en el oeste de La Pampa en caprinos.

Coppo y col. (1992) en su revisión sobre análisis efectuados en el NEA, indican que varias comunicaciones alertaron sobre las posibilidades de que los bovinos de la zona estén padeciendo carencias subclínicas de iodo en Corrientes, Formosa y Chaco. Su grupo de trabajo las constató en el norte de Formosa (departamentos Pilcomayo y Laishí), ocasión en que el bocio afectó tanto a ganado adulto como terneros, con severa disminución de la T_4.

La especie más susceptible parece ser el caprino, habiéndose reportado en ellos trastornos clínicos en las provincias de Chaco, Formosa y Santiago del Estero. La deficiencia fue detectada también en ovinos de Uruguay.

En el este de las provincias de Chaco y Formosa se ha visto deficiencia de iodo con bocio en terneros y cabritos (Balbuena, 2003).

Sager (1994) informa carencia de yodo en el noreste y centro este de San Luís en caprinos.

Las carencias de yodo en nuestro país no son de difusión homogénea, sino focalizadas, estando bien diferenciadas las zonas bociógenas de las no bociógenas por las variaciones significativas del yodo en suelo, agua y pasturas.

CINC

Aunque es muy rara su presencia en aguas de bebida, puede aparecer debido a la solubilización de dicho elemento contenido en los suelos y minerales, o proveniente del galvanizado de caños e instalaciones.

Al igual que para el resto de los metales pesados, la toxicidad del zinc está influenciada por factores tales como concentraciones de calcio y magnesio, dureza, temperatura y pH. Así, la toxicidad aguda del zinc es más baja en aguas con alta dureza y bajo pH (Alsop y col., 1999; Holcombe y Andrew, 1978; Mount, 1966)

El cinc puede desprenderse de las superficies metálicas como resultado de la electrólisis, como ocurre al unir cañerías de hierro galvanizado y de cobre.

En las concentraciones normalmente encontradas, no produce efectos tóxicos, pero comunica al agua un sabor desagradable, acompañado de una leve opalescencia cuando la concentración supera los 5 mg/l.

A concentraciones de 6-8 mg/l produce en el bovino una constipación crónica, acompañada de disminución de la producción láctea en vacas lactantes. Los animales jóvenes son más susceptibles que los adultos. El estreñimiento crónico de un rodeo, por ser un fenómeno colectivo poco frecuente, llevaría a sospechar una intoxicación por cinc.

La administración experimental de grandes cantidades de sales de cinc produjo diarreas, disentería, debilidad de los cuartos traseros y muerte.

No existen tratamientos específicos, de manera que las medidas a tomar se reducen a la eliminación de la fuente de intoxicación y proporcionar medicación sintomática.

Cinc en el ser humano

En virtud del relativamente alto umbral de toxicidad por la ingesta diaria tolerable del zinc y de la escasa significación de la contribución a ésta por parte del agua, no aparece como necesario el establecimiento de un nivel guía de calidad para el agua de consumo humano desde un punto de vista sanitario. Tal enfoque es sostenido por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1995).

PLOMO

Por sus características de toxicidad y acumulación en el organismo, no es aconsejable el uso de aguas que lo contengan, aún en pequeñas cantidades, ya que el bovino es particularmente sensible al plomo.

La exposición crónica al plomo resulta en la inhibición de la síntesis del grupo hemo, y un retardo en la maduración de los eritrocitos, generando, entre otros efectos, una importante anemia. En cuanto a las bases moleculares del efecto neurotóxico provocado por el plomo, se relacionan con la interferencia de algunos aspectos del equilibrio de cationes divalentes, sobre todo con el calcio intracelular y con el zinc.

Existen diversos factores que afectan a la mayor o menor toxicidad del plomo en los rumiantes. Uno de los más importantes corresponde a la presentación química del metal (Blood y Radostits, 1992). Los compuestos de plomo más tóxicos incluyen los acetatos, carbonatos, y nitratos. El acetato de plomo es muy soluble, y suele ser la forma en que se expresa la toxicidad, para usarlo como referencia para los otros compuestos. Por el contrario, sulfuro y fosfato son relativamente poco solubles en el tracto gastrointestinal, por lo que son pobremente absorbidos por los animales (Casteel, 2001).

Los animales jóvenes son más sensibles que los adultos (Jurado Couto, 1989). Otro factor a considerar es la especie animal, ya que entre los rumiantes, los bovinos son más sensibles que los ovinos y caprinos (Pinault y Milhaud, 1998).

En general esta intoxicación suele desarrollarse en los rumiantes entre los meses de primavera y verano (Pouliquen, 1996).

La absorción puede tener lugar por vía dérmica, inhalatoria y digestiva. Actualmente la vía digestiva es la más importante para todos los animales en general. La absorción entérica del plomo está influenciada por factores fisiológicos (edad, dieta, gestación, estado nutricional) y variables físico-químicas tales como la forma química o el tamaño de partícula. En general, se necesita la solubilización del plomo en el tracto gastrointestinal proximal para realizar su transporte a través de la mucosa duodenal, primer lugar de absorción.

Mientras que los animales adultos absorben tan sólo el 5-10 % del total de plomo solubilizado, los animales jóvenes, con una mayor demanda de calcio, pueden llegar hasta el 30-40 %. En término medio se estima que entre el 10 y 20 % va a ser absorbido, siendo el 80-90 % restante excretado. Si además consideramos que del plomo absorbido se retendrá un 10-20 %, entonces, en conjunto, podemos considerar que sólo un 1-4 % del plomo ingerido por vía oral se mantendrá finalmente en el animal (Casteel, 2001). Underwood y Suttle (1999) confirman esto al indicar que la absorción de plomo por los animales es inferior al 1 %. Parece existir un cierto mecanismo de regulación de forma que al aumentar la exposición a fuentes de plomo, no aumenta linealmente la retención en el organismo.

En definitiva, cualquiera que sea la forma química en que se ingiera el plomo, sólo una pequeña cantidad se absorberá finalmente, ya que se forman complejos insolubles en el tracto gastrointestinal que se excretan por heces.

Exposiciones crónicas a bajos niveles de plomo no causan síntomas clínicos en vacuno, porque los huesos secuestran el plomo y lo liberan lentamente a sangre para que sea excretado (NRC, 2001).

Su presencia en aguas naturales es muy rara, y sólo la contaminación industrial, sobre todo en cursos de agua, y el empleo, poco común, de cañerías de plomo en las instalaciones de aguadas, determinará su existencia en aguas de bebida.

El plomo es notablemente soluble en agua blanda aireada (con oxígeno y dióxido de carbono libres), en especial si existen nitratos. La circulación de aguas ácidas por cañerías de plomo produce la disolución de las incrustaciones de carbonatos y permite de esta manera la acción disolvente del agua aireada directamente sobre el metal desnudo. La disolución de la capa protectora de carbonatos implica por sí solo un serio peligro de

ingestión de plomo, pues entre las sales que forman dicha capa se encuentra el carbonato básico de plomo, soluble en el ácido clorhídrico del estómago.

Aún con aguas duras, potencialmente capaces de formar capas protectoras, pueden presentarse peligros de intoxicación. Si las cañerías de plomo quedan vacías y expuestas a la acción solar, aún por períodos no muy prolongados, puede producirse el resquebrajamiento y pulverización de la capa de carbonatos que actuaba como protectora. La reanudación de la circulación del agua arrastra esa sustancia en forma de fina suspensión ocasionando trastornos por el carbonato básico de plomo que contiene.

La acción disolvente del agua sobre el plomo aumenta a medida que las concentraciones de bicarbonato de calcio y magnesio disminuyen, incrementándose esa acción por pH bajos y contenidos elevados de oxígeno y nitratos.

Las pequeñas cantidades absorbidas de esta manera, producen efectos bastante profundos. Se encuentra en los animales intoxicados anorexia, adelgazamiento progresivo, depresión, debilidad muscular y postración general. Puede haber constipación, los animales vagan, describen círculos, rechinan dientes y sufren cólicos ocasionales o contracciones convulsivas. La actividad cardiaca y respiratoria están debilitadas. Puede haber edema pectoral y de las extremidades si la alteración renal es grande.

A la necropsia, en la intoxicación crónica, se puede encontrar el hígado de color amarillento, con degeneración de los lóbulos, riñones con amplias alteraciones degenerativas y aumento del tejido conectivo fibroso. Pueden encontrarse hemorragias diseminadas en número limitado, encontrándose con mayor regularidad sobre el corazón y los riñones.

El plomo se acumula en tejidos y también se transfiere a la leche en niveles perjudiciales para el hombre, aún cuando no cause grandes trastornos en el bovino. De ahí la importancia de la no ingestión por los animales.

La sangre total es la mejor muestra para determinar la intoxicación (plumbemia).

En bovinos se acepta hasta 0,1 mg/l en el agua de bebida.

Plomo en el ser humano

Palavacini y col. (1991), encontraron que el contenido de plomo hepático en hígados sanos de bovinos provenientes de las regiones VII, XI y Metropolitana de Chile se encontraba sobre los niveles considerados como máximos permisibles, reflejando esto un ambiente inmediato altamente contaminado para los animales en estudio.

En el hombre, la absorción de plomo por vía oral es cercana al 10 % en adultos y se incrementa hasta el 50 % en niños (WHO, 1995). Los valores tolerables de ingesta diaria de plomo son de 243 µg/persona y día. Las fuentes principales de aporte son las bebidas alcohólicas, frutas y verduras. Los aportes por las carnes son relativamente moderados, un 12 %.

El plomo penetra la piel en un grado muy inferior al de otros metales pesados.

Como el plomo se acumula más en huesos que en tejidos blandos del animal, los aportes de plomo por las carnes a la dieta son muy bajos.

La Unión Europea fija los valores máximos en los alimentos de origen animal para el hombre en 0,02 mg/kg para leches (en peso fresco), 0,1 mg/kg para carnes y 0,5 mg/kg para despojos comestibles (achuras) (Reglamento CE 466/2001).

COBRE Y MOLIBDENO

Cuando el agua contiene naturalmente cobre, lo que es poco común, su concentración siempre es inferior a los 0,05 mg/l. Presencias mayores significan algún tipo de contaminación.

La presencia de molibdeno tampoco es frecuente y se explicaría por la presencia de materiales piroclásticos en los sedimentos. La media encontrada por Galindo y col. (2000) en la cuenca del Salado (pcia. de Bs.As.) es de 35,43 µg/l, cifra menor a la encontrada en otras regiones del país. Su importancia radica en que está íntimamente ligado al metabolismo del cobre y de los sulfatos. La tolerancia al molibdeno existente en pastos o raciones aumenta si hay niveles altos de cobre en la dieta. Por lo tanto, los niveles bajos de cobre

aumentan la posibilidad de intoxicación por molibdeno. Si el tenor de cobre en la dieta es muy inferior al normal, 1 ppm de molibdeno en la ración puede resultar peligroso.

El molibdeno del suelo se moviliza fácilmente con pH elevados en el mismo, siendo tomado por las plantas. Las leguminosas tienen mayor porcentaje de molibdeno que las gramíneas.

Si el agua de bebida es rica en sulfatos, se agrava el problema del molibdeno a raíz de la interferencia de los mismos sobre el cobre. Esta acción de los sulfatos se puede ejercer por dos vías:

- Directa: formación en el rumen de sulfuro de cobre insoluble a partir de los sulfatos; acción sobre el metabolismo del cobre; competencia con el cobre en el medio interno, o por una acción directa sobre las células, semejante a la que produce la carencia de cobre.
- Indirecta: el aumento de sulfatos en el agua de bebida acelera el tránsito intestinal, ejerciendo un efecto purgante, dificultando de este modo la absorción del cobre y otros elementos nutritivos.

Lo concreto es que el exceso de sulfatos en el agua mayores a 200 mg/l (Rucksan, 1985) produce carencia inducida de cobre a pesar de que su aporte en la dieta sea suficiente. En nuestro país se estima que el 90 a 95 % de los casos clínicos de hipocuprosis bovina corresponden a una carencia condicionada o secundaria debido al exceso de molibdeno y/o sulfatos en las pasturas y/o en el agua (García Calderón y col., 1994).

El molibdeno produce disturbios variables, desde un mal estado general hasta trastornos agudos. Se observa anemia, emaciación, decoloración del pelo, dolores articulares. Puede presentarse también diarrea intensa, persistente y acuosa y osteoporosis.

Durante la molibdeniosis, tanto el macho como la hembra son infértiles o subfértiles, pero en general, los trastornos surgen no por molibdeniosis sino por hipocuprosis condicionada por exceso de molibdeno en los pastos y de sulfatos en el agua de bebida, formándose en el rumen tiomolibdato, el que se combina a su vez con el cobre para formar tiomolibdato de cobre, sal muy insoluble. El tiomolibdato presente formado en exceso y que no encuentra cobre suficiente para combinarse, contribuirá a producir diarrea, limitando aún más la absorción de cobre.

La interferencia más importante del molibdeno se da en el proceso metabólico del cobre, al interferir su actividad enzimática. El molibdeno actúa sobre la sulfuro-oxidasa hepática. Esta enzima, que interviene en la oxidación de metabolitos sulfurados, ve reducida su actividad en presencia de altos tenores de molibdeno, especialmente cuando la cantidad de cobre es baja. De ello resulta la formación de sulfuro de cobre, muy insoluble y por lo tanto, poco o nada utilizable por células y tejidos.

De lo antedicho se concluye que el exceso de molibdeno en los pastos o en el agua de bebida reduce la cantidad de cobre en hígado, pero para una dosis dada de molibdeno, esta reducción es directamente proporcional al aumento de los sulfatos en la ingesta, porque sólo en presencia de sulfatos el molibdeno ejerce su acción limitativa.



Figura 6-12.- Rodeo de cría Hereford con aparición periódica de deficiencia clínica secundaria de cobre. Agua de bebida con 3 g/l de sulfato y molibdeno en las pasturas. Observar el clásico color abayado del pelaje de algunas vacas. Concarán, prov. de San Luís.

Los síntomas de deficiencia y sus posteriores consecuencias se producen a lo largo del año, pero con mayor intensidad en primavera. Los síntomas generales son pérdida de apetito (uno de los primeros síntomas) y

de estado, menor ganancia diaria de peso (debida a un menor consumo de alimento y a una menor conversión alimenticia), pica, anemia, diarrea (por menos actividad de la citocromooxidasa, que lleva a una atrofia de las vellosidades y mucosa intestinales), cuartillas rígidas, fracturas espontáneas en animales jóvenes, despigmentación del pelo por menor actividad de la enzima tirosinasa y falta de melanina (acromotriquia, arratonamiento), comenzando alrededor de los ojos (anteojeras), pelaje áspero, estro débil, demorado o suprimido y muerte súbita. Algunos animales llegan a presentar graves signos clínicos antes de que la acromotriquia se haga evidente.

La edad de los animales atacados fluctúa desde los dos o tres meses hasta los tres años principalmente. En terneros es más común y visible la deformación articular ("rodillas hinchadas") y el envaramiento de los miembros posteriores. En vaquillonas de 2-3 años de edad, además de claudicaciones ("manqueras" y "rengueras") se observan casos de fracturas de húmero o huesos de miembros posteriores. Las claudicaciones pueden evolucionar, si no se cambia de potrero o se medica, hasta producir fracturas espontáneas. Cualquiera sea el grado de la lesión, se produce un grave deterioro económico por el atraso en la crianza y los descartes y muertes.

La deficiencia de cobre puede cursar en forma subclínica, por lo que muchas veces pasa inadvertida, pero produciendo pérdidas económicas por disminución de los aumentos de peso, especialmente en animales jóvenes (Suttle y col., 1980). Es decir, las consecuencias de la hipocuprosis comienzan antes de hacerse clínicamente evidente la carencia.

El mejor modo de tratar la molibdeniosis y la acción de los sulfatos sobre el cobre, es aumentar la cantidad de cobre disponible por los animales, ya sea por vía bucal o parenteral. De este modo, se producen aumentos en la cupremia y en la ganancia de peso. Da buenos resultados la inyección de 200 mg de cobre elemental como dosis de ataque, seguida con suplementación permanente con cobre por vía bucal. Es conveniente, al realizar esto, efectuar un control de los resultados mediante la observación clínica, pesadas de los animales y análisis de cobre en sangre. Esto permitirá establecer las dosis óptimas para cada establecimiento, aguada o potrero, y efectuar un estudio económico de la suplementación. Por la vía bucal se agrega a la suplementación dietética mineral 1,5-2 % de sulfato de cobre y 0,1 % de sulfato de cobalto.

A largo plazo, sería interesante estudiar la adopción de técnicas de manejo de suelo que lleven a un cambio en la composición de los mismos y de las pasturas. Asimismo, el mejoramiento de las aguas de bebida, mediante distintos métodos, es un factor esencial para la solución de estos problemas. Mientras tanto, si hay una aguada en la que se produce deficiencia de cobre en los animales, se deberá rotar a los mismos de aguada como mínimo cada tres meses.

Los casos de intoxicación por cobre en el agua de bebida, se deben exclusivamente a la contaminación de las mismas. Esto puede ocurrir cuando se emplean sales de cobre como molusquicida, como por ejemplo, contra el caracol *Limnaea viatrix*, intermediario de la *Fasciola hepatica*, o como anticriptogámico (algas, hongos, líquenes, musgos). El sulfato de cobre no destruye ni elimina la materia orgánica, sino que mata las algas actuando sobre las paredes celulares e impidiendo la llegada de oxígeno al protoplasma. Los peces son sensibles a este ión, especialmente la trucha. En ocasiones su muerte no es debida a la acción directa del ión cobre, sino a la desoxigenación producida por éste en el agua.

La intoxicación en el vacuno puede ser aguda o crónica. La primera se produce por ingestión de cantidades masivas de sales de cobre y ocurre raramente. La intoxicación crónica es más probable, y se produce cuando el agua de bebida lleva a que el bovino consuma una dosis diaria de 3 mg/kg de peso vivo. Esta dosis está desde ya influida por existencia de sulfato o molibdeno en la ingesta.

La ingestión diaria de pequeñas cantidades de sales de cobre no causa efectos nocivos mientras el cobre es acumulado en el hígado, pero una vez saturado el mismo, el cobre pasa a sangre y sobreviene la muerte por hemólisis aguda. Es decir, que en realidad no habría una intoxicación crónica, ya que hasta que el hígado llega a su máxima concentración de cobre no se notan síntomas, sino que se desencadena bruscamente y el animal muere generalmente en unas 48 horas.

Una vez diagnosticada la intoxicación por cobre, el tratamiento preventivo consiste en el suministro de molibdeno y sulfatos, y la eliminación de la fuente de contaminación del agua.

Concentraciones muy bajas de cobre, como ser 0,1 mg/l, pueden causar un sabor a óxido en la leche.

SILICIO

El silicio, cuya combinación más simple es la sílice (SiO_2), proviene generalmente del feldespato, ferromagnesio y minerales arcillosos. Se encuentra en todas las aguas superficiales o subterráneas, la mayoría de las veces como SiO_4H_2, en parte disuelto y en parte coloidal, y sólo una pequeña parte ionizada ($SiO_4H_3^-$) a pH normales. Los silicatos solubles en el agua son los de sodio y potasio.

Está presente en la estructura de las plantas y en muchos casos en las aguas de bebida. En las zonas de fuertes vientos la sílice y los silicatos son depositados por los mismos sobre las plantas y en el agua. Por lo tanto, el silicio es muy consumido por los bovinos.

Generalmente en la mayoría de las aguas naturales se halla en baja cantidad, en concentraciones de hasta alrededor de 60 mg/l, aunque en algunos casos puede superar ampliamente esta concentración, llegando a 100 mg/l o más, especialmente en aguas bicarbonatadas sódicas. En aguas muy básicas puede llegar a los 1.000 mg/l.

Es una sustancia que tiende a formar depósitos duros y tenaces como silicato de calcio y silicatos dobles, incrustándose en las instalaciones de las aguadas.

En la toma de muestras es necesario evitar cambios de pH importantes y utilizar botellas de plástico o vidrio Pirex. Los vidrios normales pueden aportar sílice soluble si no se los mantiene antes de la toma de muestra un par de días con agua destilada.

Su depósito en el organismo es escaso, absorbiéndose y excretándose con gran rapidez. En el agua de bebida no se le conocen efectos sobre el bovino y se estima que a las dosis normales existentes en las aguas subterráneas no tiene efectos nocivos, por lo que su determinación analítica a veces no se realiza, estando en el agua como silicio en suspensión o en forma de silicatos.

Contribuye a aumentar el residuo seco a 105° C, por lo que si hay silicio en cantidad en el agua de bebida, la hacienda toleraría un residuo seco a 105° C mayor. Por ello, en el caso de aguas de alta salinidad conviene determinarlo, ya que su presencia en cantidades elevadas nos determinaría un agua mejor que la indicada por el residuo seco a 105° C.

Los problemas que puede ocasionar no son debidos a su deficiencia sino a su exceso. Podría afectar la digestibilidad de las pasturas y/o bajar la disponibilidad de algunos microelementos para las bacterias ruminales. Los cálculos urinarios pueden estar asociados a altos consumos de silicio.

La sílice y los silicatos pueden producir desgaste dentario por abrasión al estar sobre el forraje, reduciendo la vida útil de las vacas de cría, especialmente en zonas arenosas en años de sequía y vientos, lo que aumenta la tasa de reposición.

HIERRO

El hierro es un componente de la hemoglobina, mioglobina y varias citocromo e hierrosulfuroproteínas, por lo que está involucrado en el transporte del oxígeno celular y en la respiración celular. Varias enzimas contienen o son activadas por el hierro. Más del 50 % del hierro del cuerpo está en la hemoglobina.

El exceso de hierro causa diarrea, acidosis metabólica, hipotermia, consumo de alimento y ganancias de peso reducidas.

Gran parte de la variación en el contenido de hierro del forraje se debe a su contaminación con tierra. El agua y la ingestión de tierra también pueden ser fuentes significativas de aporte de hierro.

Este elemento y sus compuestos encontrados en las aguas provienen de la disolución de sales solubles contenidas en suelos y rocas, tales como los minerales de silicato de las rocas ígneas y los piroxenos, anfiboles y algunas micas. También se encuentra en forma de diversos óxidos, tales como la magnetita (Fe_3O_4), hematita y limonita. Los minerales carbonatados y sulfurados también son fuentes importantes de hierro, entre los que figuran la pirita (FeS_2) y la siderita.

En las aguas subterráneas, la disolución de los minerales ferríferos se atribuye a la acción del dióxido de carbono. La disolución de estos minerales puede tener lugar en condiciones anaerobias y en presencia de

agentes reductores (sustancias orgánicas, sulfuro de hidrógeno) capaces de reducir los óxidos superiores de hierro al estado ferroso.

Las concentraciones de hierro disuelto en las aguas naturales suele estar limitada por la solubilidad de sus carbonatos (siderita). Por lo tanto, las aguas que tienen una alcalinidad elevada suelen tener concentraciones bajas de hierro.

En aguas aireadas generalmente se encuentra en concentraciones menores a 0,5 mg/l. En condiciones naturales en aguas subterráneas está en solución en niveles inferiores a 20-30 mg/l, raramente pueden tener 50 mg/l, como bicarbonato ferroso, que con la aireación pasa a hidróxido férrico soluble. Concentraciones mayores a 0,10 mg/l precipitan luego de exponer el agua al aire.

También puede aparecer en aquellas aguas con materia orgánica en estado coloidal.

La disponibilidad de algunos minerales, como el Fe, es mayor en el agua que en los alimentos.

Los mayores valores de Fe en pastizales se encuentran en la provincia del Chaco, con un promedio de 1100 ppm y muestras con 2600 ppm, ó sea 2,6 g de Fe/kg MS. En esa zona las aguas de pozo son herrumbrosas debidas al oxido de hierro que contienen, indicando que la posibilidad de una deficiencia de cobre debida al hierro en este lugar es muy alta (Mufarrege, 2003).

En áreas donde los forrajes o el agua tienen contenidos altos de hierro, es necesario suplementar con cobre para prevenir su deficiencia.

Las aguas ferruginosas, al exponerse al aire, adquieren color, turbidez, manchan las instalaciones y forman sedimentos, ya que el hierro rápidamente puede oxidarse y formar partículas de herrumbre que precipitan y se asientan en la parte inferior de los tanques, favoreciendo el desarrollo de las algas. En estos casos, pueden llegar a producirse obstrucciones de caños, filtros y exclusas y olores y sabores extraños en el agua.

Concentraciones superiores a 0.3 mg/l pueden reducir la ingesta de agua y por lo tanto, la producción de las vacas lecheras. Concentraciones reducidas como ser 0.1 mg/l pueden causar sabores a óxido en la leche.

Debido a la alta concentración de hierro en los pastos y a la contaminación de la dieta por el suelo, la deficiencia de hierro en animales a pastoreo es un caso muy poco frecuente, excepto cuando existen grandes pérdidas de sangre ó elevadas infestaciones de parásitos internos y/o externos.

MANGANESO

El manganeso es necesario en el metabolismo de los carbohidratos y en la reproducción.

Se encuentra en mayores proporciones en las rocas metamórficas y sedimentarias, mientras que en las de tipo ígneo su presencia tiene poca importancia. Los óxidos de manganeso, tales como la manganita, pirolusita y hausmanita se acumulan en los suelos a medida que los constituyentes más solubles se separan por lixiviación de las rocas expuestas a la intemperie. La rodocrosita es especialmente importante para el equilibrio del manganeso en las aguas naturales, mientras que la alabandita parece tener menor importancia.

Como en el caso del hierro, en las aguas subterráneas la disolución de los minerales manganíferos se debe a la acción del dióxido de carbono y las aguas de alcalinidad elevada tienen menor tenor de manganeso.

Es un elemento poco frecuente en las aguas naturales, pero que puede ser hallado más comúnmente en las de origen subterráneo. Este elemento se solubiliza como bicarbonato manganoso, y en oportunidades como nitrato, cloruro o sulfato. Su concentración en general en las aguas superficiales está por debajo de los 0,2 mg/l y rara vez por encima de 1 mg/l, ya que precipita por oxidación, pero en las subterráneas puede estar en concentraciones de 10 a 150 mg/l. Es más abundante en aguas ácidas.

Las aguas que lo contienen, incoloras, al contacto con el aire se enturbian, y el manganeso oxidado forma depósitos oscuros y tenaces. Puede favorecer el crecimiento de algunas bacterias. Al igual que el hierro, las aguas con un contenido apreciable de manganeso adquieren sabores desagradables e intensos.

Es indicador de contaminación industrial. Su determinación se efectúa solo cuando se sospecha su existencia.

BORO

En general su concentración en el agua subterránea es de menos de 0,1 mg/l, pero a veces puede llegar a 10 mg/l y excepcionalmente a 30 mg/l. El agua de mar contiene 4,6 mg/l de boro. Su concentración puede ser elevada en aguas antiguas y en termales. En algunas regiones puede aparecer naturalmente en el agua (sudoeste de EE.UU.).

Este elemento no es considerado como tóxico, pero suele fijarse como límite máximo en el agua de bebida 20 mg/l. Su determinación se efectúa raramente.

SELENIO

Es un nutriente esencial para los animales, actuando en el crecimiento, reproducción, prevención de enfermedades e integridad de los tejidos, siendo además un agente desintoxicante de algunos metales pesados, como el cadmio, mercurio (Parzek y col., 1973), talio y el herbicida paraquat, ya que tiende a acomplejarse con los metales pesados.

Es natural su existencia en el agua de pozos en algunas regiones, como ser las grandes praderas de EE.UU. Generalmente se encuentra como anión SeO_{3-2} o SeO_{4-2}. Su presencia en las aguas subterráneas se debe a que forma parte del vidrio volcánico presente en distintas zonas.

Produce problemas por carencia y por exceso.

Las carencias de selenio en nuestro país, según se desprende de las investigaciones realizadas hasta el momento, no son homogéneas en su distribución, sino focalizadas.

Ruksan (1994) llega a las siguientes conclusiones:

- La deficiencia de selenio en bovinos existe en el país y abarca una amplia zona ganadera desde Chaco hasta la cuenca del Salado en la provincia de Buenos Aires.
- En la mayoría de los casos, aunque no siempre, se presenta junto con la deficiencia de cobre.
- Afecta a bovinos, ovinos, equinos y llamas.
- En los bovinos se ha encontrado enfermedad del músculo blanco, muerte perinatal, abortos, repetición de celos.
- Afecta más a vaquillonas Holando que a las Angus o cruza cebú cuando pastorean en un mismo campo.
- La carencia no sufre variaciones significativas a través del año para cada zona.

Hay descripciones de la toxicidad aguda y crónica del selenio en la Argentina (Lemley, 1943; Ammerman y col., 1978). La intoxicación con selenio puede ocurrir por suplementación mineral excesiva del mismo o por consumo de plantas naturalmente altas en selenio o por exceso en el agua de bebida.

La presencia de arsénico en aguas de bebida acentúa la toxicidad del selenio (Catalán Lafuente, 1981).

El exceso de selenio en forma crónica (enfermedad alcalina o alkali disease) produce pérdida de apetito y de pelos largos en la región de la cola, deformación de pezuñas, resquebrajadas, alargadas, que pueden llegar a desprenderse, dolor, cojera, emaciación. Hay atrofia del músculo cardíaco, cirrosis, nefritis y anemia microcítica e hipocrómica de gravedad progresiva. La muerte suele ser consecuencia de la inanición y sed, ya que además de pérdida de apetito, el animal no puede trasladarse. En la intoxicación aguda (ceguera tambaleante, vértigo ciego o blind stagger), la muerte suele ser debida a paro respiratorio. El selenio atraviesa la placenta y las mamas, naciendo terneros con deformaciones típicas en pezuñas.

VANADIO

Es un elemento químico que se encuentra frecuentemente en los suelos en concentraciones variables entre 2 y 160 mg/100 g de muestra

Pequeñas cantidades de vanadio que provienen de la disolución de los sales que contienen este elemento están presentes en muchas aguas freáticas o semisurgentes, con mayor frecuencia en las primeras, acompaña-

do en muchos casos de arsénico y/o flúor. Esto es característico de grandes zonas del país, como ser las provincias de Santa Fe (oeste), Córdoba, Buenos Aires, La Pampa y sur de Santiago del Estero y San Luís. Las concentraciones de su contenido son variables, pudiendo llegar hasta los 10 mg/l. No se lo ha encontrado en las aguas superficiales.

Para una misma zona de aguas con vanadio, a mayor alcalinidad mayor concentración de vanadio. Por el contrario, en aguas poco alcalinas la concentración de vanadio disminuye hasta desaparecer. Tampoco contienen vanadio las aguas fundamentalmente bicarbonatadas cálcicas o magnésicas.

Desde Ceres (Pcia. de Santa Fe) hasta el sur de la prov. de Buenos Aires se encuentran aguas de primera napa con concentraciones variables de 0,3 a 0,5 mg/l de vanadio, aumentando intensamente su contenido hacia la provincia de La Pampa y límites sur de Córdoba y San Luís.

Si bien aún no ha sido demostrada completamente su importancia en la nutrición, se tienen indicios de su necesidad en ciertas funciones biológicas, como ser la preservación del esmalte dentario, la calcificación ósea y la inhibición de la síntesis del colesterol. Se acepta hasta 0,1 mg/l.

LITIO

En general, el litio es un constituyente secundario de los minerales. Sus sales son muy solubles, siendo poco retenido por el terreno. Son poco comunes las aguas naturales que contienen litio, debido principalmente a la escasa distribución de este elemento en la naturaleza. La concentración puede estar entre 0,001 y 0,5 mg/l, llegando a veces hasta 1 mg/l y en algunas salmueras hasta 10 mg/l.

En las bajas concentraciones usuales no es nocivo y su determinación se realiza muy pocas veces.

ESTRONCIO

Son raras las aguas naturales que contienen estroncio, estando su concentración en general entre 0,01 y 1 mg/l. A veces puede llegar a 20 mg/l. El agua marina tiene 13 mg/l y algunas salmueras pueden llegara tener, extraordinariamente, 1 g/l. Su determinación no se realiza habitualmente.

En las bajas concentraciones normales no es nocivo, pero la tendencia que tiene el estroncio de acumularse en los huesos de los animales obligó a prestar mayor atención a su determinación, sobre todo cuando se sospecha la presencia de estroncio de origen radiactivo.

ALUMINIO

Este elemento es el tercero en abundancia sobre la corteza terrestre, encontrándose en los minerales, rocas y arcilla. Esta amplia distribución hace que esté presente en gran parte de las aguas naturales bajo la forma de sales solubles, coloides o componentes insolubles, generalmente en concentraciones mínimas y no tóxicas de entre 0,005 y 0,3 mg/l, pudiendo llegar extraordinariamente a 100 mg/l en aguas muy ácidas.

Su absorción es muy baja y se elimina por riñón, de forma que la acumulación en tejidos animales es muy reducida y no representa un claro riesgo para la salud tanto animal como humana. El riesgo podría ser más elevado cuando se emplea sulfato de aluminio como floculante.

Se acepta hasta un tenor de 5 mg/l. Raramente se determina.

MERCURIO

El mercurio es un metal pesado que puede trasladarse grandes distancias una vez emitido a la atmósfera, que no desaparece del ambiente, permanece donde se deposita, y que al asentarse en medios acuáticos se

transforma en una potente neurotoxina que se asienta en peces y otros animales, y luego en los humanos al pasar estos animales a formar parte de su dieta.

Su presencia puede deberse a las arcillas y minerales piroclásticos o a contaminaciones. Generalmente, la concentración de mercurio en aguas de bebida es baja debido a su tendencia a ser absorbido en el sedimento, pero la metilación biológica realizada por las bacterias lo remueve lentamente de los mismos, liberándolo en forma de metilmercurio (CH_3Hg^+), el cual es 100 veces más peligroso que las formas inorgánicas porque es casi completamente absorbido a través del agua de bebida por los animales, y entra a un amplio número de tejidos con un efecto específico sobre el sistema nervioso central, siendo mas tóxico tanto para el animal como para el hombre que consuma su carne.

Las harinas de pescado son una vía probable de entrada de mercurio en la cadena alimenticia a través de los animales terrestres al ser una fuente de mercurio orgánico que se absorbe y acumula en músculo en porcentajes elevados (Underwood y Suttle, 1999). Por esta razón es importante asegurar que las harinas de pescado que se utilizan en alimentación animal cumplen con los máximos legales.

En bovinos, la causa más común de envenenamiento mercurial fue la ingesta de semillas tratadas con fungicidas mercuriales orgánicos. Debido a que el uso de estos compuestos se ha interrumpido, la intoxicación por esta causa en bovinos es extraña actualmente.

Mercurio en el ser humano

El mercurio metálico incorporado en ungüentos penetra a través de la piel intacta por los folículos pilosos y las glándulas sebáceas.

La Unión Europea fija los valores máximos en los alimentos de origen animal para el hombre para mercurio solo en pescado (Reglamento CE 466/2001).

CADMIO

El cadmio se deposita preferentemente en riñón e hígado, y puede causar daño en riñón, testículos, próstata y sistema nervioso central. También puede ser un agente hipersensitivo, carcinógeno y causante de anormalidades. Una exposición larga al cadmio causa una mala función de los túbulos renales.

Cantidades relativamente elevadas de cadmio se pueden encontrar en el agua contenida en tuberías contaminadas con desechos de galvanizado.

Los contenidos de los suelos en cadmio son relativamente bajos y la absorción por los vegetales relativamente pobre, por lo que en condiciones normales de cultivo, no suele ser preocupante esta vía de entrada en la cadena alimenticia, pero sí se pueden dar valores más elevados al utilizar fuentes de abonos fosforados ricos en cadmio o bien residuos urbanos (NRC, 2001).

La absorción de cadmio por los animales es baja, particularmente en rumiantes (Underwood y Suttle, 1999), donde los porcentajes de absorción no sobrepasan el 1 %, pero la retención en el organismo es muy elevada, particularmente en los riñones, especialmente donde la vida media puede ser de varios años (vacas, toros). En animales jóvenes (vaquillonas, novillitos, novillos, terneros), donde el tiempo hasta terminación es reducido, las acumulaciones de cadmio también serán muy reducidas.

En riñón puede concentrarse hasta el 85 % de la carga corporal de cadmio (WHO, 1992), considerándose al riñón como el órgano crítico.

El ácido ascórbico, la vitamina D, un quelato de cinc, la cisteína, el glucagón, el cinc, el hierro y el selenio dan cierta protección contra la toxicidad del cadmio. El agua de superficie rara vez excede los 10 μg/l, lo que está muy por debajo de los niveles tóxicos.

Cadmio en el ser humano

Lo preocupante para el ser humano es el hecho de que el cadmio se encuentra en la mayoría de los alimentos, si bien en cantidades reducidas. Al tener una eliminación del organismo muy lenta, es necesario limitar mucho las cantidades de ingestión diaria para evitar efectos perniciosos a largo plazo. Por esta razón es uno de

los metales que en la actualidad preocupa más su control. Los niveles máximos tolerables de consumo diario de cadmio son 68 µg/persona/día para 68 kg de peso (WHO, 1989).

Los niveles de cadmio en leche son bajos. Es interesante destacar que los niveles de cadmio en fórmulas de leche maternizada para humanos elaboradas a partir de leche de vaca es de 0,26 ng/g, un valor 8 a 15 veces inferior al que presentan las fórmulas elaboradas a base de soja (Dabeka y McKenzie, 1987).

La Unión Europea fija los valores máximos en los alimentos de origen animal para el hombre para cadmio en 0,05 mg/kg para carnes, 0,5 mg/kg para hígado y 1,0 mg/kg para riñones (Reglamento CE 466/2001).

URANIO

El origen del uranio en el agua subterránea se debe a que es constituyente de vidrios volcánicos. En la cuenca del río Salado (pcia. de Buenos Aires), Galindo y col. (2000) lo encontraron con una media de 26,55 µg/l, valores mayores que los encontrados en otras regiones argentinas.

ANTIMONIO

La información relativa a la presencia de antimonio en aguas subterráneas es muy escasa y no se han establecido límites para el mismo. Galindo y col. (2000) encontraron en aguas subterráneas de la cuenca del río Salado (pcia. de Buenos Aires) una media de 0,33 µg/l.

CROMO

La función fisiológica del cromo es como componente del Factor de Tolerancia a la Glucosa (FTG) que activa a la insulina. También el cromo mantiene normales la sensibilidad a la glucosa y la producción de insulina por parte de las células beta del páncreas (Striffler y col., 1993, cit. por Marín Guzmán, 1998), evitando así su hipersecreción. Otras funciones del cromo son mantener la integridad de los ácidos nucleicos, aumentar la síntesis de ARN y como antioxidante.

Los síntomas de la deficiencia de cromo son: bajo índice de crecimiento y de conversión alimenticia, reducida producción de leche, pobre respuesta inmunológica a vacunas, cetosis subclínica, baja tolerancia a la glucosa, hiperinsulinemia, resistencia a insulina, hipoglicerina, hiperglicemia, elevado nivel de colesterol y/o triglicéridos en suero sanguíneo, alto nivel de cortisol en sangre, elevada respuesta inflamatoria, reducción de la longevidad.

Se lo encuentra en la carne de los animales, granos, levadura de cerveza y en el agua de bebida.

La media encontrada en agua en la cuenca del Salado (pcia. de Bs.As.) es de 8,68 µg/l. Su presencia puede deberse a los componentes piroxenos, anfiboles y biotitas liberadas durante la meteorización. Cuando es muy elevado el contenido de cromo es por contaminación industrial de talleres de cromado y curtiembres (Galindo y col., 2000).

NIVELES DE SEGURIDAD

Tabla 6-4.- Niveles de seguridad de algunos nutrientes potencialmente tóxicos y contaminantes en el agua para el ganado (Adapt. de: *Herrick, 1982, cit. por Fay, 1988, y de Bavera 2001; **NRC, 2001).

Elemento	Concentración máxima de seguridad *	Concentración consideradas generalmente seguras **
	mg/l ó ppm	mg/l ó ppm
Aluminio	5,00	0,5
Arsénico	0,15 - 0,30	0,05
Boro	5,00 - 20,00	5,00
Cadmio	0,05	0,005
Cinc	6,00 - 25,00	5,0
Cobalto	1,00	1,0
Cobre	0,50	1,0
Cromo	1,00	0,1
Flúor	2,00	2,00
Manganeso	---	0,05
Mercurio	0,01	0,01
Níquel	1,00	0,25
Nitratos	200,00	---
Nitritos	10,00	---
Plomo	0,1	0,015
Selenio	0,05	0,05
Vanadio	0,10	0,1

"Los animales mayores son aún menos sensibles a estas proporciones exageradas de materias salinas; e interpelando, sobre el punto, los estancieros todos, su opinión es unánime en que las aguas saladas son muy buenas para los animales y afirman algunos que favorecen el engorde. Y en verdad, vimos haciendas muy gordas, y de gordura y carne consistentes, que no bebía otra agua..."

Miatello, H. 1921. Descripción agrológica de la provincia de Córdoba, Talleres Gráficos del Ministerio de Agricultura de la Nación, Bs.As., 66.

CAPÍTULO VII

EFECTOS DE LAS SALES TOTALES DEL AGUA EN EL ORGANISMO ANIMAL

EFECTO POR EXCESO DE LAS SALES TOTALES DEL AGUA EN EL ORGANISMO ANIMAL

La disponibilidad para el animal de los nutrientes minerales encontrados en solución en el agua de bebida es efectiva al mismo nivel que como ocurre con alimentos sólidos o mezclas minerales secas. Muchos estudios efectuados con isótopos de nutrientes minerales en solución acuosa han demostrado ser prontamente absorbidos, depositados en los tejidos y excretados posteriormente en forma normal por los animales que los consumen.

El efecto fisiológico del consumo de sales en exceso que provengan de los alimentos o del agua de bebida es totalmente diferente. En el primer caso, el animal puede realizar una compensación aumentando el consumo de agua pobre en sal, con lo cual aumenta la capacidad de los riñones para eliminar el exceso de sales con el mayor volumen de orina que producen, pero cuando el agua de bebida es muy salina, no puede utilizarse la capacidad de los riñones para eliminar líquidos en cantidad, porque el aumento de consumo de agua va acompañado por un aumento del consumo de sales.

Cuando se incluyen en la dieta sales minerales en cantidad o el animal bebe aguas muy salinas, aumenta la velocidad de intercambio (entrada-salida) de líquidos del rumen, por lo que se ve alterado el equilibrio de sus especies bacterianas al seleccionarse las de mayores velocidades de crecimiento y reproducción. Esto hace descender la proporción molar de propionato y aumentar la proporción molar de acetato y butirato en la composición de los ácidos grasos volátiles (Church, 1993).

Otro problema de las aguas de bebida muy salinas es que reducen a la mitad o aún más a los protozoos del mar ruminoreticular y hasta hacen desaparecer totalmente a ciertas especies. Las especies más grandes son las más perjudicadas y se reduce el volumen total de los mismos, por lo que disminuye la digestibilidad de los alimentos y por ende su consumo y la productividad del animal.

Los contenidos salinos totales de las aguas se determinan en laboratorio por el residuo seco a 105° C. Este valor es el más importante para determinar la calidad del agua de bebida para la hacienda, pero en las aguas de alta salinidad, sobre todo, es necesario conocer también su composición y la concentración de las principales sales para determinar los efectos que pueden tener sobre el animal.

Las aguas siempre contienen una mezcla de sales, predominando entre ellas un ión, que es el que le da el carácter al agua. En general se estima que el efecto de las sales disueltas en el agua de bebida depende más de la cantidad de sustancias disueltas que de cada una de ellas en particular. El perjuicio dependería más de un efecto osmótico que de la acción determinada de algunas sales. No obstante, si dos aguas contienen el mismo

valor alto total de sales, ambas serán nocivas debido a su elevada salinidad, pero por ejemplo, si una es sulfatada y la otra clorurada, hemos visto que la primera será más perjudicial para el animal.

Por ello, si bien los efectos de la salinidad del agua de bebida parecen depender más de la cantidad de sales disueltas que de cada una de ellas en particular, se deben respetar las concentraciones máximas indicadas anteriormente por sus efectos fisiológicos. Gran parte de las sales disueltas tienen efectos laxantes o purgantes, que se suman y que es preciso considerar conociendo la composición del agua por medio de un análisis que responda al protocolo tipo.

A través de estudios y de observaciones clínicas y subclínicas de problemas atribuibles a aguas muy salinas, se llega a algunas conclusiones:

- Es considerable la variación que existe entre las especies con relación a la tolerancia de las aguas salinas, aunque es muy elevada en todas las domésticas. El caprino y el ovino son las especies domésticas más resistentes, debido a su notable capacidad renal para aumentar la concentración de sales, siguiéndole el bovino de cría, el de invernada, el lechero, el equino, el porcino y las aves. Además, estos efectos nocivos se observan con diferencias considerables aún dentro de una misma especie, sobre todo según el grado de mejoramiento alcanzado por los animales.
- El grado de acostumbramiento al agua salina es muy importante, ya que animales nacidos y desarrollados bebiendo estas aguas, las toleran con menores inconvenientes, mientras que animales habituados a consumir aguas dulces, que beben aguas salinas por primera vez, sufren trastornos, generalmente gastrointestinales leves o graves, que pueden continuar manifestándose o disminuir y aún hasta llegar a desaparecer luego de un período de adaptación.
- Cambios bruscos de un agua de baja salinidad a otra de alta causan más problemas que un cambio gradual.
- Los animales pueden consumir agua de alto tenor salino durante pocos días sin sufrir alteraciones, si luego se les da agua con bajo contenido salino.
- Si a los animales se les ofrece un agua salina y otra no salina, evitarán la salina aunque la misma esté más cerca de los lugares de pastoreo y deban caminar más para alcanzar la no salina.
- Las temperaturas ambientales elevadas reducen la tolerancia como consecuencia del incremento que experimenta el consumo de agua y el consecuente aumento de la ingesta de sales a través de la misma.
- Los efectos de la temperatura son especialmente importantes, pues la necesidad de agua pueden doblase con altas temperaturas (NRC, 1996). Puesto que el agua se requiere para regular la temperatura del cuerpo, el consumo reducido de agua por alta salinidad puede tener impactos substanciales en la producción.
- En invierno, el efecto nocivo de las aguas salinas es menor que en verano, dado el menor consumo de las mismas. Además, existe una variación anual en el tenor salino del agua, ya que el verano es la estación en que se produce la mayor concentración de sales en el agua.
- Si el contenido de sales aumenta en una aguada, también generalmente aumenta el consumo de agua, excepto para aguas extremadamente salinas que los animales directamente se niegan a beber.
- Cuando los pastos han pasado su punto de maduración, son diferidos, rastrojos, henos o raciones con baja humedad, con gran porcentaje de materia seca, se reduce la tolerancia, como consecuencia del incremento del consumo de agua ante el bajo aporte de agua a la dieta producido por el alimento. Por el contrario, con pastos suculentos, los animales abrevan menos agua y por lo tanto toleran mejor la salinidad, ya que eliminan sales con el agua de los alimentos, pero pueden surgir problemas cuando se pasan bruscamente a pasturas muy tiernas (aguachentas), que de por sí ya producen diarreas por su exceso de potasio y proteínas.
- El contenido de sales en los alimentos contribuye a la toxicidad del agua salina. Se debe tener cuidado en la adición de sal empleada para control del consumo de suplementos.
- De los rumiantes, las vacas lecheras son las más susceptibles a la salinidad del agua, tolerando un 30-40 % menos que las de cría. En las vacas lecheras, especialmente en las que están en los primeros meses de lactancia, su mayor susceptibilidad ocurre por la inestabilidad de sus líquidos y electrolitos y por la gran cantidad de agua que deben beber para la producción de leche. Por otra parte, en verano les ocurren trastornos con aguas con una salinidad que no causaría problemas en invierno.

- El contenido salino del agua de bebida no influye sobre la concentración de lactosa, sodio, potasio y cloruros de la leche (Sbodio y col., 2007).
- Las vacas lecheras de baja producción (<25 kg/d) que bebieron agua con elevados niveles de salinidad, no vieron significativamente afectado su desempeño productivo (litros de leche). Los pooles de leche de los animales que consumieron agua con bajo contenido salino mostraron un aumento significativo en el tenor graso. El contenido de grasa butirosa fue 8,5 % superior al de la leche producida por vacas que bebieron agua con elevados niveles de salinidad. Como consecuencia, se incrementaron significativamente en un 2,6 % los sólidos totales (Revelli y col., 2005).
- Con aguas de bebida salinas, la fertilidad de las vacas lactando disminuye.
- De todos los parámetros de calidad de agua analizados por Revelli y col (2002), las correlaciones más significativas en función a los indicadores en estudio fueron para: Sulfato vs. Grasa Butirosa ($r = -0,978$; $P < 0,05$), Dureza Total vs. Proteína Verdadera ($r = -0,978$; $P < 0,05$), Dureza Total vs. Sólidos Totales ($r = -0,956$; $P < 0,05$) y Nitrato vs. pH ($r = -0,993$; $P < 0,01$).
- Valtorta y col. (2008) evaluaron diferentes niveles de salinidad (TSD) en el agua de bebida sobre el desempeño productivo y los parámetros del ambiente ruminal de vacas lecheras en pastoreo, durante la época estival, controlando las ingestas diarias de agua, los consumos voluntarios de materia seca, la producción y composición de la leche, el estado corporal de las vacas y los parámetros del ambiente ruminal. No observaron variaciones significativas, a excepción de la ingesta de agua. Los animales que recibieron agua con 10.000 mg/l bebieron más (189 l/vaca/día vs. 106 y 122 l/vaca/día en las que bebieron agua con 1.000 y 5.000 mg/l respectivamente). Concluyeron que el rumen presenta una notable capacidad buffer que permite que los animales se adapten a distintas condiciones de salinidad del agua.
- Las razas índicas son mas tolerantes que las europeas, por lo que, donde las condiciones climáticas lo indiquen, si la calidad del agua es mala hay que preferir estas razas.
- Los animales jóvenes son los que menos toleran las aguas salinas.
- Con aguas de bebida salinas la evolución de la recría es muy lenta.
- El exceso de salinidad del agua con efectos laxantes prolonga el tiempo de inverne de los novillos.
- La toxicidad de ciertas concentraciones de sales totales depende de la naturaleza tóxica de alguno de sus componentes.
- Los tanques y bebederos deben mantenerse limpios, libres de tierra, bosta, restos vegetales, animales, algas, juncos, etc., ya que la calidad del recipiente que contiene el agua puede definir la calidad de la misma.
- Los excesos de magnesio, hierro y aluminio deprimen la absorción de fósforo por precipitación de fosfatos en el tracto digestivo.
- El efecto del agua salina en abrevado intermitente no disminuye el consumo de agua cuando se compara con la ingesta ad-libitum. El abrevado una vez por día disminuye el consumo.
- No hay fundamentos que determinen que el agua salina pueda producir urolitiasis (cálculos urinarios). El cloruro de sodio los prevendría.
- El efecto más notable del agua con exceso de sales consiste en un menor consumo de alimentos. El descenso del peso corporal y de la producción láctea, características del exceso de sales en el agua de bebida, parecen deberse más a la disminución del consumo de alimentos que al efecto metabólico específico de las sales.
- En los animales domésticos está poco estudiado el fundamento fisiológico de la notable inapetencia que provoca la ingestión de grandes cantidades de sales, así como la posible relación entre las manifestaciones tóxicas y los cambios que se producen en la secreción de aldosterona y otros trastornos metabólicos. Sin embargo, las aguas ricas en sales ejercen muy poca influencia sobre las concentraciones de electrolitos en sangre, excepto cuando los mecanismos reguladores son sobrepasados durante las últimas fases de la intoxicación salina, que es cuando pueden presentarse ligeros aumentos de las concentraciones de sodio y cloro en el plasma. La inapetencia suele ir acompañada de diarrea, gastroenteritis y de un conjunto de síntomas que indican la existencia de cambios degenerativos en el sistema nervioso central, tales como rigidez de las extremidades, ataxia, parálisis y espasmos musculares, además de los síntomas específicos que las sales predominantes puedan dar.

- El vacuno puede consumir voluntariamente menos agua salina, lo qué da lugar a un consumo reducido de materia seca (NRC, 1996), impactando directamente en la productividad.
- Muchos elementos presentes en el agua rara vez ofrecen problemas a los animales domésticos cuando no están a altas concentraciones (aluminio, hierro, bromo, cobalto, cromo, yodo, molibdeno, manganeso, zinc), no tendiendo a acumularse en la carne, grasa o leche. Sin embargo, elementos tales como mercurio, plomo, cadmio, que se presentan ocasionalmente en el agua de bebida a niveles tóxicos o no para los animales, se acumulan en carne, grasa o leche a concentraciones que hacen a estos alimentos inadecuados para el consumo humano.
- Cseh y col. (2003), en 26 partidos de la provincia de Buenos Aires, en los análisis de aguas realizados en el INTA Balcarce, encontró la siguiente frecuencia de presentación de problemas sanitario-productivos:
  - 19 % mal estado corporal y diarrea asociado a sales totales (ST) y sulfato elevados.
  - 16,7 % rechazo de consumo de agua, debido a sulfato, calcio y magnesio altos.
  - 14,3 % pérdida de peso causada por exceso de sulfato y sales totales.
  - 14,3 % deficiencia de cobre y 4,8 % bajo índice de preñez provocados por sulfato elevado.
  - 11,9 % mortandad originada por sales totales en exceso.
- La calidad del agua de bebida está definida por elementos propios, pero al interactuar con los animales y los alimentos, los efectos pueden modificarse. Dadas las características de los sistemas productivos imperantes en nuestro país y los alimentos asociados a ellos, podemos decir que para cada uno debiera haber una calidad de agua óptima. Sin embargo, no hay suficientes trabajos que nos permitan hacer estas diferencias. Las interacciones animal - alimento - agua, son muy difíciles de interpretar y evaluar y son las responsables de las variaciones observadas en diferentes circunstancias (Sager, 2000).
- La necesidad de oligoelementos es mayor en los rumiantes cuando beben agua altamente salina.
- La cantidad de sal (cloruro de Na) presente en los suplementos minerales debe estar de acuerdo a la salinidad del agua de bebida. Como regla general debe considerarse que con agua por debajo de 2 g de ST/litro, la mezcla mineral puede tener hasta un 50 % de sal, las que se encuentran entre 2 y 4 g de ST/litro el cloruro de sodio debe estar entre el 30 % y 40 %, mientras las que estén entre 4 y 6 g de ST/litro, la sal no debe exceder el 25 %. Si la salinidad es mayor a la aquí expresada deben usarse suplementos dulces en base a melaza (adapt. de Sager, 2001) o agregarse granos molidos en la cantidad suficiente para hacerla palatable.

INTOXICACIONES POR AGUA SALINA

El no conocer la calidad del agua, considerar en una aguada nueva que con un solo análisis es suficiente, variaciones de la calidad por sequías, aguadas que se emplean nuevamente luego de mucho tiempo en desuso y otros errores, pueden conducir en muchos casos a intoxicaciones, con baja de las ganancias de peso y/o grandes mortandades. Dos ejemplos documentan las precauciones que se deben tomar:

- Cantón et al (2006) relatan el caso de un feedlot en invierno donde se redujeron en sumo grado las ganancias de peso, muriendo unos 600 animales a consecuencia de tener a disposición para beber únicamente agua con casi 26 g/l de sales totales. Se destaca que el agua provenía de una perforación nueva, que en su análisis inicial contenía 4,8 g/l de sales totales, y que después de un tiempo de uso, la concentración salina aumentó sin ser advertida por el personal y sin hacerse nuevos análisis. Los autores indican que la baja ganancia de peso puede ser atribuida en parte, al exceso de sulfatos, los cuales, transformados en sulfuros, comienzan a acumularse al exceder la capacidad de detoxificación del hígado, provocando un aumento de sulfuros en sangre con efectos sistémicos adversos, acompañado de injuria celular generalizada, una disminución en la eficiencia de utilización del alimento y una baja ganancia de peso. Por otra parte, el elevado contenido de Na y sobre todo de Mg en el agua, provocó un aumento de este último en sangre, orina y humor vítreo. La elevación de estos cationes produjo un cambio en el balance electrolítico y en la presión intracelular, causando además daño renal por una elevación fundamentalmente de los valores de urea sérica, todo lo que llevó a la muerte a parte de los animales.

- Cseh et al (2006) informan que luego del traslado, trabajo en los bretes y suelta al potrero de 200 vacas, mueren siete vacas y un toro, en la mayoría de los casos sin signología previa, mientras que en otros se observaron signos de debilidad, decaimiento, en estado de alerta pero deprimidos. La causa fue atribuida al consumo de agua con 27,77 g/l de sales totales. Es muy posible, que al efecto tóxico producido por la ingesta de este agua, se haya sumado como disparador de las muertes la privación de agua durante el día y la gran ingestión luego, provocando un aumento de la turgencia celular, particularmente del cerebro, con incremento del sodio intracelular, alteración del equilibrio electrolítico, generándose un estado similar al edema cerebral, con estallido celular, coma y muerte. Si bien no se realizó un diagnóstico diferencial, el hecho que el problema se solucionara al ser trasladados los animales a otro campo, permitió confirmar que la causa de la mortandad fue el agua.

CONTRIBUCIÓN DE LAS SALES DEL AGUA A LA NUTRICIÓN ANIMAL

Hay distintos trabajos que consideran al agua como una fuente de minerales para los rumiantes (Aganga, 1997), pero en general, el aporte mineral que efectúa el agua de bebida a la dieta de los animales hace que la ingesta de algunos de ellos supere ampliamente las necesidades fisiológicas del bovino. Dicho exceso lo debe eliminar el organismo por las vías normales.

Comúnmente no se toma en cuenta esta fuente de aporte mineral para los cálculos de raciones, encarándose el problema, cuando surge, desde el punto de vista de los perjuicios del exceso si los tenores de sales en agua son altos.

Sin embargo, este criterio es un grave error, pues en muchos casos el suministro de minerales a través del agua adquiere importancia productiva en la dieta, como ocurre en las aguas que el productor llama "engordadoras".

AGUAS QUE BENEFICIAN LA PRODUCCIÓN O "ENGORDADORAS"

El aporte iónico de las aguas de bebida puede ser significativo, existiendo casos en sistemas pastoriles que del total de la dieta, el agua aporta elementos minerales en los bovinos de entre el 20 % y el 31 % del calcio requerido, el 11 % al 38 % del magnesio, el 35 % al 98 % del sodio y el 28 % del azufre (National Academy of Sciencie, 1974).

En algunas regiones de la Argentina, como ser la mesopotamia, los promedios anuales de sodio en las pasturas no alcanzan a cubrir los requerimientos de los bovinos, siendo el potasio también deficitario en ciertas épocas.

En la zona central, el tenor de sodio en los forrajes obtenido como promedio de las distintas etapas de crecimiento es de 0,8 g/kg de materia seca (MS) para las leguminosas y de 1,4 g/kg de MS para las gramíneas, ambos antes de la fructificación.

Suponiendo que un animal de 400 kg consume 10 kg de MS/día de leguminosas, su ingesta de sodio será de 8 g/día. Sus necesidades son de 10 g/día. Como se ve, hay un déficit del 20 % de sodio (2 g/día). Las aguas consideradas por su tenor salino como muy buenas para cría (1 g de cloruros) pueden contener alrededor de 0,4 g/l de sodio. Tomando como promedio un consumo de 40 l/día de agua para el animal citado, se obtiene un aporte de 16 g de sodio por día proveniente del agua. Por lo tanto, la cantidad ingerida por el animal al abrevar supera holgadamente el déficit de este mineral en el forraje, eliminándose el exceso. Esta es la razón por la que el cloruro de sodio del agua de bebida, a concentraciones bajas, estimula el crecimiento y desarrollo de los animales.

Suárez y Busetti (1977) indican que el contenido de sales en el agua no ha sido un factor señalado frecuentemente como predisponente a la tetania hipomagnesémica o síndrome "vaca caída", pero los resultados de sus trabajos lo señalan como de gran importancia y fuertemente asociado a la presentación del problema. Hemos visto que en el bovino el rumen y el omaso tienen gran importancia en la absorción del magnesio, no solo por el flujo pasivo a través de las paredes sino también por un transporte activo mediante bomba de sodio. La alta relación Na/K en el contenido ruminal facilita la tasa de absorción preduodenal del magnesio, posiblemente debido a cambios en el potencial eléctrico de las paredes de los preestómagos. Dietas altas en potasio o deficientes en sodio deprimen la absorción de magnesio e inducen hipomagnesemia. Los incrementos en las diferencias en el potencial electrofisiológico de membrana no solo resultan en un pasaje pasivo de magnesio de la sangre al rumen sino también en una reducción del pasaje activo del magnesio del rumen a la sangre. Si consideramos que las relaciones K/(Ca+Mg) descriptas por Suárez et al (1986) y Busetti et al (1992) en el pastizal de invierno se aproximan a los niveles 2,2 considerados tetanigénicos, podríamos inferir la importancia que le cabría a una buena concentración de sales, fundamentalmente cloruro de sodio en el agua, en lograr una favorable relación Na/K y prevenir la enfermedad. La ocurrencia de casos de tetania en pasto llorón reafirmaría la importancia de las sales en el agua, ya que sólo se presenta en vacas en el primer tercio de lactancia con aguas de bebida con menos de 1 g/l de sales totales (saldeficientes).

El contenido porcentual de fósforo en la materia seca (MS) de las pasturas en crecimiento se incrementa al aumentar las precipitaciones, mientras que el calcio disminuye. El consumo de aguas duras en ciertas zonas con gramíneas como forraje principal lleva a la ingestión de cantidades significativas de calcio y/o magnesio con beneficios para la producción, ya que complementa los requerimientos minerales de los bovinos. Por ello es importante tener en cuenta la concentración de estos cationes alcalinotérreos que se encuentran bajo la forma de sales que dan dureza temporaria (ver: Análisis químico, dureza).

El azufre en el agua, sobre todo si se encuentra como sulfato de sodio, en concentraciones de alrededor de 1 g/l, cuando se pastorean pasturas en estado de madurez avanzada o diferidas, nos da una tendencia a consumir mayores cantidades de alimento y aumentan las ganancias de peso, ya que contribuye a la formación de las proteínas azufradas. La diferencia con los que no consumen azufre se da en mayor grado a medida que avanza el ciclo vegetativo de la pastura. En caso de no existir en el agua, es necesario complementar con SO_4Na_2 la suplementación mineral y/o proteica que se suministre a los animales.

Cuando se suplementa a los bovinos con **urea**, aparte de suministrar una proporción adecuada de hidratos de carbono solubles para su aprovechamiento, es importante verificar la presencia de una concentración de por lo menos 0,1 g/l de sulfatos en el agua de bebida. De no existir dicha cantidad, se deberá agregar en el suplemento para obtener una fijación óptima por las bacterias ruminales del nitrógeno no proteico en las proteínas azufradas. Dichas bacterias necesitan una relación nitrógeno-azufre de 10:1, de lo que surge la importancia de considerar el aporte de sulfatos por el agua en estos casos (Bavera, 2006).

Sager y Echeverría (2000) citan ensayos realizados con novillos Angus donde se midieron mejoras en el consumo y digestibilidad del forraje cuando éste era de baja calidad (heno de pasto llorón) y el agua de bebida de alta salinidad (6 g/l de sales totales). Cuando la calidad del alimento es baja una salinidad alta de este tenor aumenta el consumo de agua y actúa como estimulante en el consumo de materia seca, mejora la digestibilidad de la fibra y el tránsito gastrointestinal.

Cuando estos mismos animales recibieron forrajes de alta calidad (heno de alfalfa) y agua de esta misma alta salinidad (6 g/l) se produjo un efecto inverso, es decir, disminuía el consumo de forraje y de agua.

La salinidad del agua de bebida también influye sobre el consumo y digestibilidad de los forrajes. En novillos de 170 kg, el consumo de MS de alfalfa puede variar de 4,2 a 5,2 kg de MS con salinidades de agua de bebida de 1,5 y 3,5 g/l de sales totales respectivamente, con un consumo de agua de 18,8 a 22,3 litros/día/animal (Sager, 1998).

Cuando el agua posee salinidad de entre 4 y 7 g ST/l, se empiezan a observar problemas en verano y un buen estado general de las vacas en invierno, aun con forrajes diferidos. Durante el invierno, las bajas temperaturas y el estado de preñez de la mayoría de las vacas hace que los requerimientos de agua sean bajos y su salinidad no actúa como limitante del consumo, mientras que en verano, la presencia de una mayor temperatura ambiente, la lactación de las vacas y el mayor aporte de potasio por el forraje verde, aumenta los requerimientos de los animales y su salinidad comienza a ser limitante, y como los individuos no pueden consumir

toda el agua que necesitan (por la salinidad), se reduce el consumo de materia seca en períodos de altos requerimientos nutricionales (Sager, 2003).

La tabla 7-1 nos demuestra la importancia que tiene el aporte mineral por parte del agua en la dieta mineral total de un bovino. Remarcamos que esta tabla es sólo para ejemplificar la importancia de este aporte, ya que el porcentaje del aporte mineral por parte del agua sobre los requerimientos depende en cada caso específico del consumo de agua y de su composición.

Tabla 7-1.- Aporte para bovinos de los requerimientos diarios de elementos nutrientes por un agua de bebida de contenido salino promedio (Adaptada del NRC 1970 y 1971).

Bovino	Ingesta de agua	Requer. diarios	Aporte x agua	Requer. diarios	Aporte x agua	Requer. diarios	Aporte x agua	Requer. diarios	Aporte x agua
		Cloruro de sodio		Calcio		Magnesio		Azufre	
De carne 450 kg:									
Vaca con cría	60 l	25 g	34 %	28 g	12 %	14 g	6 %	10 g	27 %
Nov. terminación	60 l	24 g	35 %	21 g	16 %	9 g	10 %	9 g	29 %
Lechero 450 kg:									
Vaca en producción	90 l	66 g	19 %	76 g	7 %	14 g	9 %	20 g	20 %
Vaq. en crecimiento	60 l	21 g	40 %	15 g	23 %	9 g	10 %	10 g	27 %
Vaca mantenimiento	60 l	21 g	40 %	12 g	28 %	9 g	10 %	6 g	45 %
		Fósforo		Cobalto		Manganeso		Cobre	
De carne 450 kg:									
Vaca con cría	60 l	22 g	< 1 %	0,74 g	8 %	49 g	4 %	79 g	1 %
Nov. terminación	60 l	21 g	< 1 %	0,71 g	8 %	47 g	4 %	75 g	1 %
Lechero 450 kg:									
Vaca en producción	90 l	58 g	< 1 %	1,4 g	6 %	100 g	3 %	160 g	1 %
Vaq. en crecimiento	60 l	16 g	< 1 %	0,7 g	9 %	50 g	4 %	80 g	1 %
Vaca mantenimiento	60 l	12 g	< 1 %	0,5 g	12 %	32 g	6 %	51 g	2 %
		Zinc		Iodo		Potasio		Hierro	
De carne 450 kg:									
Vaca con cría	60 l	0,15 g	2 %	1,7 g	163 %	90 g	< 1 %	0,99 g	< 1 %
Nov. terminación	60 l	0,14 g	2 %	1,6 g	173 %	70 g	< 1 %	0,94 g	< 1 %
Lechero 450 kg:									
Vaca en producción	90 l	0,86 g	1 %	5,1 g	81 %	99 g	< 1 %	2 g	< 1 %
Vaq. en crecimiento	60 l	0,43 g	1 %	1,6 g	173 %	70 g	< 1 %	1 g	< 1 %
Vaca mantenimiento	60 l	0,27 g	1 %	1,6 g	173 %	45 g	< 1 %	0,64 g	< 1 %

a) Ingesta de agua: en litros por día, supuesta en la cantidad expresada para cada tipo de bovino.
b) Requerimientos diarios: en gramos, fijados por el NRC (1968 y 1971) para cada mineral para cada tipo de bovino.
c) Aporte x agua: porcentaje aproximado del requerimiento diario del mineral que aporta un agua de bebida que lo contenga en cantidades promedio (promedio del STORET, Sistema para Datos Técnicos, EE.UU., período 1957-69, sobre varios miles de análisis de aguas superficiales colectadas en 140 estaciones).

En tambos de la provincia de Córdoba, Pérez Carrera et al (2004) encontraron que a pesar de la alta variabilidad en el contenido de sales que presentaron las muestras, se observa que un alto porcentaje de los requerimientos de cloruro de sodio y azufre quedan cubiertos por el agua de bebida, fundamentalmente en aquellos establecimientos que utilizan pozos semisurgentes, lo que se puede observar en la tabla 7-2:

Tabla 7-2.- Aporte mineral en % del agua de bebida respecto de los requerimientos diarios del ganado (Pérez Carrera et al, 2004)

Bovino	Ingesta de agua (l/día)	ClNa			Calcio			Magnesio			Azufre			Potasio		
		Requerimientos	Aporte %		Requerimientos	Aporte %		Requerimientos	Aporte %		Requerimientos	Aporte %		Requerimientos	Aporte %	
			F	S		F	S		F	S		F	S		F	S
Vacas en ordeño	90	66 g	23,8	68,7	76 g	0,9	4,6	14 g	3,3	13,1	20 g	22,8	38,9	99 g	1,5	1,6
Vaq.	60	21 g	49,8	144	15 g	3,1	15,5	9 g	3,5	13,6	10 g	30,4	51,9	70 g	1,4	1,5
Vaca seca	60	21 g	49,8	144	12 g	3,8	19,4	9 g	3,5	13,6	6 g	50,7	86,5	45 g	2,3	2,3

Req.: requerimientos/animal/día, adaptado de literatura; F: napa freática; S: pozos semisurgentes.

CONCLUSIÓN

Las sales totales, en concentraciones que pueden llegar hasta aproximadamente 4 a 5 g/l, pueden influir favorablemente sobre el desarrollo y crecimiento, de acuerdo a su composición y a la calidad de la alimentación y siempre que no afecten por interacciones nocivas la actividad metabólica normal.

Los tenores de sales mas altos dentro del rango antedicho tienen influencia favorable cuando el animal ingiere pasturas de baja calidad, y las aguas de tenores más bajos influyen favorablemente cuando el animal ingiere pasturas de buena calidad.

De esta forma, las sales del agua contribuyen en los casos detallados a una adecuada nutrición y producción. Las aguas que poseen estas características son denominadas por nuestros ganaderos "aguas engordadoras", debido a que han observado que los animales que beben en esas aguadas, con la misma pastura que en otras aguadas, mejoran su producción.

AGUAS NO ENGORDADORAS

Un agua no engordadora es aquella que tiene niveles salinos superiores a 4-5 g/l de sales totales, lo cual limita el consumo de agua, y como consecuencia, el de materia seca de alimentos de alta calidad, aumentado la velocidad de tránsito gastrointestinal, haciendo menos eficiente la utilización de los nutrientes y aportando exceso de sales como los sulfatos, que alteran la absorción de algunos minerales (cobre, cinc), retardando el crecimiento (aumento de peso) y la disponibilidad de energía de la dieta. Esta menor ganancia de peso está en el orden del 10 al 12 %, siendo las diferencias más o menos importantes de acuerdo a la categoría, peso de terminación, largo de la invernada y época.

CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CADA MINERAL QUE APORTA A LA DIETA EL AGUA DE BEBIDA

Los principales minerales del agua de bebida que nos interesa considerar para formular una suplementación mineral, cuando se encuentran en altas concentraciones en la misma, son el calcio, sodio, azufre y magnesio.

Si bien hemos visto que el consumo de agua es muy variable y son muchos los factores que influyen en el mismo, será necesario establecer aproximadamente su tenor para poder tener una idea de la ingesta de calcio, sodio, azufre, magnesio y, si se considera necesario según el análisis, otros elementos, por intermedio del agua de bebida.

Del protocolo de análisis de agua de bebida para ganado, se toma el calcio, sodio, sulfato y magnesio en mg/l y se multiplica por el consumo de agua diario calculado. En el caso del calcio, sodio y magnesio, el resultado de la multiplicación es directamente la cantidad de estos minerales que ingiere el animal por día por

medio del agua de bebida, mientras que para obtener la ingesta de azufre, se deberá obtener el 33,33 % del resultado de la multiplicación, ya que ese es el contenido de azufre en el anión sulfato.

$$\text{mg de calcio, sodio o magnesio ingeridos por día por el agua de bebida} = \text{mg/l del catión} \times \text{consumo en l de agua/día}$$

$$\text{mg de azufre ingeridos por día por el agua de bebida} = \frac{\text{mg/l de sulfato} \times \text{consumo en l de agua/día}}{100} \times 33{,}33$$

Conociendo en esta forma la ingesta aproximada de minerales por el agua de bebida, al formular la suplementación dietética mineral completa podemos hacer las siguientes consideraciones para cada uno:

CALCIO:

Si bien la relación Ca:P en la dieta del bovino puede ser superior a 2:1, en algunos casos podría ser necesario agregar más fósforo a la formulación de la suplementación mineral para que en la ingesta total la relación se mantenga dentro de los límites correctos.

Por el contrario, en caso de suplementaciones altas con granos o en feedlot, si la cantidad de calcio en el agua es alta, puede ser suficiente para no tener que agregarlo, o agregarlo en menor cantidad, en la suplementación mineral para compensar el fósforo de los granos.

SODIO:

En los casos en que la ingesta por el agua de bebida sea muy elevada, será necesario reducir el cloruro de sodio de la mezcla mineral, incluso, si los animales no la ingieren, reducirlo al mínimo e ir agregando ración (sorgo o maíz molidos) o melaza hasta que los animales consuman la suplementación dietética mineral. Este criterio deberá adoptarse también cuando la concentración de las sales totales del agua de bebida es muy elevada.

MAGNESIO Y AZUFRE:

En caso de decidir agregarlos a la mezcla mineral, se deberá prestar atención al magnesio y al azufre que ya se está ingiriendo por el agua de bebida, y reducir o eliminar si es necesario el agregado de los mismos a la suplementación dietética mineral.

IODO, CINC, COBRE, HIERRO, MANGANESO:

Si el agua de bebida los contuviera en cantidad elevada con respecto a los requerimientos, se deberán reducir o eliminar ese oligoelemento de la suplementación dietética mineral.

PORCENTAJE DE CADA MINERAL QUE APORTA EL AGUA DE BEBIDA CON RESPECTO A LOS REQUERIMIENTOS DIARIOS

En posesión de la información necesaria sobre el agua de bebida, es decir, un análisis químico completo según protocolo para agua de bebida para bovinos, y el consumo aproximado de agua por día por animal, se puede calcular el porcentaje que el elemento del agua aporta respecto de los requerimientos diarios del animal por kg de MS consumida. Esta información es importante para el cálculo de dichos minerales en las provisiones dietéticas minerales y/o raciones y/o alimentos balanceados que se suministren a los animales que beban esas aguas.

Para ello se aplican las siguientes fórmulas (Bavera, 2006):

FÓRMULA PARA CALCIO, MAGNESIO Y OLIGOELEMENTOS

$$\text{\% que el elemento del agua aporta respecto de los requerimientos diarios por kg de MS consumida} = \frac{\text{mg/l del elemento en el agua} \times \text{Consumo de agua por día en litros}}{\text{Consumo de MS/día en kg} \times \text{Requerimientos por kg de MS/día en mg}} \times 100 = \%$$

FÓRMULA PARA AZUFRE

$$\text{\% de S que el sulfato del agua aporta respecto de los requerimientos diarios por kg de MS consumida} = \frac{\text{mg/l de sulfato en el agua} \times \text{Consumo de agua por día en litros}}{\text{Consumo en kg de MS/día} \times \text{Requerimientos en mg por kg de MS/día}} \times 33{,}33 = \%$$

Dos ejemplos aclararán el procedimiento y la importancia del aporte. En ambos asumimos los siguientes parámetros:

Vacas en servicio de 450 kg de peso vivo; no hay antecedentes de tetania hipomagnesémica; los animales se encuentran pastoreando pasto llorón cultivar Ermelo con un 58 % de digestibilidad y el consumo de MS es de aproximadamente 10 kg/día según tablas (Bavera, 2006); se ha calculado el consumo de agua de bebida en 40 l/día aproximadamente.

Ejemplo 1:

Agua mala para cría con 10.874 mg/l de sales totales; sulfato 2.546 mg/l; sodio (Na y K) 2.032 mg/l; calcio 555 mg/l; magnesio 488 mg/l.

Aplicando la primera fórmula:

$$\text{Calcio} = \frac{555 \text{ mg/l} \times 40 \text{ l}}{10 \text{ Kg MS} \times 3300 \text{ mg/kg MS}} \times 100 = 67{,}27 \text{ \% de los requerimientos diarios.}$$

$$\text{Sodio} = \frac{2032 \text{ mg/l} \times 40 \text{ l}}{10 \text{ Kg MS} \times 800 \text{ mg/kg MS}} \times 100 = 1.016 \text{ \% de los requerimientos diarios.}$$

$$\text{Magnesio} = \frac{488 \text{ mg/l} \times 40 \text{ l}}{10 \text{ Kg MS} \times 1000 \text{ mg/kg MS}} \times 100 = 195{,}2 \text{ \% de los requerimientos diarios.}$$

Aplicando la segunda fórmula:

$$\text{Azufre} = \frac{2546 \text{ mg/l} \times 40 \text{ l}}{10 \text{ Kg MS} \times 1000 \text{ mg/kg MS}} \times 33{,}33 = 339 \text{ \% de los requerimientos diarios}$$

Conclusión:

Con este agua de bebida no se deberá suministrar suplemento mineral de azufre, sodio y magnesio, ya que el contenido de estos elementos en el agua de bebida sobrepasa los requerimientos. Sí se deberá suministrar en la suplementación mineral calcio y fósforo y el 100 % de los requerimientos de oligoelementos, ya que con aguas de bebida muy salinas, aumentan las necesidades de los mismos por las interrelaciones que se producen. Al no poder agregar cloruro de sodio por el contenido de sodio del agua, la suplementación mineral se deberá suministrar con granos en pequeñas cantidades mas algo de cloruro de sodio como moderador del consumo, controlándose el mismo en la práctica para que tenga el efecto deseado.

Ejemplo 2:

Agua muy buena para cría con 1.063 mg/l de sales totales; sulfato 220 mg/l; sodio (Na y K) 505 mg/l; calcio 320 mg/l y magnesio 73 mg/l.

Aplicando la primera fórmula:

$$\text{Calcio} = \frac{320 \text{ mg/l} \times 40 \text{ l}}{10 \text{ Kg MS} \times 3300 \text{ mg/kg MS}} \times 100 = 38{,}78 \text{ \% de los requerimientos diarios.}$$

$$\text{Sodio} = \frac{505 \text{ mg/l} \times 40 \text{ l}}{10 \text{ Kg MS} \times 800 \text{ mg/kg MS}} \times 100 = 252 \text{ \% de los requerimientos diarios.}$$

$$\text{Magnesio} = \frac{73 \text{ mg/l} \times 40 \text{ l}}{10 \text{ Kg MS} \times 1000 \text{ mg/kg MS}} \times 100 = 29{,}2 \text{ \% de los requerimientos diarios.}$$

Aplicando la segunda fórmula:

$$\text{Azufre} = \frac{220 \text{ mg/l} \times 40 \text{ l}}{10 \text{ Kg MS} \times 1000 \text{ mg/kg MS}} \times 33{,}33 = 29{,}33 \text{ \% de los requerimientos diarios.}$$

Conclusión:

No es necesario agregar azufre en la suplementación mineral, ya que está cubierto el 29,33 % de los requerimientos, lo que supera ampliamente el 10 % establecido como medida de seguridad (Bavera, 2000). Cloruro de sodio tampoco, ya que los requerimientos de sodio están cubiertos en exceso, pero si los animales lo ingieren, se podrán emplear al mismo como sustento de los demás minerales en la proporción del 25 al 50 % de la mezcla mineral. El calcio está cubierto en el 38,78 % de los requerimientos, por lo que no se deberá agregar calcio en la suplementación, ya que se toma como base el 30 % de los requerimientos (Bavera, 2006), pero se debe tener en cuenta para la dosificación del fósforo. El magnesio, en caso de peligro de tetania, se deberá

proveer a través de la mezcla mineral, dado que una dosis como la provista por el agua de bebida en este caso, es insuficiente para prevenir la hipomagnesemia.

AGUAS DEFICIENTES EN SALES

El caso inverso al de las aguas engordadoras y al de las no engordadoras, se presenta en zonas de aguas con un tenor salino prácticamente despreciable, generalmente entre 0,4 y 1 mg/l, como son algunos campos de sierra con vertientes o arroyos muy cercanos a la zona de recarga, o bajos, donde la hacienda abreva en depósitos de agua de lluvia con mineralización mínima. El aporte de sales a través del agua es prácticamente nulo y los pastos son pobres en ellas, produciéndose en el ganado lo que se conoce como "hambre de sal" y disminuyendo la producción.

En estos campos el problema tiene fácil y económica solución comparado con los de aguas muy salinas, suministrando permanentemente ad libitum en saladeros una suplementación mineral completa (Bavera, 2006).

El estímulo en la producción y en el estado general de los individuos que se produce cuando se suplementa con cloruro de sodio a animales que consumen agua muy dulce, se debe no a una deficiencia de sodio o de cloro, cuyos requerimientos son bajos, sino a un mayor consumo y aprovechamiento de otros nutrientes, como consecuencia de mejorar la palatabilidad y de corregir el balance electrolítico de las dietas, la retención de líquido y la absorción de magnesio, entre otros aspectos (Sager, 2003).

En la estación invernal, cuando los animales consumen pastos diferidos, se hace máxima la necesidad de suplementación mineral, ya que el forraje diferido va disminuyendo progresivamente el contenido en minerales y nutrientes orgánicos y la digestibilidad, lo que repercute en un menor consumo de alimento y, por lo tanto, de producción.

SUPLEMENTACIÓN MINERAL INCORPORADA EN EL AGUA DE BEBIDA

Si bien la suplementación mineral incorporada en el agua de bebida cumple los requisitos de ser por vía oral y por toma diaria, son varias, y cada una descalificadora de este método por sí sola, las razones por las que **no es aconsejable** emplear la suplementación mineral incorporada en el agua de bebida:

- Si el animal bebe agua con un mineral que excede sus necesidades, debe eliminar el excedente por riñón, para lo cual necesita mayor cantidad de agua de bebida, pero no puede utilizar esa capacidad del riñón porque un mayor consumo de agua va acompañado de una nueva ingesta del mineral.
- Hemos visto que el consumo de agua por parte de los animales es muy variable, con numerosos factores que lo afectan, por lo que ignoramos que cantidad de minerales ingiere cada animal, ya que la misma está subordinada a las necesidades de agua del animal en ese día y no a las necesidades de minerales. Hay momentos en que el animal ingiere agua en valores muy superiores al promedio, como por ejemplo en verano en pasturas secas, y otros, por ejemplo en verdeos tiernos en invierno, en que solo consumen 3 o 4 litros de agua por día. Por ello, la suplementación mineral será muy irregular, con algunas épocas en las que consumirán minerales en exceso y otras en déficit.
- Con ciertos minerales hay posibilidad de toxicidad por un mayor consumo de agua, y por ende, del elemento.
- En épocas de lluvia los animales pueden beber agua de charcos y lagunas formadas temporalmente, con lo cual no ingerirán la suplementación mineral.
- En campos de aguadas naturales es un método imposible de utilizar (agua corriente, varias aguadas imposibles de cerrar, volumen de las aguadas, etc.).
- Algunos de los productos que se comercializan para disolver en el agua de bebida contienen compuestos poco o nada solubles, y por lo tanto, por esta vía de administración el animal no los ingiere. Esto es comprobable observando el fondo de los tanques, donde estos minerales insolubles se depositan. Es decir, el productor ha gastado de buena fe en algo inútil.

- Otros productos comerciales que sí son totalmente solubles, tienen un precio excesivamente elevado comparados con el mineral que aportan, por lo cual no es económico emplearlos.
- La solubilidad de las sales de las mezclas minerales no son iguales, por lo que es muy difícil mantener la concentración adecuada de todas las sales en el agua. Sager (1998) indica que es difícil conseguir una disolución constante y estable en el tiempo. Por lo tanto, los animales pueden estar recibiendo mucho de algún mineral y nada de otro en el mismo momento.
- Algunos de estos productos solubles reaccionan con las sales contenidas naturalmente en el agua, transformándose en sales insolubles que precipitan, no aprovechándose por el animal.
- El dosaje en el tanque depósito deberá hacerse diariamente de acuerdo al volumen de agua que el molino o bomba aporta al mismo. Surge para su valoración el inconveniente del cálculo de lo consumido por los animales y lo evaporado. Por lo tanto, es imposible efectuar un dosaje aproximadamente exacto, aún empleando dosificadores especiales de alta precisión.
- Un exceso de suplemento mineral en el agua puede limitar el consumo de agua de bebida.
- Blood y col.(1983) no aconsejan la adición de sales de cobre al agua de bebida, ya que la solución ataca las cañerías, y además es difícil de conservar la concentración adecuada del metal en los grandes depósitos de agua.
- Blood y Radostits (1992) indican que el agregado de productos químicos conteniendo fósforo a las aguas de los tanques puede estimular en forma anómala el crecimiento de algas.
- Muchos productores, inadvertidos de estos problemas, se encandilan con la propaganda y argumentos de venta efectuada por algunos fabricantes y vendedores, tales como extensas fórmulas con variados minerales, supuesta prolongada duración del producto en el agua, facilidad de administración, precios irrisorios comparados con otros suplementos minerales, etc.
- Fiore (1999a) aconseja que en los sistemas pastoriles y fundamentalmente donde las aguas no son buenas, una vía es la de administrar selenio por medio del agua de bebida, aportando el elemento al tanque con dosificadores exactos y muy confiables. El mismo autor aconseja que en todos los casos debe ser evaluado por un especialista el aporte a suplementar, teniendo en cuenta: a) el aporte de la dieta; b) el nivel de interferencia por azufre, arsénico, mercurio y cadmio y c) la toxicidad relativa. Como hemos manifestado anteriormente, nosotros no estamos de acuerdo con esta vía de administración, y el mismo Fiore hace referencias a algunos problemas, como los dosificadores, las interferencias y la toxicidad.

En resumen, aún cuando algunos autores lo aconsejan (Arano, 1985; Bonel y Ayub, 1985, Fiore, 1999a), es un método de suministro de suplementación mineral muy irregular, no fisiológico, con pérdidas posibles de algunos elementos, hasta peligroso en algunos casos, oneroso para el productor referido a los beneficios que los animales obtienen y, por otra parte, carece de sentido emplear el agua como portadora de minerales cuando con mayor eficacia, seguridad y economía se puede emplear el suministro de una provisión dietética mineral completa ad libitum en saladeros (Bavera, 2006).

TENORES MÁXIMOS DE SALES TOTALES

Sobre los límites a adoptar para calificar un agua destinada a bebida animal la bibliografía es muy abundante, pero los criterios son muy dispares, seguramente debido a las diferentes condiciones de las experiencias.

La calidad de un agua debe considerarse en relación al empleo al que se destina, tanto que en ganadería puede limitar o impedir algunos de los tipos de producción (cría, recría, inverne a pastoreo, engorde a corral o feedlot, tambo). Las mejores aguas para el ganado sobrepasan ampliamente el grado de mineralización con respecto a los valores límites admitidos para el consumo humano, pero para los bovinos es sumamente difícil fijar los límites de los valores analíticos de las sales totales para clasificar las aguas como aptas o no aptas para su uso como agua de bebida basándonos solamente en la concentración de los elementos que se encuentran presentes. Es un problema muy complejo, donde inciden todos los factores estudiados hasta el momento (consumo de agua, raza, alteraciones, alimentación, materia seca del alimento, temperatura y humedad ambientes, época del año, hábitos de abrevado, funciones, acostumbramiento, tipo de sales, sales totales, etc.),

que hacen problemático determinar la factibilidad de uso, y el criterio a adoptar debe establecerse para cada caso en particular luego de un análisis profundo de todos los factores y de las distintas alternativas que se presenten.

No hay niveles simples y potenciales de substancias tóxicas que puedan ser consideradas peligrosas en todas las situaciones. Ingestas de substancias tóxicas en cortos períodos pueden no tener efectos; nutrientes con consumo a largos períodos pueden ser peligrosos; animales jóvenes pueden reaccionar diferente a los animales adultos; la ingesta de minerales tóxicos puede no causar ningún efecto en el crecimiento, producción de leche o reproducción, pero pueden ocasionar cambios subcelulares que pueden crear susceptibilidad a enfermedades; los minerales en el agua pueden no ser tóxicos para el animal, pero pueden ser acumulados en la carne y leche a concentraciones que pueden ser objetables para el consumo humano.

Es procedente tomar como dato índice las aguas de la zona y su empleo, ya que el juicio no se puede basar solamente en medidas patrones.

Por otra parte, no es posible determinar el agua ideal para el bovino, pues además de que el consumo y necesidades del animal varían constantemente, también lo hace la relación suelo-planta-animal para cada lugar y época del año. Por ello es utópico pretender fijar cuál es el tenor ideal de sales del agua de bebida.

Como cifras tentativas para los bovinos, sin que se altere en alto grado su salud y producción, y para zonas que se caracterizan por tener aguas con elevada concentración de sales, se pueden dar como límites valores de hasta 7 a 11 g/l de sales totales, siempre que en la composición de las mismas predomine el cloruro de sodio, como es corriente, y no presenten una proporción elevada de cationes y aniones bivalentes, especialmente magnesio y sulfatos y los animales se encuentren sobre pasturas verdes. Cuando se dan raciones de bajo contenido de humedad (granos, henos) estos límites disminuyen (engorde a corral, tambos). Cuando existe silicio en suspensión en cantidades elevadas, los valores límites pueden ser mayores, ya que habría que descontar el silicio del valor de las sales totales.

En ciertas condiciones, estos límites pueden superarse, por lo que estas cifras deben tomarse con cierta elasticidad y no como rígidas. De todos modos, el tenor salino total da una idea general, pero es sumamente importante determinar la composición del mismo cuando los valores son muy elevados.

En base a los antecedentes reunidos hasta aquí y lo observado en la práctica, y con la elasticidad explicada, para animales a pastoreo en clima templado, elaboramos la siguiente tabla:

CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS PARA BEBIDA DE BOVINOS SEGÚN SU SALINIDAD

Tabla Nº 7-3.- Clasificación de las aguas para bebida de bovinos según su salinidad

Para				Sales totales g/l	Cloruro (de sodio) g/l	Sulfato g/l	Magnesio g/l
Cría	Invernada pastoril	Tambo bovino y engorde a corral					
Deficiente	Deficiente	Deficiente	Menos de	1	---	---	---
Muy buena	Muy buena	Muy buena	Mas de	1	0,6	0,5	0,2
Muy buena	Muy buena	Buena	Hasta alrededor de	2	1,2	1	0,25
Buena	Aceptable	Aceptable	Hasta alrededor de	4	2,4	1,5	0,3
Aceptable	Mala	Mala	Hasta alrededor de	7	4,2	2,5	0,4
Mala	---	---	Hasta alrededor de	11	6,6	4	0,5
Condicionada	---	---	Hasta alrededor de	13	10	7	0,6

Deficiente: por su bajo contenido salino estas aguas no contribuyen con minerales a la dieta animal, presentando éstos síntomas de pica y/o hambre de sal. El problema es el menos grave, pues se soluciona administrando permanentemente una suplementación mineral completa ad libitum (Bavera, 2006).

Muy buena: este agua contiene sales en cantidad adecuada para cubrir las necesidades minerales que las pasturas no brindan. La producción se favorece con este tipo de agua.

Buena: Su contenido salino supera las necesidades del animal, pero sin acarrearle problemas, pues elimina eficientemente el sobrante. En algunos casos puede ser engordadora.

Aceptable: Puede causar diarreas a animales no acostumbrados a la misma y disminución en la producción. En animales acostumbrados no siempre se correlaciona la condición corporal de los animales con las pasturas que consumen.

Mala: podrá emplearse en animales acostumbrados, con suma precaución y en ciertas épocas y pasturas. Disminuye marcadamente la producción y puede producir mortandades. Hay un bajo aprovechamiento de los forrajes y el estado de la hacienda es generalmente malo.

Condicionada: Deberá emplearse por poco tiempo, cuando no se encuentra otra fuente de agua y con grandes precauciones. Produce diarreas intensas y mortandades. No hay producción.

Sager (2003) informa que hay registros de animales que sobreviven consumiendo agua con alrededor de 18 g ST/l, pero en esas circunstancias es muy poco lo que puede pedirse a las vacas y es probable que produzcan un ternero cada dos o tres años.

Otros iones, según hemos visto anteriormente, tienen límites máximos por su toxicidad o problemas que pueden ocasionar, por lo que cualquiera sea la cantidad de sales totales que tenga un agua, si estos iones superan esos límites, por sí solos descalifican un agua.

Existen otras aguas inaptas para el consumo humano y animal con muy altos contenidos salinos que pueden tener hasta 40 g/l. Algunas superan esta concentración de sustancias disueltas, llegando a veces hasta 300 g/l, llamándose en este caso salmueras. Están asociadas con frecuencia a salinas, aguas de yacimientos petrolíferos o aguas muy antiguas situadas a gran profundidad.

También son inaptas aguas con ciertas contaminaciones (ver capítulo III).

Los rumiantes toleran muy bien elevados recuentos bacterianos en el agua de bebida, pero una ingesta de los mismos muy excesiva puede llegar a interferir en el metabolismo ruminal, especialmente con las bacterias normales de su flora, disminuyendo la digestibilidad del forraje y por lo tanto la ingesta, pudiendo llegar hasta una cetosis.

Los análisis microbiológicos son importantes cuando la fuente de agua que abastece a los animales es compartida con el hombre. Los problemas de contaminación microbiológica se agravan en las cercanías de urbanizaciones y aumentan en proporción inversa a la extensión de los predios ganaderos.

En la zona rural el agua destinada al consumo animal es la misma que usan los productores rurales, por lo menos en una de las aguadas del establecimiento ganadero, lo que aumenta la responsabilidad de los profesionales del agro actuantes a la hora de determinar y/o solucionar los problemas, ya que no solo se trata de salud animal o riesgos para la producción, sino también de salud humana. De ahí la importancia de conocer los límites para consumo humano.

CLASIFICACIÓN DEL AGUA PARA BEBIDA EN DISTINTAS ESPECIES EN EL OESTE DE AUSTRALIA

Cuadro 7.4.- Límites máximos de sales totales (Water Cuality Studies P.H.S., Cincinati, EE.UU.)

Especie	Sales Totales en mg/l
Aves de corral	2.900
Cerdos	4.300
Equinos	6.500
Bovinos para inverne y tambos	7.200
Bovinos para carne	10.000
Ovinos adultos	12.000

CALIDAD DEL AGUA PARA CERDOS

Cuadro 7-5.- Calidad del agua para cerdos (Bontempo y Savoini, 2009).

pH	< 4,0	Inadecuada
	4,0 - 6,5	Aceptable
	6,5 - 8,0	Segura
	8,0 - 9,0	Pobre
	> 9,0	Inadecuada
TDS (mg/l)	< 1000	Segura
	1000 - 3000	Aceptable (pero puede causar diarrea leve)
	3000 - 5000	Puede causar rechazo del agua
	5000 - 7000	Pobre
	> 7000	Inadecuada
Nitratos (mg/l)	< 100	Segura
	100 - 300	Pobre
	> 300	Inadecuada
Nitritos (mg/l)	10	Nivel máximo
Sulfato (mg/l)	< 500	Segura
	500 - 1000	Aceptable (pero puede causar diarrea)
	1000 - 2500	Pobre
	> 2500	Inadecuada
Cloro (mg/l)	< 500	Aceptable
	> 500	Pobre (puede conllevar a una reducción de la ingesta)
Hierro (mg/l)	< 0.3	Aceptable
	> 0.3	Pobre (mal gusto)

TENORES MÁXIMOS DE SALES PARA CONSUMO HUMANO

Cuadro 7-6.- Límites de elementos contenidos en el agua para consumo humano según diferentes organismos

	OMS Límite recomendable, aconsejable	OMS Límite excesivo	OMS Máximo admisible	SSP EE.UU. Límite recomendable, aceptable	SSP EE.UU. Máximo admisible	OSN Argentina Límite adoptado
Caracteres físicos						
Turbidez unidades	0,2			1		
Color	2			5		
Olor	1			5		
Caracteres químicos						
SDT mg/l	50-600			1000		
Dureza total CO_3Ca	30-100			200		
Sales disueltas mg/l	500	1500	---	500	--	2000
Cloruros Cl	100-200	600	---	250	---	600
Sulfatos	100-335	670	---	250	---	300
Nítritos NO_2	0,01	---	---	0,1	---	---
Nitratos	45	---	---	45	---	---
Amonio NH_4	0,05	---	---	0,20	---	---
Ca	75	200	---	---	---	---
Mg	50	100	250+	---	---	---
Manganeso	0,01-0,2	---	---	0,05	---	---
Flúor	1,0	---	1,8	0,8-1,7	1,6-3,4	1,5
Arsénico	---	---	0,02	0,01	0,05	0,01
Vanadio	---	---	0,05	---	0,01	---
Selenio	---	---	0,05	---	0,01	---
Helio	0,3	---	---	---	---	---
Plomo	0,05	---	0,1	---	0,05	---
Hierro total	0,05	---	---	0,10	---	---
Carbonatos Alcalinidad	30++	---	400	---	---	---
Dureza	60-100	---	200	---	---	---

Valor aconsejable: es el grado de concentración de un parámetro que no significa peligro alguno para la salud y que se considera el más adecuado.

Límite aceptable: Es el valor o concentración, sin efecto perjudicial para la salud.

CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO (CAA)

AGUA POTABLE

Art. 982 - (Res MSyAS nº 494 del 7.07.94) "Con las denominaciones de Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener substancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente. El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios. Ambas deberán cumplir con las características físicas, químicas y microbiológicas siguientes:

Tabla 7-7.- Agua potable (Cap. XII del Código Alimentario Argentino, 2007)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
Turbiedad	máx.	3 NTU
Color	máx.	5 escala Pt-Co
Olor		Sin olores extraños
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS		
pH		6,5 - 8,5
pH sat.		pH ± 0,2
Sustancias inorgánicas		
Amoníaco (NH_4^+)	máx.	0,20
Aluminio residual (Al)	máx.	0,20
Arsénico (As)	máx.	0,01
Cadmio (Cd)	máx.	0,005
Cianuro (CN^-)	máx.	0,10
Cinc (Zn)	máx.	5,0
Cloruro (Cl^-)	máx.	350
Cobre	máx.	1,00
Cromo	máx.	0,05
Dureza total ($CaCO_3$)	máx.	400
Fluoruro (F^-)	máx.	Ver detalle *
Hierro total (Fe)	máx.	0,30
Manganeso (Mn)	máx.	0,10
Mercurio (Hg)	máx.	0,001
Nitrato (NO_3^-)	máx.	45
Nitrito (NO_2^-)	máx.	0,10
Plata (Ag)	máx.	0,05
Plomo (Pb)	máx.	0,05)
Sólidos disueltos totales	máx.	1500
Sulfatos ($SO_4^=$)	máx.	400
Cloro activo residual	máx.	0,2

*Fluoruro (F^-): para los fluoruros la calidad máxima se da en función de la temperatura promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida:

Tabla 7-8.- Flúor y temperatura en agua potable (CAA)

Temperatura media y máxima del año (ºC)	Contenido límite recomendado de Flúor (mg/l)	
	Límite inferior	Límite superior
10,0 - 12,0	0,9	1,7
12,1 - 14,6	0,8	1,5
14,7 - 17,6	08	1,3
17,7 - 21,4	0,7	1,2
21,5 - 26,2	0,7	1,0
26,3 - 32,6	0.6	0,8

La autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario.

Tabla 7-9.- Concentraciones máximas permitidas de contaminantes orgánicos en agua potable (µ/l)

Aldrin + Dieldrin	0,03
Clordano	0,30
DDT (Total + isómeros)	1,0
Detergentes	0,50
Heptacloro + Heptacloroepóxido	0,10
Lindano	3,0
Metoxicloro	30
2,4 D	100
Benceno	10
Hexacloro benceno	0,01
Monocloro benceno	3,0
1,2 Dicloro benceno	0,5
1,4 Dicloro benceno	0,4
Pentaclorofenol	10
2,4,6 Tricloro fenol	10
Tetracloruro de carbono	3,0
1,1 Dicloro eteno	0,30
Tricloro etileno	30
1,2 Dicloro etano	10
Cloruro de vinilo	2,0
Benzopireno	0,01
Tetra cloro eteno	10
Metil Paratión	7
Paratión	35
Malatión	35

Características Microbiológicas:

- Bacterias coliformes: NMP a 37° C - 48 hs (Caldo Mc Conkey o Lauril Sulfato), en 100 ml: igual o menor de 3.
- *Escherichia coli*: ausencia en 100 ml.
- *Pseudomonas aeruginosa*: ausencia en 100 ml.

En la evaluación de la potabilidad del agua ubicada en reservorios de almacenamiento domiciliario deberá incluirse entre los parámetros microbiológicos a controlar el recuento de bacterias mesófilas en agar (APC - 24 hs. a 37 °C): en el caso de que el recuento supere las 500 UFC/ml y se cumplan el resto de los parámetros indicados, sólo se deberá exigir la higienización del reservorio y un nuevo recuento.

En las aguas ubicadas en los reservorios domiciliarios no es obligatoria la presencia de cloro activo.

Los tratamientos de potabilización que sea necesario realizar deberán ser puestos en conocimiento de la autoridad sanitaria competente.

OTRAS INFORMACIONES PARA EL HOMBRE

Tabla 7-10.- Niveles máximos tolerables de algunos minerales en el agua de bebida para consumo humano (OMS).

	Concentración máxima
Aluminio	0,2 mg/l
Cloro	250 mg/l
Cobre	1 mg/l
Hierro	0,3 mg/l
Manganeso	0,1 mg/l
Cinc	3 mg/l

Las fuentes más comunes de minerales tóxicos en alimentación humana suelen ser los vegetales y el pescado. Los niveles de arsénico, cadmio, plomo y mercurio son muy bajos en la carne de vacuno.

La contribución de minerales tóxicos del vacuno a la dieta humana ha sido estudiada en España por Alonso et al (2002).

Tabla 7-11.- Concentración media de metales pesados en distintos tejidos del vacuno de carne (µg/kg en fresco) (Alonso et al, 2002)

	Cadmio	Plomo	Arsénico	Cobre	Cinc
Carne ternera	1,29	8,74	4,27	0,68	47,8
Carne vaca	1,38	17,0	5,11	1,7	52,7
Hígado	31,8	52,6	42,8	64,6	47,7

La carne de animales adultos posee mayor concentración de minerales tóxicos, y más aún el hígado. Esto podría ocasionar problemas en el hombre si el consumo de cortes de estos animales fuera muy frecuente.

Los animales provenientes de ciertas zonas con alta contaminación ambiental y/o alimentados con forrajes o aguas contaminados, pueden estar proveyendo al hombre de alimentos no aptos.

"Las opiniones están tan divididas respecto del criterio con que debe juzgarse un agua, que los datos analíticos del laboratorio se prestan a interpretaciones distintas según se adopten las normas de las autoridades sanitarias, las conclusiones de los congresos de higiene o las ideas de los especialistas europeos de renombre".-

Herrero Ducloux, Enrique. 1909. Hidrología Agrícola e Industrial de la República Argentina, Censo Agropecuario Nacional de 1908, Bs.As., III:129

CAPÍTULO VIII

ANÁLISIS DE AGUA PARA GANADO E INTERPRETACIÓN

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO SALINO

POR MEDIO DEL GUSTO Y/O DE LA OBSERVACIÓN

Como guías prácticas, sumamente generales, que no reemplazan a un análisis en laboratorio, presentamos dos tablas que permiten deducir por medio del gusto y/o de la observación respectivamente, la calidad del agua de que se dispone, apreciación que varía, en el primer caso, de acuerdo al paladar de cada persona y al agua que está acostumbrada a beber, pero que pueden ser de utilidad para obtener una idea ligera a campo del contenido salino.

Tabla 8-1.- Determinación del contenido salino por medio del gusto

g/l	Sales totales		Predominancia de Cloruro de sodio	Predominancia de Sulfato de magnesio
	Gusto	Clasificación		
Hasta 1 g/l	sin gusto	Dulces	sin gusto	sin gusto
2 g/l	salobre suave		salado suave	amargo apenas perceptible
4 g/l	muy salobre	Salobres	salado fuerte	amargo suave
más de 5 g/l	intolerable		salmuera	amargo fuerte

Tabla 8-2.- Determinación de la calidad del agua por los sentidos (vista, olfato, gusto).

Condición	Causa
Manchas en los accesorios.	Hierro y magnesio disueltos u oxidados en el agua
Corrosión de tuberías o accesorios, depósitos rojos o azul-verdosos.	Agua de tipo ácido con pH muy inferior al 6.8.
Formación de incrustaciones en válvulas, grifos y caloríferos de agua caliente.	Dureza de calcio y manganeso en el agua.
Turbiedad y agua no transparente con presencia de partículas de materia.	Sedimentos de arcilla, limo y productos de la oxidación en el agua.
Sabores desagradables de tipo salobre, metálicos o clorados.	Intrusiones de agua salada, cloración excesiva, pH muy bajo, alcalinidad muy elevada.
Olores indeseables (moho, huevos podridos y aceite, gasoil o nafta).	Materia orgánica, sulfuro de hidrógeno en el agua, derrames o filtraciones de aceite o combustibles.
Coloración del agua (amarillenta o pardo rojiza) o nebulosidad.	Taninos, hierro oxidado, exceso de aire en el sistema de agua corriente.

SALÍMETRO

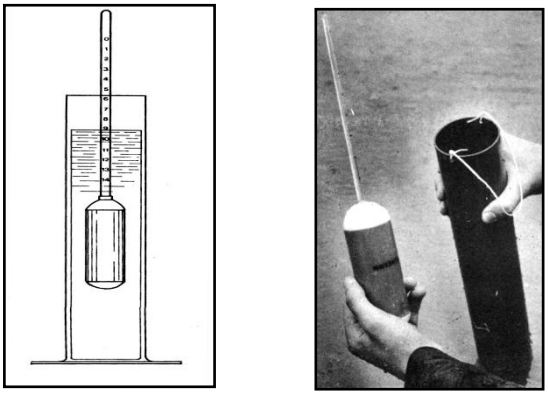
La salinidad es tangible a través de la medición de la densidad, puesto que, a una determinada temperatura, la densidad de un líquido es proporcional a su salinidad, aunque la densidad no sólo expresa la concentración salina, sino también la cantidad de sustancias en suspensión y los gases, estando directamente afectada por la temperatura

El salímetro es un densímetro con su graduación expresada en g/l de sales del agua, que permite determinar en forma aproximada el grado de salinidad de un agua a campo en forma rápida y económica.

El más conveniente es el fabricado con material acrílico, ya que disminuye las variaciones en la determinación por la densidad de las distintas temperaturas que puede registrar el agua. Además, es menos propenso a roturas que los de vidrio.

Se puede emplear un densímetro común grande, si previamente se ha establecido la relación entre la escala grabada en el mismo y los g/l de sales del agua. Para esto es necesario emplear un litro de agua bidestilada a temperatura ambiente, ir agregando por vez un g/l de cloruro de sodio, agitar hasta disolución total, medir con el densímetro y anotar la relación escala del densímetro-gramos/l agregados.

Como complemento para efectuar las determinaciones con el salímetro, debe usarse una probeta que se llena con el agua proveniente del caño de abastecimiento del tanque o depósito. Se introduce el salímetro suavemente y cuando se estabiliza el movimiento ascendente-descendente del mismo se lee la escala que tiene la varilla. Dicha escala expresa directamente los gramos de sal por litro en su enrasamiento con el agua.



Figuras 8-1.- Salímetro; a) esquema; b) foto salímetro y estuche para transporte

Este instrumento permite determinar la cantidad de sales totales con un error del 5 al 10 % debido a:

- La variación de la densidad respecto a la temperatura del agua en que se hacen las determinaciones.
- Las diferentes proporciones con que se presentan las sales, sus distintos grados de disociación, y como consecuencia, su distinto aporte a la densidad total del líquido.

Considerando un agua con 5 g/l de sales totales determinadas en laboratorio, usando el salímetro y considerando su error máximo del 10 %, tendremos:

$$5 \text{ g/l} \pm 0{,}5 \text{ g/l (error posible)} = \text{determinaciones de } 4{,}5 \text{ g/l a } 5{,}5 \text{ g/l}$$

La aproximación de la medida en este caso es de 0,5 g/l. Si pensamos que la determinación es a campo y rápida, el error es mínimo respecto a las determinaciones de laboratorio. De cualquier manera, es importante el análisis de laboratorio, sobre todo cuando la salinidad es alta, para establecer la constitución de la misma y la implicancia de cada una de las sales.

Como el salímetro sirve para medir la densidad en un líquido a la temperatura a la cual ha sido calibrado (generalmente 25º C), esta temperatura es marcada en cada densímetro con una zona coloreada de verde en la escala de temperatura o marcada con trazos rojos. Si se debe medir la densidad a otras temperaturas, se emplea la siguiente escala de conversión:

Temperatura ºC:	15	20	21	22	23	24	25	26	27
Multiplicar x :	1,14	1,10	1,08	1,06	1,03	1,02	1,00	0,98	0,95

Ejemplo: Si tenemos un densímetro regulado a una temperatura de 25º C y queremos medir la densidad de un agua que está a 15º C tendremos que multiplicar la densidad medida por 1,14. El resultado será el valor real de la densidad.

En resumen, el salímetro permite:

- Sustituir a campo la evaluación por medio del gusto.
- Efectuar controles periódicos de las aguadas en forma rápida.
- Hacer mezclas de aguas ajustando los volúmenes respectivos para llegar a una salinidad aceptable.

CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA O ELÉCTRICA (C.E.)

Hemos visto (cap. V) que la conductividad específica o eléctrica es la medición de la habilidad del agua para transportar o dejar pasar la corriente eléctrica. Su empleo como medida aproximada de la salinidad de un agua se ha incrementado debido a la existencia de conductímetros portátiles que facilitan su determinación a campo.

Las determinaciones conductométricas indican la concentración aproximada total de constituyentes ionizados en el agua. Está íntimamente relacionada con la suma de cationes y aniones determinados químicamente, y por ello correlacionada con el total de sólidos disueltos. Es una determinación rápida que no altera ni consume parte de la muestra y que se expresa en µsiemens/cm o µmhos/cm (cap. V).

Por ejemplo, el agua destilada, baja conductora por tener un mínimo de electrolitos, tiene una C.E. de 0,5 a 3 µS/cm o µmhos/cm, el agua potable 50 a 100 µS/cm, la mayor parte de los ríos está entre 50 y 1500 µS/cm, las aguas industriales pueden llegar a 10.000 µS/cm y la de mar a 53.000 µS/cm.

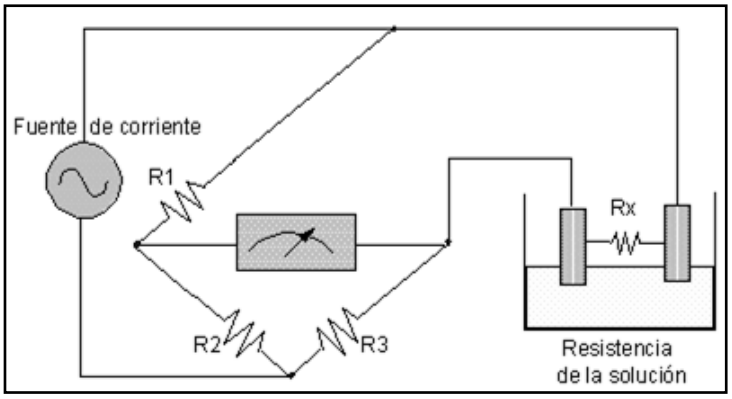


Figura 8-2.- Diagrama del circuito o Puente de Wheastone empleado para medir la C.E.



Figuras 8-3.- Conductímetros de laboratorio y portátiles.

La temperatura afecta la conductividad, ya que cuanto más caliente está el agua, más alta es la conductividad pues disminuye la viscosidad del agua y permite que los iones se muevan más rápidamente, conduciendo más electricidad. Este efecto de la temperatura es diferente para cada ion, pero típicamente para soluciones acuosas diluidas, la conductividad varía de 1 a 4 % por cada °C.

Por lo tanto, para establecer el puente eléctrico a través del agua para determinar la conductividad específica, se fija una temperatura del agua de 25° C. Los conductímetros pueden medir también la temperatura y compensarla automáticamente antes de presentar la lectura.

Si bien el valor de la conductividad específica da una idea aproximada de la cantidad de sales totales disueltas en el agua, la misma se ve influida por la naturaleza de las sales y por sus concentraciones reales y relativas. Algunas sustancias se ionizan en forma más completa que otras y por lo mismo conducen mejor la corriente. Son buenos conductores los ácidos, bases y sales inorgánicas, teniendo cada uno su curva característica de concentración contra conductividad.

El tenor de sales totales se estima multiplicando el valor de la C.E. a 25° C por un factor f, que varía de 0,55 a 0,90 según la naturaleza de los solutos presentes:

Sales totales en mg/l = C.E. en µS/cm x f

Es por esto que el valor de la conductividad específica como estimador de la concentración de sales totales únicamente tiene validez al emplear el factor de conversión f adecuado, y como el mismo depende de la cantidad y calidad de las sales disueltas, nos encontramos con que es necesario conocer un análisis químico previo del agua de la zona.

El factor se puede obtener en forma experimental de un conjunto grande de muestras de agua de una zona determinada, cuya composición salina no sea muy variable, de las que deben conocerse los análisis químicos y la conductividad específica.

De esta manera se obtendrán factores zonales, que permitirán estimar aproximadamente las sales totales a través de determinaciones rápidas a campo de C.E.. No es posible emplear un factor único, ya que pueden producirse errores de hasta el 25 % en la estimación de sales totales, especialmente cuando se trata de aguas de alta salinidad.

Es necesario calibrar periódicamente los conductímetros empleados a campo con soluciones testigo por las variaciones de su sensibilidad que pueden ocurrir a en el transcurso del tiempo, transporte y uso.

Multiplicando los µS/cm por 10, se tienen miliequivalentes de sales por litro (me/l). Un me/litro es aproximadamente igual a 68 mg/litro de sales.

La C.E. se emplea mucho en aguas para riego, donde la salinidad es muy baja. En las aguas de bebida del ganado es un método práctico muy útil a campo, ya que permite verificar en forma rápida la variación del contenido de sales disueltas en el agua.

Tanto el salímetro como la conductividad eléctrica pueden utilizarse para determinar si una muestra necesita ser sometida al análisis de laboratorio, que supera ampliamente en exactitud a estos métodos.

MEDIDORES DEL TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS Y TEMPERATURA DEL AGUA

Los medidores de TSD son un instrumento portátil ideal para la medición en forma rápida a campo de las sales totales en agua, tanto para las de consumo animal como humano. Hay distintos modelos con distintos rangos de medición. En general, esos rangos varían entre 10 a 1990 mg/l, 100 a 10000 mg/l y 100 a 19990 mg/l.

Algunos miden también la temperatura y ajustan automáticamente la medición del TSD a la misma.

Son para mediciones a campo, no indican el tipo de sales disueltas y de ninguna manera reemplazan a un buen análisis químico del agua.





Figuras 8-4.- Distintos modelos de medidores de sólidos totales disueltos y temperatura del agua.

MEDIDORES DE pH

Los pehachímetros portátiles digitales permite la medición del pH de soluciones acuosas con precisión. Son de bolsillo, en general con electrodos protegidos e intercambiables, siendo una importante herramienta para la medición de pH a campo, con un rango completo de 0 a 14 y una precisión de 0.2 pH.





Figuras 8-5.- Distintos modelos de peachímetros portátiles digitales.

ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA

Los análisis químicos de agua para bebida animal se realizan fundamentalmente para determinar la factibilidad de su uso por la incidencia en:

- El estado de la hacienda o condición corporal (CC).
- La fertilidad del rodeo (número de terneros destetados por vaca entorada).
- La producción (kg de carne o de leche).
- La ingesta animal.
- La suplementación mineral.
- Casos subclínicos, clínicos y mortandades.

Los guarismos que se obtengan tendrán que ser estudiados en forma integral a través de lo visto en los capítulos precedentes.

TOMA DE MUESTRAS

La toma correcta de las muestras de agua a analizar es un paso sumamente importante para un cabal resultado del análisis. La persona que la recoge y la lleva al laboratorio es corresponsable de la validez de los resultados. Un excelente análisis carece de validez si la muestra enviada al laboratorio no es representativa.

Las muestras deben tomarse del caño de abastecimiento del tanque o depósito, con el molino o bomba en funcionamiento y luego que haya extraído agua durante al menos 15 minutos. Esto último es muy importante, ya que equivale a obtener la muestra de la napa misma, sin ninguna alteración por contaminación o efecto de la temperatura.

No se deben extraer muestras de molinos o bombas recién instalados, sino que deben dejarse funcionar siete o más días antes de hacerlo, hasta que la calidad del agua extraída se estabilice. Es imprescindible repetir el análisis unos meses después de comenzado su uso. Estas precauciones se deben aplicar también a pozos o perforaciones fuera de uso.

Las muestras del bebedero o del tanque varían en su salinidad entre sí y con respecto a la del caño abastecedor. Por ejemplo, por evaporación, sobre todo en verano, se concentran las sales del tanque y más aún las del bebedero; si el tanque y bebedero están sucios, los nitratos y nitritos aumentan; si hay o hubo viento, el silicio puede aumentar; etc.

Lo que nos interesa en primer lugar en un análisis de agua es la fuente de la misma y no las variaciones posteriores a su extracción, que pueden ser corregidas o paliadas.

Es por ello que la muestra debe obtenerse del caño abastecedor. Una excepción a esta regla sería cuando es necesario efectuar un análisis de agua de bebida para confirmar un diagnóstico clínico. En este caso, se deben extraer muestras del bebedero, del caño abastecedor y, si se considera necesario, también del depósito, de manera de poder ubicar donde se encuentra la fuente del problema.

Otra excepción es cuando se trata de agua de surgente que mana a temperatura más elevada cuanto mayor sea la profundidad del mismo. La mayor temperatura del agua hace aumentar la salinidad, ya que en agua caliente se solubilizan mas las sales. Al enfriarse en los tanques, una parte de las sales precipita, por lo que baja el tenor salino. Como este agua hay que dejarla enfriar para suministrársela a los animales, los mismos tomarán agua con menos salinidad de la que sale del caño abastecedor. Por lo tanto, la muestra se deberá tomar como en las aguas en reposo y una vez el agua a temperatura ambiente.

Si la muestra se debe extraer de cañerías, se debe dejar correr el agua un cierto tiempo, para que llegue agua del depósito antes de llenar el envase.

Si se trata de agua en movimiento (ríos, arroyos, acequias, etc.) se tomará la muestra en el lugar en que el movimiento es más rápido si la hacienda bebe directamente. Si es agua en reposo (tajamares, represas, lagunas, tanques, etc.) se tomará la muestra en el centro a media profundidad si la hacienda bebe directamente. Es muy importante que la muestra no contenga restos visibles orgánicos vegetales o animales.

Si el agua en movimiento o en reposo se lleva a otro lugar para su suministro, se toma la muestra del lugar donde se ubica la cañería para extracción.

Si se efectúan análisis periódicos para control, la muestra siempre se debe tomar del mismo lugar.

Las muestras se deben envasar en botellas de plástico (lo más práctico y económico), de preferencia que hayan contenido agua mineral o soda, o de vidrio pirex, de un litro o más de capacidad. Como ciertos cationes pueden disminuir o desaparecer por absorción o intercambio con las paredes de un envase de vidrio, como ser el flúor y el arsénico, o ser aportados por el vidrio, como el silicio, no usar vidrio común si se desea analizarlos.

Las botellas deberán estar perfectamente limpias y se enjuagarán previo a su llenado varias veces con la misma agua a analizar. Se tendrá la precaución de lavar la tapa de la misma forma y llenar el envase completamente, de manera que no quede aire en él para evitar la pérdida de gases disueltos. Taparlo herméticamente e identificar correcta y claramente la muestra mediante una etiqueta segura pegada al envase (que no se borre o pierda). Para análisis de sales no es necesario esterilizar el envase ni la boca del caño.

Si bien en la muestra las variaciones por reacciones químicas, actividad biológica y alteraciones físicas en general son de poca signficación para uso ganadero, se debe manejar la misma de manera de reducir al míni-

mo estos cambios. Una vez extraída la muestra, se envuelve la botella en papel no transparente, de manera de impedir la acción de la luz, y evitar el calor. Los cambios causados por la multiplicación de microorganismos pueden disminuir mucho si se conserva la muestra hasta su entrega a laboratorio en lugar oscuro y fresco, de ser posible en heladera, en la parte inferior, sin congelar.

La muestra debe ser llevada al laboratorio en el menor tiempo posible. Se estima en unos tres días el tiempo máximo ideal que puede transcurrir entre la toma de muestra y el análisis, pero cuanto menor sea ese lapso, mayor será la garantía de que la muestra no ha variado en sus características físicas, químicas o microbiológicas, especialmente si es agua de represas u otras fuentes que contengan materia orgánica.

Algunas determinaciones, como el pH, para su mayor exactitud deben ser realizadas dentro de las 2 horas de tomada la muestra, por lo que es conveniente determinarlo con un peachímetro portátil en el momento de la extracción.

Si es posible (no es imprescindible) posicionar satelitalmente la fuente del agua mediante un GPS.

PROTOCOLO TIPO PARA ANÁLISIS DE AGUA DE BEBIDA PARA GANADO

Nordel (1979) comenta que se ha dicho irónicamente que hay tantas maneras o métodos de expresar un análisis de agua como químicos que los hacen. Aunque esta aseveración es obviamente exagerada, hay considerable verdad en ella. Esto no quiere decir que los resultados analíticos sean incorrectos, sino la manera como esos resultados se expresan, muchas veces en forma muy complicada. En el cuadro 8-3 se muestra la misma cantidad de calcio reportada en 23 de las diferentes formas en que se puede expresar:

Tabla 8-3.- La misma cantidad de calcio expresada en 23 formas diferentes
(Adapt. de Nordel, 1979).

Portador	Fórmula	Partes por millón	Partes por 100.000	Granos por galón EE.UU.	Equivalentes por millón	Miliequivalentes por litro
Calcio	Ca	40	4	2,3	2 epm	2 meq/l
Oxido de calcio	CaO	56	5,6	3,3	---	---
Carbonato de calcio	CO_3Ca	100	10	5,8	---	---
Bicarbonato de calcio	$(HCO_3)_2$ Ca	162	16,2	9,4	---	---
Cloruro de calcio	Cl_2Ca	111	11,1	6,5	---	---
Sulfato de calcio	SO_4Ca	136	13,6	8,0	---	---
Nitrato de calcio	$(NO_3)_2Ca$	164	16,4	9,5	---	---

Cada laboratorio que efectúa análisis de aguas tiene por lo general su propio protocolo que indica las determinaciones que realiza el mismo. En algunos casos emplean para agua de bebida de bovinos los mismos protocolos que para aguas de consumo humano, uso doméstico, limpieza, lavado, riego, uso industrial, análisis químicos, aplicaciones biológicas o uso recreativo.

Esto lleva a que existan protocolos en los que faltan datos importantes y otros en que se encuentran algunos que no tienen ningún valor para nuestros fines, o que pueden ser reemplazados por otros más útiles. Incluso hay protocolos más o menos correctos en los cuales algunas determinaciones de interés fundamental para la ganadería no son investigadas por el laboratorista.

Es así que nos encontramos con una gran disparidad de criterios sobre los datos que deben investigarse para juzgar un agua para bovinos. Esto hace que muchas veces sea imposible comparar aguas para bebida de ganado por medio de análisis efectuados por distintos laboratorios, y otras veces, los protocolos que nos son entregados no contienen los datos suficientes para juzgar correctamente un agua.

Tabla 8-4.- Protocolo para análisis de agua de bebida para ganado

IDENTIFICACIÓN						Análisis Nº:	
Muestra Nº:	Fecha extracción: / /		Fecha entrada: / /			Fecha salida: / /	
Finalidad: cría - recría - inverne - tambo.							
Procedencia	Aguada (Nº y/o nombre):			Tipo de aguada:			
	Profundidad:			Napa Nº:			
	Establecimiento:			Propiedad de:			
	Localidad:			Dep./Partido:			
	Provincia:			GPS: Long.: Lat.:			
	pH en momento toma:			Temperatura en momento toma:			
	Presentó muestra:			Teléfono:			
	Dirección postal:			E-mail:			
ANÁLISIS FÍSICO							
Color:	Olor:		Sabor:			Turbiedad:	
ANÁLISIS QUÍMICO							
I) Determinaciones básicas:			Residuo seco a 105º C:		mg/l		
Aniones				Cationes			
Bicarbonato	mg/l	meq/l		Sodio y potasio	mg/l	meq/l	
Carbonato	mg/l	meq/l		Calcio	mg/l	meq/l	
Cloruro	mg/l	meq/l		Magnesio	mg/l	meq/l	
Sulfato	mg/l	meq/l					
II) Determinaciones complementarias							
A) Arsénico	mg/l	meq/l		Amoníaco	mg/l	meq/l	
Flúor	mg/l	meq/l			mg/l	meq/l	
Nitrato	mg/l	meq/l			mg/l	meq/l	
Nitrito	mg/l	meq/l			mg/l	meq/l	
Silicio	mg/l	meq/l			mg/l	meq/l	
	mg/l	meq/l			mg/l	meq/l	
	mg/l	meq/l			mg/l	meq/l	
B) Reacción pH				Dureza total	mg/l		
Alcalinidad debida a carbonato-bicarbonato	mg/l			Dureza permanente	mg/l		
				Dureza temporaria	mg/l		
III) Control del análisis:		---------- meq/l		≅		---------- meq/l	
Interpretación:							
Recomendaciones:							
....., ... de …..... de 20.....-							
Laboratorio:..... firma y sello				Interpretación: ..... firma y sello			

Otro problema es que las unidades empleadas en las determinaciones varían en los distintos protocolos y aún dentro del mismo, lo que trae aparejada la necesidad de efectuar reducciones a unidades equivalentes para poder compararlos o estudiarlos (Bavera y col., 1979b).

Por todo ello es que proponemos el anterior protocolo tipo, que consideramos contiene todos los datos necesarios para poder juzgar exhaustivamente un agua destinada a consumo animal, sin determinaciones superfluas, aunque en algunos casos no es necesario completar todas las determinaciones, y en unidades de comprensión rápida para el profesional que realiza la interpretación, el que muchas veces no posee conocimientos profundos de química, pero sí de clínica y de producción bovina y sobre el establecimiento agropecuario problema, información que es necesaria y hasta imprescindible para realizar una interpretación correcta y recomendaciones prácticas realmente aplicables en ese campo.

IDENTIFICACIÓN

Se refiere a los datos necesarios para la identificación de la muestra:

Análisis Nº: Para la identificación de la muestra dentro del laboratorio.

Muestra Nº: Para la identificación de la muestra por parte del productor, especialmente si ha presentado varias muestras simultáneamente.

Fecha extracción: Día en que el productor extrajo la muestra.

Fecha entrada y Fecha salida: Día en que fue entregada al laboratorio y día en que se terminaron los análisis.

Finalidad: Especie y tipo de explotación (cría, recría, inverne, tambo), lo que es necesario conocer para interpretar los análisis y hacer las observaciones.

Procedencia: identificación clara y precisa de:

Aguada (Nº y/o nombre): Para que el productor relacione sin dudar el protocolo de análisis entregado por el laboratorio y la aguada a la que corresponde si en el establecimiento hay más de una.

Tipo de aguada: necesario para conocimiento del laboratorista y del interpretador (molino, bomba, represa, laguna, tanque, arroyo, vertiente, etc.).

Profundidad: Si es de napa, la profundidad a la que se encuentra.

Napa: Si es de napa freática (1ª) o de napa artesiana (2ª, 3ª, etc.).

Establecimiento: Nombre del establecimiento agropecuario, importante si el productor tiene más de uno.

Propiedad de: nombre de la persona o firma propietaria.

Localidad, Departamento/Partido y Provincia: necesario para ubicar la zona donde se encuentra el establecimiento, ya que es posible que se conozca de la misma la calidad media del agua o la existencia de algún problema (arsénico, flúor, insuficiencia de sales, etc.), lo que llevaría a efectuar alguna o algunas determinaciones complementarias.

Presentó muestra: La muestra puede haber sido entregada al laboratorio por el propietario, su administrador, su asesor técnico u otra persona. Si existe un asesor técnico, es conveniente que el mismo haga la interpretación y las recomendaciones.

ANÁLISIS FÍSICO

No reviste gran importancia en producción bovina, pero nos puede dar una orientación en algunos aspectos, como ser la realización de ciertas determinaciones complementarias, y no encarece el análisis.

COLOR:

Las aguas coloreadas son por lo común las superficiales o las de pozos poco profundos. El color puede deberse a la presencia de iones metálicos, como el hierro oxidado, orgánico o coloidal, el magnesio, manganeso

o también a materia orgánica, plancton, taninos (ácidos húmicos) o desechos industriales. La causa más común son compuestos orgánicos complejos que se originan en la descomposición de la materia orgánica natural, derivadas principalmente del humus del suelo, por lo que reciben el nombre de sustancias húmicas. Es decir, esta característica puede estar dada por sustancias en solución y/o suspensión. En general, los materiales responsables del color natural en el agua no son perjudiciales para la fisiología del animal.

Las características colorimétricas de las muestras recién obtenidas incluyen no solo el color de las sustancias en solución sino también el que aportan los materiales en suspensión. Se habla en este caso de color aparente, el cual se determina en muestras originales sin filtrar ni centrifugar.

Cuando se habla de color en un sentido más estricto, se refiere al que se determina después de eliminar la turbiedad.

La determinación del color se realiza por una comparación visual de la muestra con soluciones coloreadas de concentración conocida.

OLOR:

La presencia de olor (a moho, huevos podridos, pescado, tierra, madera, detergente, séptico, metano, fenoles, aceite, gasoil, nafta, etc.) en las aguas naturales puede atribuirse a muy diversas causas, como el desarrollo de microorganismos, descomposición de restos vegetales o animales y contaminación por residuos industriales, cloacales, agrícolaganaderos, derrames o filtraciones subterráneas de combustibles, etc.

Los principales responsables de las sustancias odoríferas son los materiales orgánicos, bastante numerosos y de una complejidad estructural variable, que en determinadas condiciones pueden persistir aunque existan tan solo en concentraciones del orden de las mil millonésimas.

En la mayoría de los casos, las sustancias responsables de los olores no pueden ser aisladas ni identificadas mediante los análisis químicos corrientes. Su determinación se basa y depende del sentido del olfato. Una misma persona no puede efectuar el análisis del olor con mucha frecuencia, dado que el sentido del olfato se fatiga rápidamente pudiendo inducir a errores.

Las altas temperaturas exaltan los olores que pueden existir en el agua, y por ello suelen usarse en el análisis de los mismos.

En las aguas potables, los compuestos formados por la acción del cloro sobre la materia orgánica son los principales responsables de los olores presentes, siendo el crecimiento de microorganismos el responsable de la aparición de estos compuestos orgánicos.

Las aguas superficiales, y en especial las confinadas, son las que más frecuentemente presentan olor. Las de pozo, sobre todo cuando éste es profundo, suelen estar exentas de olores intensos y objetables.

SABOR:

Los sabores más comúnmente detectados en aguas son de tipo salobre, metálicos o clorados y son producidos por los compuestos inorgánicos de hierro, manganeso, sodio, potasio, cinc, cloro y las asociaciones del cloro con la materia orgánica.

Los sabores desagradables, como los producidos por el hierro y el manganeso y los compuestos del cloro con la materia orgánica, pueden llegar a originar inconvenientes en las aguas de bebida. También pueden ser producidos por la acción de bacterias, pH muy bajo, alcalinidad muy elevada e intrusiones de agua salina.

El sabor puede utilizarse, según hemos visto, como una medida aproximada de la salinidad de las aguas de bebida.

TURBIEDAD:

La turbiedad de las aguas está dada por la presencia de sólidos suspendidos, de origen orgánico e inorgánico, tales como arcilla, fango, limo, arena, materia orgánica finamente dividida, microorganismos, algas, pro-

ductos de la oxidación de materiales existentes en el agua, etc. Estas sustancias determinan modificaciones en el pasaje de los rayos luminosos, absorbiendo, refractando y reflejando parte de la luz incidente.

Si bien la turbiedad no puede tomarse como medida de la cantidad de material en suspensión, tiene importancia desde el punto de vista sanitario.

Es grande la variación en turbiedad que presentan las aguas naturales, según provengan de ríos, arroyos, lagos, represas o napas subterráneas. Los lagos y represas funcionan como inmensas cámaras de sedimentación natural y sus aguas son sensiblemente menos turbias que las de ríos y arroyos. Las aguas subterráneas son límpidas debido a la acción filtrante de los estratos por los que pasan. Sin embargo, su transparencia depende de la época de lluvias, y sobre todo, de la naturaleza del suelo que atraviesan y de la profundidad del pozo o perforación. Cuando contienen hierro o manganeso, las aguas subterráneas suelen volverse turbias en contacto con el aire, por oxidación de dichos elementos, que forman compuestos coloreados.

En el laboratorio, la turbidez se determina midiendo el espesor de una columna de agua que hace desaparecer la imagen de una lámpara patrón, observada a través del líquido. Tanto en observaciones a campo como en laboratorio, las muestras deben ser vigorosamente agitadas antes de ser examinadas.

Se recomienda determinar la turbiedad el mismo día de extraída la muestra, para evitar cambios irreversibles en la misma. Hasta 24 hs de extraída, la muestra puede ser conservada en un lugar oscuro, pero si excede ese lapso, deberá agregarse 1 g de cloruro de mercurio por cada litro de la muestra. Este agua así tratada no sirve para otros análisis, para los cuales se deberá tomar muestra por separado.

Las muestras extraídas directamente del caño de abastecimiento pueden presentar mayor turbidez que las obtenidas en los depósitos; en estos últimos se da una decantación natural y en su fondo se depositan las sustancias de partícula grosera que acompañaban al agua en el momento del bombeo.

ANÁLISIS QUÍMICO

Son las determinaciones más importantes de efectuar en producción animal y las dividimos en básicas, complementarias, control del análisis y, como complemento, combinaciones hipotéticas.

Excepto el pH, todas las demás determinaciones pueden expresarse en mg/l, que es la unidad de concentración que adoptamos por ser fácilmente comprensible por técnicos agropecuarios para efectuar la interpretación. Además, incluimos meq/l como segunda unidad de concentración, la cual es necesaria para efectuar el control del análisis y calcular las combinaciones hipotéticas. Esta unidad se puede obtener por cálculo o de tablas a partir de los mg/l.

I: DETERMINACIONES BÁSICAS

Son aquellas **imprescindibles de efectuar** en todo análisis de aguas para ganado, y en algunos casos, las únicas que es necesario realizar.

RESIDUO SECO A 105º C (RS):

El **residuo seco a 105º C** o **residuo seco por evaporación** (**RS**) o **salinidad total (ST)** o **sales solubles totales** o **sólidos disueltos totales** (**TDS**) **o residuo mineral** o **contenido de sales totales** (**ST**) es el peso de la totalidad de las sales que no volatilizan a 105º C de temperatura disueltas en un litro de agua, previamente filtrada para separar las sustancias en suspensión. Es el valor más importante para determinar la calidad del agua de bebida para hacienda, conjuntamente con la naturaleza de sus componentes.

Para su valoración en la interpretación, es conveniente tener en cuenta si hay silicio en cantidades apreciables.

DETERMINACIÓN DE IONES:

Las sales que contiene el agua se encuentran disueltas en ella y al mismo tiempo disociadas en sus iones (aniones y cationes). En la práctica, se determina el contenido que tiene el agua de cada ión en particular, y no de las sales que podría formar, las que se pueden calcular en forma aproximada a través de las combinaciones hipotéticas. Se averigua el contenido de cloruro, sulfato, calcio, etc. individualmente, y cuando abunda uno de ellos en particular, se dice que se trata de un agua clorurada, sulfatada o calcárea, respectivamente.

Hay que destacar que la suma de los mg/l de cada ión de las determinaciones básicas y complementarias siempre es algo menor que el residuo seco a 105º C (ver: Control del análisis).

ANIONES:

El bicarbonato, carbonato, cloruro y sulfato son los aniones imprescindibles de determinar en un análisis de agua. En aguas que presentan alto contenido salino, se puede apreciar que las concentraciones de cloruro y sulfato son por lo general más altas que las de los iones bicarbonato y carbonato. En contraposición, cuando un análisis da como resultado bajo contenido salino, es común que el bicarbonato sea el anión que alcance el mayor valor de concentración.

El orden de prevalencia de los aniones es:

- En aguas de alto tenor salino: cloruro, sulfato, bicarbonato, carbonato.
- En aguas de bajo tenor salino: bicarbonato, carbonato, cloruro, sulfato.

CATIONES:

Es imprescindible determinar el sodio, potasio, calcio y magnesio. Como el potasio generalmente está en pequeñas cantidades y sus propiedades son muy semejantes a las del sodio, se lo agrupa con éste en los análisis. Cuanto mayor es la salinidad total del agua, menor es el error al adoptar este criterio, y si la salinidad es baja, su importancia en el agua de bebida para ganado es despreciable.

El orden de prevalencia de los cationes es:

- sodio, calcio o magnesio y potasio.

En general, esta prevalencia se nota en forma más manifiesta al aumentar la cantidad de sales totales del agua.

II: DETERMINACIONES COMPLEMENTARIAS

Son aquellas que se realizan únicamente a solicitud del presentante de la muestra o por indicación del asesor técnico del productor o por el intérprete del análisis. Las dividimos en dos grupos:

A) Por conocimiento o sospecha: Se efectúan únicamente en el caso de que en la zona de la cual proviene la muestra de agua se conozca o sospeche la existencia de alguno de los iones enumerados en el agua en cantidades importantes. También se tendrán en cuenta para su realización la presencia de síntomas subclínicos o clínicos que hagan sospechar la existencia de alguno de estos aniones o cationes. Excepto estos casos, en agua de bebida para hacienda no se justifican estas determinaciones.

En el caso que la aguada sea de uso mixto, es decir, para el ser humano y para los animales, siempre se deberán efectuar como determinaciones complementarias por lo menos arsénico, flúor, nitratos y nitritos.

B) Por tratamientos del agua: Estas cinco determinaciones no tienen utilidad para el juzgamiento de un agua de bebida para bovinos, sino que son empleadas cuando se van a realizar tratamientos de la misma. Por lo tanto, se determinan sólo a solicitud del presentante de la muestra.

pH:

Expresa la acidez o alcalinidad y se mide con una escala de 0 (muy ácido) a 14 (muy alcalino o básico), con un valor medio de 7, que corresponde a la neutralidad. Por lo tanto, de 0 a 7 la escala marca acidez y de 7 a 14 alcalinidad.

La definición de pH indica que es el valor negativo del logaritmo decimal de la concentración de ión hidrógeno:

$$pH = -\log 10 (H^+)$$

Como está en escala logarítmica, cambia una unidad por cada potencia de 10 que cambia el valor de la concentración de iones hidrógeno (H^+). Puesto que los términos alcalinidad y acidez expresan la capacidad buffer de una muestra, el valor de pH representa la actividad instantánea de iones hidrógeno.

En la mayoría de las aguas naturales el pH está principalmente en función del sistema de carbonatos (dióxido de carbono, ácido carbónico, bicarbonato y carbonato), presentando valores de entre 4 y 9, siendo más común entre 5,5 y 8,6 como resultado del equilibrio de disociación de los ácidos y bases débiles, que actúan como reguladores. Las aguas subterráneas son más alcalinas que las superficiales.

Si el agua tiene un pH menor que 5.5, puede producirse en los rumiantes acidosis ruminal y una ingesta reducida de alimento. En los monogástricos un pH bajo no tiene efecto por las condiciones ácidas del estómago.

El pH es importante en la efectividad de algunos tratamientos del agua o en el agua. Por ejemplo, un pH alto reduce la eficiencia de la cloración mientras que un pH bajo precipita algunos agentes antibacterianos suministrados en el agua.

El pH del agua apto para el bovino está entre 6,15 y 7,5, siendo las levemente alcalinas, de pH 7 a 7,3, las ideales.

Las aguas de pH menor de 5 o mayor de 8 tienen secuelas corrosivas sobre las instalaciones.

La determinación del pH nos orienta para la determinación de carbonatos, bicarbonatos o hidróxidos. Cuando el pH es igual o menor de 4,2, no contienen bicarbonato ni carbonato y hay en disolución anhídrido carbónico. Si el pH varía entre 4,2 y 8,3 hay en disolución bicarbonatos, y si varía entre 4,2 y 10,5 hay en disolución carbonatos y bicarbonatos. Si el pH es superior a 10,5 hay en disolución hidróxidos. Por ello, al hacer el análisis, si el pH de la muestra de agua es superior o igual a 8,3, se determinan carbonatos y bicarbonatos y si el valor del pH varía entre 4,2 y 8,3, se determina solamente bicarbonatos. Si el pH es igual o menor a 4,2, debe determinarse anhídrido carbónico disuelto. Cuando el pH es mayor de 10,5 debe determinarse la presencia de hidróxidos.

Acidez:

No son comunes las aguas naturales ácidas y en casi todos los casos corresponden a aguas subterráneas o superficiales contaminadas con desechos industriales.

Aguas con pH muy inferior a 6,8 pueden producir corrosión en cañerías y accesorios, con depósitos rojos o azul verdosos.

La acidez también puede ser causada por la presencia de dióxido de carbono (CO_2) libre y otras sustancias ácidas naturales, como el ácido sulfúrico, acompañado de sulfato de hierro, aluminio, manganeso, sodio, potasio, calcio y magnesio, y en este caso no debe pensarse en contaminación.

Alcalinidad:

La alcalinidad indica la capacidad del agua para absorber iones hidrógeno sin cambio significativo del pH. Es decir, es una medida de la capacidad tamponadora del agua, o sea de la capacidad del agua para neutralizar ácidos, lo que se debe a la presencia de bicarbonato, carbonato, en general de sodio, potasio, magnesio y calcio, o hidróxidos, y en menor proporción, de borato, silicato, fosfato y compuestos orgánicos.

El principal problema de la alta alcalinidad es su reacción con algunas sustancias, cuyo precipitado puede inutilizar algunos accesorios de las cañerías.

Por lo general, la mayoría de las muestras de agua de tanques y bebederos presentan valores mayores a 7, especialmente cuando la carga salina es reducida.

El valor de pH considerado en forma aislada como juicio para evaluar aguas de bebida no tiene validez, pues es necesario contar con otros datos analíticos.

La determinación del valor de pH debe hacerse en el menor tiempo posible desde la obtención de la muestra, ya que pueden producirse cambios. Por ejemplo, una muestra con valor 7, a los pocos días puede pasar a 8. Estos cambios se producen en aguas con poca cantidad de sales y se deben a fenómenos de hidrólisis y/o biológicos.

Cuando se producen grandes descensos de presión atmosférica puede ocurrir una alteración del punto de equilibrio de los bicarbonatos, de los carbonatos y del anhídrido carbónico. Esta alteración ocurre al bajar la presión significativamente aumentando los carbonatos, favoreciéndose las incrustaciones y desprendiéndose dióxido de carbono (el agua se torna alcalina), el que puede redisolverse posteriormente por baja de la temperatura y suba de la presión atmosférica, bajando consecuentemente el pH del agua. La hacienda rechaza el agua muy alcalina, por lo que en estos casos bebe de noche, cuando baja la temperatura o cuando cesan los vientos del norte, que bajan la presión atmosférica.

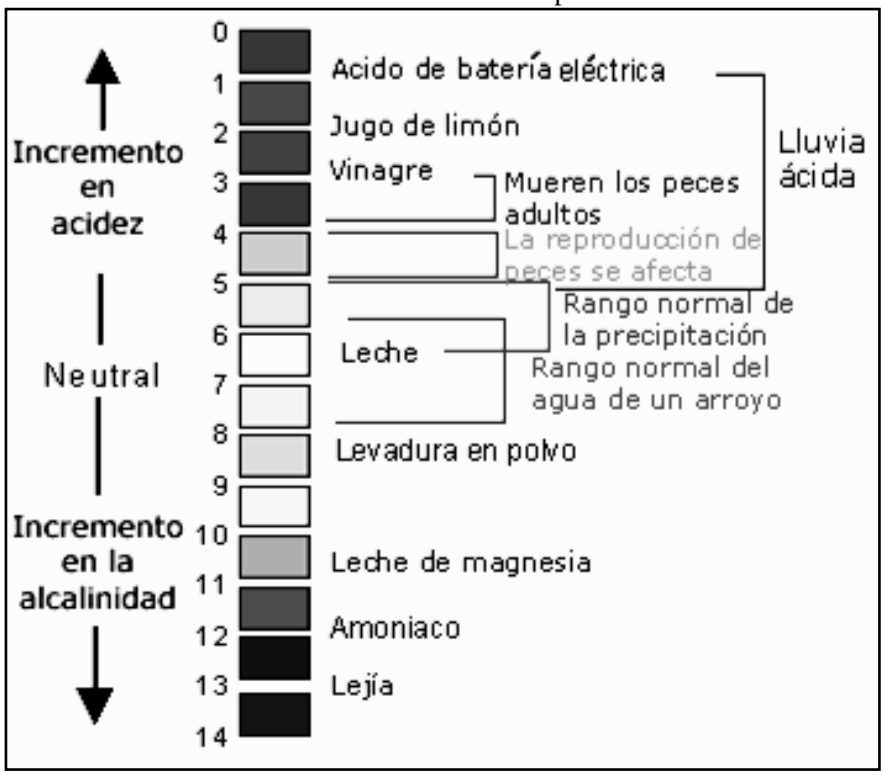
Niveles de alcalinidad altos pueden tener un efecto laxante. Niveles bajos pueden incrementar los efectos laxantes de un nivel alto de sulfato. Al aumentar la alcalinidad, el nivel al cual el sulfato causa diarreas disminuye.

Las aguas subterráneas con fuerte carga de bicarbonatos generalmente a la salida del molino o bomba tienen un pH inferior a 8,2, pero en los tanques, y más aún en los bebederos, el pH aumenta fuertemente. La causa de esto es el grado de insolación.

Es decir, que este problema de pérdida del anhídrido carbónico y brusco aumento de la alcalinidad se puede producir por baja de presión atmosférica y/o aumento de la temperatura del agua por insolación de la misma.

El pH también se emplea para comprobar la acidez que ha resultado en el agua tratada con algunos sistemas de permutación iónica, como ser la zeolita de hidrógeno, y decidir si la misma debe ser o no eliminada.

Tabla 8-5.- Escala de pH



ALCALINIDAD DEBIDA A CARBONATO Y BICARBONATO:

Se obtiene por titulación de la muestra con un ácido fuerte de concentración conocida y expresa la cantidad de dichos aniones en mg/l. Es un valor importante en la determinación del tipo de dureza que contiene el agua para efectuar tratamientos de la misma, como ser en el proceso a la cal y soda en frío o caliente.

DUREZA TOTAL O GRADO HIDROTIMÉTRICO:

Es el contenido total de calcio y magnesio, generalmente como bicarbonatos, expresado en términos de carbonato de calcio, y se mide en mg/l de carbonato de calcio o en grado francés (ºF). Esta definición, que deriva de la propiedad que tienen dichos cationes de precipitar las soluciones jabonosas ("las corta o cuaja"), formando grumos bajo la forma de sales de ácidos grasos superiores, debe ser ampliada en el sentido de incluir los demás cationes presentes en las aguas, que también precipitan soluciones jabonosas. Estos cationes son el hierro, aluminio, manganeso, estroncio, cobre, bario, plomo, cinc y los iones hidrógeno.

Con excepción del calcio y magnesio, todos los demás se encuentran en cantidades tan pequeñas que en casi todos los casos la dureza total es atribuible a los dos primeros. La dureza causada por los cationes mencionados es independiente de los aniones presentes en la solución.

Cálculo (Estándar Methods, APHA-AWWA-WEF, 1995):

$$\text{Dureza total (mg/l)} = 2{,}497 \times (\text{Ca mg/l}) + 4{,}118 \times (\text{Mg mg/l})$$

En las aguas superficiales la dureza generalmente es directamente proporcional al residuo seco o a la conductibilidad eléctrica. En las aguas subterráneas la dureza no esta en relación directa a la conductibilidad eléctrica sino que depende del tipo de depósito geológico que el agua ha atravesado. En depósitos de lecho de roca el agua es generalmente blanda (sódica) a pesar del grado de mineralización. Como regla general los acuíferos glaciales producen agua dura mientras los acuíferos de lecho de roca producen agua blanda.

No se ha encontrado ninguna correlación entre contenido de dureza del agua de bebida para el hombre o los animales y daños a sus organismos. Los problemas que traen las aguas duras son de tipo doméstico e industrial.

Para uso humano, se considera un agua con respecto al valor de la dureza de la siguiente forma:

Tabla 8-6.- Clasificación de la dureza del agua para uso humano

Blanda o buena	menos de 100	mg/l de carbonato de calcio o	
	de 10	ºF.	
Semidura o mala (pero bebible)	de 200 a 300	mg/l de carbonato de calcio o	
	de 20 a 30	ºF.	
Dura o desechable	más de 300	mg/l de carbonato de calcio o	
	mas de 30	ºF.	

En los tambos, las aguas duras bajan los consumos de agua y por ende la producción de leche, y en los equipos de ordeño, las sales que dan la dureza al agua de lavado forman las llamadas piedras de leche, que es necesario eliminar con detergentes ácidos. Cuánto más dura es el agua, con más frecuencia semanal será necesario emplear los detergentes ácidos, lo que aumenta los costos de producción. Las aguas duras también afectan la eficacia de los detergentes alcalinos neutralizándolos, por lo que es necesario aumentar su concentración, y por ende el gasto. También los niveles elevados de dureza y de sales disminuyen la vida útil de las instalaciones, tales como las partes de goma de los equipos, cañerías, maderas y pisos.

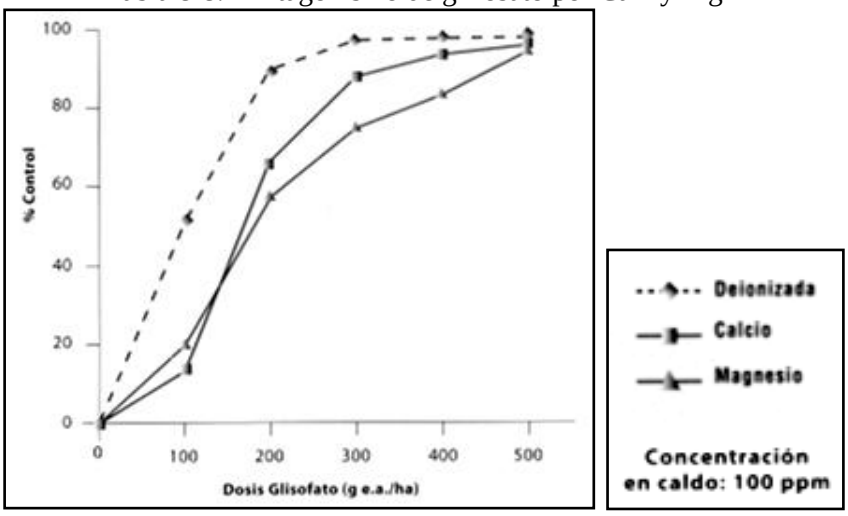
Tabla 8-7.- Clasificación de la dureza del agua para lavado de la ordeñadora en tambos y el empleo de agroquímicos (Taverna y Charlón, 2000).

Clase	mg/l de carbonato de calcio
Blanda	0 a 60
Moderada	61 a 120
Dura	121 a 180
Muy dura	+ de 180

IONES ANTAGONISTAS CON HERBICIDAS

Las aguas duras pueden interferir la acción de algunos herbicidas. Por ejemplo, los iones calcio y magnesio pueden reducir el efecto herbicida de los glifosatos, como se muestra en el siguiente gráfico:

Tabla 8-8.- Antagonismo de glifosato por Ca^{++} y Mg^{++}



Las aguas con menos de 50 ppm de Ca^{++}/ Mg^{++} no reducen la actividad de un glifosato. Con 50 - 100 ppm se produce una moderada reducción de actividad y con más de 100 ppm el problema puede ser serio, especialmente con volúmenes de agua mayores a 100 l/ha. Otros iones que afectan a los glifosatos son el hierro y el cinc, y en menor medida el sodio. En estos casos se deben emplear surfactantes, que se unen a los iones Ca y Mg evitando que estos reduzcan la capacidad del herbicida y permiten que la maleza absorba mayor concentración de ingredientes activos.

Para agua de bebida para bovinos no se ha establecido una escala, ya que para los mismos carecen de importancia los valores de dureza al no conocerse efectos perjudiciales, salvo la alcalinización del agua y, en casos muy específicos, interferir la asimilación de algún oligoelemento.

La dureza total se puede dividir en dureza permanente y dureza temporaria.

DUREZA PERMANENTE O PERSISTENTE:

Se debe a la existencia de calcio y magnesio formando sales con sulfato, cloruro, nitrato y otros aniones menos importantes. Se mantienen disueltas en el agua aún después de haberla hervido.

DUREZA TEMPORARIA, TRANSITORIA O ACCIDENTAL:

Es la debida a la presencia de bicarbonato, que por ebullición del agua precipita bajo la forma de carbonato de calcio o magnesio.

Cuando la dureza total, empleando unidades equivalentes, es numéricamente igual o menor a la alcalinidad debida a carbonato y bicarbonato, puede expresarse con el nombre de dureza de carbonato. Cuando la dureza total es numéricamente mayor que la alcalinidad debida a carbonato y bicarbonato, la cantidad equivalente se denomina, como en el caso anterior, dureza de carbonato, y el exceso se lo designa como dureza de no carbonato.

La determinación de la alcalinidad debida a carbonato y bicarbonato y de la dureza total, permanente y temporaria es necesaria para realizar tratamientos del agua con cal y soda. Por lo tanto, únicamente si se tiene previsto realizar estos tratamientos se solicitan estas determinaciones.

III: CONTROL DEL ANÁLISIS

Un control rápido de la exactitud de los datos consignados en el protocolo de análisis se puede realizar mediante la suma (por separado) de la totalidad de los meq/l de los cationes y de los meq/l de los aniones indicados en el mismo. Estas dos sumas en teoría tendrían que dar un resultado idéntico, pero en la práctica solo tienen que dar un resultado aproximado, con poca diferencia entre las mismas. Esto ocurre por:

a) Pequeños errores en las determinaciones en el laboratorio, generalmente por restos decimales que al no tomarse en cuenta se van sumando.
b) Al expresar los resultados del análisis no se deben dar gran cantidad de cifras significativas, ya que la exactitud de los métodos empleados no garantizan el uso de muchos decimales. Un resultado como ser 214,64 ppm deberá redondearse a 215 ppm. Aún así, la exactitud de las determinaciones en la última cifra no es mas grande que ± 1.
c) Por el empleo de distintos métodos directos de análisis y también de métodos indirectos (calculados)
d) Fundamentalmente porque no se investigan la totalidad de los iones presentes en ese agua, ya que para nuestros fines no es imprescindible y aumentaría en demasía el costo del análisis.

$$\text{suma de meq/l cationes} \cong \text{suma de meq/l aniones}$$

Otro método es con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{mg/l de Residuo seco a } 105^{o}\text{ C}}{\text{meq/l de cationes}} \cong 64$$

En ambos métodos, una diferencia de hasta aproximadamente un 15 % puede ser considerada correcta. En caso que la diferencia sea mayor a un 20 %, hay un error en el protocolo entregado (generalmente error en alguna o algunas determinaciones o error al transcribir los resultados al protocolo) o algún ión importante en ese agua que no se investigó, como por ejemplo el silicio.

IV: COMBINACIONES HIPOTÉTICAS

Un complemento del análisis, que no es parte del mismo, son las combinaciones hipotéticas. Son cálculos que se efectúan con la información del análisis para determinar en aguas de alta salinidad la que es algo mejor. Tiene valor únicamente en aguas de alta salinidad y se puede realizar mediante cálculos o empleando tablas. No necesariamente lo debe realizar el químico.

Como su nombre lo indica, son las formas probables en que se combinarían los cationes y aniones existentes en el agua analizada. Es de cierta utilidad para juzgar las aguas con valores altos de salinidad, ya que la

existencia de una u otra sal pueden hacerlas más o menos potables para la hacienda. No es de utilidad calcularlas en las aguas de baja salinidad.

Estas determinaciones se obtienen expresando las sales en orden creciente de solubilidad, es decir, en el orden más probable en que se pueden combinar los iones para formarlas.

Tabla 8-9.- Combinaciones hipotéticas

IDENTIFICACIÓN				Análisis Nº:
Muestra Nº:	Fecha extracción: / /	Fecha entrada: / /		Fecha salida: / /
Finalidad: cría - recría - inverne - tambo.				
Procedencia	Aguada (Nº y/o nombre):		Tipo de aguada:	
	Profundidad:		Napa Nº:	
	Establecimiento:		Propiedad de:	
	Localidad:		Dep./Partido:	
	Provincia:		Presentó muestra:	

Carbonato de calcio	mg/l	$CO_3^=$	mg/l	Cloruro de magnesio	mg/l	Cl^-	mg/l
		Ca^{++}	mg/l			Mg^{++}	mg/l
Carbonato de Mg	mg/l	$CO_3^=$	mg/l	Sulfato de sodio	mg/l	$SO_4^=$	mg/l
		Mg^{++}	mg/l			Na^+	mg/l
Sulfato de calcio	mg/l	$SO_4^=$	mg/l	Carbonato de sodio	mg/l	$CO_3^=$	mg/l
		Ca^{++}	mg/l			Na^+	mg/l
Cloruro de calcio	mg/l	Cl^-	mg/l	Cloruro de sodio	mg/l	Cl^-	mg/l
		Ca^{++}	mg/l			Na^+	mg/l
Sulfato de magnesio	mg/l	$SO_4^=$	mg/l				
		Mg^{++}	mg/l				

Interpretación:

Recomendaciones:

....., ... de ..... de 20.....-

Interpretación: .....
firma y sello

Si en el protocolo los valores para los iones de las determinaciones básicas se encuentran expresados únicamente en mg/l, se deben transformar en meq/l para efectuar el cálculo de las combinaciones hipotéticas, mediante el empleo de la siguiente tabla Nº 8-10 (Extractada de la tabla Nº 5-2):

Tabla 8-10.- Factores de conversión de mg/l a meq/l para calcular las combinaciones hipotéticas

Cationes			Aniones	
meq/l = mg/l x:			meq/l = mg/l x:	
Ca^{++}	0,0499		$CO_3^{=}$	0,03333
Mg^{++}	0,08228		$SO_4^{=}$	0,0103
Na^{+}	0,0435		Cl_2^{-}	0,02821

Con los datos obtenidos en las determinaciones básicas del análisis expresados en meq/l, se debe seguir el método expresado en la tabla Nº 8-11:

Tabla 8-11.- Método para determinar las combinaciones hipotéticas

1º) CO_3Ca =	Ca^{++}		
	$CO_3^{=}$		
2º) CO_3Mg =	Mg^{++}		
	$CO3^{=}$ - CO_3Ca		
3º) SO_3Ca =	Ca^{++} - CO_3Ca		
	$SO_4^{=}$		
4º) Cl_2Ca =	Ca^{++} -(CO_3Ca + SO_4Ca)		
5º) SO_4Mg =	Mg^{++} - CO_3Mg		
	$SO_4^{=}$ - SO_4Ca		
6º) Cl_2Mg =	Mg^{++} -(CO_3Mg + SO_4Mg)		
7º) SO_4Na_2 =	$SO_4^{=}$ - (SO_4Ca + SO_4Mg)		
8º) CO_3Na_2 =	$CO_3^{=}$ - (CO_3Ca + CO_3Mg)		
9º) ClNa =	Promedio de	a) Cl^{-} - (ClNa + Cl_2Mg)	
		b) Na^{+} - (SO_4Na_2 + CO_3Na_2)	

Como los bicarbonatos de calcio y magnesio pasan a carbonatos por calentamiento, se los incluye con los carbonatos.

En los pasos 1, 2, 3 y 5, donde se presentan dos alternativas para una sal, se deben calcular ambas, y se toma como valor de dicha sal la alternativa de menor concentración.

En el paso 9, el valor del ClNa es la mitad de a + b.

Una vez efectuado el cálculo de las combinaciones hipotéticas, las sales obtenidas en meq/l se pueden expresar en mg/l, usando la tabla Nº 8-12:

Tabla 8-12.- Cálculo de conversión de meq/l a mg/l para las sales de las combinaciones hipotéticas

Sal	mg/l = meq/l x :
1º) CO_3Ca	50,05
2º) CO_3Mg	42,16
3º) SO_4Ca	68,07
4º) Cl_2Ca	55,49
5º) SO_4Mg	60,18
6º) Cl_2Mg	47,61
7º) SO_4Na	71,02
8º) CO_3Na	52,99
9º) ClNa	58,44

Conociendo los mg/l de cada sal, por medio de la tabla Nº 8-13 se puede conocer qué cantidad de mg/l corresponden a cada ión de las mismas, de manera de poder efectuar en forma exhaustiva la interpretación del análisis:

Tabla 8-13.- Coeficientes para obtener el peso de los aniones y cationes que constituyen las sales de las combinaciones hipotéticas

mg sal	x	coeficiente	=	mg anión/catión
mg CO_3Ca	x	0,5995	=	mg $CO_3^{=}$
mg CO_3Ca	x	0,4005	=	mg Ca^{++}
mg CO_3Mg	x	0,7117	=	mg $CO_3^{=}$
mg CO_3Mg	x	0,2883	=	mg Mg^{++}
mg SO_4Ca	x	0,7055	=	mg $SO_4^{=}$
mg SO_4Ca	x	0,2945	=	mg Ca^{++}
mg Cl_2Ca	x	0,6388	=	mg Cl^{-}
mg Cl_2Ca	x	0,3612	=	mg Ca^{++}
mg SO_4Mg	x	0,7981	=	mg $SO_4^{=}$
mg SO_4Mg	x	0,2019	=	mg Mg^{++}
mg Cl_2Mg	x	0,7447	=	mg Cl^{-}
mg Cl_2Mg	x	0,2553	=	mg Mg^{++}
mg SO_4Na	x	0,6763	=	mg $SO_4^{=}$
mg SO_4Na	x	0,3237	=	mg Na^{+}
mg CO_3Na	x	0,5662	=	mg $CO_3^{=}$
mg CO_3Na	x	0,4338	=	mg Na^{+}
mg ClNa	x	0,6066	=	mg Cl^{-}
mg ClNa	x	0,3934	=	mg Na^{+}

EJEMPLO DEL PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LAS COMBINACIONES HIPOTÉTICAS

El siguiente ejemplo corresponde a una perforación de la cual se deseaba conocer la calidad del agua y su factibilidad de uso. No se ha efectuado ninguna determinación complementaria por no haber en la zona ele-

mentos que llevaran a pensar en la existencia de alguno de estos iones, y por el momento no se había decidido efectuar tratamientos en el agua. La información entregada por el laboratorio es:

ANÁLISIS QUÍMICO					
I) Determinaciones básicas:			Residuo seco a 105º C:	10.874 mg/l	
Aniones			Cationes		
Bicarbonato	254 mg/l	meq/l	Sodio y potasio	2.032 mg/l	meq/l
Carbonato	21 mg/l	meq/l	Calcio	555 mg/l	meq/l
Cloruro	3.506 mg/l	meq/l	Magnesio	488 mg/l	meq/l
Sulfato	2.546 mg/l	meq/l			
/					/

Los bicarbonatos y carbonatos se suman, considerándolos como carbonatos (254 + 21 = 275).

Como las determinaciones se encuentran dadas únicamente en mg/l, debemos convertirlas en meq/l, empleando la tabla Nº 8-10:

Carbonato	: 275 mg/l	x 0,03333	= 9,16575 meq/l
Cloruro	: 3.506 mg/l	x 0,02821	= 98,90426 meq/l
Sulfato	: 2.546 mg/l	x 0,02083	= 53,03318 meq/l
Sodio y potasio	: 2.032 mg/l	x 0,04350	= 88,392 meq/l
Calcio	: 555 mg/l	x 0,04990	= 27,6945 meq/l
Magnesio	: 488 mg/l	x 0,08226	= 40,14288 meq/l

A continuación, aplicamos la tabla Nº 8-11:

1º) CO_3Ca =	27,6945 9,16575	CO_3Ca = 9,16575 meq/l
2º) CO_3Mg =	40,14288 9,16575 - 9,16575 = 0	CO_3Mg = 0 meq/l
3º) SO_4Ca =	27,6945 - 9,16575 = 18,52875 53,03318	SO_4Ca = 18,52875 meq/l
4º) Cl_2Ca =	27,6945 - (9,16575 + 18,52875) = 0	Cl_2Ca = 0 meq/l
5º) SO_4Mg =	40,14288 - 0 = 40,14288 53,03318 - 18,52875 = 34,50443	SO_4Mg = 34,50443 meq/l
6º) Cl_2Mg =	40,14288 - (0 + 34,50443) = 5,63845	Cl_2Mg = 5,63845 meq/l
7º) SO_4Na2 =	53,03318 - (18,52875 + 34,50443) = 0	SO_4Na2 = 0 meq/l
8º) CO_3Na2 =	9,16575 - (9,16575 + 0) = 0	CO_3Na2 = 0 meq/l
9º)ClNa =	a) 98,90426 - (0 + 5,63845) = 93,26581 b) 88,392 - (0 + 0 + 0) = 88,392 (93,26581 + 88,392) / 2 = 90,8289	ClNa = 90,8289 meq/l

Dado que los datos utilizados en el estudio de las sales se dan en mg/l, debemos expresar las concentraciones en esa unidad, usando la tabla Nº 8-12:

CO_3Ca	=	9,16575 meq/l	x	50,05	=	459 mg/l
SO_4Ca	=	18,52875 meq/l	x	68,07	=	1.261 mg/l
SO_4Mg	=	34,50443 meq/l	x	60,18	=	2.076 mg/l
Cl_2Mg	=	5,63845 meq/l	x	47,61	=	268 mg/l
ClNa	=	90,8289 meq/l	x	58,44	=	5.308 mg/l
						Sales totales: 9.372 mg/l

En el protocolo, la suma de los iones da 9.402 mg/l, o sea que con el residuo seco a 105º C, que es de 10.874 mg/l, hay una diferencia aceptable de 1.472 mg/l (13,5 %), lo que es atribuible a las razones indicadas en "control del análisis".

Las combinaciones hipotéticas obtenidas nos dan un valor de 9.372 mg/l, o sea, que con la suma de los iones del análisis (9.402 mg/l) hay una diferencia de 30 mg/l, lo que es atribuible a pequeños errores, generalmente restos decimales, de las combinaciones hipotéticas, ya que dijimos que sus resultados son aproximados.

Por último, mediante el empleo de la tabla Nº 8-13, obtenemos la concentración por separado, en mg/l, de los aniones y cationes que componen cada sal.

CO_3Ca = 459 mg/l	x 0,5995	=	$CO_3^{=}$	275 mg/l
	x 0,4005	=	Ca^{++}	184 mg/l
SO_4Ca = 1.261 mg/l	x 0,7055	=	$SO_4^{=}$	890 mg/l
	x 0,2945	=	Ca^{++}	371 mg/l
SO_4Mg = 2.076 mg/l	x 0,7981	=	$SO4^{=}$	1.657 mg/l
	x 0,2019	=	Mg^{++}	419 mg/l
Cl_2Mg = 268 mg/l	x 0,7447	=	Cl^{-}	200 mg/l
	x 0,2553	=	Mg^{++}	68 mg/l
ClNa = 5.308 mg/l	x 0,6066	=	Cl^{-}	3.220 mg/l
	x 0,3934	=	Na^{+}	2.088 mg/l

Calculada toda esta información, el protocolo inicial quedaría redactado de la siguiente forma:

IDENTIFICACIÓN				Análisis Nº: 53
Muestra Nº: 1	Fecha extracción: 15/07/71		Fecha entrada: 18/07/71	Fecha salida: 20/07/71
Finalidad: cría - ~~recría – inverne – tambo.~~				
Procedencia	Aguada (Nº y/o nombre): Nueva		Tipo de aguada: perforación	
	Profundidad: 280 m		Napa Nº: segunda	
	Establecimiento: 13 de abril		Propiedad de: Armando Lorenzo	
	Localidad: Ing. Luiggi		Dep./Partido: Rancul	
	Provincia: La Pampa		Presentó muestra: el propietario	
ANÁLISIS FÍSICO:	Color: Incolora	Olor: Inodora	Sabor: Amarga	Turbiedad: Límpida

ANÁLISIS QUÍMICO

I) Determinaciones básicas:			Residuo seco a 105º C:	10.874 mg/l	
Aniones			Cationes		
Bicarbonato	254 mg/l	-- meq/l	Sodio y potasio	2.032 mg/l	88,39 meq/l
Carbonato	21 mg/l	9,17 meq/l	Calcio	555 mg/l	27,70 meq/l
Cloruro	3.506 mg/l	98,90 meq/l	Magnesio	488 mg/l	40,14 meq/l
Sulfato	2.546 mg/l	53,03 meq/l			
II) Deter. complementarias:					
A) Arsénico	mg/l	meq/l	Amoníaco	mg/l	meq/l
Fluoruro	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l
Nitrato	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l
Nitrito	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l
Silicio	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l
	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l
	mg/l	meq/l		mg/l	meq/l
B) Reacción pH			Dureza total	mg/l	
Alcalinidad debida a carbonato-bicarbonato	mg/l		Dureza permanente	mg/l	
			Dureza temporaria	mg/l	
III) Control del análisis:		---------- 161,10 meq/l	≈		---------- 156,23 meq/l

Interpretación: Por su contenido en sales totales (10.874 mg/l) este agua se debe considerar como mala para cría (imposible emplearla en inverne o tambo).
El problema principal es la concentración de sulfatos (2.546 mg/l). Por la concentración de cloruro de sodio evaluada aisladamente (5.308 mg/l) este agua podría considerársela aceptable. El magnesio (488 mg/l) está dentro de los límites tolerables para vacunos adultos de cría.

Recomendaciones: Por medio de mezcla de aguas, es factible transformarla en un agua aceptable y hasta buena para cría.

IDENTIFICACIÓN			Análisis Nº: 53
Muestra Nº: 1	Fecha extracción: 15/07/71	Fecha entrada: 18/07/71	Fecha salida: 20/07/71
Finalidad: cría - ~~recría - inverne - tambo~~.			
Procedencia	Aguada (Nº y/o nombre): Nueva	Tipo de aguada: perforación	
	Profundidad: 280 m	Napa Nº: segunda	
	Establecimiento: 13 de abril	Propiedad de: Armando Lorenzo	
	Localidad: Ing. Luiggi	Dep./Partido: Rancul	
	Provincia: La Pampa	Presentó muestra: el propietario	

IV) Combinaciones hipotéticas

Carbonato de calcio	459 mg/l	$CO_3^{=}$	275 mg/l	Cloruro de magnesio	268 mg/l	Cl^-	200 mg/l
		Ca^{++}	184 mg/l			Mg^{++}	68 mg/l
Carbonato de Mg	0 mg/l	$CO_3^{=}$	0 mg/l	Sulfato de sodio	0 mg/l	$SO_4^{=}$	0 mg/l
		Mg^{++}	0 mg/l			Na^+	0 mg/l
Sulfato de calcio	1.261 mg/l	$SO_4^{=}$	890 mg/l	Carbonato de sodio	0 mg/l	$CO_3^{=}$	0 mg/l
		Ca^{++}	371 mg/l			Na^+	0 mg/l
Cloruro de calcio	0 mg/l	Cl^-	0 mg/l	Cloruro de sodio	5.308 mg/l	Cl^-	3.220 mg/l
		Ca^{++}	0 mg/l			Na^+	2.088 mg/l
Sulfato de magnesio	2.076 mg/l	$SO_4^{=}$	1.657 mg/l				
		Mg^{++}	419 mg/l				

INTERPRETACIÓN:
El problema principal es la concentración de sulfatos (2.546 mg/l), pero más de una tercera parte del mismo (890 mg/l) se encuentra formando sulfato de calcio (el menos perjudicial).
En conclusión, esta agua es mala, con algunas ventajas que la acercan a aceptable, para rodeos de cría con animales acostumbrados a la misma.

RECOMENDACIONES: Por medio de mezcla de aguas, es factible transformarla en un agua aceptable y hasta buena para cría.

....., ... de ..... de 20.....-

Interpretación: .....
firma y sello

"Pasado un año de la publicación de este Código, todo estanciero o criador de ganado mayor y de ganado menor, cuyo campo, propio o arrendado, carezca de agua, estará obligado a baldearla o procurársela por otros medios, en cantidad bastante a evitar la dispersión de los animales, bajo multa de mil pesos, sin perjuicio de hacer los abrevaderos en el plazo que le señale la autoridad del partido, y de pagar el duplo de la multa en caso que reincidiera".

Código Rural de la Provincia de Buenos Aires, 1865, gobierno de Don Mariano Saavedra.

CAPÍTULO IX

TIPOS DE AGUADAS

Aguadas son los lugares donde los animales pueden abrevar, y por extensión, si existen, se incluyen en el término al conjunto de instalaciones construidas por el hombre para tal fin. Deben suministrar agua abundante, de buena calidad y en proximidad de las pasturas.

Tabla 9-1.- Clasificación de las aguadas.

Naturales	Permanentes	Agua vertiente	Ojos de agua, Manantiales, Vertientes Mallines Vegas y Vegas cordilleranas Menucos Lloraderos Pantanos de sierra
		Agua viva	Ríos Arroyos Acequias
		Agua muerta	Lagos Lagunas Bañados Pantanos Charcos Cañadones Esteros
	Transitorias	Ídem a permanentes, pero que en alguna época del año se secan.	
Artificiales	Del subsuelo	Pozo Pozo cribado, barrenado o con colectores Perforación Perforación horizontal Pozo y perforación Captación de agua de laderas Caja de captación en manantiales Zanja colectora o de percolación Galería de captación o filtración Qanat o foggara	
	De superficie	Embalse por dique Estanque en superficie Represa excavada o estanque excavado Tajamar Tanque chaco o megarepresa Colector pluvial	
	De subsuelo y superficie	Jagüel	
	Del aire	Captanieblas o nieblómetros	

AGUADAS NATURALES

Son aquellas que existen sin intervención del hombre. Todos los tipos pueden ser permanentes o transitorias.

Las aguadas naturales transitorias, donde el agua no se mantiene por mucho tiempo, son útiles en cuanto permiten en forma temporaria aliviar la presión ejercida sobre las fuentes de agua permanentes, a la vez que permiten en potreros muy extensos ampliar precariamente el pastoreo a sectores no utilizados por grandes distancias a las aguadas permanentes.

Las aguadas naturales permanentes son las que tienen mayor importancia en la explotación ganadera y son las más útiles al asegurar un suministro constante de agua a lo largo del año.

En nuestra tierra, en época de la colonia y gran parte del siglo XIX, a falta de otros medios, era necesario utilizar al máximo las aguadas naturales, pero en tiempos de grandes sequías, los animales acuciados por la sed, buscando un último resto de humedad, morían empantanados y enterrados por la avalancha de sus congéneres en el lecho barroso de los ríos y arroyos. Recuerdo de estos episodios registra la toponimia araucana-pampa de algunos cursos de agua: Voro Leufú (Arroyo de los huesos), Chelforó (huesos que asustan), Vivoratá (lleno de osamentas), etc., nombres que tienen por origen las osamentas de los animales muertos en las grandes sequías y que llegaban a cubrir el lecho de las aguadas naturales.

En general, salvo en zonas donde no es posible establecer aguadas artificiales, las naturales pueden ser más un problema que una solución. Su curso o configuración y la ubicación que no responden a un planeamiento previo efectuado por el hombre, obliga a dividir los campos en potreros de acuerdo a las aguadas naturales existentes, obteniéndose así lotes irregulares en cuanto a forma, tamaño y receptividad. Muchas veces es necesario alambrar las aguadas naturales en toda su extensión debido al piso pantanoso, ya que la hacienda se hunde no pudiendo salir por sus propios medios (empantanada), comportándose el suelo en igual forma que la arena movediza. Esto y la configuración irregular de los potreros obliga en muchos casos a construir alambrados más extensos que lo conveniente, en perjuicio de la economía de la empresa.

AGUA VERTIENTE

Es el agua que surge naturalmente de la tierra, pudiendo o no correr y transformarse en ríos o arroyos. Los términos que se emplean en Argentina para designar las distintas configuraciones que adoptan las mismas en su lugar de origen son en general regionalismos que difieren con las definiciones dadas por el diccionario y también entre regiones. Los términos más comunes son: ojo de agua, manantial, vertiente, mallín, vega, menuco, lloradero, pantano.

Ojo de agua, **manantial** y **vertiente** son sinónimos empleados indistintamente para designar un lugar donde brota el agua, que generalmente se mantiene cristalina y corre por un trecho más o menos largo, siendo absorbida en la tierra o entre las piedras o contribuyendo a formar una laguna, un oasis, un arroyo o un río.

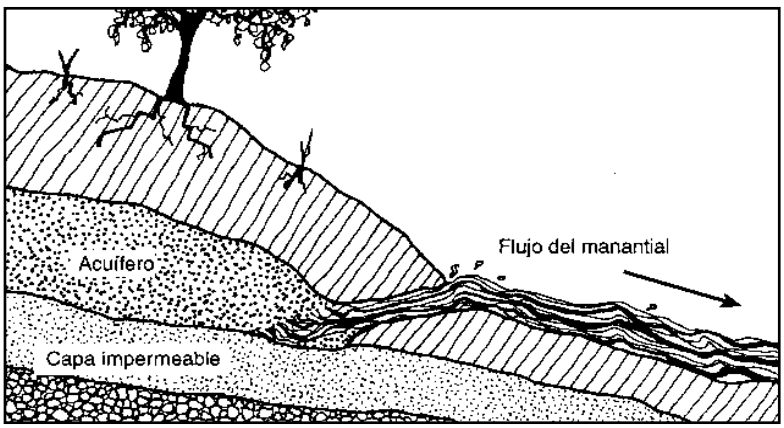


Figura 9-1.- Manantial por napa freática (Adapt. de OMS, 1998).

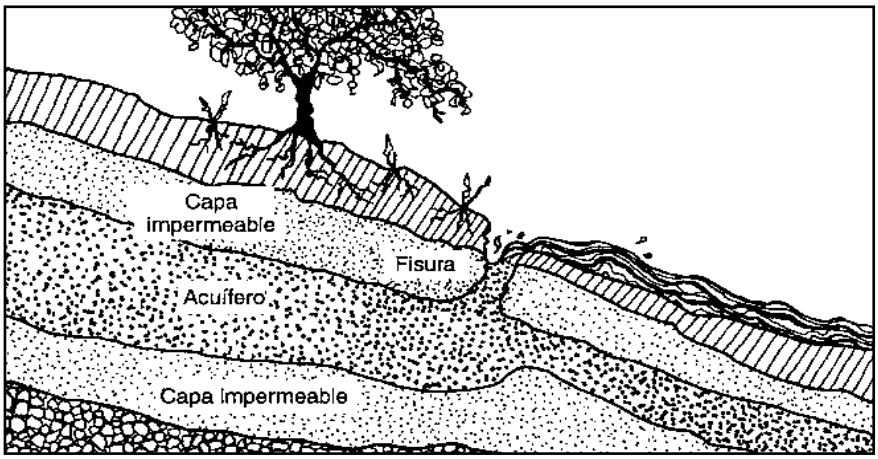


Figura 9-2.- Manantial de napa artesiana o cautiva (Adapt. de OMS, 1998).



Figuras 9-3.- Ojos de agua en medanales de la provincia de La Pampa: a) Valle de Médanos; b) Vertientes en zona de Macachín; c) Ojo de agua en pastizal de paja amarga.



Figura 9-4.- Vertiente en la Pampa de Achala, Córdoba, formando una cascada.

Mallín es una palabra araucana que significa laguna, la cual se forma por medio de una vertiente, que puede o no ser permanente. Las aguas que brotan se acumulan o circulan muy lentamente, impregnando los terrenos, con un gradiente de humedad que disminuye desde el centro a la periferia, apareciendo un tapiz vegetal característico. En la Patagonia en general existen condiciones apropiadas para su formación en el ambiente cordillerano, en las mesetas volcánicas y en los valles fluvioglaciales, además de condiciones más restringidas en los ambientes serranos y pequeñas cuencas endorreicas (bajos sin salida). En Santa Cruz y Tierra del Fuego se los denomina vegas. El apotreramiento del mallín y el sistema de utilización deberá considerar la distribución de aguadas, permanentes o transitorias, y su acceso en toda la época de pastoreo. En el caso de aguadas de uso permanente (ojos de agua o cauces permanentes), será necesario controlar

que no se generen focos de degradación, variando los puntos de acceso entre temporadas o protegiendo el suelo.





Figura 9-5.- Mallín en la provincia de Chubut.
Figura 9-6.- Canal construido para enmallinamiento de una zona, provincia de Río Negro.

En la mayor parte de Patagonia, al sur del paralelo 42, las precipitaciones se concentran en el período otoño-invierno, alejadas del período de crecimiento de las plantas. En esta región, resulta estratégico que el agua percole en la estepa apareciendo en áreas de mallín, meses mas tarde. Esto junto a la enorme capacidad de almacenamiento de agua de los mallines, que a modo de esponja absorben grandes cantidades de agua y las liberan lentamente, permiten prolongar el período en que el agua se halla disponible en el sistema de la cuenca. De este modo, gracias a la alta disponibilidad de agua, los mallines producen mucho forraje y son fuente de vida (Ciari, 2009).

Existen numerosos mallines en diferentes estados de degradación, fenómeno que ocurre fundamentalmente por el deterioro directo de los mallines por sobrepastoreo o por el deterioro indirecto que surge a partir de la previa degradación de las áreas circundantes, que son la fuente de agua y recursos que da origen a los mallines.





Figuras 9-7.- Mallines: a) En proceso de salinización: b) Con comienzo de producción de cárcavas.

Vegas cordilleranas. Tienen el mismo origen de los mallines pero se encuentran sobre la cordillera.

Menuco es palabra araucana que significa agua en el bajo, agua subterránea (menu = abajo, adentro y co = agua). Se encuentran en la Patagonia y Tierra del Fuego y son pozos naturales de agua surgente y potable, con gran importancia para la hacienda en una zona donde el agua es escasa, presentando algunos la ventaja de no congelarse, manando permanentemente, pero en general en invierno es necesario romper el hielo dia-

riamente para que los bovinos puedan beber, o poner equinos a pastorear conjuntamente, ya que éstos rompen el hielo a manotazos.

Lloradero es un lugar difuso, generalmente una peña, de superficie húmeda, por donde manan continuamente miles de gotas, como lágrimas, que se juntan o no para formar una corriente permanente.

Pantanos de sierra son lugares de tierra negra en zonas más o menos horizontales o en depresiones, que por efecto de una vertiente se transforman en una verdadera ciénaga, muy peligrosas para la hacienda, que se entierra en las mismas. En muchos casos, por medio de zanjas, se pueden drenar y secar, formándose pequeños arroyos. Esto lo hemos efectuado en campos de la sierra de Comechingones, en la provincia de San Luis, con buen éxito.

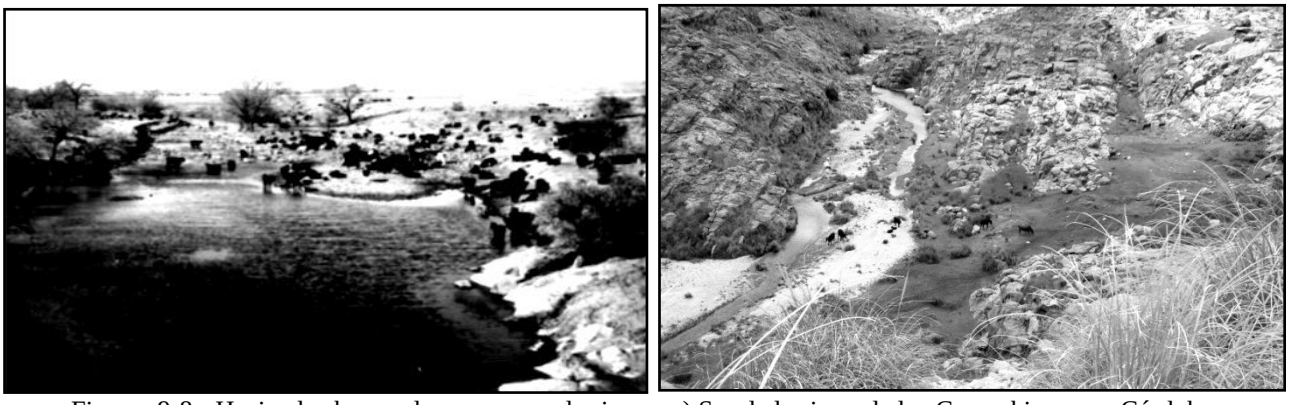
Muchas de estas aguadas naturales pueden ser mejoradas artificialmente, como por ejemplo por medio de perforaciones horizontales, pequeños diques para embalsar sus aguas, zanjas o acequias para llevar el agua a sitios distantes o a represas o a tanques tipo australiano, etc.

AGUA VIVA

Es la que se encuentra en movimiento, corriendo por un cauce. Son los arroyos y ríos, que son cuerpos de agua de gran desarrollo longitudinal, y que aprovechando la energía gravitatoria, transcurren desde las zonas más altas hacia las más deprimidas. El agua de río puede originarse en la fusión de las nieves de las altas montañas, en la recolección de aguas de lluvia, en el drenaje de manantiales o acuíferos, en lagos o lagunas o en todas o algunas de estas fuentes a lo largo de su recorrido. Los cuerpos de agua superficial, como ser un lago, pueden a su vez estar alimentados por los medios indicados.

La zona relativamente baja por la que corre el río o arroyo se denomina cauce y puede tener perfiles muy empinados (río Atuel, Mendoza) o muy suaves (río Salado, Buenos Aires). El curso puede ser más o menos recto, quebrado u ondulante, según la energía del río y el control que el terreno imponga a su curso. Cuando el río o arroyo se encuentra con un fuerte desnivel forma rápidos, saltos, cascadas y cataratas. Por el contrario, cuando le falta pendiente, se dispersa en bajos, esteros y cañadas.

Los ríos y arroyos que corren durante todo el año son los permanentes, mientras que aquellos que solo lo hacen en determinadas épocas del año, como ser durante el deshielo, se llaman estacionales. Un curso que sólo lleva agua después de una intensa lluvia, caso típico de zonas desérticas, se denomina efímero.



Figuras 9-8.- Hacienda abrevando en arroyos de sierra: a) Sur de la sierra de los Comechingones, Córdoba; b) Pampa de Achala, Córdoba. Vista desde el Camino de las Altas Cumbres.

Para utilizarlos como aguadas, si tienen barrancas, es necesario construir bajadas a los vados. Un inconveniente de los ríos y arroyos, sobre todo de montaña o de sierra, son las crecientes, que pueden ser muy caudalosas y violentas. En zonas pedregosas y con gran pendiente, se presenta el problema aún en el caso de poca precipitación, ya que prácticamente confluye toda el agua de una zona, muchas veces muy amplia, al no ser absorbida por el terreno. Estas crecientes pueden destruir las maromas de los alambrados que cruzan cursos de

agua por el arrastre de piedras, ramas y troncos. Por lo tanto, es muy importante que luego de una lluvia los recorredores revisen las maromas (figs. 9-7 y 9-8).

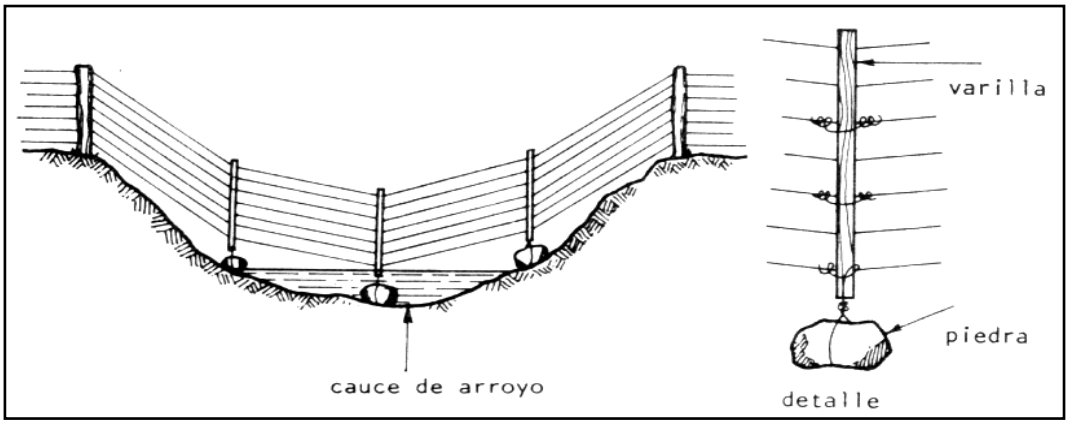


Figura 9-9.- Maroma. Las varillas del alambrado en el trecho que cruza el arroyo están sujetas por alambre a piedras. De esta manera, la correntada puede levantar el alambrado sin cortarlo.

En general, las corrientes de agua se van cargando con sales a medida que transcurren por su cauce. Por ejemplo, Degiovanni y Blarasin (2005), en el sur de la provincia de Córdoba, indican que los ríos y arroyos tienen un tenor salino que varía entre 100 mg/l en el sector serrano a 1300 mg/l en el área de desembocaduras. Según Blarasin (2003) son aguas que se mantienen bicarbonatadas en todo su trayecto, aunque en cuencas medias y bajas aumenta el contenido de sulfatos y cloruros, debido también a su interacción con el agua freática.

Los ríos y arroyos que sirven de aguada lejos de sus nacientes, a través de su recorrido también pueden contaminarse con causantes de diversas enfermedades. La contaminación se puede producir por animales muertos (carbunclo, mancha, etc.), por parásitos existentes en el mismo en forma libre o por existencia de intermediarios, como en el caso de la *Fasciola hepática* (chonchaco o saguaypé).

Existen ríos en la Argentina que tienen un nombre común: Salado, existiendo en Salta, Santiago del Estero, Chaco, Santa Fe, Neuquén (Pampa del Agua Amarga), Buenos Aires, Mendoza y San Luis. Aunque las aguas de estos ríos no son salobres, al infiltrarse hacia las napas subterráneas disuelven cloruros y sulfatos que le otorgan alta salinidad al agua de pozo. Esta característica también se observa en proximidad de otros ríos como el Diamante y Tunuyán en Mendoza y en muchas lagunas encadenadas de la Cuenca del Río Salado de Buenos Aires (Sager, 2003).

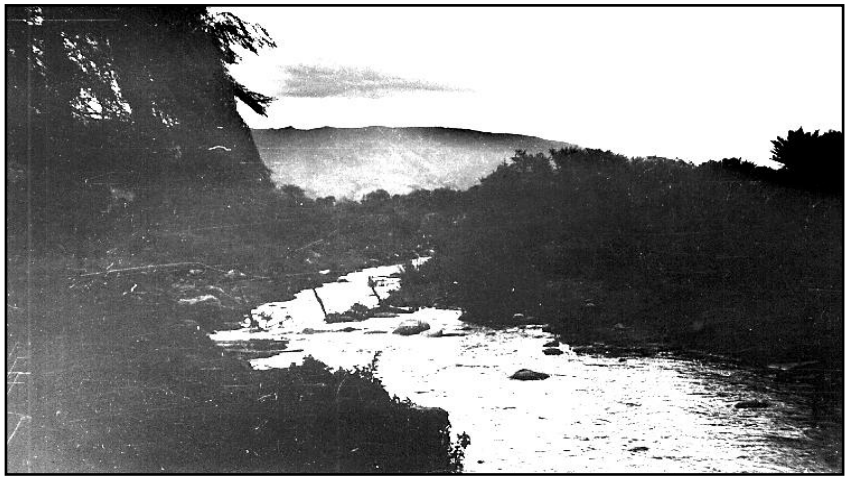


Figura 9-10.- Maroma en un arroyo crecido. Ver el salto de agua que se produce por la retención de ramas y otros elementos en la maroma, que puede llevar a su destrucción.

Cuando el lecho es pedregoso o de arena gruesa, el agua no arrastra mayor cantidad de sedimentos o de materia en suspensión y generalmente el piso es firme. Otros cursos tienen el fondo barroso o cenagoso, con el resultado que los animales al entrar en ellos para abrevar, agitan el fondo produciéndose la suspensión de materia e ingiriéndola con el agua. Por lo tanto, en estos casos es necesario hacer vados de piso firme, mediante piedras, cemento o troncos, donde los animales puedan beber sin enturbiar el agua y sin tener dificultades con el piso blando. Para lograr esto, es necesario cercar el resto del curso del río con el objeto de obligar a los animales a abrevar solamente donde se encuentra el vado preparado.

En las márgenes de ríos, arroyos, esteros y zonas bajas anegadizas que se secan periódicamente, a medida que esto va ocurriendo, se pueden formar pantanos, barreales o arenales húmedos sin firmeza donde la hacienda puede quedar atrapada (“empantanada”).



Figuras 9-11.- a) Hacienda abrevando en un arroyo de lecho de arena gruesa; b) Peligroso barreal para la hacienda formado en las costas de un riacho del oeste chaqueño al ir disminuyendo su caudal por la seca.



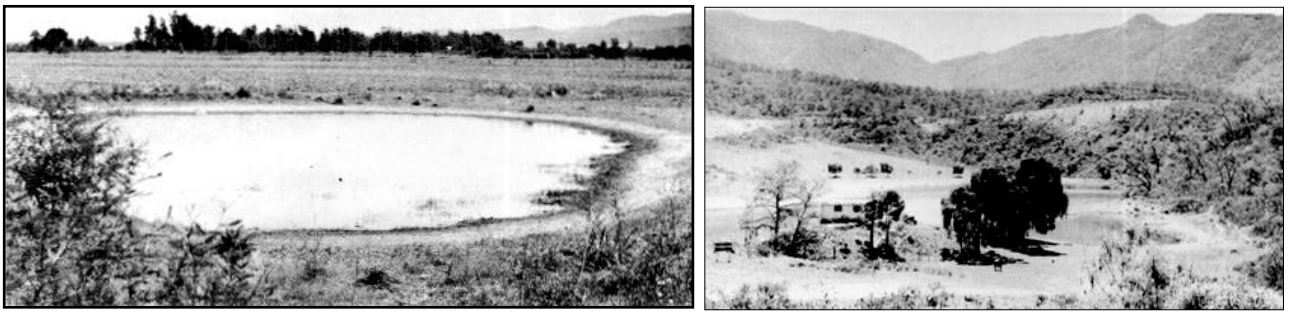
Figuras 9-12.- a) Arroyo de sierra con agua escasa y tierra muy húmeda rodeando el curso; b y c) Vaquillona que se había empantanado retirada del barro con gran esfuerzo.

En zonas de grandes fríos, como en el sur del país, donde las aguadas se hielan en algunas épocas, son de especial utilidad los arroyos de correntada rápida, ya que se hielan solo en las riveras, manteniéndose siempre un curso de agua libre. Son peligrosos para el ganado si el ancho y profundidad obligan al animal a pisar el hielo, ya que una vez caídos son apretados por planchones de hielo. En el caso de las ovejas, con el vellón mojado es difícil que puedan salir y mueren si el recorredor no las ve a tiempo.

AGUA MUERTA

Con este nombre conocemos a las aguas que no poseen movimiento, es decir, que no corren por cauces. Tienen los mismos problemas de contaminación que las aguas vivas, agravados en sumo grado cuando son de poco volumen, ya que son verdaderas aguas estancadas, en muchos casos con gran cantidad de materia orgánica en descomposición (figs. 9-13). En los lagos o lagunas extensas, el problema es menor, pues la acción del viento es más intensa y permite una cierta oxigenación de las mismas.

Lagunas: Son cuerpos de agua cerrados permanentes o no.



Figuras 9-13.- a) Laguna Yatasto, provincia de Salta; b) Laguna Comedero, Yala, Jujuy.



Figura 9-14.- Laguna permanente producida por lluvias y afloramiento de la primera napa en una hondonada entre médanos. Estancia "Las Mercedes" del Sr. Rafael Chopitea, Las Acequias (Cba.).
Figura 9-15.- Vacas bebiendo en una laguna, como es su costumbre, paradas dentro de ella.

Bañados: Son planicies tendidas con agua semipermanente, como una interfase entre los esteros y la tierra firme. Son utilizados para la ganadería extensiva en períodos de déficits hídricos.

Esteros: Zonas con agua casi permanente en relieve cóncavo, densamente vegetado, con predominio de plantas acuáticas, de escurrimiento muy lento a estancado y formación de suelos orgánicos. Son núcleos productores de biodiversidad, principalmente de fauna, y reguladores del ciclo hidrológico.

En el Chaco, en el Impenetrable, cuyo nombre hace alusión a la escasez de agua, hay aguadas naturales dispersas en el monte donde el agua se acumula durante la época de lluvias, pero muchas de éstas se secan rápidamente. Según los lugareños, en el pasado las aguadas eran más abundantes y mantenían agua por más tiempo. Posiblemente debido a que el ganado al beber las pisotea, las aguadas se han ido colmatando con sedimentos, por lo que han perdido profundidad.

Los problemas de alambrados y construcciones de vados firmes son semejantes al de las aguas vivas.

AGUADAS ARTIFICIALES

Las aguadas artificiales son aquellas que existen gracias a la intervención del hombre, que pueden ser recursos naturales mejorados o construcción de nuevas aguadas (perforaciones, tajamares, acueductos, etc.), y son las que veremos en detalle en los capítulos siguientes.

"Tampoco a la se le temo:
Yo la aguanto muy contento;
Busco agua olfatiando el viento
Y, dende que no soy manco,
Ande hay duraznillo blanco
Cavo, y la saco al momento"

Hernández, José. 1871. Martín Fierro. Buenos Aires.

CAPÍTULO X

DETECCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La ubicación correcta de un pozo que suministre un abastecimiento constante de agua durante todo el año, implica en algunas zonas elevados costos. Por lo tanto, para ser confiable la explotación del agua del subsuelo es necesario combinar el conocimiento científico con la experiencia práctica en cada zona.

La investigación de las aguas subterráneas puede realizarse siguiendo distintos caminos. Mientras algunos se circunscriben únicamente a los métodos científicos, otros prefieren utilizar métodos y criterios empíricos. Probablemente lo más conveniente es seguir un método mixto, combinando el uso de aparatos electromecánicos y las indicaciones proporcionadas por los prácticos de la zona y/o la radiestesia, pero en todos los casos el operador debe conocer la geología y los principios básicos de la hidrología subterránea.

En gran parte de las distintas zonas no se dispone de registros, mapas y otras informaciones, por lo que la magnitud y problemática de cada proyecto justificará o no los gastos para producir toda la información factible.

Los métodos geofísicos consisten en determinar las anomalías gravimétricas, magnéticas, sísmicas y eléctricas de la corteza terrestre.

MÉTODO GEOLÓGICO

Se basa en el estudio de la composición del subsuelo y en la ubicación de las capas permeables e impermeables, obteniéndose así una serie de datos que permiten determinar la existencia o ausencia de agua subterránea.

Los datos geológicos incluyen mapas, secciones geológicas transversales y fotografías aéreas.

Los mapas geológicos muestran los puntos en que las diferentes formaciones rocosas afloran en la superficie, su veta y la dirección en que descansan y su inclinación o el ángulo que tienen con respecto a la horizontal. Se incluye también la localización de fallas y curvas de nivel, indicando la profundidad.

Se puede determinar la ubicación y extensión de las napas acuíferas por el tipo de afloramiento de rocas y por la localización de fallas. La extensión del afloramiento y el ángulo de inclinación indican el espesor aproximado de la napa acuífera y la profundidad a que se encuentra. Por su parte, la combinación de la veta y la inclinación, determinan la localización del pozo para obtener el espesor máximo de la napa acuífera.

Las secciones transversales geológicas proporcionan indicios de las características del agua del subsuelo, del espesor y sucesión de las formaciones subyacentes y, como consecuencia, las profundidades y espesores de las napas acuíferas presentes.

En los valles hay más posibilidades de encontrar agua subterránea que bajo las elevaciones. Los valles aluviales de las corrientes de agua superficiales, permanentes o no, son ambientes propicios para encontrar agua a poca profundidad y con buen rendimiento. Los paleocauces suponen la posibilidad de agua en el subsuelo.

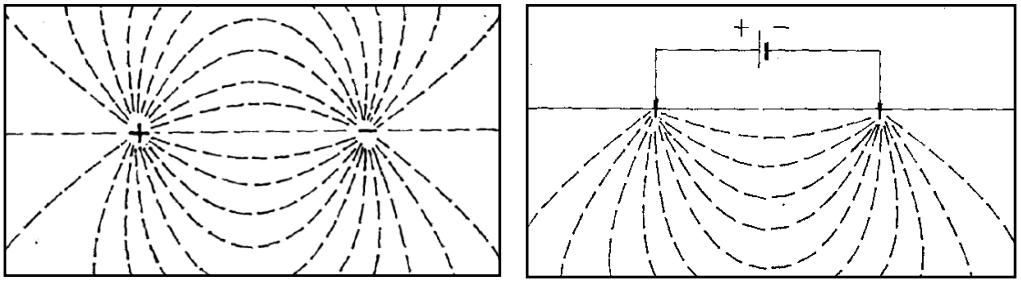
Las fotografías aéreas y las imágenes satelitales, por su parte, suministran información de las condiciones del suelo, tales como vegetación, forma y uso de la tierra, erosión, cauces de drenaje, terrazas y planos aluviales. Con su interpretación se puede predecir la probabilidad de existencia de agua en el subsuelo.

MÉTODO O PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

Este método de prospección, que forma parte de la geofísica, estudia la constitución y disposición de las capas del subsuelo, la existencia de napas acuíferas, su caudal y calidad. La geoeléctrica, aplicada a la explotación de los recursos hídricos, elimina las perforaciones previas, y en esto radica su utilidad económica. Cuando se carece de los datos orientativos del método geológico, la geoeléctrica puede brindar información para obtener el alumbramiento de agua subterránea.

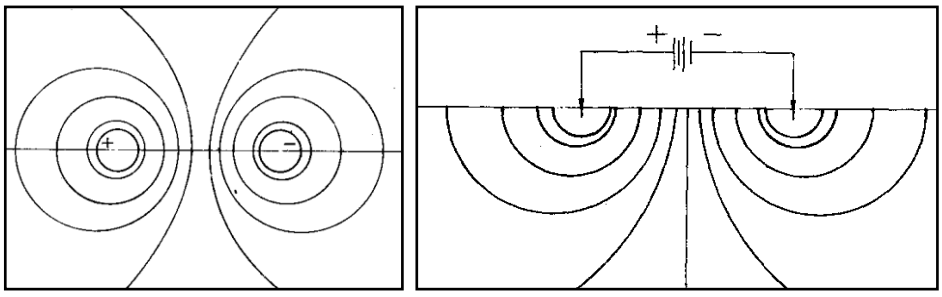
Se emplea un aparato eléctrico que permite determinar con cierta precisión (perfilaje eléctrico) profundidad, potencia, permeabilidad o caudal y calidad química. Si se conectan los dos polos de una fuente de energía eléctrica a dos electrodos insertados en la superficie del suelo, la corriente atravesará el subsuelo entre dichos electrodos en todas direcciones, tanto en superficie como en profundidad, alrededor de cada electrodo. Cada electrón que parte de un electrodo recorre el subsuelo en busca del polo opuesto para equilibrar la diferencia de potencial, y de ese modo, cerrar el circuito.

Considerando el suelo homogéneo y conductivo, el campo eléctrico adquiere la forma ideal que se muestra en la figura 10-1.



Figuras 10-1.- Recorrido de la corriente eléctrica a) en la superficie del suelo (corte horizontal) y b) en el subsuelo (corte vertical).

En su trayectoria entre ambos electrodos, el campo eléctrico experimenta variaciones de potencial. No obstante, se podrán encontrar puntos que poseen el mismo potencial eléctrico. Uniendo dichos puntos se verá que las figuras geométricas resultantes forman circunferencias semiconcéntricas alrededor de cada uno de los electrodos, visto en planta y en profundidad (fig. 10-2).



Figuras 10-2.- Superficies equipotenciales a) a nivel del suelo (corte horizontal) y b) en profundidad (corte vertical).

La medición se basa en dos parámetros físicos, la resistividad eléctrica y el potencial natural de las napas de agua. Prácticamente, el único parámetro físico que afecta al agua al saturar un terreno es su resistividad

eléctrica. Cuanto mayor es el contenido de sales disueltas en el agua, menor es su resistividad eléctrica, lo que permite calcular el contenido de sales de una napa de agua.

Tabla 10-1.- Resistividad de distintos tipos de agua (Orellana, 1982).

Tipo de agua	Resistividad (ohm/m)
Agua de lagos y arroyos de alta montaña	10^3 - 3.10^3
Aguas dulces superficiales	10 - 10^3
Aguas salobres superficiales	2 - 10
Aguas subterráneas	1 - 20
Aguas de lagos salados	0,1 - 1
Aguas marinas	0,2

Por otra parte, por electrofiltración se produce un potencial negativo frente a una capa de arena, potencial que generalmente va asociado a su permeabilidad, aunque intervienen otros fenómenos químicos complejos, pero con el aparato electrónico adecuado puede calcularse correctamente el caudal a extraer, su calidad química y su profundidad.

Durante la prospección, los electrodos se van moviendo y separando, con lo que aumenta la profundidad de medición. Lo que sucede en el terreno es que alejando paulatinamente los electrodos, las superficies de corriente alcanzarán mayor profundidad, atravesando en su trayectoria capas de diferente resistividad. Al incidir sobre un material de diferente resistividad, la dirección de las líneas de corriente sufren desviaciones en su recorrido, acercándose o alejándose de una línea perpendicular al terreno. Dichas variaciones son registradas en los instrumentos de medida que forman parte del equipo de prospección geoeléctrica.



Figuras 10-3.- Instrumental y operador trabajando a campo con el método de prospección geoeléctrica.

La presencia de una napa acuífera originará alteraciones evidentes en la resistividad eléctrica. La magnitud de dichas variaciones darán una idea del tenor salino de esa fuente, mientras que la persistencia de la resistividad que indica presencia de agua a medida que los campos eléctricos avanzan en profundidad, determina el espesor de la napa, y por consiguiente, su caudal.

Estas mediciones se calculan, se grafican y se interpretan con una computadora para poder conocer las características hidrogeológicas del subsuelo.

La resistividad eléctrica de una capa de agua medida dentro de una formación, como ser en el perfilaje de pozos, es muy segura, pues se realiza dentro de la misma napa. Pero si queremos medir la resistividad eléctrica de una capa de 5 metros de potencia a 150 metros de profundidad, la medición se torna difícil.

En casos de zonas con agua salina cercana a la superficie, las mismas forman un virtual cortocircuito, circulando la corriente por ellas sin penetrar en profundidad. En este caso no son aplicables los métodos geoeléctricos de prospección.

Una capa de arcilla tiene una resistividad muy baja, y puede confundirse con capas de agua, y aunque estén hidratadas, las arcillas no son acuíferos.

En zonas serranas, donde la presencia de piedra constituye el principal problema para perforar, el estudio geoeléctrico aporta datos sobre ubicación y profundidad del agua con bastante exactitud.

La ventaja del método geoeléctrico radica en la seguridad de las ubicaciones hechas, en la rapidez y en el ahorro de esfuerzos, tiempo y capital al lograr perforaciones exitosas.

De trabajarse en zonas donde se efectuaron exploraciones petroleras, los perfiles geoeléctricos de las mismas brindan una excelente guía para la prospección de acuíferos.

En conclusión, es un método de trabajo delicado, sujeto a distintos imprevistos, que no es aplicable en todos los casos y lugares. Es muy efectivo para calcular la profundidad de la roca por ejemplo, pero no para ubicar acuíferos dulces bajo napas saladas. Requiere un buen conocimiento de electricidad y electrónica del operador y buena comprensión hidrogeológica de quien interpreta las mediciones.

Las conclusiones surgen de la confección de un gráfico de resistividad a distancias sucesivamente mayores entre electrodos y de la comparación de la curva resultante con curvas patrones.

RADIESTESIA

El problema que ahondamos no es nuevo y no ha dejado de ser motivo de contradicciones durante siglos. Dicen varios autores que para esa confusión han contribuido en gran parte los propios radiestesistas, adjudicándose poderes especiales y dando en muchos casos explicaciones inaceptables y mezclando a hechos reales supercherías, o combinándolos con ciencias ocultas (Schang, 1967).

A partir del aporte que realizó Einstein, la ciencia establece que la energía es de naturaleza vibratoria y que la materia, que es una forma particular de energía, también emite radiaciones.

Los chinos, egipcios y otros pueblos de la antigüedad se valían de este fenómeno para el descubrimiento de napas acuíferas y metales del subsuelo. Se denominaban rabdomantes (rhabdos: rama, varilla ; y manteia: adivinación) a las personas que ejercían esta actividad, a quienes se atribuían poderes divinos. En Europa su uso está documentado por primera vez en el siglo XV en Bohemia, donde los mineros la emplean para detectar yacimientos metalíferos. En el siglo XVI el procedimiento llega a Francia y es usado, además, para la búsqueda de aguas subterráneas. Son métodos llegados hasta nuestros días con pocas modificaciones esenciales y rodeados de cierto misterio para la mayoría, aunque otros se empeñan en demostrar su realidad como hecho, y en tal condición, es un fenómeno científico.

Si se plantea el hecho ante hombres de ciencia ajenos al problema, aparecen sonrisas que van desde la negación burlona a la sonrisa escéptica con todas sus gamas. Pero en general, no manifiestan su deseo de conocer algo más o de ahondar su saber al respecto.

Al realizar cualquier prueba, surge como pregunta: ¿qué explicación tiene esto?. Por años hemos debido contestar: ninguna definitiva, pero ¿qué respuesta podían dar a los asistentes quienes fueron descubriendo las fuerzas eléctricas y magnéticas, durante siglos? (Schang, 1967).

Es en el siglo XX cuando se encara con método el estudio de estos fenómenos, naciendo así la radiestesia, nombre que se le adjudica en 1918 y se confirma en el Congreso de París de 1923. El término radiestesia fue introducido por el sacerdote francés Alexis Bouly, pues consideraba que el término empleado hasta ese momento (rabdomancia) no correspondía, pues no se trata de adivinación, sino de una percepción o sensibilidad especial. El término radiestesia deriva de la palabra latina radium que significa, rayo, radiación y de la palabra griega aisthesis, que significa sensibilidad. El sentido literal del término es, por lo tanto, sensibilidad a las radiaciones, ya sea ésta de origen vegetal, animal o mineral.

El Dr. Marcelo Conti, Profesor de Hidráulica Agrícola de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de Buenos Aires, en una conferencia en las Jornadas Agronómicas del Centro Argentino de Ingenieros Agrónomos, en 1934, documenta con gran aporte bibliográfico, el tema "Radiestesia, Radietelurismo o Rabdomancia" y comunica que la nueva era científica de esta técnica muy antigua, se inicia en 1918 cuando la Academia de Ciencias de París envía al Congreso a cinco de sus miembros.

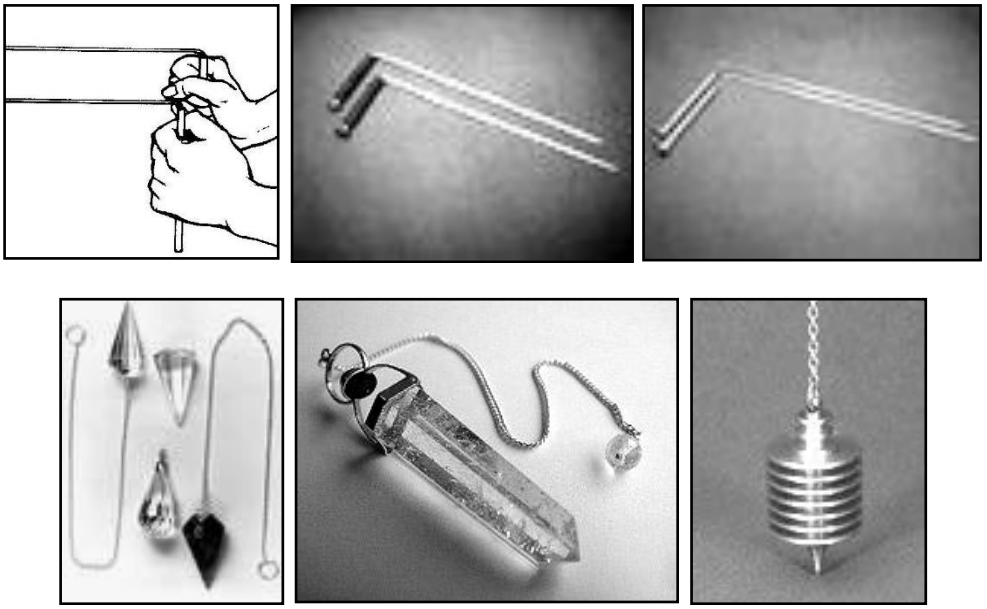
El físico nuclear, profesor en la Facultad de Ciencias de Paris, Yves Rocard (1903-1992), que desempeñó un papel capital en la fabricación de la primera bomba atómica francesa, publica en 1964 su primer libro sobre el tema, “Le signal du sourcier”. Sus trabajos ulteriores confirmarán y profundizarán sus hipótesis, resumidas en un pequeño volumen reeditado poco antes de su muerte, que constituyen el primer enfoque científico plausible de esta práctica.

El método sólo es aplicable a la detección de agua en movimiento, ya que las radiaciones o fuerzas rábdicas son producidas por el roce del agua contra el metal de las cañerías o las partículas del terreno, en el caso de las napas. Si el agua está estancada, o circula por cañerías de goma o de ciertos plásticos, las radiaciones no son detectadas. En algunos casos, no siempre, si el operador emplea calzado con suela de goma y/o lleva encima objetos metálicos pueden producirse apreciaciones erróneas.

Suelen ser citadas como origen de este procedimiento alteraciones en el campo magnético o en el campo gravitatorio terrestres, o en ambos simultáneamente. Se trata, por lo tanto, de una sensibilidad especial del radiestesista para captar emisiones de ondas eléctricas que otras personas no sienten, y que son evidenciadas a través de un instrumento radiestésico (varillas, horquetas, péndulos), el cual traduce o amplía esas ondas a través de movimientos. El instrumento es, por lo tanto, solo un apéndice que le permite al radiestesista reconocer las vibraciones. Son hechos repetibles, reproducidos a voluntad de sujetos sensibles y que se pueden controlar recíprocamente por varios individuos, lo que hemos experimentado personalmente.

Una características de la radiestesia con relación a la parapsicología, por ejemplo, es que es uno de los pocos campos de lo paranormal en el que de una forma práctica pueden medirse los resultados obtenidos.

El radiestesista emplea una horqueta de árbol o arbusto, o de metal, o una varilla de material plástico doblada en forma de V, o dos varillas en ele que se cruzan, o péndulos de distinta forma y material.



Figuras 10-4.- Distintos elementos para radiestesistas: a) Pares de varillas en ele; b) Tipos de péndulos;

El radiestesista, empuñando con ambas manos una horqueta o dos varillas de metal, madera o de otro material, o un péndulo, se desplaza sobre el terreno mientras siente las vibraciones en el instrumento. Si pasa por encima de una veta de agua subterránea en movimiento, sentirá que la horqueta se dobla, por más fuerte que la sostenga por sus extremos, y después de pasar la veta de agua, la horqueta vuelve de nuevo lentamente a su posición normal. En algún momento considera que las vibraciones son suficientemente altas, determinando en esta forma la presencia de agua subterránea en movimiento, su profundidad, la dirección de la napa, su caudal y calidad.

Al detectar agua, la horqueta puede elevarse o descender, dependiendo de la sensibilidad del operador. Las varillas se mueven cruzándose. El péndulo oscila en forma circular cuando detecta la presencia de agua y en forma rectilínea cuando se investiga la dirección de la napa.

Una teoría sobre la forma de actuar de estas radiaciones, sería que las mismas producen reflejos nerviosos en el operador, los que se traducen en movimientos musculares imperceptibles, los cuales son la causa del movimiento del péndulo, de la horqueta o de las varillas empleado por el mismo. Otra explicación sería que el radiestesista capta las radiaciones, que se transmiten a los brazos que sostienen el instrumento, por donde es-

capa una fuerza de signo contrario que se produjo en la inspiración respiratoria, y el encuentro de estas dos fuerzas es el que produce el movimiento de la horqueta o del péndulo. Schang (1967), en su conferencia en la Academia Nacional de Medicina de Buenos Aries explica exhaustivamente este fenómeno.

Ives Rocard ha llegado a las siguientes conclusiones:

- El radiestesista no detecta la presencia de agua ni de metales, sino la de una pequeña anomalía del campo magnético terrestre. Tales anomalías suelen corresponder a fallas, es decir, fracturas con yuxtaposición de masas de rocas cuyo magnetismo es diferente, lo cual se da si una de ellas contiene metales, o a huecos, como por ejemplo, el conducto por el que pasa una corriente de agua subterránea. Por eso, la "señal" que percibe el radiestesista puede indicar la presencia de fuentes de agua o de yacimientos.
- Debido a la naturaleza del campo magnético terrestre, la señal será más fuerte y de más fácil la detección cerca de los polos, y más débil al acercarse al ecuador.
- La varita o el péndulo no giran por sí mismos. El cuerpo del rabdomante reacciona a la anomalía magnética con un reflejo inconsciente de baja del tono muscular, en virtud del cual se debilita repentinamente la presión que ejerce en la varita o el péndulo. La varita tiende entonces a anular la deformación elástica que le imponía el rabdomante y el péndulo tiende a girar. Por eso, tanto él como los espectadores tienen la impresión de que la varita y el péndulo desarrollan una fuerza irresistible.
- La forma de la varita o del péndulo y su material no tienen mayor importancia.
- La capacidad de reaccionar a las variaciones magnéticas es un sexto sentido que todo hombre posee normalmente, en mayor o menor medida, y que la vida moderna, en un entorno magnéticamente saturado (cables eléctricos, electrodomésticos, radio, televisión, internet, objetos metálicos, etc.), tiende a embotar.

En la década de 1960, Yves Rocard, comprobó que un 80 por ciento de las personas tienen capacidades radiestésicas latentes. En la década de 1980, en los Estados Unidos, los profesores Chadwick y Jansen, del Laboratorio de Investigación Hidrológica de la Universidad de Utah confirman los resultados de Rocard en experimentos realizados con 150 estudiantes.

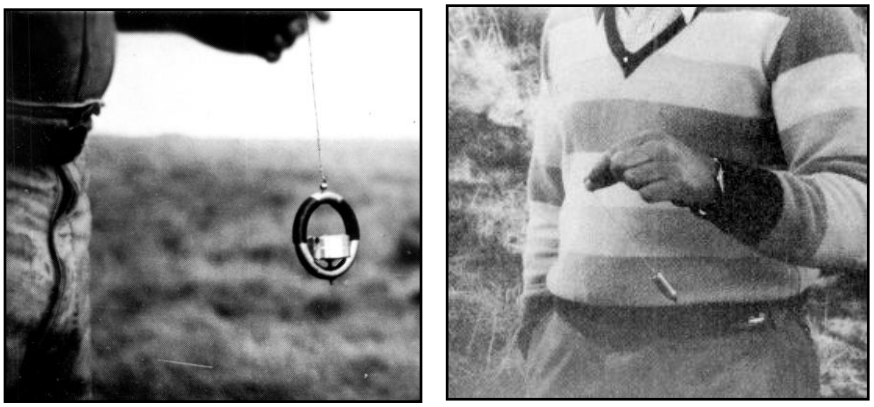
La Unión Científica Internacional de Radiestesia (UCIR o SCIUD o WIRV) fue fundada el 23 de marzo 2001 en La Habana, Cuba, en oportunidad del Congreso Internacional de Geología GEOMIN 2001. Ésta es la primera vez que la Geobiología y la Radiestesia han sido reconocidos oficialmente a nivel mundial por círculos académicos. El reconocimiento oficial de las mismas se produjo luego que el Ing. Leodegario Lufriú Díaz obtuvo su título de Doctor en Geología en base a sus trabajos radiestésicos, realizados con métodos de rigurosidad científica, habiendo logrado con esto la inclusión de esta temática en las aulas de la universidad. Fue convenido en este Congreso, seguir realizando mayores investigaciones básicas a nivel científico y de interesar también para ello a los círculos académicos internacionales.



Figura 10-5.- Ilustración publicada en "La physique occulte" del Abad de Vallemont, en 1692. El sostenimiento de la varita varía. En este caso, los antebrazos casi horizontales, con las palmas de las manos hacia arriba y los pulgares hacia el exterior. Se fuerzan las dos ramas de la horqueta para que se deformen.

Para quienes no perciben inicialmente esa fuerza hay un método probatorio muy eficaz: se les hace tomar una de las ramas de la horqueta, la persona sensible toma la otra rama y a su vez se toman entre sí con la mano restante; caminan cruzando una y diez veces la corriente y el aprendiz o el escéptico intentan detener el movimiento de atracción de la horqueta y no lo logran, quedando asombrados del esfuerzo vencido; y si logran observar que son sensibles por sí solos, la sorpresa es aún mayor (Schang, 1967).

Nosotros hemos trabajado con radiestesistas y comprobado personalmente estos hechos, con resultados sumamente positivos en la aplicación del sistema (figs. 10-6 y 10-7).



Figuras 10-6.- a) Radiestesista Alberto Renz, propietario de un equipo de perforaciones, empleando péndulo, con el que detectó el surgente que se muestra en las figuras 11-19 y 11-20. Establ. de los Srs. Ziletti Hnos., Cnel. Baigorria, Cba.; b) Sr. Roberto Brendel, productor agropecuario y radiestesista, empleando otro tipo de péndulo. Obsérvese el movimiento del mismo al hallar agua en el subsuelo.



Figuras 10-7.- Sr. Roberto Brendel en una secuencia al hallar agua en el subsuelo con el empleo de la horqueta, en las cercanías de Río Cuarto, Cba.

Como un ejemplo más, en un campo en la zona de Frías, provincia de Catamarca (Argentina), zona de escasa agua subterránea, con potreros cada uno de 600 ha, con monte natural de más de 2 m de altura, ante la necesidad de efectuar perforaciones para obtener agua para el ganado, se contrató a una ingeniera agrónoma que practica la radiestesia, quien recorriendo en distintas direcciones tres de esos potreros, marcó un lugar en cada uno donde se podría encontrar agua. Los propietarios se asombraron cuando geoposicionaron los tres lugares y encontraron que integraban una línea recta, algo imposible de marcar deliberadamente en las condiciones de trabajo del lugar, es decir, que la existencia de agua en los tres lugares estaba relacionada entre sí. Cuando perforaron, dieron con agua de buena calidad (Dogi, 2008).

INVENTARIO DE POZOS EXISTENTES

Los registros zonales sobre las perforaciones y los pozos existentes constituyen la fuente principal de información preliminar. De los registros de pozos se pueden obtener:

- la localización y profundidad de las napas;
- la profundidad, espesor y descripción de las formaciones de rocas del subsuelo;
- las variaciones del nivel de agua al penetrar los estratos sucesivos;
- los rendimientos de las fuentes de agua penetradas;
- la forma de construcción más adecuada del pozo y su rendimiento una vez terminado;
- información de la calidad del agua y de las características hidráulicas de los materiales rocosos existentes en el subsuelo.
- La orientación hacia la cual va mejorando o empeorando la calidad de la napa.

Con los datos de un número suficiente de pozos, se puede realizar un plano acotado de la napa freática o de la superficie superior de la zona de saturación (plano de isopiesas). Para ello se emplean las profundidades medias desde la superficie hasta las napas freáticas en los pozos y la altura de la superficie de la tierra sobre el nivel del mar. Se unen, a continuación, todos los puntos de igual elevación de la napa freática en un plano, el cual nos muestra la profundidad, la pendiente y la dirección en que fluye el agua subterránea.

INDICIOS DE SUPERFICIE

Entre las características superficiales que pueden proporcionar indicios valiosos, se encuentran los accidentes del terreno, la estructura de la red hidrográfica, los manantiales, los lagos y la vegetación.

Es probable que el agua del suelo aparezca en mayor cantidad bajo los valles que bajo las elevaciones del terreno. Las terrazas y llanuras costeras de los ríos son formaciones que indican la presencia de buenas napas acuíferas. En los arroyos o ríos secos con fondo blando, se puede encontrar agua debajo de su superficie, en especial en los recodos.

Los valles aluviales de corrientes de agua superficiales, permanentes o no, son lugares propicios para encontrar agua a poca profundidad y con alto rendimiento. La identificación de paleocauces permite suponer la posibilidad de agua en el subsuelo. Cualquier indicio de aguas superficiales, tales como arroyos, manantiales, pantanos o lagos pueden indicar la presencia de alguna forma de agua del suelo a poca profundidad. Los depósitos de arena y grava en las riberas de ríos pueden alcanzarse por medio de pozos poco profundos, altamente productivos.

Los médanos, en algunos casos, actúan como reservorios de agua de buena calidad al permitir la infiltración del agua meteórica.

La presencia en regiones áridas de plantas que requieren buena humedad, constituye un indicio de la existencia de agua subterránea a poca profundidad. Entre ellas se encuentra el algarrobo blanco y el negro, el chañar, el aguaribay, el sauce criollo, algunas jarillas, el molle, etcétera. Estos vegetales leñosos, cuando crecen en zonas donde las precipitaciones anuales son menores a los 300 mm, indican la existencia de aguas subterráneas próximas a la superficie. La cortadera y el duraznillo blanco también señalan presencia de agua subterránea. En épocas donde se secan las aguadas naturales transitorias, se pueden encontrar restos de plantas que vegetan sumergidas o en terrenos muy húmedos, como las totoras y juncos. La paja brava también es un indicio que el agua está cerca de la superficie.

La interpretación de las fotografías aéreas con la mayor escala posible y las imágenes satelitales de la zona a estudiar, nos permite visualizar la probabilidad de existencia de agua en el subsuelo, ya que suministran información geomorfológica y de vegetación, para luego ser cotejadas en el lugar.

Las huellas de los herbívoros generalmente conducen a alguna aguada. La observación de las aves que se alimentan de granos y que generalmente beben al amanecer y al crepúsculo, su vuelo bajo y recto nos puede indicar la presencia de agua.

Sánchez Zinny (2005) cita que los baqueanos también se guiaban por la presencia de hormigueros y por el color de éstos, y que ha llegado a ver hombres a los que el sabor del pasto les servía de indicio para saber dónde se acercaban a la superficie napas de agua dulce. Recorrían el campo y cada tanto mordían un poco de pasto. Finalmente se detenían en un lugar e indicaban el sitio adecuado para cavar el pozo.

"Hasta la hacienda bagüala
cai al jagüel con la seca"

Hernández, José. 1879. La Vuelta de Martín Fierro.

CAPÍTULO XI

ACCESO AL AGUA SUBTERRÁNEA

INTRODUCCIÓN

El agua subterránea tiene menor probabilidad de estar contaminada que las aguas superficiales y a menudo se puede continuar con su extracción a pesar que las aguas superficiales hayan desaparecido por sequía.

Para su captación se utilizan distintos tipos de pozos y perforaciones.

Por pozo entendemos el que se excava a mano y tiene como mínimo 1 m de diámetro para poder trabajar dentro del mismo, mientras que perforación es la que tiene un diámetro menor de 1 metro y se realiza mecánicamente desde la superficie.

Se debe conocer la forma en que se produce la recarga en el lugar de extracción, ya que una perforación en un acuífero arcilloso tiene muy baja capacidad de recuperación por lo que el mecanismo de extracción la secará rápidamente y demorará mucho en recuperarse. En este caso se deben emplear pozos de gran diámetro o con drenes horizontales o galerías que aceleran la recarga.

Ninguna técnica es aplicable en todos los casos. Cada método puede ser el adecuado según las circunstancias, aunque la tendencia general está dirigida a la perforación rotatoria para reducir tiempo y costo. Es así que las técnicas para abordar el agua subterránea varían desde los métodos más antiguos, tales como excavación de pozos y qanats con herramientas de mano, hasta los equipos capaces de realizar una perforación entubada a cientos de metros de profundidad, aún en formaciones de roca.

POZO

El pozo se emplea en zonas de napas pobres en caudal, o en zonas de aguas salinas, para mejorar su caudal y calidad, como se verá más adelante. Consiste en una excavación, generalmente efectuada a mano, método conocido como a pico y pala, de 1 a 6 metros de diámetro, que llega hasta la napa. A los prácticos que lo realizan se los denomina poceros.

En algunas zonas, como ser las provincias de San Luís y La Rioja, a los pozos se los llama "balde", y al práctico que determina el lugar para hacerlo y lo excava, se lo denomina "baldero". La existencia de estos baldes lleva a que muchos lugares lleven ese nombre (Balde, El Baldecito, Balde de Escudero, Balde de Azcurra, Balde de Palomas, Balde de Quines, Balde de Puertas, Balde de los Torres, Los Baldes, etc.). Se llama baldería al conjunto de baldes en las zonas donde abunda la construcción de estos pozos.

En el chaco el ingreso del ferrocarril en la década de 1920 impulsó la expansión ganadera, cubriéndose la región con "puestos", denominándose así a los sitios donde se instala el pozo para proveer agua al ganado en el período de sequía, además de corrales y viviendas. Este nombre también se aplica en otras zonas, como por ejemplo, en la provincia de Mendoza.

En algunos casos, el terreno donde se excava el pozo es firme en toda su profundidad, no siendo necesario calzarlo. Otros terrenos pueden ser sueltos y derrumbarse fácilmente a medida que se excavan o con posterioridad, por acción del agua de la napa. En estos casos, es necesario calzarlo total o parcialmente con ladrillos o

caños de cemento del diámetro del pozo (calzas), que se pueden colocar una vez terminado el mismo o a medida que se va excavando, según necesidad.

En la zona del acuífero se colocan ladrillos en su parte lateral bien adosados pero sin cemento en sus juntas, de manera que el agua filtre por allí sin arrastrar sólidos. Cada 1,50 a 2,00 m es recomendable hacer un anillo de hormigón armado para preservar la estructura.

En el noroeste argentino se encuentran pozos calzados con quebracho colorado en su totalidad de más de 100 años.

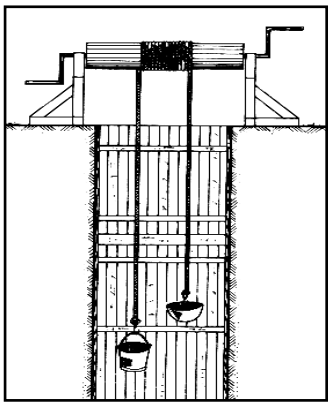
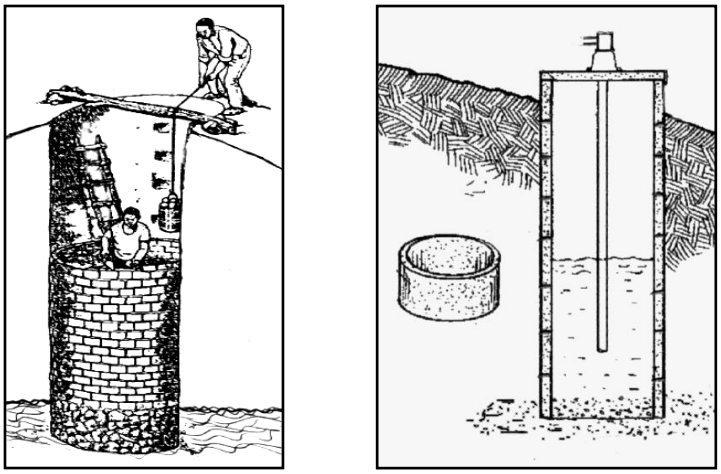
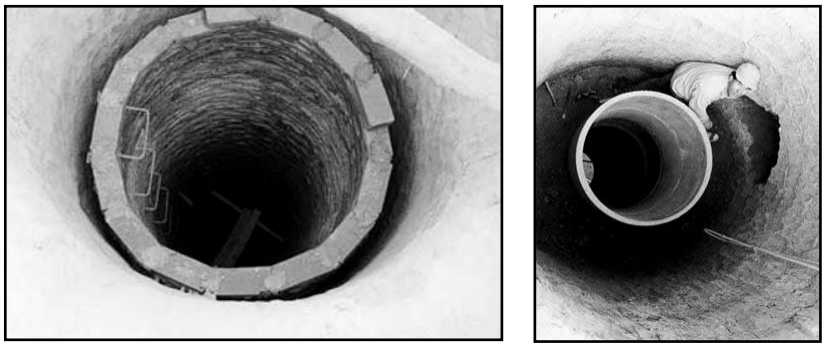


Figura 11-1.- Torno manual para extraer los materiales durante la construcción de un pozo o para desbarrarlo periódicamente.



Figuras 11-2.- Calzado de pozos: a) con piedras sin cementar en la zona de la napa para que penetre el agua por sus intersticios y el resto con ladrillos unidos con cemento; b) con calzas de cemento premoldeadas en toda su profundidad.



Figuras 11-3.- Calzado de pozo: a) Con ladrillos; observar los escalones de hierro redondo que se van empotrando en la pared; b) Con calzas premoldeadas (INTA E.E.A. Sgo. del Estero).

Si el terreno es muy desmorronable se recurre a pozos hincados o abisinios, que se construyen por medio de anillos de hinca o caissones, por lo que el revestimiento se va haciendo a medida que avanza la excavación. El descenso se consigue por el propio peso del anillo a medida que se va excavando.

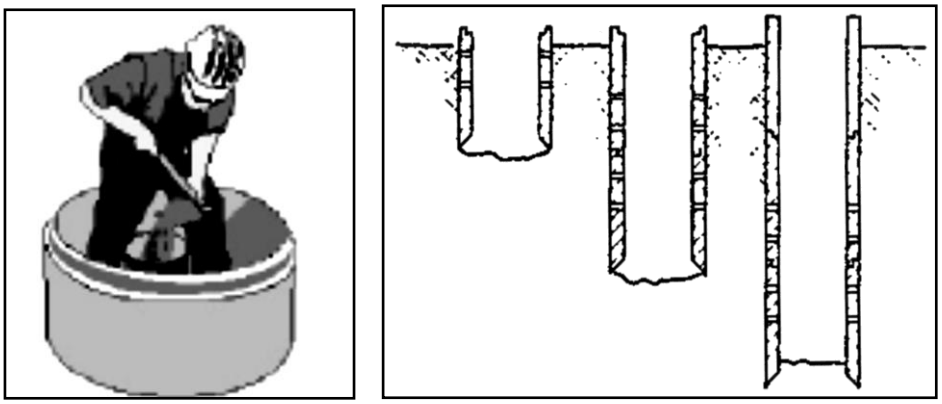


Figura 11-4.- a) Inicio de un pozo de hinca; b) Pozo de hinca en distintas etapas de avance.

En acuíferos de arena fina es imposible colocar un revestimiento con aberturas lo suficientemente pequeñas como para retener el material y evitar que ingrese al pozo. En ese caso, el revestimiento se extiende en toda la profundidad del pozo sin aberturas, ingresando el agua únicamente por el fondo, en el cual se colocan varias capas de grava que impiden la entrada de la arena fina. Las capas pueden ser, por ejemplo, de 15 cm de espesor, la más profunda de 1-2 mm, la siguiente de 4-8 mm y la más superficial de 20-30 mm.

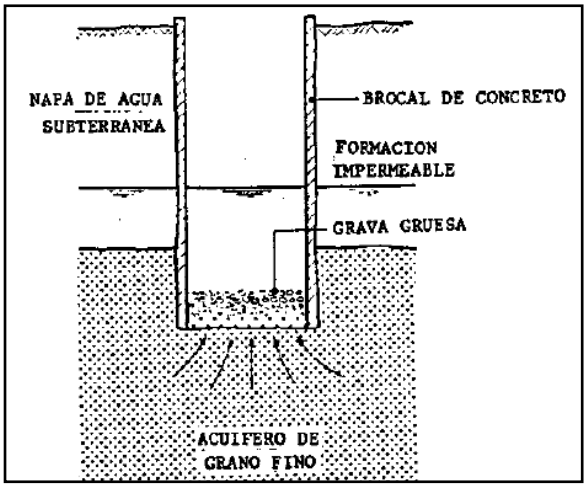


Figura 11-5.- Pozo excavado en acuífero granular fino

Para profundizar el pozo una vez que se llegó a la napa, se emplea una bomba para mantener seco el fondo y poder seguir trabajando con pala y, si es necesario, con pico. Si el fondo de la napa es de agua salina, es importante profundizar solamente en la zona de agua de buena calidad, tratando de no sobrepasar la interfase de aguas, a partir de la cual se sacaría agua salada.

En los pozos, el molino o bomba se coloca sobre el mismo, quedando el caño de aspiración en el centro. El cilindro debe ubicarse lo más cerca posible de la napa, puesto que es necesario que la distancia al agua no exceda los 6 metros (ver cap. XII).

Se hacen en forma circular, para que trabaje distribuyendo uniformemente las tensiones que le transmite el terreno (el empuje) y el agua.

Una ventaja respecto a una perforación es que la superficie de ingreso de agua es considerablemente mayor, permitiendo el aprovechamiento del agua subterránea en zonas con poca permeabilidad. Esto se acrecien-

ta en los pozos de gran diámetro, lo que implica que se recuperan antes y actúan como depósitos subterráneos. Se utilizan en zonas donde el manto saturado tiene poca permeabilidad para que pueda ser explotado sin descender el nivel dinámico del agua.

En la capacidad de almacenaje del pozo, en caso de napas de poco caudal, tiene mayor influencia la profundidad de la excavación en la capa impermeable que el diámetro del pozo, pero el diámetro de la campana que se forma por erosión posee importancia para aumentar la zona de captación en la napa.

A veces, la profundidad del pozo no puede sobrepasar cierto límite, pues se corre el riesgo de mezclar el agua de la primera napa, generalmente de bajo tenor salino, con aguas más salobres provenientes de la segunda.

Muchos de estos pozos, debido al escaso caudal de la napa, sólo pueden explotarse unas horas por día, y luego se debe esperar hasta que se llene nuevamente el fondo.

Periódicamente, el pozo debe ser desbarrado o desarenado, ya que continuamente se acumulan depósitos en el fondo (enarenado) arrastrados por el agua de la napa o que caen en el pozo desde la superficie, los que restan capacidad de almacenaje, tapan las vertientes y pueden dañar las bombas. También se acumulan provenientes de la campana que el agua va formando debido a los derrumbamientos, si el pozo no está calzado en profundidad. La frecuencia de esta limpieza depende del tipo de suelo. Es necesario contar con una bomba trabajando permanentemente, de manera de secar el pozo y mantenerlo libre de agua mientras un obrero en el fondo carga un recipiente que se extrae por medio de una soga y roldana, torno o, en los de gran profundidad, con roldana y el tiro de un equino.

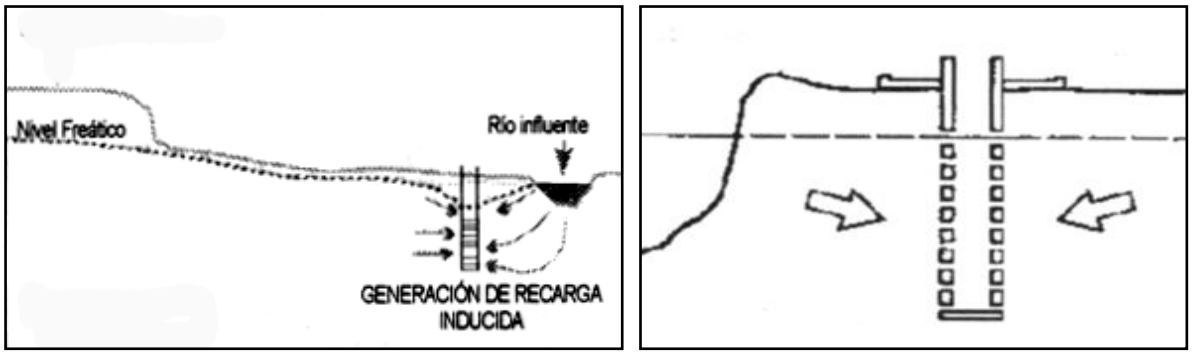
Con el objeto de impedir la penetración y escurrimiento del agua de lluvia y la tierra traída por el viento, es imprescindible construir un brocal de 2 a 3 metros de profundidad, si no está calzado, y que debe sobresalir un mínimo de 25 cm del nivel del suelo y sobre el que se debe colocar una tapa, preferentemente de cemento armado en dos mitades, que ajuste perfectamente a los caños, con asas o manijas para facilitar su desplazamiento cuando sea necesario. Estas precauciones reducen la frecuencia de las tareas de desbarre.

En zonas donde la napa transcurre entre rocas o terrenos muy firmes, es común que por medio de explosivos o a mano según sea necesario, se efectúe una gran campana en el fondo y se profundice todo lo que la dureza del terreno permita, para conseguir un mayor almacenamiento de agua. Por ser una zona de terreno firme, la campana no sufre desmoronamientos.

Los pozos pueden ser de 2 tipos:

a) pozo filtrante completo, es decir, con filtración lateral y por el fondo (Fig. 11-6).

b) pozo colector con perforaciones horizontales o cribado (11-8).



Figuras 11-6.- Pozos colector de napa y/o de subálveo de río, arroyo, represa, etc.

El agua de los pozos sufre la misma índole de influencias por la luna que las aguas del mar, por lo que alcanzan su máximo nivel en pleamar.

POZO CRIBADO, BARRENADO, RADIAL, CON COLECTORES HORIZONTALES, PERFORACIONES RADIALES O RANNEY

En las regiones donde las napas son pobres y profundas se puede recurrir al cribado o barrenado del pozo para que fluya una mayor cantidad de agua de la napa a la campana del mismo.

Los colectores horizontales o drenes radiales en profundidad se hacen mediante un barrenado, que puede llegar hasta una distancia de 60 metros. De esta forma se aumenta la superficie de captación hasta un diámetro de 120 metros.

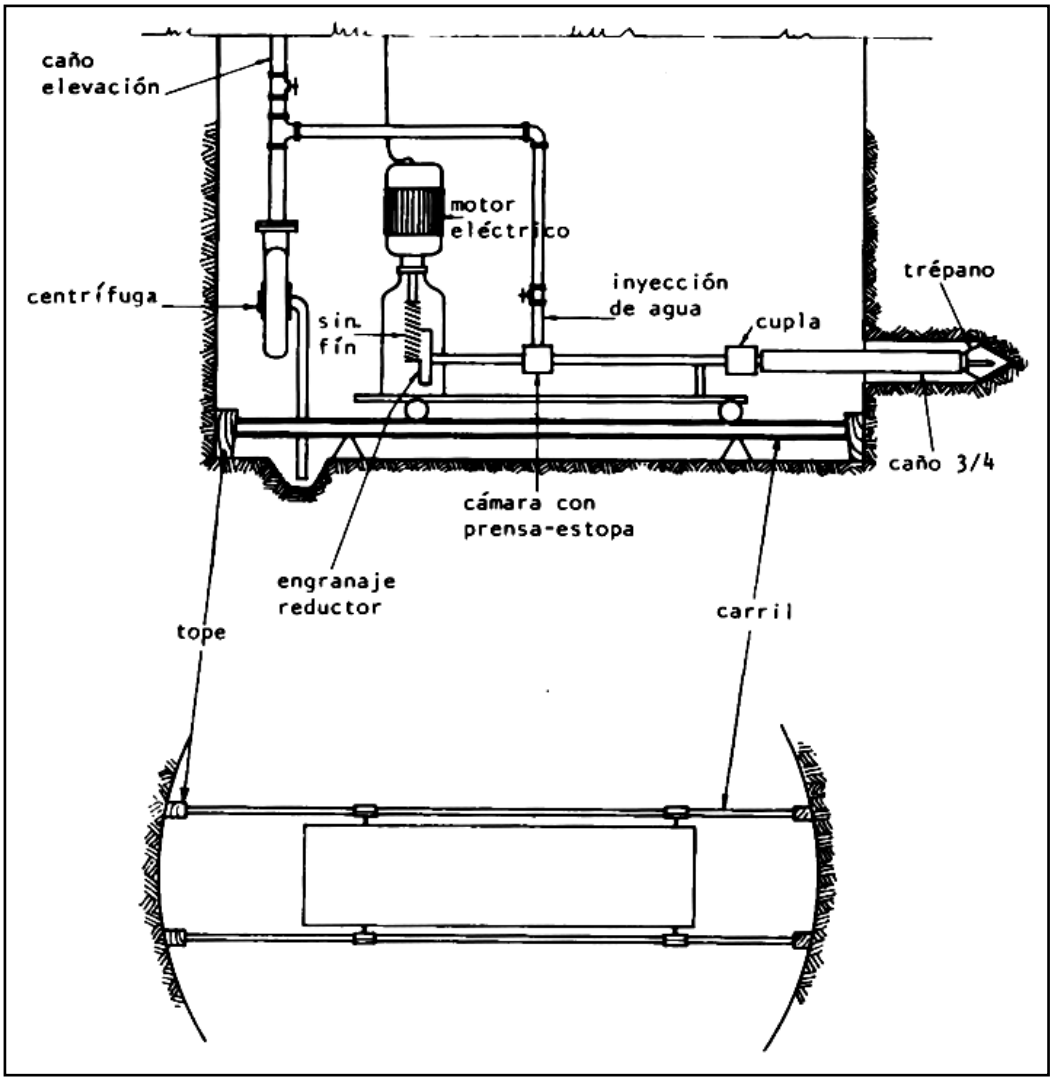


Figura 11-7.- Mecanismo para perforar colectores o drenes en pozos profundos, construidos por el Sr. Roberto Souto y empleado en su estancia "El Estribo", Toay, La Pampa. Con el mismo se han perforado hasta 60 m hacia cada lado del pozo, llevando algunos de un caudal de 2.000 a 20.000 l/día.

Los trabajos se realizan manteniendo seco el fondo del pozo mediante una bomba y empleando un barrenador especial que trabaja en forma horizontal. De acuerdo a la constitución del terreno, dichos drenes radiales deben ser o no encamisados. Para construirlos se utilizan dos métodos diferentes:

- El sistema Ranney: las perforaciones radiales se realizan con los mismos tubos filtrantes definitivos, por lo que dichos caños son de acero con paredes gruesas. Las ranuras filtrantes son alargadas en el sentido longitudinal de los tubos.
- El sistema Fehlmann: utiliza tubos de perforación de 267 mm de diámetro, que se retiran después de la colocación de los filtros. Con ello se consigue que el material y la abertura de las ranuras de los tubos filtrantes puedan ser elegidos de acuerdo con las características químicas del agua y con la granulometría y permeabilidad del acuífero.

El barrenado debe hacerse en el fondo de la napa. Una vez que un caño penetró totalmente en las paredes del pozo, se desenrosca la cupla, se retira la perforadora hacia atrás, se enrosca un nuevo caño, y mientras funciona el motor, se va empujando la perforadora. El carril donde se encuentra la perforadora debe estar firmemente asegurado a las paredes del pozo, mientras una centrífuga lo mantiene seco y a su vez inyecta agua en los caños. Perforada la distancia deseada, se dejan los caños en el sistema Ranney o se van retirando uno a uno en el sistema Fehlmann luego de colocar el filtro por dentro, se hace girar el carril, y se vuelve a repetir la operación para construir otro colector.

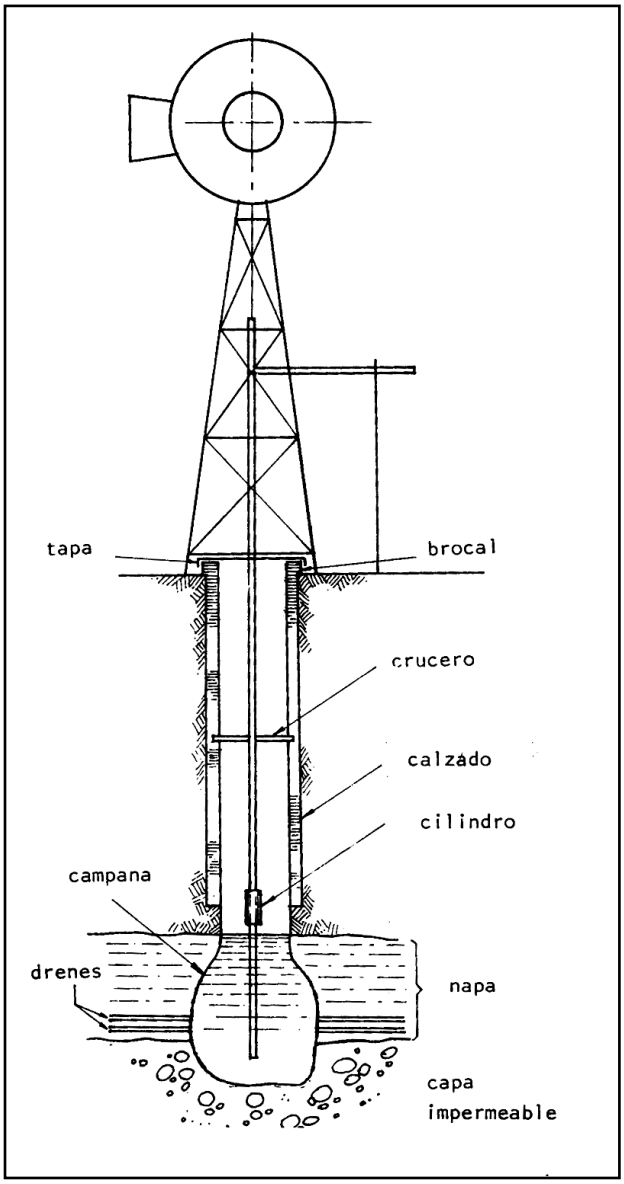
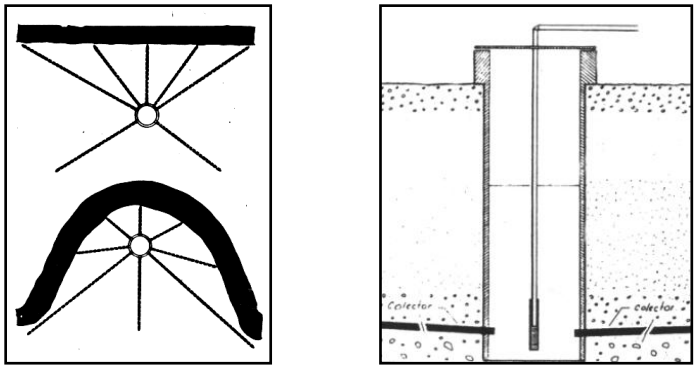


Figura 11-8.- Pozo cribado, barrenado o con colectores horizontales.

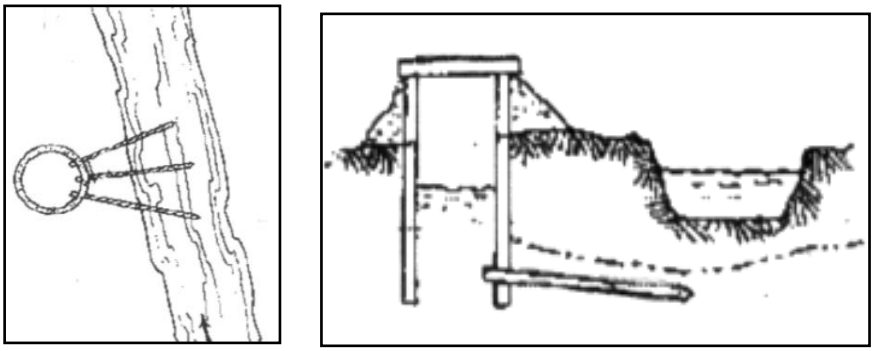
El uso de este tipo de pozo se justifica únicamente en zonas donde la primera napa se encuentra a gran profundidad y tiene poco caudal. Cuando las napa se encuentran a poca profundidad y son pobres, es más económico hacer otros pozos cerca del primero y trabajar con el mismo molino, en sistema de chupador araña o con molinos múltiples (figs. 18-1 a 18-3).

En algunas zonas muy limitadas, como sectores del Comechingones y del norte de la provincia de Córdoba, se encuentran campos sobre márgenes de sierra (pedemonte o pie de sierra), con arroyos de escaso caudal permanente o transitorios, con un espesor de los suelos que nunca va más allá de los dos metros por encima de la roca. Generalmente, estos arroyos son bien aprovechados en primavera - otoño, época de lluvias, y desechados durante el invierno, época de bajas y casi nulas precipitaciones, tanto por el bajo caudal como por contaminación producida por falta de escurrimiento.

En estas zonas se puede aprovechar el agua que se encuentra en el subálveo del arroyo, en el material permeable (arena, canto rodado, etc.) que circunda en profundidad el cauce. Esta captación se efectúa por medio de colectores horizontales colocados a una profundidad, distancia del cauce y número que depende de las características del lugar. Estos colectores van a drenar en un pozo captante, de donde por medios convencionales se extrae el agua.



Figuras 11-9.- a) Disposición de los colectores en cercanías de una corriente de agua;
b) Pozo con colectores horizontales para captar agua del subálveo.



Figuras 11-10.- Pozo con colectores horizontales que llegan bajo el lecho del arroyo; a) vista en planta; b) Corte.

Este sistema se puede emplear en ríos, arroyos, lagunas, estanques, tajamares, represas, tanques chaco, etc.

JAGÜEL

La palabra jagüel deriva del quichua jagüei o jagüey. Sbarra (1973) lo define como un pozo artificial o una depresión natural donde se junta agua de napa y de lluvia, y cita distintas clases, como el jagüel de bajada o de vertiente, de cimbra o cigüeña, rectangulares para manga y los pozos profundos.

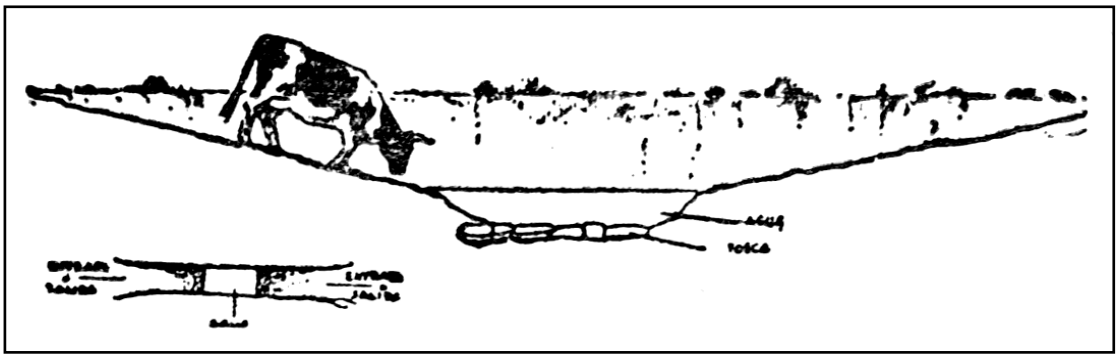


Figura 11-11.- Jagüel de vertiente o de bajada (Tito Saubidet, cit. por Sbarra, 1973).

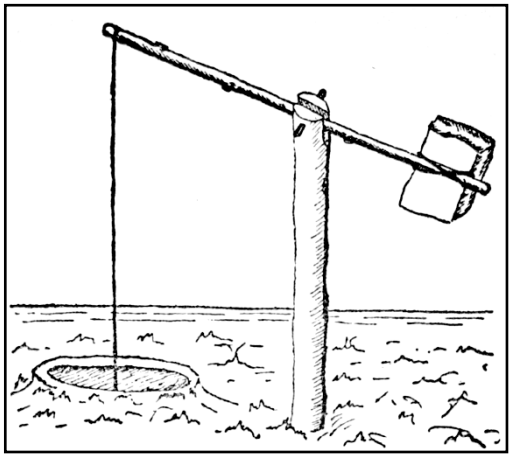


Figura 11-12.- Jagüel de cimbra o cigüeña (Celia Ford, cit. por Sbarra, 1973).

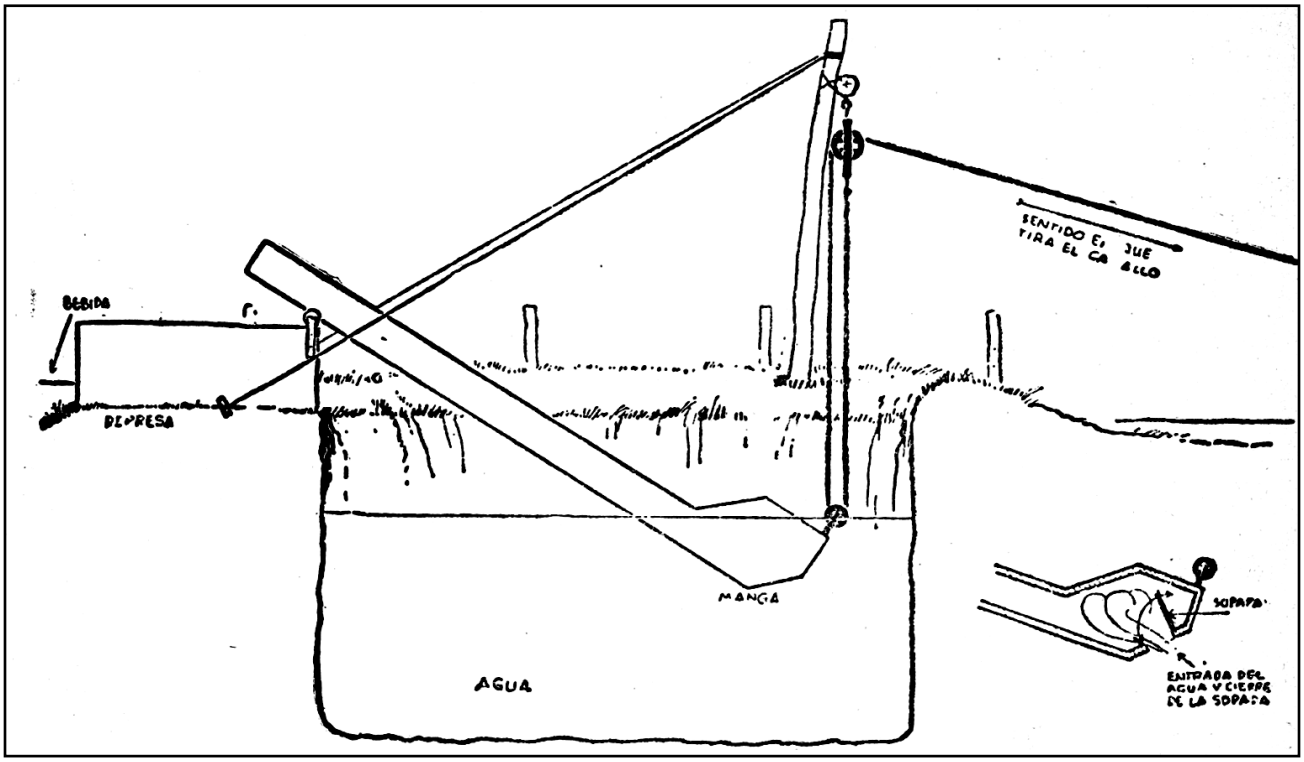


Figura 11-13.- Jagüel de manga de madera (Tito Saubidet, cit. por Sbarra, 1973).

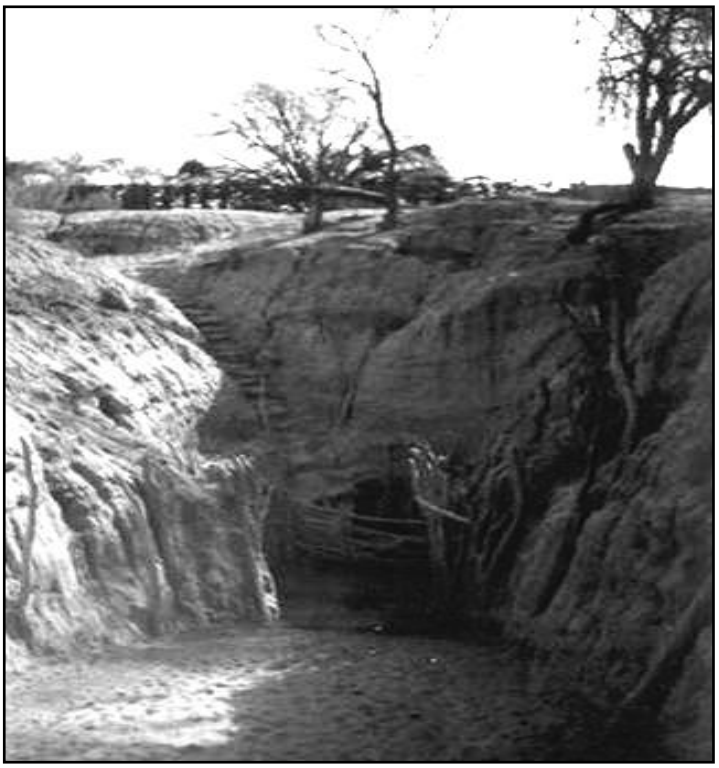


Figura 11-14.- Jagüel en uso actualmente (2003) en la Travesía de Guanacache, departamento de Lavalle, noreste de la provincia de Mendoza. Construido por los pobladores "a pico y pala". Observar el ojo de agua, al fondo, y la rampa de acceso, con las huellas de las pisadas de los animales. En la orilla opuesta una escalera de troncos horizontales para bajar a buscar agua. Los bordes del pozo conservan el perfil del terreno original (Pastor 2005, cit. por Torres, L. M., 2008).

De los distintos tipos de jagüeles, el que ha persistido en su uso en determinadas situaciones, tales como napas freáticas salinas o de poco caudal, es el que describimos a continuación.

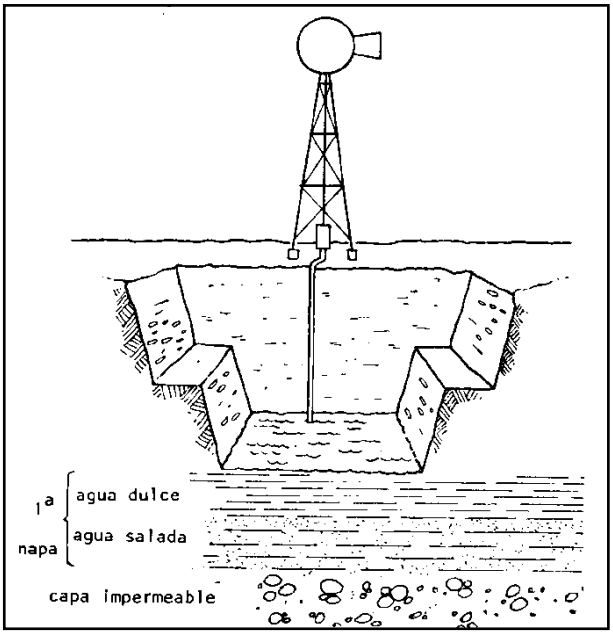


Figura 11-15.- Esquema de un jagüel moderno.

El principio y la utilidad de este jagüel es similar a la del pozo, presentando diferencias en cuanto a forma y costo. La cantidad de agua que mana diariamente dentro del jagüel depende del ancho y largo del mismo, de la profundidad a que llega dentro de la primera napa, de la naturaleza del subsuelo donde yace la misma y si se ha barrenado. Por ser de mayor superficie que un pozo, capta mayor cantidad de agua (fig. 11-15).

Los jagüeles pueden llegar a tener 150 m de largo en su boca, debiéndose en estos casos recurrir a dragas, palas hidráulicas o excavadoras para su construcción. Este lado mayor debe ser perpendicular a la dirección de la napa.

La profundidad del jagüel en cambio, hay veces que no puede exceder de ciertos límites, como sucede en zonas donde las napas inferiores son salobres.

La cantidad de agua que se puede obtener se determina experimentalmente. Cuando no alcanza a cubrir las necesidades diarias requeridas, se debe construir otro. El nuevo jagüel debe hacerse a una distancia mínima de 100 m respecto del primero, para no interferir la captación de agua entre ambos.

En caso de que la napa se encuentre a gran profundidad, la construcción de un jagüel resulta muy onerosa.

La hacienda no debe bajar directamente al jagüel y consumir agua en la misma napa. El pisoteo derrumba el terreno, se ensucia el jagüel y puede llegar a taparse la napa, obligando a continuos desbarres. Además existe el peligro de grandes contaminaciones.



Figura 11-16.- Jagüel. Observar los caños de aspiración que penetran en el jagüel y la ausencia de tanque cerca del molino. El agua es llevada por gravedad hacia el centro del campo.

El agua de un jagüel se debe extraer por medio de un molino o de una bomba. El molino se coloca a un costado de la excavación; si la profundidad de la napa hace necesario bajar el cilindro, se debe construir un pozo paralelo al jagüel. El sistema de succión de agua es similar al del pozo, y periódicamente debe ser desbarrado.

En la construcción de jagüeles pueden presentarse 3 casos:

- El subsuelo es de tierra firme y no se desmorona: el jagüel en este caso puede excavarse verticalmente y en forma prismática, sin necesidad de calzarlo.
- La parte del subsuelo cercana a la primera napa se desmorona: en este caso hay que calzar total o parcialmente la excavación.
- La parte del subsuelo donde yace la primera napa es guadalosa o cenagosa y puede ser arrastrada por el agua que mana dentro del jagüel. Esto obliga a un calzado cribado en la zona de la napa y a una mayor frecuencia en los desbarres.

El cilindro que extraerá agua del jagüel debe colocarse lo más bajo posible, dentro del antepozo correspondiente, de modo que si la napa desciende debido a una sequía prolongada, se podrá aumentar la profundidad del jagüel y el cilindro así instalado siempre sacará agua. Esto evita realizar gastos posteriores a la instalación del molino (fig. 11-17).

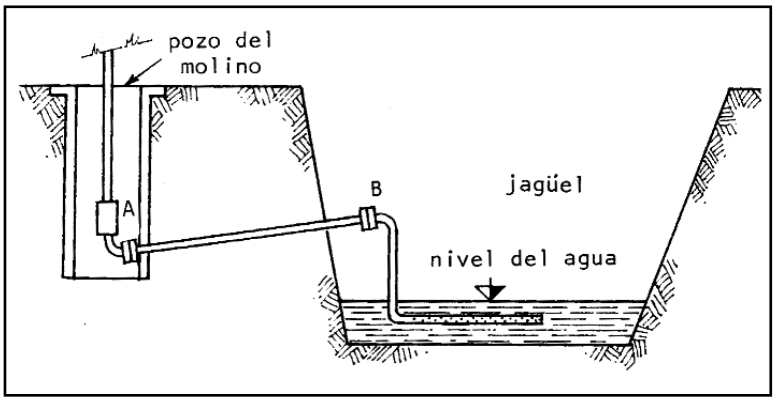


Figura 11-17.- Sistema chupador de un conjunto molino-jagüel para llegar a profundidades de bombeo mayores. La cañería A-B debe tener pendiente hacia el cilindro con el fin de que la válvula de aspiración trabaje mejor. En los puntos A y B se colocan uniones dobles que permiten desarmar fácilmente el sistema para repararlo.

El extremo del caño de aspiración dentro del jagüel se coloca bajo el nivel del agua pero no muy cerca del fondo, en el caso de que el agua sea salobre. El caño de aspiración tiene varios orificios de unos 8 mm de diámetro actuando de este modo de filtro.

Pueden utilizarse chupadores flotantes en zonas de aguas salobres para aspirar el agua cerca de la superficie, es decir lejos del fondo del jagüel.

En casos de napas muy pobres o salinas, se puede desviar el agua de superficie (lluvias) directamente al jagüel. El problema que surge con este sistema es que el agua de superficie arrastra finas partículas en suspensión que obligan a efectuar desbarres periódicos para evitar que se tape la napa, si no se construyen piletas de decantación.

La construcción de jagüeles lindando con las cunetas de caminos u otros lugares donde se acumule agua de lluvia que pueda ser derivada al jagüel, sirve para mejorar la salinidad y el caudal de la napa (Figura 18-12).

Tal como en los pozos, si es necesario por el caudal, los jagüeles pueden ser barrenados.

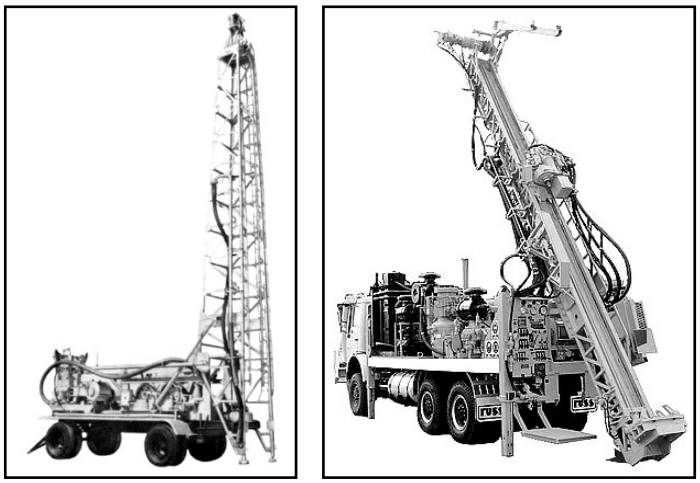
Otro sistema de jagüeles es cavar zanjas de entre 1 y 3 metros de ancho y 20 o más metros de largo, perpendiculares a la dirección del agua de la napa freática, que se introduzcan en la misma. De esta zanja el molino extrae el agua.

Serra (1980) nos informó que en el sur de la provincia de Santa Cruz y en la de Tierra del Fuego es común la ejecución de zanjones del ancho de una pala topadora (3 metros), cuya profundidad varía, pero que nunca es mayor a los 3 metros. Este tipo de jagüel se ubica en fondos de valles húmedos, lo que indica cercanía de napa freática. Normalmente se obtiene agua abundante y de buena calidad, variando la cantidad a lo largo del año, pero que muy raramente se secan. Un inconveniente en esta zona es la formación de hielo en invierno, el cual debe ser roto diariamente para permitir beber al ganado. También se sumergen a medias bloques de sal, lo que permite mantener una pequeña superficie libre de hielo.

En la provincia de Tierra del Fuego es común la presencia de arroyos, manantiales o lagunas en casi todos los campos, por lo que este tipo de aguadas se realizan solo en casos especiales, tales como apotreramientos chicos o pasturas cultivadas.

PERFORACIÓN

Este tipo de acceso al agua subterránea sólo es útil donde las napas de agua son abundantes. A diferencia del pozo, su diámetro es muy reducido y está determinado por el del caño a instalar.



Figuras 11-18.- a) Equipo perforador montado en acoplado, torre tipo petrolera de frente abierto, motor de 125 HP, caja reductora-inversora, sistema percusión por cable, bomba inyección, mandos hidráulicos, barra de sondeo de 3 ½, 2 ⅞ y 2 ⅜, capacidad perforante hasta 500 metros; b) Equipo perforador montado en camión

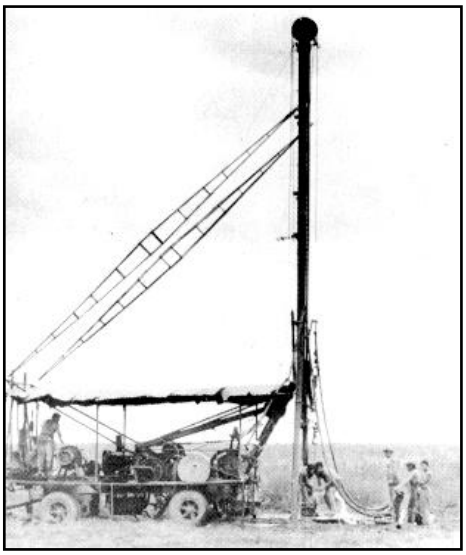


Figura 11-19.- Equipo de perforación del Sr. Alberto Renz, trabajando en el establecimiento de los Srs. Ziletti Hnos., Cnel. Baigorria, Cba.. Perforación a segunda napa a 90 metros.

Hasta profundidades de 20 m y donde no hay que atravesar capas de gran dureza, se puede utilizar una sonda, que consiste simplemente en un caño cuyo extremo inferior presenta un biselado que facilita su penetración según el tipo de suelo. Una válvula de retención impide la salida del material que entra en la sonda a medida que la misma se introduce en el terreno. Cuando la capacidad de la sonda se encuentra colmada, se extrae de la perforación e invirtiéndola se descarga su contenido.

Mediante el empleo de un martinete accionado manualmente a través de una polea, se facilita la penetración de la sonda en el terreno. Con el mismo objeto, se va inyectando agua dentro de la perforación.

Para perforaciones de mayor envergadura, tanto en diámetro como en profundidad, se requieren equipos más costosos, y en estos casos son empresas particulares o entes oficiales quienes realizan este trabajo.

Los dos sistemas para perforar a cierta profundidad prácticamente únicos en nuestro país son el de percusión y el rotativo.

Para fines especiales existen otros equipos de perforación tales como turbinas hidráulicas o motores hidráulicos o eléctricos sumergibles, pero no tienen aplicación en el campo de la provisión de agua subterránea.




Figuras 11-20.- a) Detalle de la foto 11-19 del equipo de perforación. b) Momento en que el equipo perforador llega a la napa artesiana, brotando violentamente el agua.

El método de perforación a percusión perfora mediante el golpe sobre el fondo de un gran peso (200 a 1000 kg) de un trépano, que tiene un filo y que se sube y baja continuamente por un balancín (parecido a una biela) accionado por un motor de la potencia adecuada. El material arrancado por los golpes, luego de un cierto tiempo de accionamiento del trépano, es retirado del fondo de la perforación mediante una sonda. Esta sonda es un tubo de diámetro algo menor que el trépano, con una válvula de retención tipo clapper en su fondo, que permite cargar el material triturado. Con el fondo limpio, se continúa trepanando.

A la vez que se perfora se van colocando los caños para el entubado o encamisado.

El sistema a percusión permite la obtención de muestras de muy buena calidad del terreno atravesado y es muy útil para realizar análisis de las diferentes capas de agua que pueden encontrarse. Se comienza con uno o dos filtros que se van bajando al profundizar, pero no puede conocerse antes de hacer la perforación la potencia o espesor de la capa de arena portadora del agua ni la granulometría (tamaño del grano) de la misma, así que si colocamos un filtro agujereado en punta, de seis metros, y la napa tiene 12 ó 30 metros, vamos a extraer mucho menos caudal que el que puede rendir una perforación bien hecha. Si el tamaño de los orificios del filtro es pequeño para la granulometría de la arena, rendirá mucho menos que lo óptimo, y si el tamaño de los orificios del caño es grande con respecto a los granos de arena, esta entrará al pozo continuamente.

Para realizar una perforación bien hecha a percusión debe trabajarse con cañería de maniobra, es decir, un caño sin filtro hasta la profundidad deseada, analizando cuidadosamente todas las capas de agua, tamaño de grano, permeabilidad y calidad química. Luego se colocan caños filtros de ranura continua frente a las capas mejores y se extrae posteriormente la cañería de maniobra.

Pero un trabajo bien hecho a percusión con estas características es caro, lento y trabajoso para hacerlo.

El otro sistema de perforación es el rotativo. Se trata de una serie o sarta de barras huecas que se unen, terminadas en un trépano que perfora el terreno mediante la rotación de las barras y la inyección de barro bentonítico (arcilloso), el cual tiene como funciones el mantenimiento de las paredes del pozo, las que no son entubadas simultáneamente, y el traslado del material extraído del fondo de la perforación a la superficie.

Como se trata de una operación continua, la velocidad de avance es muy superior al método percutivo, pero el muestreo de las diferentes capas atravesadas es muy ineficiente, y el muestreo de la calidad del agua de las diferentes napas es imposible. Por otra parte si se atraviesa una capa de arena sucia (con limo o arcilla entre sus granos) el perforista puede pensar que es una napa de agua, pues el trépano disgrega los granos y desaparece su relleno arcilloso.

Con el método rotativo se puede diagramar eficientemente el entubado para un determinado perfil de suelos, pues la cañería se coloca una vez finalizada la perforación, mientras la inyección mantiene las paredes del pozo. Así pueden aislarse las napas de mala calidad y poner en explotación las mejores, por calidad y caudal, con el tipo de filtro adecuado, de largo proporcional a la napa y con la abertura correcta para el tipo de arena.

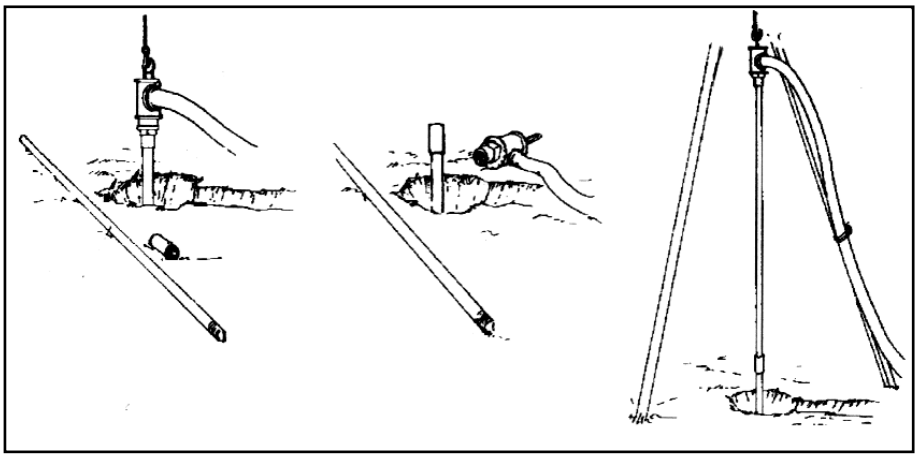


Figura 11-21.- Perforación por sistema rotativo. Colocación de una nueva barra hueca al terminar de penetrar la anterior. Unión con un niple con la anterior y colocación de la entrada del barro en el extremo libre.

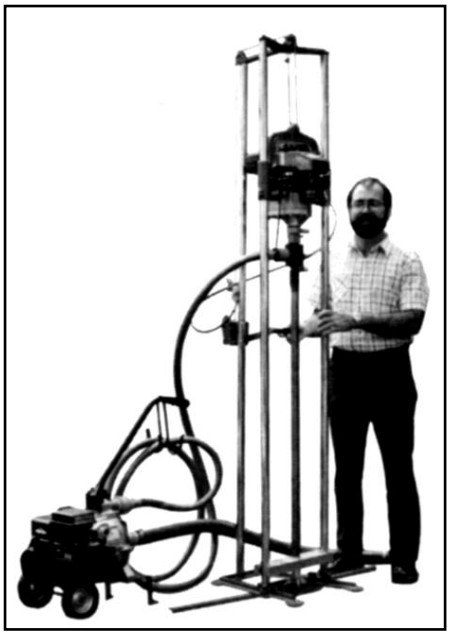


Figura 11-22.- Equipo perforador completo económico para profundidades de hasta 60 metros.

El entubado no se puede realizar "a ojo", es decir, de acuerdo con el muestreo tomado en superficie. Cuando el trépano esta profundo, la muestra tarda varios minutos en llegar a la superficie y el trépano continúa su avance. Cuando el sondista observa la muestra y mide la profundidad por la cantidad y largo de las barras empleadas, puede haber terminado la napa o al menos estar desfasada en varios metros. El trabajo así realizado es muy oneroso para el productor que deberá pagar por un perforación mal realizada.

Pero como el sistema rotativo permite entubar muy bien si se conocen las características de las napas, lo que se necesita es determinar exactamente esas características. Para ello se emplea el método geoeléctrico de detección de agua (perfilaje eléctrico).

El sistema rotativo con perfilaje eléctrico y el sistema a percusión con cañería de maniobra son casi equivalentes en calidad de trabajo, pero el precio y la velocidad es muy diferente entre ambos sistemas, con ventajas para el método rotativo.

EMPLEO DE EXPLOSIVOS EN PERFORACIONES

Las perforaciones en formaciones de roca son costosas. Se necesitan taladros especiales y si se encuentra material de sobrecarga (suelto) se hace necesario encamisar la perforación hasta la formación de roca continua.

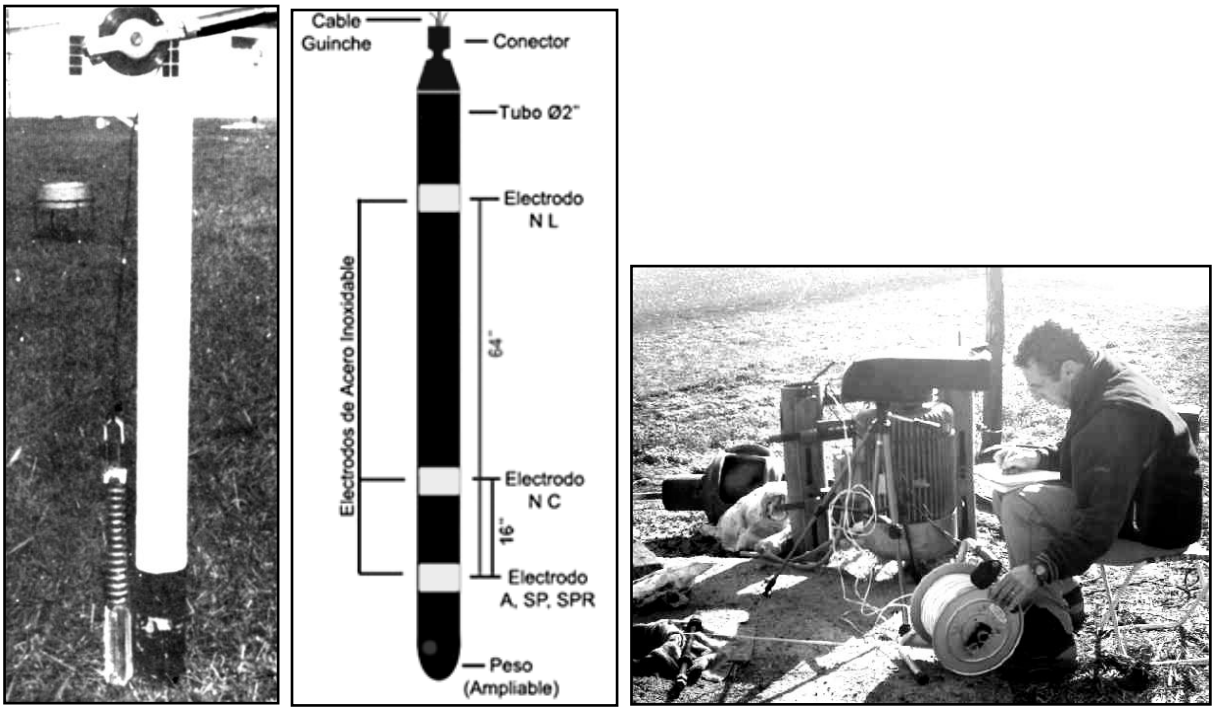
Algunas veces es posible aumentar la capacidad de las perforaciones establecidas en formaciones de rocas por medio del empleo de pequeñas cargas de explosivos, con ciertas precauciones. Esto puede tener éxito en formaciones de roca dura fracturada.

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA NAPA EN UNA PERFORACIÓN

Cuando se termina una perforación, por el largo y el número de tramos de sonda empleados, se conoce a que profundidad se llegó. Con esta información, se pueden emplear tres métodos para conocer el espesor de la napa, o hasta que altura sube dentro de la perforación si es semisurgente:

a) Mediante una soga seca del largo de la perforación efectuada, con un peso en su extremo, que se introduce hasta el fondo de la perforación, se verifica la altura de la napa de agua, ya sea freática o semisurgente, la que estará dada por la parte mojada de la soga al retirarla.

b) Mediante el hidrómetro a silbato, que es un instrumento construido con un cilindro hueco, abierto en ambos extremos, con un silbato colocado ajustado en su parte media. Este conjunto está unido a una cinta métrica que se enrolla sobre un tambor movido por una manivela. El caño con el silbato se introduce en la perforación, desenrollándose la cinta métrica. Cuando el cilindro se sumerge en el agua de la napa, el aire contenido en el mismo es obligado a salir a través del silbato, produciéndose el lógico sonido. Cuando esto ocurre, se interrumpe el descenso y se lee la cinta métrica, que indica el extremo superior del agua en la perforación. Como se conoce la profundidad de la perforación, se puede calcular el espesor de la napa.



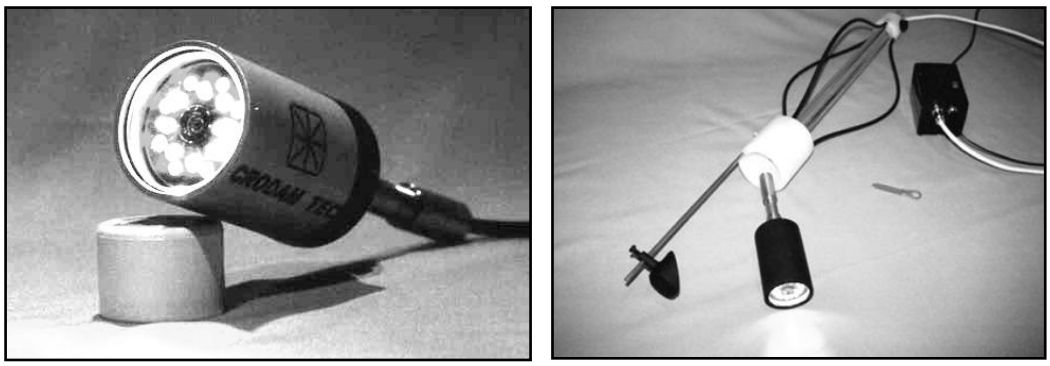
Figuras 11-23.- a) Hidrómetro a silbato; b) Un tipo de sonda para mediciones geoeléctricas; c) Efectuando perfilaje eléctrico en una perforación

c) Mediante perfilaje eléctrico, que es una técnica geofísica mediante la cual se obtienen diferentes registros de las perforaciones, lo que permite ubicar los filtros frente a los napas mas productivas, aislando los niveles salinos o contaminados. El perfilaje eléctrico asegurara la profundidad exacta de los diferentes estratos, prácticamente sin error. El sistema se basa en la introducción de una sonda en la perforación, obteniéndose un registro continuo en superficie a medida que la sonda se va enfrentando con los diferentes niveles atravesados.

ENDOSCOPÍA CON VIDEOCÁMARA PARA PERFORACIONES

Una perforación profunda es una inversión importante para el productor. Una perforación abandonada puede ser puesta en servicio con poco gasto, o en otras ocasiones, no vale la pena invertir en ella.

Para conocer fehacientemente el estado de una perforación, existencia de filtros, profundidad de los mismos, si están rotos, incrustados, si tienen óxido o carbonatos, reducciones de diámetro, profundidad del fondo, ingreso de contaminantes, si es posible aplicar tratamientos químicos para la reactivación de la perforación, y también en el caso de accidentes mecánicos, para localizar la posición de una bomba u objeto caído dentro de una perforación, forma y posición del mismo para diseñar un método de extracción, etc., se puede emplear una cámara de video color sumergible, con un monitor en la superficie, para poder observar el estado general de la perforación y poder decidir luego, con criterio económico y técnico preciso, si debe abandonarse o si con poca inversión puede ser recuperada y en ese caso que debe hacerse.



Figuras 11-24.- Cámaras sumergibles de video color para inspección de pozos entubados.

El recorrido de la cámara a través del entubado se graba y puede ser observado repetidamente. La videocámara es una herramienta muy importante para muchas aplicaciones relacionadas a perforaciones con problemas y también para peritajes legales, para determinar el origen de roturas o fallas, si son debidas a mano de obra defectuosa o a materiales empleados de baja calidad.

POZO Y PERFORACIÓN

En todos los casos en que se utilicen bombas de superficie, y la napa se encuentre a profundidades mayores de 6 m, es necesario excavar un pozo, llamado generalmente en este caso antepozo, para colocar en el fondo la bomba y acercarla así al acuífero.

Desde el fondo del pozo se realiza una perforación, en la que se instala el caño chupador (fig. 12-9).

CAMPANA

Cuando comienzan a trabajar los molinos o las bombas, sacan en mayor o menor cantidad arena y tierra, lo que a medida que pasa el tiempo, se va reduciendo hasta cantidades no observables, pero excepto que los filtros estén en zona de piedra, siempre sacarán algo de sólidos.

El retiro paulatino de este material, crea una campana que abarca la napa y la zona sobre ella, es decir, un hueco de forma cónica donde no hay material sólido sobre la napa y en la zona de la napa solamente agua, lo que facilita la extracción. Además, amplía la zona de captación de la napa por la perforación o el pozo. Esta campana es necesario, dentro de lo posible, que se forme por debajo de la tosca, para evitar derrumbes y que comience a sacar arena nuevamente.

ENCAMISADO O ENTUBADO

Generalmente, la perforación que llega hasta la napa debe encamisarse o entubarse en toda su extensión en forma permanente. A este trabajo también se lo llama revestimiento, envoltura o ademe. Dicho encamisado impide que la tierra o arena obstruya la perforación por pequeños derrumbes.

Cuando la primera napa es de agua salobre, puede suceder que otras más profundas sean de mejor calidad. En este caso, el encamisado tiene como finalidad, además de la ya citada, evitar la mezcla de aguas de las napas superiores con la napa a utilizar. El encamisado atraviesa la capa impermeable, afirmándose en ella, para tomar el agua de la napa que corre debajo. Estas capas impermeables que atraviesa el encamisado son las que evitan la mezcla de aguas de distintas napas.

Si el cilindro o bomba están sobre la superficie o dentro de un pozo, el encamisado cubre solamente el caño de aspiración, debiendo ser 1/2 pulgada de diámetro mayor que el mismo.

En grandes, profundidades, el cilindro o electrobomba sumergible se instalan dentro del encamisado. En ambos casos, el caño camisa también deberá ser de diámetro mayor que el equipo de bombeo. Cuando se emplea cilindro, esa diferencia debe ser de 1/2 pulgada como mínimo, dado que la vibración normal del cilindro durante el bombeo, aunque mínima, se transmitiría a la camisa si ésta fuera muy ajustada, y esos golpes aflojarían el material que la afirma, produciéndose pequeños derrumbes y mezcla de napas.

En suelos sueltos, el caño camisa debe instalarse a medida que avanza la perforación, para evitar que los desmoronamientos la bloqueen.

Cuando se efectúa la perforación desde la superficie del terreno (sin pozo), la camisa debe sobresalir respecto al nivel del suelo, para evitar penetración de agua de escorrentía en la misma (fig. 18-12). En el caso de existir pozo, debe sobresalir con respecto al fondo del mismo por posibles inundaciones del pozo, provocadas por ascenso de la napa o pérdidas en el cilindro, que contaminarían el acuífero.



Figura 11-25.- Pozo con perforación encamisada sobresaliendo correctamente del fondo del mismo.

Para evitar la entrada de elementos extraños a la napa, debe sellarse el espacio existente entre la camisa y el caño de elevación o aspiración, con arpillera alquitranada o goma, y con cemento el espacio que pueda quedar entre camisa y perforación. Estos sellados son muy importantes para evitar la contaminación de la napa con materia orgánica (nitratos, nitritos).

Es aconsejable colocar una abrazadera que fije el encamisado a un bloque de cemento o ladrillo o a un travesaño.

El material más empleado para encamisar es el acero galvanizado. Puede también usarse caño de fibrocemento, o de PVC. que presentan la ventaja, en zonas de aguas salobres, de no ser atacados por la corrosión u oxidación. Para la instalación de estos últimos, es necesario que entren perfectamente sueltos en la perforación, pues no resisten los golpes. No es aconsejable el empleo de los de fibrocemento en zonas sísmicas.

CAÑOS DE FILTRO

En el extremo inferior del caño camisa, se coloca, mediante una unión roscada, el caño de filtro. Su función es permitir la mayor entrada posible de agua a la perforación con un mínimo de pérdidas de cargas y libre de arena. Se fabrican de distintos tamaños, perforaciones y materiales para adaptarlos a las distintas granulometrías de los acuíferos y calidad del agua. Generalmente son de una aleación resistente a la corrosión, como por ejemplo, acero inoxidable, o de polietileno.

Pueden presentar aproximadamente las siguientes dimensiones:

Diámetro (pulgadas)	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	4	5	6
Largo (metros)	1,50 a 4,80							

Generalmente es una malla metálica, con orificios de unos 3 mm que impide el paso de grava o arena. Para evitar o disminuir su obstrucción conviene que el espacio de la ranura o perforación aumente de afuera hacia el interior del filtro. Las aberturas deben tener una distribución uniforme para que el flujo de agua no sea tortuoso y facilitar el desarrollo de la perforación en la napa (fig. 11-23 y 11-24).

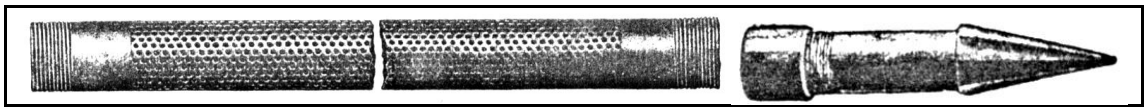


Figura 11-26.- Caño filtro y punta para caño filtro.

Una variante de estos filtros son las perforaciones clavadas o hincadas se realizan mediante la introducción de una punta de hincar con filtro (puntera), que es de acero sólido para evitarle daños por material muy duro o por guijarros sueltos, y de un diámetro ligeramente superior al del filtro. Conforme se hunde en el terreno, se van enroscando tramos sucesivos de la cañería en la parte superior. El clavado se hace mediante el simple mecanismo de golpear la parte superior de la tubería. En lugares de arena muy fina no dan resultado pues se tapan. Se pueden emplear en aguas a poca profundidad.

Las medidas más comunes de estas puntas varían entre 1" y 4" de diámetro con un largo de entre 0,60 m y 1,20 m respectivamente.

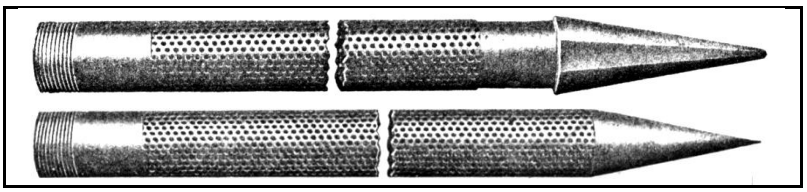
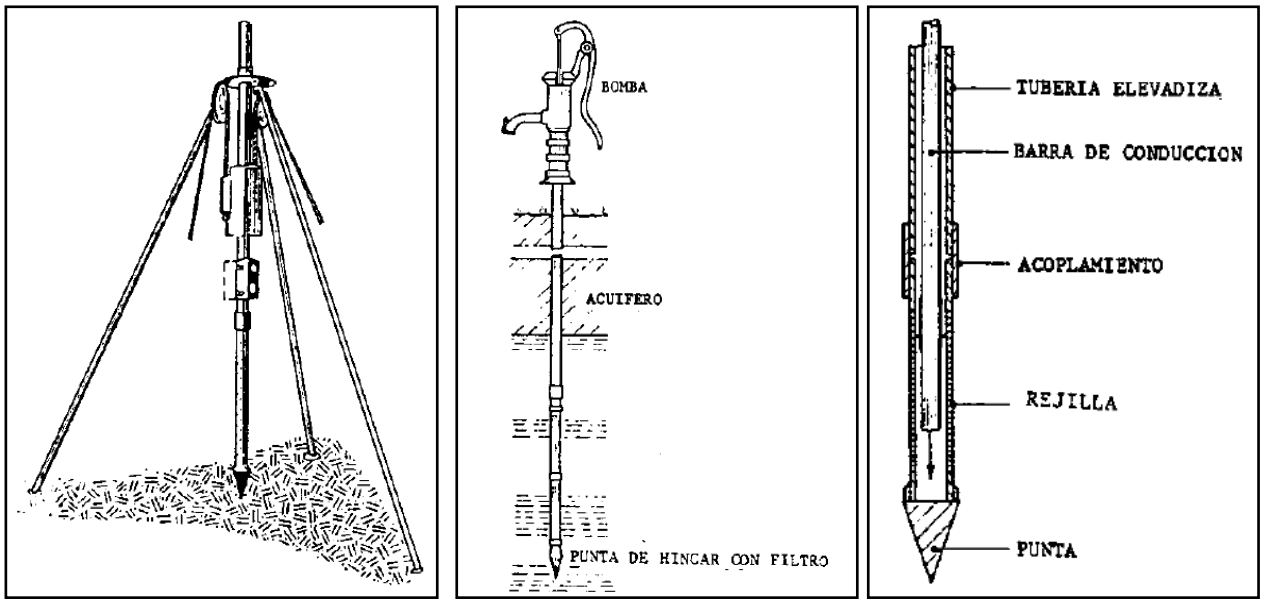


Figura 11-27.- Puntas perforadas; a) Para perforar a golpes pozos de poca profundidad en terrenos arenosos; b) Con punta lisa que permite colocarlas dentro de los caños camisa.



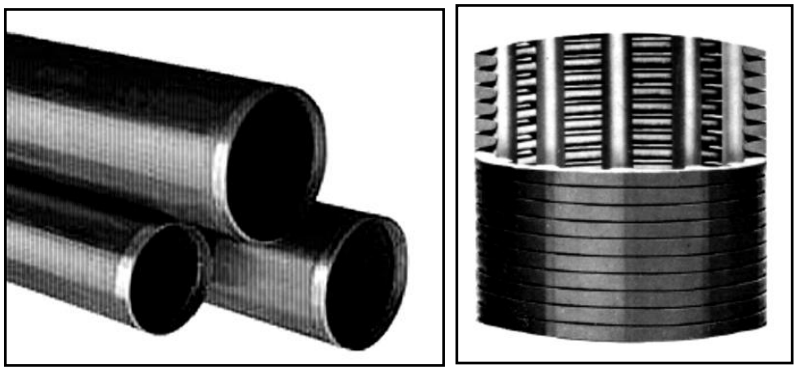
Figuras 11-28.- a) Clavado de pozo; b) Pozo clavado; c) Perforación con barra interna de conducción;

Es esencial que los golpes para el clavado sean rectos y verticales. De lo contrario, se doblará y hasta se puede romper la cañería. Como es la tubería la que transmite los golpes a la punta, la cañería debe ser fuerte, de paredes gruesas.

La perforación con barra interna de conducción tiene en el interior de la cañería una barra maciza de diámetro mucho menor que apoya en la parte superior interna de la punta, y en la superficie sobresale con respecto a la cañería, y es allí donde se golpea. De esta manera, la tubería es tirada o halada dentro del terreno por la punta, en lugar de ser guiada por ella, por lo que se pueden emplear cañerías de dureza normal.

La resistencia contra el clavado aumenta con la profundidad, por lo que su empleo está limitado a no más de 10 a 15 metros.

En instalaciones que suministran caudales reducidos, luego de la perforación mediante sondeo, se coloca el caño camisa, cuyo extremo inferior ha sido seccionado con ocho cortes laterales y cada sección así obtenida, unida en un punto central con las otras, de modo que adquiera el caño forma de punta. Por encima de los cortes laterales, se realizan en el caño cortes transversales con una sierra de mano, los que también actúan como filtro y aumentan la capacidad de aspiración.



Figuras 11-29.- a) Caños filtro de acero inoxidable de ranura continua con largos de hasta 6 metros, diámetros de hasta 26 pulgadas y aberturas desde 0,10 mm; b) Detalle del filamento y las nervaduras en un filtro de ranura continua.

Los filtros de ranura continua son los de mejor rendimiento hidráulico por su alto porcentaje de espacios vacíos que permite una afluencia de agua al pozo mucha más efectiva. Con igual caudal, disminuye la veloci-

dad de entrada del agua, lo que retarda la formación de concreciones alrededor de los orificios o ranuras de entrada al filtro. Pueden ser de acero inoxidable, galvanizado, acero crudo o de plásticos.

Tabla 11-1.- Características de filtros de polietileno (Thissen Plastic Solution)

Diámetro exterior mm	Diámetro interior mm	Caudal por m lineal Ranuras 1 mm; vel. 3 cm/seg. Litros/hora
90	73,6	1900
110	93,8	2700
125	110,2	3593
160	141,0	4781
180	158,6	5459
200	176,2	6138
225	198,2	6770
250	226,2	7618
280	253,2	8204
315	290,8	9392
355	327,8	10101
400	369,8	11412
Ranuras alternativas: 0,75 - 1 - 1,5 - 2 - 2,4 mm		

Las aguas blandas, por su carácter corrosivo, atacan a los metales y los disuelven, por lo que con el tiempo las aberturas de los filtros se agrandan y posteriormente pueden penetrar arenas, que al ser aspiradas por las bombas las dañan.

En cambio, las aguas duras producen incrustaciones, depositando carbonatos en los filtros y en los poros de la napa, con lo cual obstruyen el ingreso del agua.

Otro problema pueden ser las ferrobacterias que contienen algunas napas. Si bien no afectan la salud humana o animal, producen un material negro rojizo adherente que obstruye los filtros y disminuye la porosidad del pozo.

En zonas de aguas salobres la malla de los filtros debe ser de bronce para evitar su corrosión. Siempre el filtro debe ser de un solo metal para evitar la corrosión electrolítica.

En la generalidad de los casos es conveniente efectuar un prefiltro de gravilla entre el acuífero y el tubo filtro cuyas características así como las del filtro dependen de la granulometría de la formación geológica (esta operación se denomina "desarrollo del pozo").

POZO PERFORADO A CHORRO

Los pozos perforados a chorro en apariencia no difieren en mucho de los pozos clavados, pero la punta en el extremo inferior de la sección filtrante es hueca en lugar de sólida. El pozo se perfora a través de la acción erosiva de una corriente de agua emitida desde la punta.

Comparado con los clavados, ese método es mucho más rápido. No se necesita una fuerza mecánica, de tal forma que se pueden emplear cañerías y filtros de plástico en vez de metal. Se pueden emplear en suelos no consolidados, sueltos.

POZO TALADRADO

Es una técnica que se presta mejor para su uso en terrenos blandos, tales cono arena y caliza blanda. Es muy empleada en zonas deltaicas, donde es corriente este tipo de suelos.

Para poca profundidad se emplean barrenos en espiral o sinfín. En profundidades mayores se aplican barrenos de tipo cubeta, rotados desde la superficie mediante un eje de conducción.

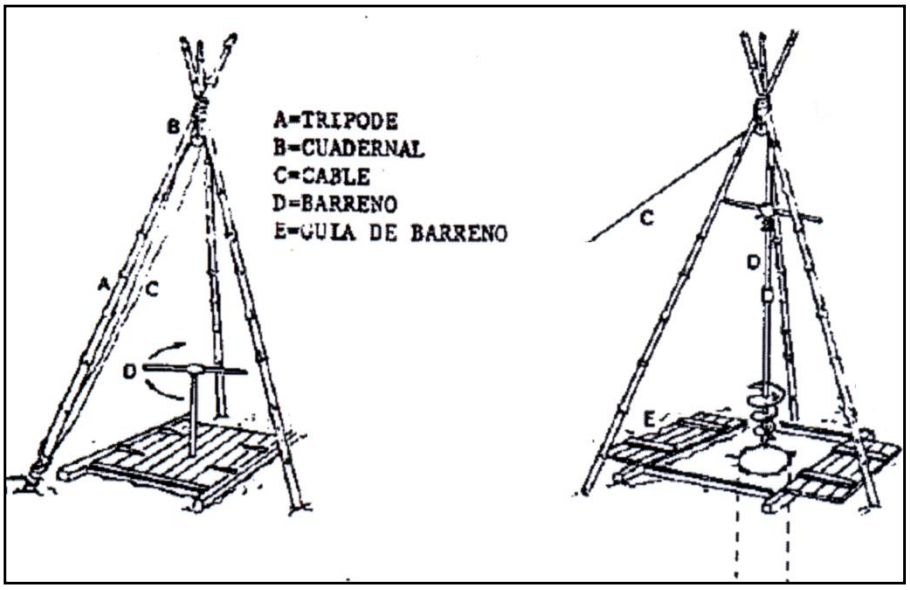


Figura 11-30.- Pozo taladrado con sinfín

PERFORACIÓN HORIZONTAL

En zonas montañosas, ante la evidencia de un posible manantial, puede recurrirse a la excavación o al uso de explosivos, con la finalidad de acceder al acuífero y obtener un mayor caudal. Con esta práctica, sin embargo, se corre el riesgo de destruir en forma permanente la barrera natural que sirve de capa confinante para la acumulación de agua y puede llegarse así al total agotamiento del acuífero. Para evitar este problema, se pueden emplear perforaciones horizontales.

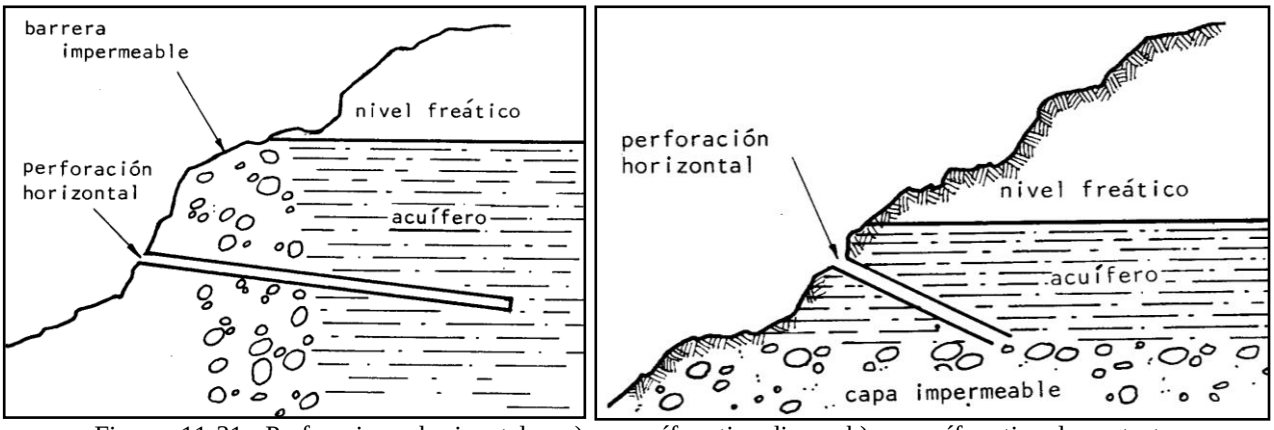
La perforación horizontal es un "manantial entubado" que una vez perforado hasta llegar al manto acuífero y puesto en producción no necesita de ningún sistema de fuerza motriz ni de bombeo para suministrar agua.

En la década de 1970 en EE.UU. se instalaron unas 2000 perforaciones horizontales con caudales que variaban entre uno y 230 litros/minuto. Si bien en nuestro país este método no se encuentra muy difundido, puede llegar a constituir un valioso recurso para aumentar la receptividad de zonas marginales donde existen manantiales o evidencia de napas confinadas. El lugar a perforar se localiza por existir manantiales viejos, lugares donde mana el agua y por la presencia de plantas hidrófilas (crecen junto al agua), y en los casos de no aflorar naturalmente el agua, por alguno de los métodos de detección vistos anteriormente.

Cada lugar presenta características y problemas únicos, por lo que tanto el éxito de la perforación horizontal como el costo varían mucho. Esto se debe a la localización y formación geológica del sitio, preparación del lugar, y si es necesario, la construcción de un camino de acceso para el traslado del equipo.

La perforación horizontal se puede emplear para extracción de agua almacenada en distintos tipos de acuíferos, como ser el tipo dique y el tipo de contacto (figs. 11-31).

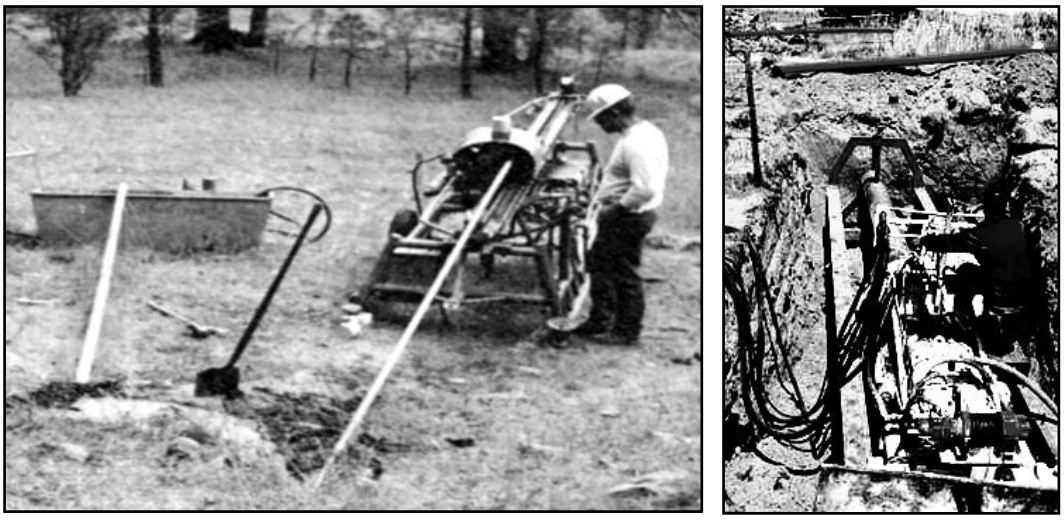
El acuífero tipo dique es, en esencia, una cisterna de almacenamiento donde el agua está contenida por una barrera vertical impermeable. El agua puede filtrarse a través de las grietas de la roca o por encima de la barrera y presentarse naturalmente en la superficie. En este tipo de formación, la perforación se hace a través de la barrera por debajo del nivel freático, accediendo de esta manera al agua almacenada.



Figuras 11-31.- Perforaciones horizontales: a)-en acuífero tipo dique. b)-en acuífero tipo de contacto.

El acuífero tipo de contacto consiste en una napa de agua que yace sobre un material impermeable. El agua filtra hacia la superficie en un punto cercano a la capa que la retiene, formando un manantial. No es aconsejable perforar en este caso por debajo del nivel de filtración, pues frecuentemente se llega a la capa impermeable y disminuye el caudal.

Si bien se denominan perforaciones horizontales, los trabajos se deben efectuar a pendiente del 4 - 5 % en profundidad para evitar la posibilidad de realizar una obstrucción con materiales groseros de la napa.



Figuras 11-32.- Equipos efectuando perforaciones horizontales en acuíferos tipo dique.

Para efectuar la perforación, en todos los casos se utiliza un mecanismo rotatorio con agua recirculante para remover los recortes producidos. Al comprobar la existencia de agua, se retira el vástago del taladro y se emplaza un caño de 2 pulgadas, el cual sirve de camisa a la perforación. En el espacio entre el caño y la pared de la perforación se bombea cemento hasta que la misma comienza a salir por el borde de la camisa. Se la deja fraguar hasta el día siguiente, tras de lo cual se continúa con la perforación hasta que se produce un rendimiento de agua satisfactorio o hasta el límite práctico de la perforación. Se retira el vástago del taladro y se lo reemplaza con un caño de 1¼ pulgadas, perforado, que se coloca hasta el fondo de la perforación.

En el extremo exterior del tubo de salida se coloca una llave con una válvula de alivio para evitar las posibles obturaciones producidas por tierra u otros materiales. Desde el tubo de salida se pueden derivar cañerías que abastezcan bebederos provistos de cierre automático. Luego se puede cubrir todo con tierra, especialmente en zonas de grandes heladas, con el fin de evitar la congelación del agua. La presión hidrostática ejercida por la columna de agua del acuífero produce la salida automática del líquido por la cañería.



Figura 11-33.- Perforación horizontal terminada.

Algunas de las ventajas de la perforación horizontal respecto a los manantiales son la minimización de pérdidas al ser controlado el flujo mediante la llave de cierre y el aprovisionamiento de agua limpia, ya que si bien el agua de un manantial es, por lo general, de buena calidad y pureza, puede contaminarse en el área de escorrentía.

Si el caudal es bajo, se puede agregar a la instalación un tanque de almacenamiento para acumular el agua durante períodos de poco consumo.

Este procedimiento tiene su mayor utilidad en el suministro de agua para explotaciones ganaderas de regiones áridas y montañosas debido a la movilidad del equipo perforador, el bajo costo y la capacidad del sistema para aprovechar recursos hídricos considerados hasta el momento como insignificantes.

CAJA DE CAPTACIÓN EN MANANTIALES

Con el fin de regular la salida de agua de un manantial, se puede colocar una caja en la aparición en superficie del mismo, la que cuenta con un respiradero, caño de rebalse o rebosadero, salida de drenaje, entrada para inspección y limpieza y la salida al tanque depósito o bebederos.

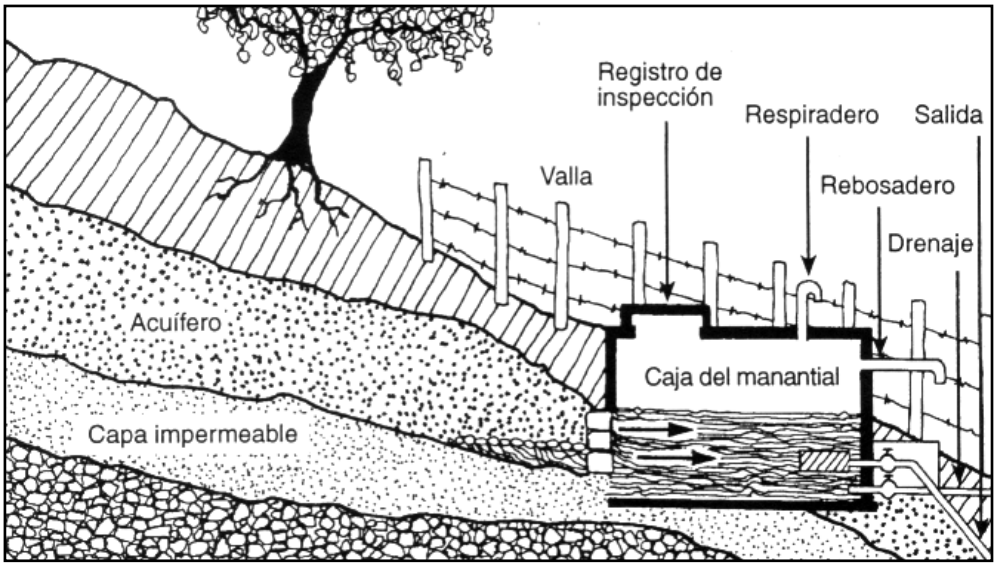


Figura 11-34.- Manantial de napa freática con caja de captación (Adapt. de OMS, 1998).

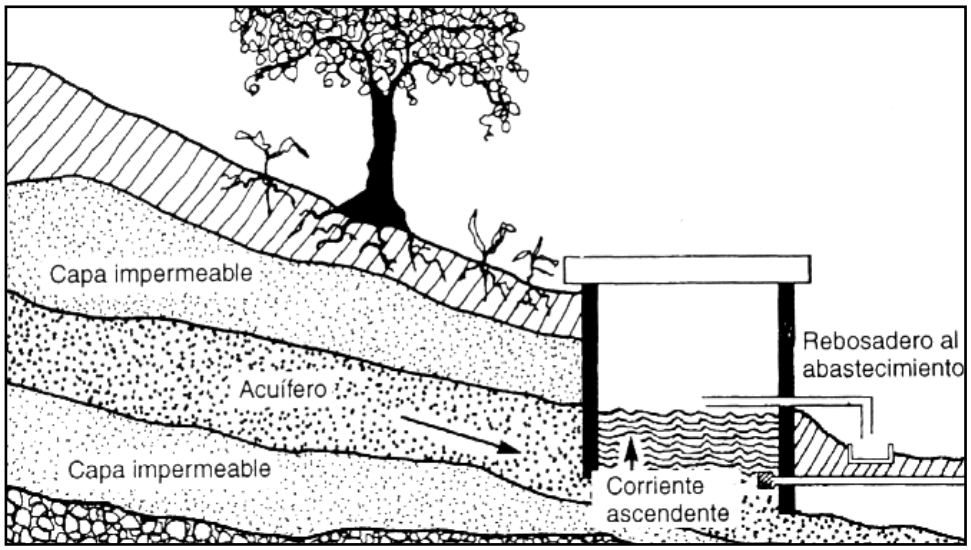


Figura 11-35.- Manantial de napa confinada con caja de captación (Adapt. de OMS, 1998).

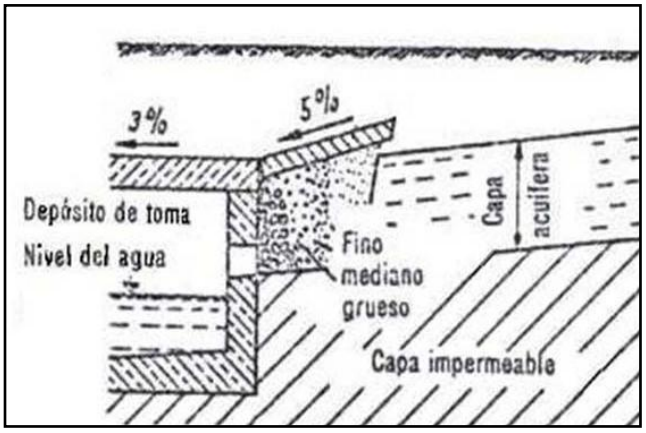
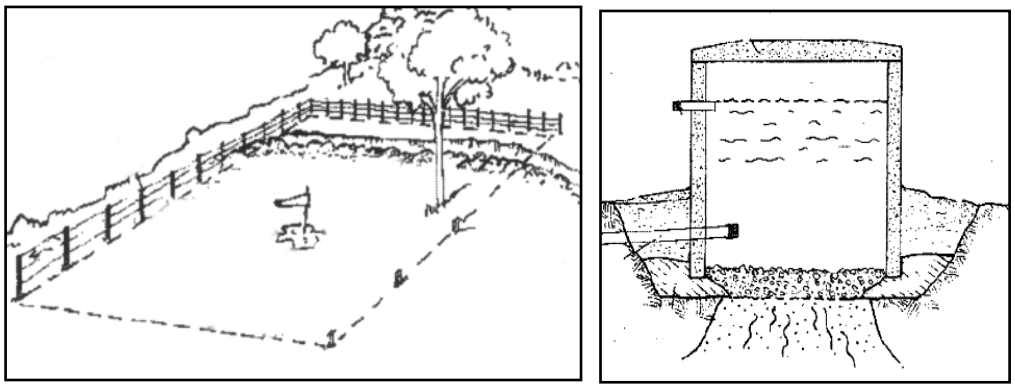


Figura 11-36.- Manantial con depósito bajo superficie y filtro.



Figuras 11-37.- Captación con una caja de un manantial que brota en un suelo con poca pendiente. a) Manantial cercado brotando; b) Detalle de la caja de captación colocada.

Otra forma de proteger una fuente de agua consiste en construir un muro de contención, canalizar el agua, colocar piedras en el reservorio, de tamaño grande abajo y una capa de grava arriba, tapar con plástico negro, cubrir con tierra, plantar pasto sobre el reservorio y cercar el lugar. De esta manera, la vertiente queda completamente tapada y bajo una capa de tierra con vegetación. En un extremo del muro de contención se coloca el

caño para la salida del agua para el consumo y caños de rebalse para eliminar constantemente el exceso de agua.

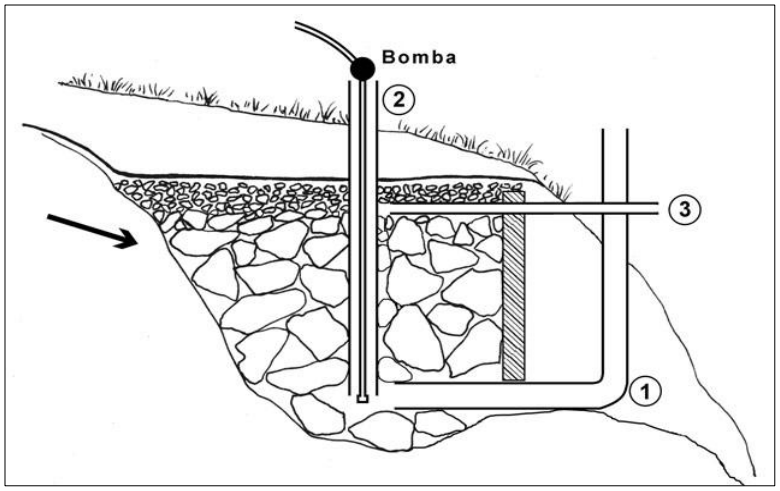


Figura 11-38.- 1) Caño de rebalse; 2) Bomba para alimentar un tanque elevado; 3) Caño para surtir agua por gravedad (Karpe, 2005).

Un sistema económico para captar agua de manantiales, empleado actualmente en algunas zonas de la Argentina, como San Martín de los Andes, consta de un caño colector de PVC de 110 mm de diámetro y de largo variable, con 2 tapas en sus extremos y perforado en la parte superior. Los agujeros se disponen en 3 hileras alternadas y son de 1 cm de diámetro. En la parte media del caño se inserta una abrazadera de derivación, de igual diámetro que el caño, que está conectada a un enchufe para manguera (rosca macho-espiga). La manguera que se conecta es de 1" y de largo variable. Este es el elemento conductor del agua captada. Este sistema de captación se coloca en forma transversal a la pendiente y se apoya sobre la capa impermeable arcillosa que posee la vertiente. Por lo tanto, es necesario cavar hasta llegar a la arcilla. La longitud de la excavación depende del caudal de la vertiente y de la necesidad de agua. Cuanto mayor sea el caudal, más corto puede ser el colector. Sobre la capa impermeable se coloca un trozo de polietileno negro de 100 micrones, que debe ser suficientemente grande como para cubrir todo el sistema. Es decir que se debe considerar el largo de la excavación por el ancho, la profundidad del pozo y nuevamente el ancho de la excavación para tapar toda la captación. Arriba de éste se coloca el colector y en la zona más baja de la excavación se perfora el polietileno para que pueda salir el enchufe de manguera con la manguera por el orificio. Luego se cubre todo con piedras bocha hasta casi el nivel de la superficie. El excedente de polietileno se dobla sobre las piedras bocha y se cubre con tierra. De esta manera, las piedras y el polietileno que las recubre actúan como filtro y el espacio entre las piedras hace de reservorio de agua. La manguera que sale de la captación debe ir enterrada para preservarla de la radiación solar y de las heladas. En el extremo terminal de la manguera se coloca una canilla o un acople de tipo "T". El sistema en su conjunto, actúa por gravedad (J. Manazza, 2006).

Esta tecnología, elaborada por el INTA, es de uso creciente entre los pequeños productores, ya que constituye un método sencillo y económico para obtener agua de calidad para usos domésticos y productivos.

CAPTACIÓN DE AGUA EN LADERAS

En algunas zonas, especialmente laderas y también cerca de la cima de las mismas, se encuentra agua subterránea que emerge a la superficie en forma difusa. El agua puede provenir de un área húmeda, llamada de filtración, o formando un pantano de sierra, formaciones que pueden extenderse considerablemente a lo largo de la ladera.

Para captar este agua se cava una zanja de unos 60 cm de ancho a 15 cm por debajo del nivel del manantial. Se coloca una capa de arena o pedregullo de 10 cm y luego un tubo de desagüe de unas 4 pulgadas. Se

tapa el tubo con arena o pedregullo, colocando sobre la misma polietileno negro grueso para evitar que la tierra con que se tapa la zanja obstruya los espacios entre la arena o pedregullo.

Si la tierra es arcillosa, se apisona la misma en el lado que da cuesta abajo de la ladera. Si el suelo es suelto, se deberá construir una pared de contención de concreto de unos 15 cm de ancho, que debe estar encajada dentro del estrato impermeable para evitar que el agua filtre.

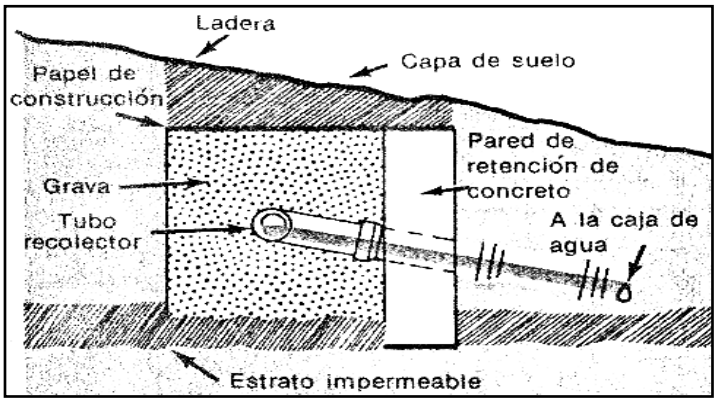


Figura 11-39.- Sistema de captación (grava, caño, pared).

Los tubos de desagüe van a dar a una caja de agua, que debe estar a un nivel inferior que la pared de contención. La caja debe ser de concreto con tapa. Las que se usan como tanques sépticos en cloacas domiciliarias son aptas. También se puede emplear una calza para pozo, haciéndole el piso y con tapa. La salida del agua de la caja debe estar a unos 15 cm del fondo, para impedir la entrada en el caño de arena o limo que arrastre el agua. Periódicamente se debe limpiar.

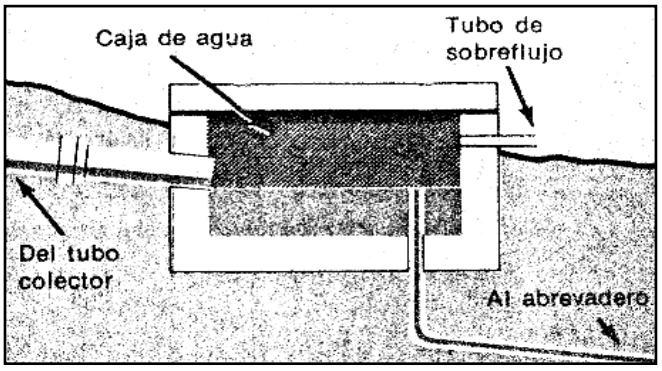


Figura 11-40.- Caja de agua para captación en laderas.

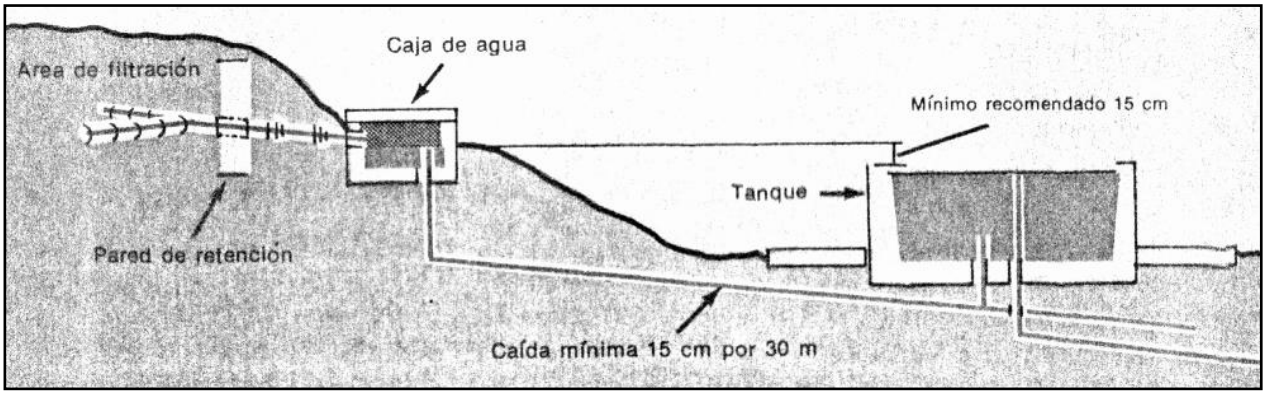
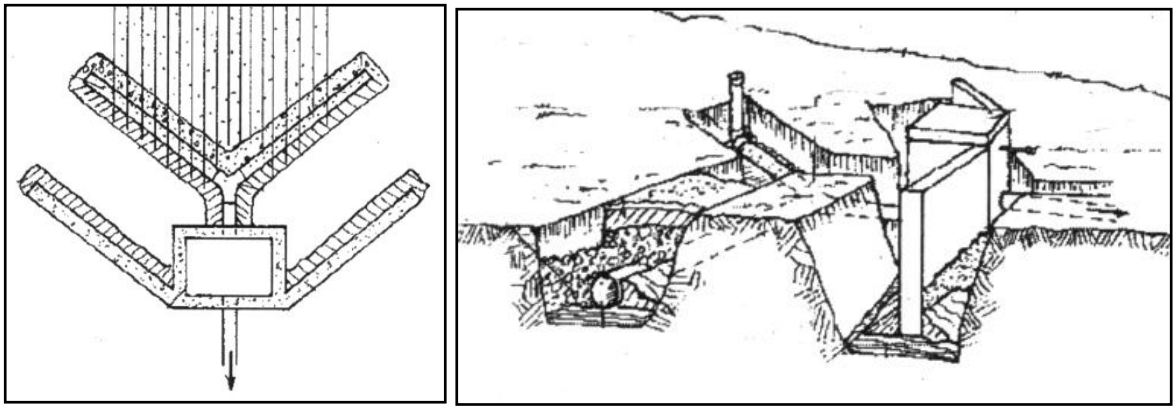


Figura 11-41.- Sistema completo de captación de agua en laderas.

De la caja de agua se envía un caño directamente hacia el bebedero o a un depósito de reserva, el cual podrá ser alguno de los descriptos en el capítulo XIV. En ambos casos será imprescindible que tenga un caño de rebalse o sobreflujo, ya que el agua manará y entrará permanentemente en el tanque. Este caño de rebalse deberá ser lo suficientemente largo como para que el agua sobrante no forme barro en las cercanías del bebedero.



Figuras 11-42.- Drenes, pared colectora y caja para capturar agua de una ladera: a) Vista en plano; b) Detalle.

Molina (1980) relata que tuvo ocasión de observar en el norte de la provincia de Córdoba el aprovechamiento del escurrimiento del agua profunda en el borde de los cerros. Comenta que la idea es tan vieja como el hombre, y en el Irán se cuentan por miles las obras de este tipo, pero encontrar una de ellas en la Argentina era un hecho totalmente inesperado. Toda la falda de un cerro que se compró especialmente con ese objeto, se rodeó de una pared que llegaba hasta la roca. De esa manera todo el escurrimiento profundo del agua era detenido por la misma a manera de un dique subterráneo y encauzado hacia un canal exterior. No tuvo ocasión de conocer al autor de esa obra, pero la misma permanece como un hito que se añade a las posibilidades de aprovechamiento de agua en una gran región semiárida de nuestro país.

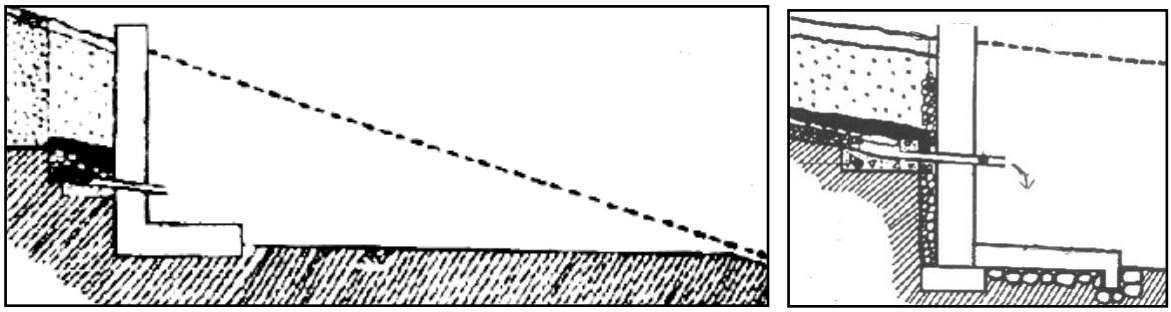


Figura 11-43.- A la izquierda, pared en ladera para detener la pequeña napa de agua y a la derecha, detalle de la misma. Estas paredes se hacen previo corte de la ladera (zanja hasta roca) y pueden tener un largo extenso si es necesario.

ZANJAS COLECTORAS O DE PERCOLACIÓN

Son conducciones captantes casi horizontales que se internan en las formaciones permeables donde captan sus aguas y las conducen a la superficie o a pozos. Están excavadas desde la superficie hasta la zona impermeable sobre la que está apoyada la napa freática. Después se rellenan con material permeable (grava, arena), pudiendo colocarse una tubería permeable (hormigón poroso, juntas abiertas, etc.) que facilita el transporte del agua captada.

Son fáciles de construir manualmente o con equipo mecánico y de prolongada vida útil. Sus requerimientos son:

- Suficiente ancho y profundidad para asegurar que el agua recolectada fluya a baja velocidad (generalmente menos de 0,1 m/seg) de tal forma que prevenga la erosión de los lados y que se limiten las pérdidas de carga.
- La profundidad debe ser mayor a 1 m, preferentemente 1,5 m, para reducir la penetración de la luz solar en el agua, donde estimularía el crecimiento de plantas y algas que provocarían resistencia al flujo de agua.

Por los costos, solo se emplean cuando la napa está a menos de 5-6 m de la superficie, en acuíferos de poco espesor que necesitan una gran área de contacto para producir.

La zanja tiene que tener una ligera pendiente para descargar en un pozo de toma.

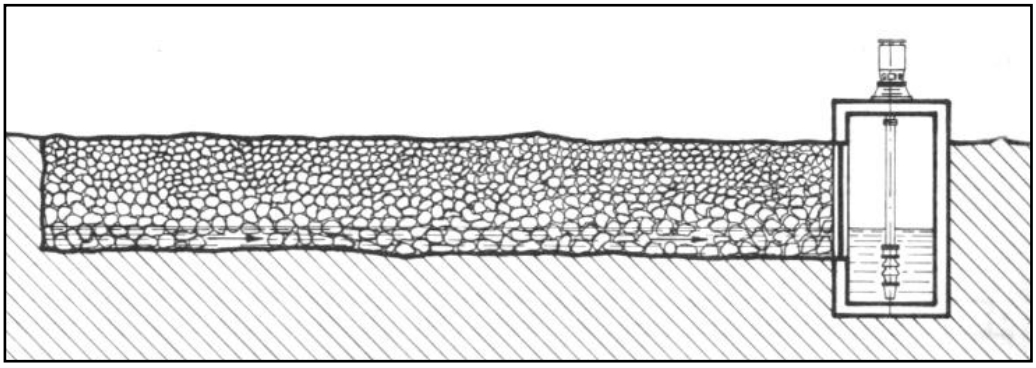


Figura 11-44.- Zanja colectora y pozo de toma

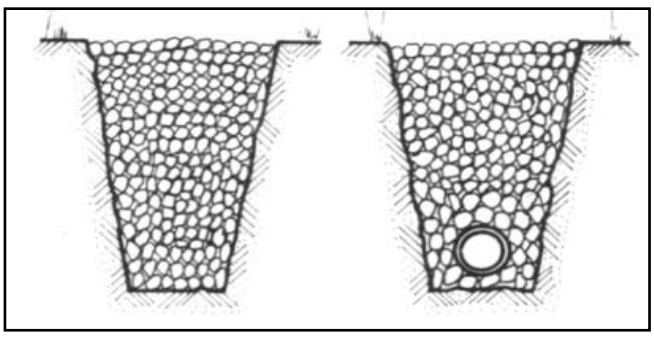




Figura 11-45.- Secciones de zanjas colectoras, sin y con tubería colectora.

Figura 11-46.- Zanja colectora descubierta. El agua no se encuentra protegida contra la contaminación.

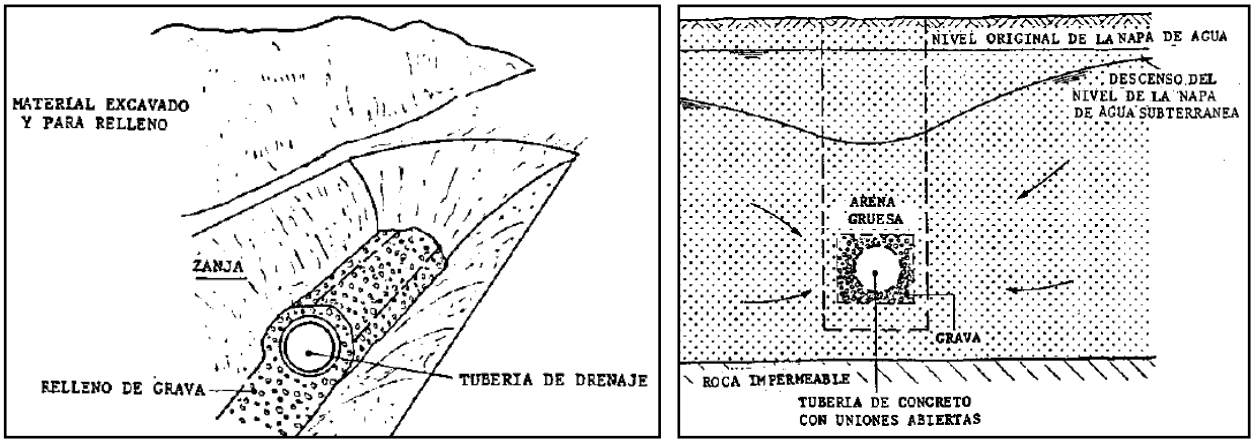
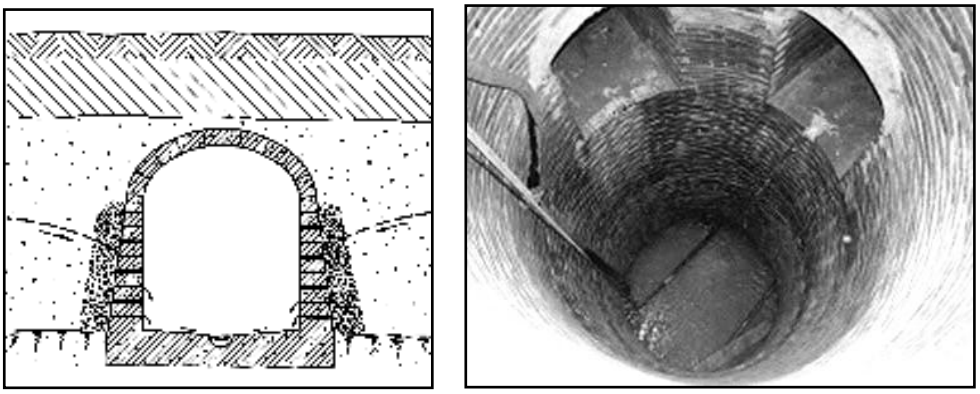


Figura 11-47.- Dren de infiltración

GALERÍAS DE CAPTACIÓN O FILTRACIÓN

Las galerías de captación se excavan generalmente a mano bajo la superficie del terreno, por lo que sus dimensiones suelen ser las mínimas que permiten a un hombre trabajar de pie, es decir, alrededor de 1,80 m de altura por 0,80 m de ancho. Para un adecuado filtrado, deben construirse por lo menos a 15 m de la orilla del río o lago.



Figuras 11-48.- a) Esquema de una galería filtrante ubicada en el acuífero; b) Pozo con galerías filtrantes

Son obras sencillas que captan agua filtrada en forma natural, funcionando como pozos horizontales. Recolectan el agua subálvea o subsuperficial a todo lo largo de su recorrido y resultan ventajosas cuando es posible su construcción, constituyéndose la mayor parte de las veces, en una importante alternativa de suministro de agua, tanto en cantidad como en calidad.

Se realizan sobre el fondo impermeable del acuífero o hacia el subálveo de una corriente o un depósito de agua. Deben tener un cierto desnivel hacia el pozo y permiten una captación de agua mucho mayor que los drenes y zanjas colectoras. Su longitud depende de la cantidad de agua deseada y de las dimensiones del acuífero.

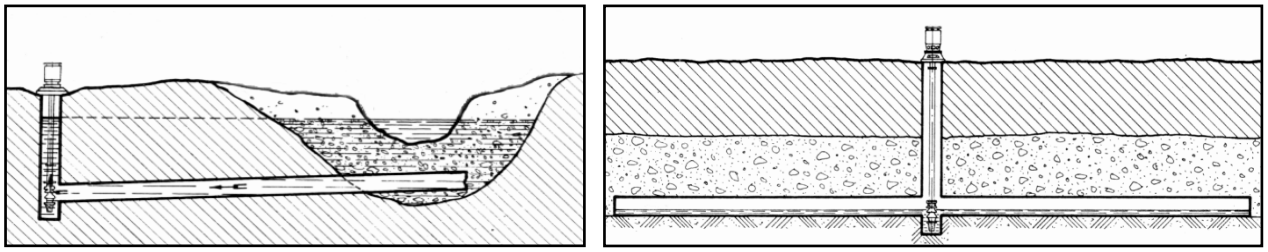
Como es un trabajo más costoso que otros, se realizan únicamente cuando la napa es escasa o cuando se necesitan grandes caudales. Desde un mismo pozo colector, pueden realizarse varias en distintas direcciones, a veces de gran longitud.

En terrenos sueltos se excava con pico y pala. En roca suelta se utilizan martillos neumáticos y barrenos, sacándose en ambos casos el material con carretillas o vagonetas.

En terrenos sueltos es necesario la entibación, generalmente de madera, o mas durable el revestimiento de ladrillo, hormigón o prefabricado de cemento, lo que se efectúa conforme avanza la excavación. Generalmente, además de entibar la excavación, es necesario achicar el agua de la zanja o galería durante la construcción.

Cualquiera sea el tipo de revestimiento, en su construcción debe asegurarse la facilidad de la entrada del agua a la galería.

La disposición es sumamente variada, de acuerdo a la topografía del lugar y a la del acuífero.



Figuras 11-49.- Galerías de captación: a) en el subálveo de una corriente de agua.; b) en el fondo de un acuífero.

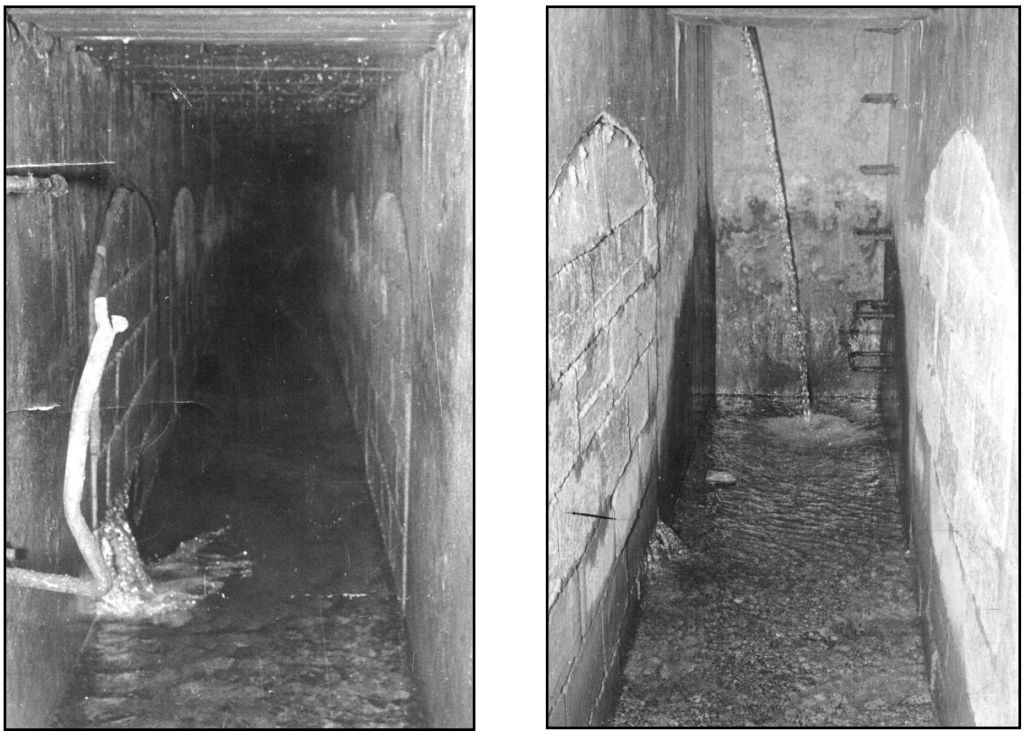


Figura 11-50.- Interior de la galería de captación de abastecimiento de agua a la ciudad de la Concepción del Río Cuarto; a) al inicio y b) en su terminación. Observar el agua que penetra por paredes y techo. Se encuentra situada a 18 km al norte de dicha ciudad, sobre la margen derecha del río Cuarto, paralela al mismo. Fue construida por Obras Sanitarias de la Nación (OSN) e inaugurada en 1931. Tiene 1,80 m de alto, 0,80 m de ancho, 200 metros de largo, un desnivel total de 1 m y se encuentra a 5 m de profundidad. Está revestida de cemento armado con arcadas con ladrillos acanalados por donde filtra el agua. Con el tiempo se fueron colmatando los filtros de arena a su alrededor y disminuyendo su captación, por lo que la Empresa Municipal de Obras Sanitarias (EMOS), su actual propietaria, efectuó drenes en sus paredes, lo que le permitió recuperar el caudal captado. Durante muchos años fue la única forma de captación de agua de la ciudad. Por el crecimiento poblacional fue necesario emplear también perforaciones, pero la mejor agua sigue siendo la que provee la galería de captación (Cardinali, 2001). En febrero de 2004 se llevaron adelante obras de refuncionalización en la galería filtrante, se agregaron 400 metros de longitud, lo que permite alcanzar los 320 m^3 por hora, regulables hasta una capacidad final de 500 m^3/hora, superando en un 100 % el caudal original y permitiendo sacar de servicio perforaciones ubicadas dentro de la ciudad.

En Vichigasta, provincia de La Rioja, hay interesantes galerías filtrantes de la época jesuítica, probablemente de comienzos del siglo XVIII, aunque no se descarta un origen prehispánico, que se usan hasta hoy. Consisten en túneles excavados bajo el lecho del río, siguiendo su curso. Tienen paredes filtrantes por donde entra el agua proveniente de las diversas fuentes, que es conducida por las galerías a estanques superficiales, en cotas de nivel más bajos.

QANAT O FOGGARAS

Los qanats, khanats o quanats (Turquía, Irán, Egipto, India), foggaras (Maghreb), rhettara (Marruecos), karez o kharez (Beluchistán, Afganistán), aflaj (península arábiga), kanerjing (China) o galerías con lumbreras, viaje de agua (deformación del latín via acquae) (España), apantles con tragaluces, pozería o fuques (México), galerías filtrantes con buzones de inspección, puquios o pukios (Perú, preincaicas), picas en el norte de Chile, son una galería horizontal subterránea que se inicia por debajo del nivel freático y transporta agua desde esos acuíferos en las tierras altas hacia la superficie del suelo en tierras más bajas, donde aflora. Es decir, un tipo muy especial de galerías filtrantes, ya que también es un acueducto que lleva el agua por gravedad sin evapo-

ración, lejos de su fuente, y que tiene una pendiente menor que la de la napa freática y que la de la superficie del terreno.

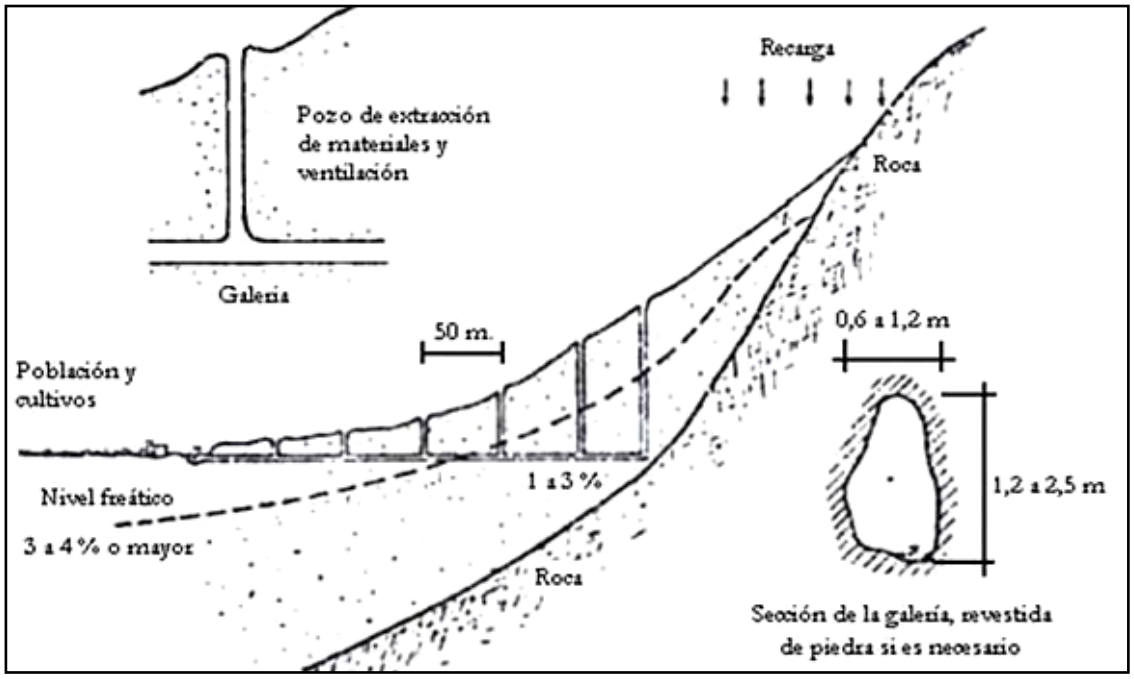


Figura 11-51.- Detalles de un qanat (Custodio y Llamas, 1983).

El origen de los qanats es el pozo vertical principal que se abre en la zona de recarga de la napa subterránea y que en algunos casos puede sobrepasar los 100 metros de profundidad. La galería horizontal del qanat puede medir desde algunos cientos de metros hasta más de 100 km. Cada tanto, generalmente entre 15 a 50 metros, la galería horizontal se comunica con la superficie mediante pozos secundarios verticales o chimeneas, que sirven para comunicar en algunos tramos la napa con la galería horizontal, de respiradero y para retirar los escombros durante la construcción y en las limpiezas periódicas.

Los qanats son construidos por prácticos llamados muqanni (excavadores de qanats) que con pico y pala cavan un túnel en pendiente suave que conduce el agua desde una sección de infiltración bajo la napa freática hacia la superficie por flujo por gravedad. Los qanats están hechos de tierra y piedras, siendo las obras peligrosas, pues la galería puede hundirse. Si ello ocurre, es necesario abrir un túnel contiguo hasta alcanzar el próximo pozo vertical o chimenea. En el lecho del canal con el tiempo se acumulan depósitos de tierra, minerales y sales, lo cual hace necesaria su limpieza y reparación periódica por los muqanni.

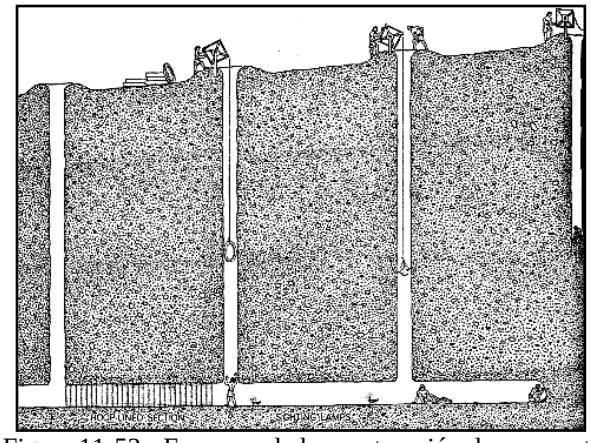


Figura 11-52.- Esquema de la construcción de un qanat.

Mil años antes de Cristo esta tecnología de acueductos subterráneos excavados para obtener y transportar el agua del subsuelo desde las montañas hasta las llanuras áridas, evitando la evaporación y la infiltración, fue forjada en el reino de Urartu, ubicado en la actual Turquía.

El rey asirio Sargón II (722-705 a.C.) conoció el sistema durante su campaña contra Urartu. Como resultado de dichas guerras y la fundación del reino de los Aqueménidas, los qanats se difundieron en el oeste de Irán, en la región del mediterráneo, Egipto, Beluchistán, Afganistán, India, Grecia y Omán. En el siglo IX llegan a algunos oasis en el sur de Argelia, Marruecos, Siria y Jordania y en el siglo XVIII a Chipre. Hoy en día este sistema proporciona más del 75 % del agua utilizada en Irán. La ciudad de Irbil continúa utilizando el agua de los qanats construidos por Senaquerib (705-681 a.C.). Se estima que sólo en Irán existen unos 50.000 qanats.

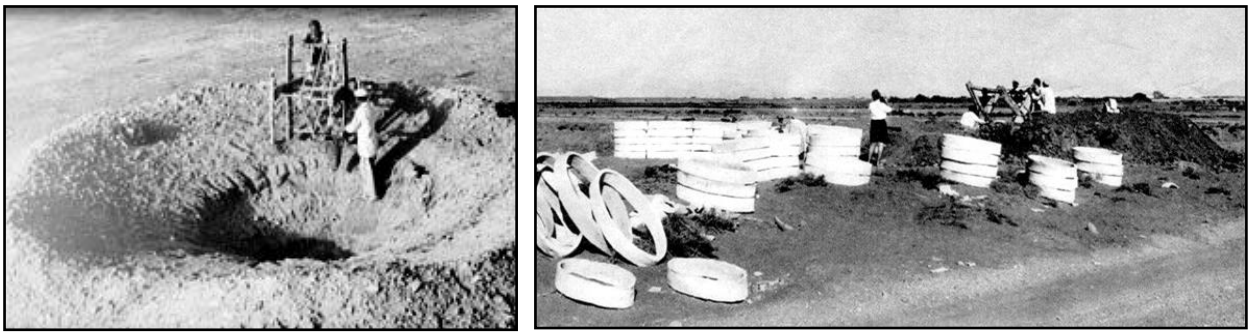
Durante la época romano-bizantina (64 a.C. a 660 d.C.), se construyeron numerosos qanats en Siria y Jordania. Desde allí, parece ser que la tecnología se difundió hacia el norte y el oeste de Europa. Existen restos de qanats romanos hasta la región de Luxemburgo. Las primeras invasiones árabes extendieron los qanats hacia el oeste a lo largo del Norte de África, Chipre, Sicilia y España, incluyendo las Islas Canarias. Se calcula que en Tenerife existen algo más de mil galerías que en su conjunto suman una longitud de 1700 kilómetros.

En América Latina, en México y Perú, se han encontrado restos de qanats construidos por culturas prehispánicas y por los españoles a partir de 1520 en México, Perú y Chile. En el territorio actual de Argentina no tenemos conocimiento del empleo de está tecnología.

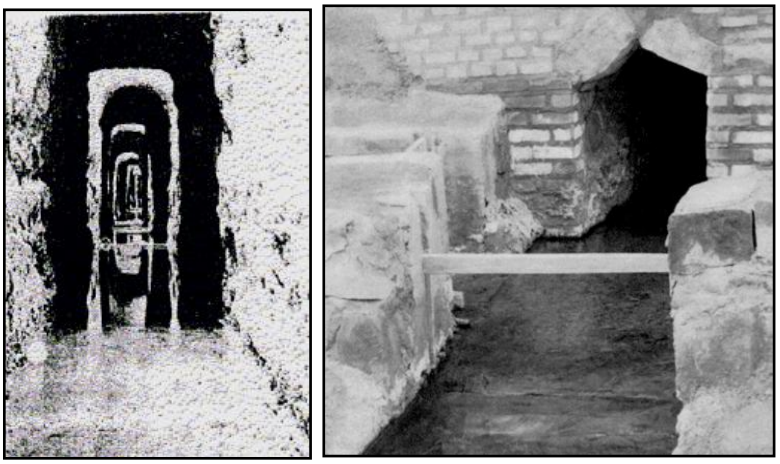
La UNESCO ha lanzado el Proyecto Qanat con el fin de revitalizar tecnologías tradicionales de recolección y abastecimiento de agua en áreas áridas y semiáridas para el uso sustentable del agua en este tipo de regiones (Bouayad, 2000).



Figuras 11-53.- Bocas exteriores de pozos secundarios verticales o chimeneas de qanats.



Figuras 11-54.- a) Cráter o boca exterior de pozo secundario; b) Calzas para un pozo secundario en construcción.



Figuras 11-55.- a) Vista del interior de un qanat desde el fondo de un pozo secundario;
b) Terminación o salida al exterior de un qanat a nivel terreno.

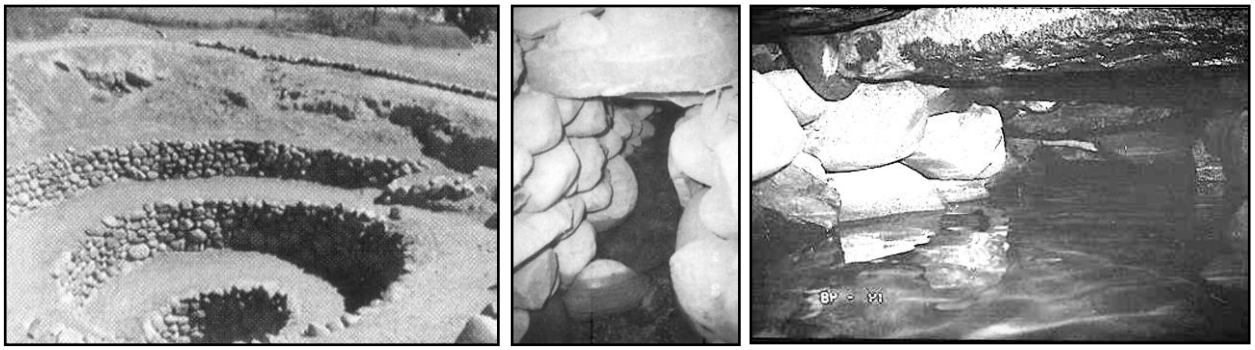


Figura 11-56.- Galerías filtrantes o puquios de la cultura preinca de Nazca, Perú: a) Un ojo o acceso a la galería de Cantayoc; b) y c) Interior de galerías (E. Rodríguez Zubiate).

"... el valde (de Pellegrini) puede tener una cabida triple de la de un valde ordinario de la fuerza de un caballo y alzar hasta doce arrobas de agua cada vez. Esta triplicación es ventajosa, no tanto porque disminuye la incomodidad de vueltas repetidas de parte del ginete, sino porque reduciendo a un tercio la velocidad del valde en su bajada y subida, no son tantos los choques violentos en su entrada y salida del agua, cuya agitación es la principal causa del desmoronamiento de los jagüeles"

Pellegrini, Carlos Enrique. 1853. Revista del Plata, Nº 4.

CAPÍTULO XII

MECANISMOS PARA EXTRAER, ELEVAR Y/O TRASLADAR AGUA

INTRODUCCIÓN

Para el aprovechamiento en superficie del agua proveniente del subsuelo, es necesario recurrir a mecanismos que la extraigan y eleven hasta la superficie y en algunos casos, que la impulsen hasta los lugares y alturas de empleo.

Cuando la fuente es superficial (río, arroyo, tajamar, represa, etc.), muchas veces también se hace necesario el traslado del agua hasta el sitio de utilización, lo que implica generalmente elevarla a determinadas alturas.

En algunos casos, la única operación a realizar se reduce a la perforación y entubado de la misma, tal como ocurre en los surgentes. Pero generalmente, la utilización del agua implica el empleo de mecanismos más o menos complejos.

MECANISMOS PRIMITIVOS QUE SE EMPLEARON EN LA ARGENTINA

El más antiguo y rudimentario de los dispositivos para sacar agua en nuestro país fue la **pelota**. Consistía en un balde de cuero vacuno de forma semiesférica, que mantenía su boca abierta por medio de un aro de madera dura. Funcionaba operado por dos hombres, uno a caballo lo elevaba tirando "a la cincha" la soga pasada por sobre el crucero, y el otro a pie, junto al pozo, lo vaciaba volcándolo al llegar a la superficie.

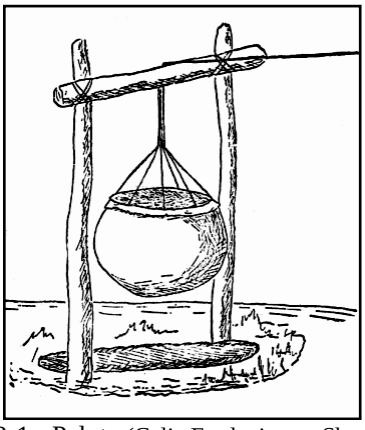


Figura 12-1.- Pelota (Celia Ford, cit. por Sbarra, 1973).

Un adelanto, ya que lo operaba un solo hombre a caballo, es el **balde sin fondo** inventado por don Vicente Lanuza. Se trata de un cuero de potro sacado entero (en bolsa), sin rajadura longitudinal, con dos arcos de hierro que mantienen abierta sus bocas y un juego de sogas para extraerlo del pozo y vaciarlo. Se fue perfeccionando y se lo construyó de suela, con una duración de aproximadamente un año.

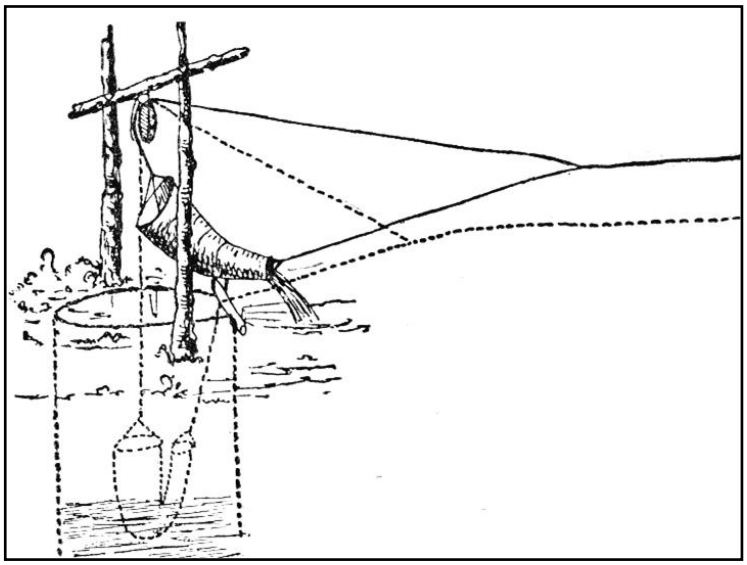


Figura 12-2.- Balde sin fondo o Valde Lanusiano (C. E. Pellegrini, cit. por Sbarra, 1973)

El balde sin fondo fue sustituido por la **manga de lona**, de madera y hasta de hierro

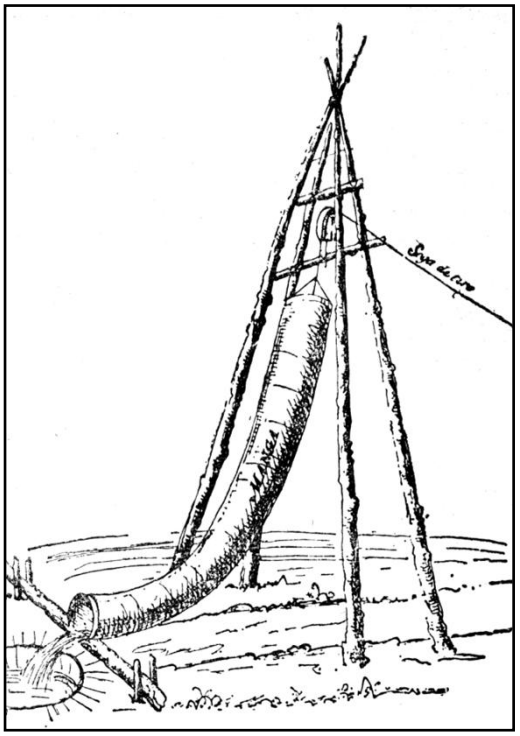


Figura 12-3.- Manga de lona (C. E. Pellegrini, cit. por Sbarra, 1973).

Otros dos mecanismos primitivos que se emplearon en Argentina son los ya vistos cimbra o cigüeña (fig. 11-12) y la manga de madera (fig. 11-13).

MECANISMOS EN USO ACTUALMENTE

Los mecanismos para extraer, elevar y/o trasladar agua actualmente en uso se pueden clasificar de acuerdo a su principio de trabajo en:

- Por aspiración.
- Por transporte
- Por columna de agua
- Por captación aérea.

MECANISMOS DE EXTRACCIÓN, ELEVACIÓN Y/O TRASLADO DE AGUA POR ASPIRACIÓN

Se incluyen en esta categoría la mayoría de los equipos de bombeo, que pueden clasificarse, en cuanto a sus características de funcionamiento, en dos grandes grupos:

Bombas volumétricas	Alternativas	de émbolo de diafragma
	Rotativas	
Bombas centrífugas	Tipo caracol	horizontales verticales
	Tipo turbina	tubulares electrobombas sumergibles

Las bombas volumétricas alternativas están formadas por un tubo cerrado, llamado cuerpo de bomba, dentro del cual se desplaza un elemento (émbolo o pistón), que mediante un movimiento rectilíneo alternativo, produce la aspiración del agua y su posterior impulsión.

En las bombas volumétricas rotativas el elemento móvil gira dentro del cuerpo de bomba, provocando la compresión del líquido y su impulsión. El líquido entra y sale del cuerpo de bomba recorriendo la periferia del mismo.

Las bombas centrífugas poseen como principio básico de funcionamiento la fuerza centrífuga producida por una turbina que gira a gran velocidad, creando un vacío dentro del cuerpo de bomba, lo que determina la succión del agua y su impulsión. El agua penetra por el centro del cuerpo y luego de recorrer la periferia es impulsada al exterior.

La elección del equipo de bombeo depende de:

- El tipo de pozo.
- El caudal requerido.
- La profundidad del agua, tanto en reposo como durante el bombeo.
- La altura y/o distancia para elevar y/o llevar el agua.
- El funcionamiento del pozo (con o sin arrastre de sólidos en suspensión).
- La disponibilidad de energía (electricidad, combustibles líquidos, otros).

Al elegir un equipo de bombeo, se debe tener en cuenta que el más apropiado para un determinado pozo no es el que más caudal extrae, sino el que más caudal extrae pero sin sobreexplotar el acuífero.

El caño de aspiración o el filtro de la bomba deben instalarse siempre por debajo del nivel dinámico para evitar que la bomba quede sin agua o "colgada" cuando trabaje a caudal de explotación. Generalmente esto es un par de metros por debajo del nivel estático.

ALTURA DE SUCCIÓN O ASPIRACIÓN

Si se considera un tubo con sus extremos abiertos, suspendido verticalmente y sumergido en un recipiente con agua, tanto dentro como fuera del tubo, el agua se halla expuesta a la presión atmosférica. Siendo dicha presión la misma en ambas superficies libres, no habrá diferencia en los niveles del agua, pero si la presión dentro del tubo se reduce con respecto a la exterior, la cual permanece constante, el agua se elevará en el tubo hasta que el peso de la columna de agua dentro de éste ejerza una presión igual a la diferencia con la presión original en las superficies del agua dentro y fuera del tubo.

La máxima altura de esta columna se alcanzará cuando la presión sobre la superficie del agua dentro del tubo se reduzca a cero atmósferas (vacío total).

La presión atmosférica al nivel del mar equivale a una columna de agua de 10,33 m, y ésta es la altura a la cual subiría el agua dentro del tubo al hacer el vacío total (760 mm de mercurio, que es la presión atmosférica media a nivel del mar, e igual a 1 atmósfera y a 1 kg/cm^2).

Al aumentar la altitud, disminuye la presión atmosférica y por lo tanto, disminuye la altura de la columna de agua en el tubo.

El término aspiración describe la cantidad en la cual se reduce la presión en el tubo por debajo de la atmosférica. El nivel a que se eleva el agua dentro del tubo por encima de la superficie del recipiente, se denomina altura de aspiración o de succión.

Una bomba debe ser capaz de originar una presión negativa suficiente para lograr una altura de aspiración que pueda llevar el agua hasta el nivel del extremo de succión de la bomba.

En teoría, una bomba, al crear la presión cero o vacío total dentro de su cañería de aspiración, debería ser capaz de desarrollar una altura de succión de 10,33 m de agua al nivel del mar. Sin embargo, en la práctica esto no se logra, pues las bombas no son 100 % eficientes, y otros factores, como la temperatura del agua y la fricción o resistencia al flujo en la cañería de succión, y fundamentalmente, la influencia de la altitud, reducen esta altura.

Al nivel del mar, las bombas mejor diseñadas desarrollan una altura de succión de unos 7,5 m pero algunas sólo alcanzan, en promedio, 4,5 a 6 metros.

Tabla 12-1.- Pérdida de carga en la aspiración producida por la altitud del lugar en que se realiza el bombeo (Benítez, 1972).

Altitud sobre el nivel del mar metros	Pérdida de carga metros		Altitud sobre el nivel del mar metros	Pérdida de carga metros
0	0,00		1.400	1,66
100	0,125		1.500	1,77
200	0,250		1.600	1,88
300	0,365		1.700	1,99
400	0,5		1.800	2,09
500	0,625		1.900	2,19
600	0,75		2.000	2,29
700	0,87		2.200	2,49
800	0,99		2.400	2,68
900	1,11		2.600	2,87
1.000	1,22		2.800	3,05
1.100	1,33		3.000	3,23
1.200	1,44		3.500	3,65
1.300	1,55		4.000	4,06

Esta es la razón por la cual si a nivel del mar se desea elevar agua de un pozo o perforación donde el agua se encuentra a más de 4 m de profundidad con respecto a la superficie del suelo, se debe bajar la bomba dentro del pozo o de la perforación, llevándola a esa distancia o menos de la superficie del agua, según el tipo de bomba, para permitir que la altura de succión pueda desarrollarse en el nivel adecuado.

De todos modos, como las napas pueden descender, ya sea por causas naturales o por extracción excesiva para su caudal, es necesario reducir en la práctica todo lo posible esta altura de 4 m, llevándola preferentemente a los 3 metros o menos para obtener buenos resultados.

A medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar, se deben restar a los 4 metros unos 25 cm cada 200 msnm, según se ve en la tabla 12-1.

El nivel del agua dentro del encamisado y del caño chupador antes de que la bomba desarrolle la succión, se llama **nivel estático del agua** o **espejo de agua**, mientras que **nivel de bombeo** o **nivel dinámico** o **nivel de succión dinámico** es el nivel alcanzado por el agua en el encamisado durante el bombeo. El bombeo produce en la napa un **cono de depresión**, de vértice inferior centrado en la perforación.

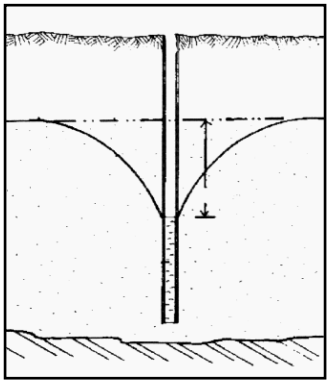


Figura 12-4.- Cono de depresión producido en la napa por la extracción de agua.

BOMBAS VOLUMÉTRICAS ALTERNATIVAS DE ÉMBOLO

CILINDROS CON VARILLA CENTRAL

El cuerpo de bomba es, en este caso, un cilindro de bronce (camisa), en cuyo interior se desplaza el émbolo o pistón.

Cuando el pistón es elevado por la varilla, se crea en el cilindro una presión negativa (aspiración), que provoca la apertura de la válvula de aspiración y la penetración del agua en el cilindro. A su vez, en este desplazamiento, permaneció cerrada por la misma presión de la columna de agua ya contenida en el caño de elevación, la válvula tipo Clapper del pistón, y de esta manera, se elevó una cantidad de agua igual a la aspirada. Al descender el pistón, se abre su válvula y permanece cerrada la de aspiración de la base del cilindro para evitar que el agua salga del mismo. Al llegar el émbolo al punto inferior, se repite el ciclo descripto.

Para asegurar un ajuste correcto contra las paredes del cilindro, el pistón está provisto de guarniciones de cuero (suela), colocadas como indica la figura 12-6b, pudiendo ser uno, dos o tres cueros.

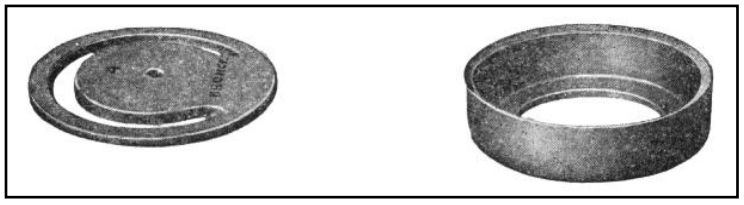
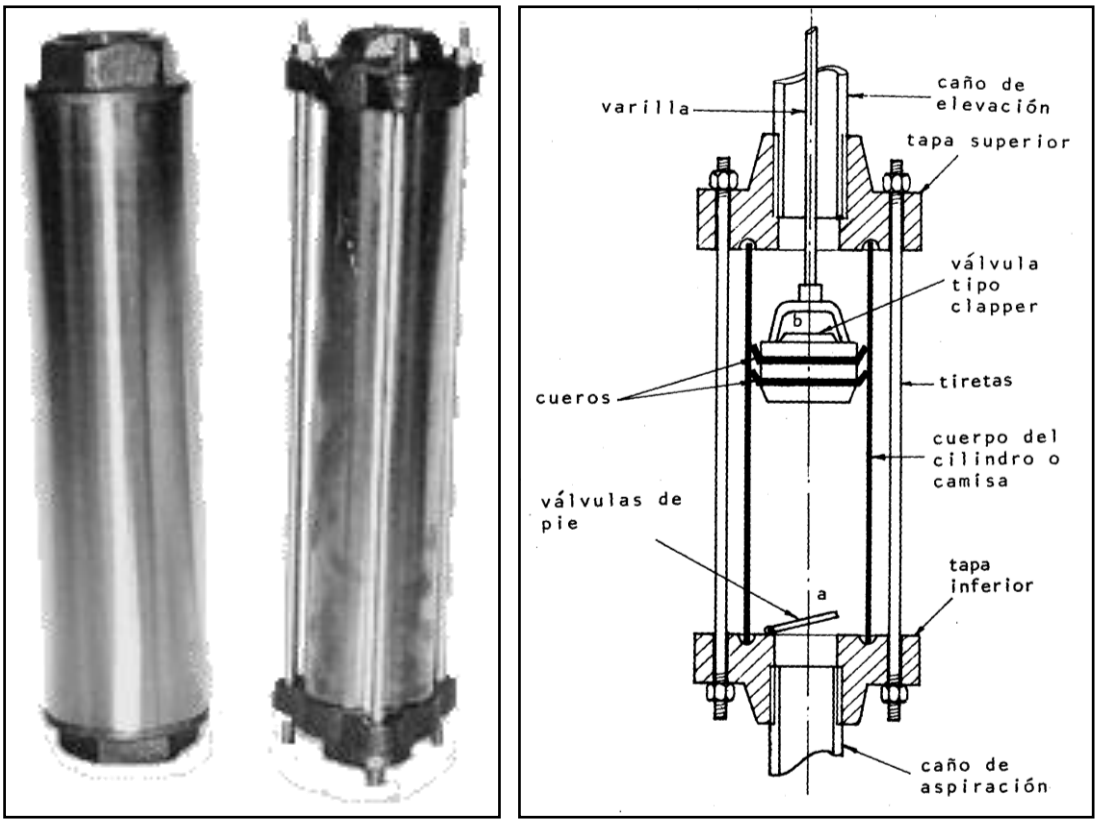
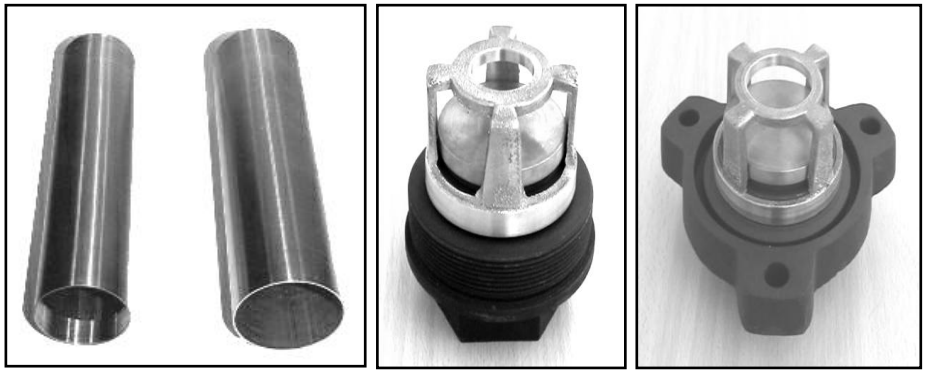


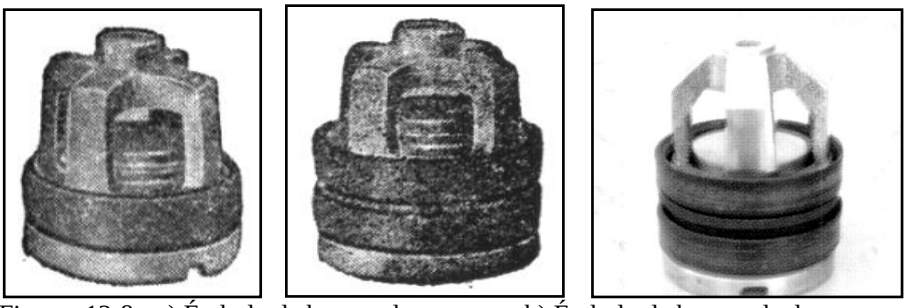
Figura 12-5.- Cueros para cilindros; el de la izquierda para la válvula de pie y el de la derecha para el pistón o émbolo.



Figuras 12-6.- a) Cilindros con rosca y con tiretas; b) Cilindro con camisa de bronce, tiretas y varilla central para pozo**,** con émbolo o pistón de dos cueros.



Figuras 12-07.- a) camisa para rosca y para tiretas; b) Un tipo de base de cilindro completa: 1) roscado; 2) a tiretas.



Figuras 12-8.- a) Émbolo de bronce de un cuero; b) Émbolo de bronce de dos cueros; d) Embolo de bronce de dos cueros reforzado.

La velocidad de descarga de esta bomba, como todas las alternativas, se determina multiplicando el volumen de agua desplazado por el pistón en cada carrera, por el número de movimientos por minuto. En el caso particular del molino, el número de movimientos por minuto está directamente influido por la velocidad del viento y la carrera del pistón por el punto de unión de la biela con la rueda dentada en la máquina del molino (cap. XIII).



Figura 12-9.- Cilindro de 6 pulgadas accionado por molino, instalado en un antepozo calzado con ladrillos en el año 1902, aún en funcionamiento. Estancia Las Mercedes, de Rafael Chopitea, Las Acequias, Cba.

Estas bombas tienen un costo inicial bajo y son de fácil mantenimiento, el que normalmente se reduce a la reposición de los cueros del émbolo. Deben trabajar con agua limpia, dado que la presencia de arena o arcilla puede dañar el cilindro y los trozos de tosca impedir el cierre de las válvulas.

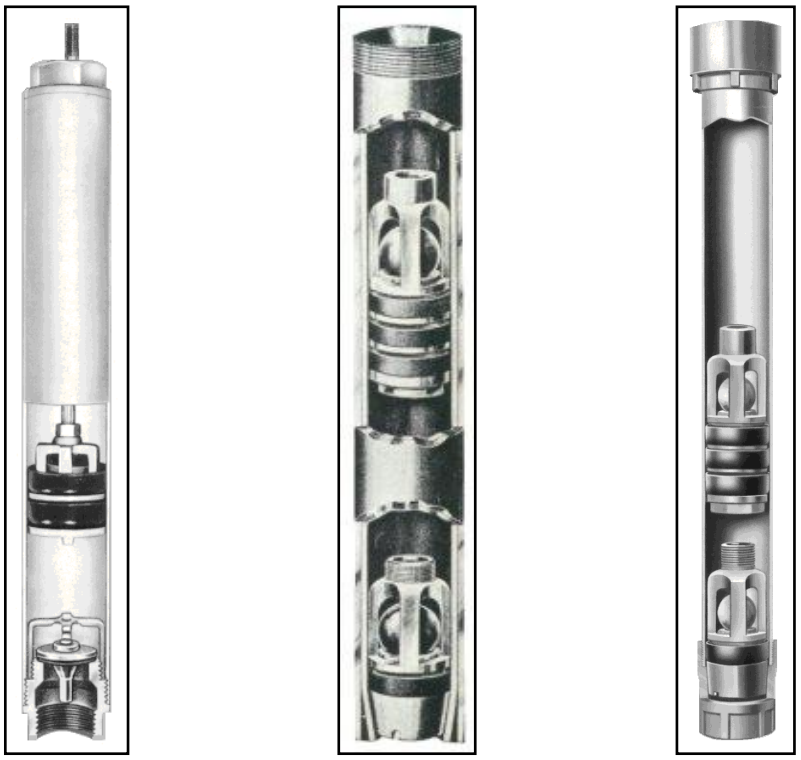
Como hemos visto, el cilindro debe ser colocado a una distancia de la napa inferior a los 4 m, preferentemente a menos de 3 metros. Cuando la profundidad de la napa es mayor, hay que hacer pozo (antepozo) y perforación para colocar el cilindro.

Cuando se producen descenso marcado de la napa, la columna de agua en el caño de aspiración provoca un cierre más violento de la válvula de pie, produciendo con el tiempo el deterioro de la base del cilindro. Por otra parte, cuando el cilindro se instala sumergido en la napa, o en los casos de ascensos pronunciados de la misma que inundan el pozo, es conveniente que la válvula de pie sea más pesada. De no ser así, la presión que ejerce la columna de agua en el caño de aspiración sumergido dificulta el cierre de dicha válvula.

La figura 12-6b corresponde a un cilindro para instalar en antepozo o en superficie. En el mismo, las tapas están fijadas a la camisa mediante tornillos largos (tiretas) y tuercas. Es conveniente colocar el cilindro a un metro del fondo del pozo, de manera de trabajar cómodamente en las reparaciones.

Cuando la napa es muy profunda, no se hace pozo sino perforación desde la superficie. En este caso, el cilindro tiene tapas y camisa roscadas, eliminándose así las tiretas, con lo que se reduce el diámetro para un mismo tamaño de camisa (fig. 12-6a y 12-10).

Para realizar reparaciones, este cilindro debe ser extraído de la perforación, juntamente con los caños de elevación y chupador. Una excepción a esto lo constituyen los cilindros de la figura 12-10 b y c, cuyo caño de elevación es de mayor diámetro que la camisa. De este modo, el pistón puede extraerse sin necesidad de elevar el cilindro ni los caños, pero el gran peso de la columna de agua en el caño de elevación por ser un caño de mayor diámetro, limita el uso del mismo a napas no muy profundas. En este tipo de cilindro, dos esferas actúan como válvulas



Figuras 12-10.- a) Cilindro con varilla central para perforación; b y c) Cilindros con varilla central para perforación con caño de elevación de mayor diámetro que su camisa.

Los cilindros de un diámetro determinado se fabrican en 4 ó 5 largos distintos de camisa, porque el mismo varía de acuerdo al diámetro de la rueda del molino. Por cada pie de rueda debe calcularse una pulgada de recorrido del pistón, a lo cual hay que sumarle dos pulgadas en el extremo inferior y dos en el superior del cilindro, dado que el pistón no debe llegar hasta los extremos de la camisa. Además, hay que agregar cuatro pulgadas que corresponden a la altura del pistón. Así, para una rueda de 10 pies de diámetro, el cilindro a instalar será, independientemente de su diámetro, de 18 pulgadas de longitud.

A su vez, el diámetro del cilindro depende:

- Del diámetro de la rueda: Ruedas de mayor diámetro pueden accionar cilindros más grandes.
- De la profundidad de la napa: A medida que aumenta esa distancia, menor será el diámetro del cilindro a instalar.

Los diámetros de los cilindros existentes en plaza varían entre 2,5 y 6 pulgadas.

En la tabla 12-2 se especifican las dimensiones de los cilindros más empleados y las medidas de los caños de succión o chupadores y de elevación correspondientes.

Tabla 12-2.- Dimensiones en pulgadas de cilindros y caños de succión y elevación.

Diámetro camisa	Largo camisa	Diámetros caños de succión y elevación
2,5	14-16-18-20	1,25
3	14-16-18-20-22	1,5
3,5	16-18-20-22	2
4	16-18-20-22-24	2
4,5	18-20-22-24	2,5
5	18-20-22-24	2,5
5,5	20-22-24-26	2,5 ó 3
6	20-22-24-26	3

PULMÓN PARA EL CILINDRO

El pulmón para el cilindro es un regulador de presión de bombeo que tiene como función disminuir el golpe de ariete que produce el émbolo, especialmente cuando el molino trabaja a velocidad elevada por vientos fuertes, produciendo un chorro de agua mas continuo, sin golpes, lo cual contribuye a aumentar la vida útil del cilindro y de la varilla.

Consiste en un caño de una longitud aproximada de un metro del mismo grosor que el caño de elevación con rosca en ambos extremos rodeado por otro caño de mayor diámetro, soldados entre sí en los extremos, dejando libres las roscas. Por lo tanto, entre ambos caños se forma una cámara de aire que se comunica con el interior del caño interno por uno o dos orificios en dicho caño, de un diámetro de un cm, ubicados en la parte que se colocará hacia abajo, es decir, roscada al cilindro. El agua elevada por el émbolo comprime el aire, que se descomprime al bajar el émbolo, lo que ayuda a subir el agua en forma más suave.



Figuras 12-11.- a) Pulmón para cilindro; b) Pulmón colocado en un cilindro que se encuentra a ras de tierra y que se emplea para extraer agua de un tajamar.

CILINDRO CON VARILLA EXTERIOR AL CAÑO DE ELEVACIÓN

Este sistema se emplea en pozos de gran profundidad. Su ventaja estriba en que la varilla del molino o bombeador va por fuera del caño de elevación, con lo cual se evita que la misma lo roce y desgaste, agujereándolo, hecho que ocurre comúnmente en los cilindros que trabajan a grandes profundidades.

Hay distintos modelos, pero todos ellos tienen como fundamento que el émbolo es fijo y la que sube y baja es la camisa del cilindro.

El cilindro con varilla exterior que muestra la figura 12-12 es uno de los más prácticos. El émbolo está fijo por el caño de elevación, el cual, por lo tanto, penetra en el cilindro. Una vez que sale del mismo, el caño de elevación describe una amplia curva, para subir paralelo a la varilla. Dicho caño se debe fijar en forma segura a los travesaños del pozo, que cerca del cilindro deben ser 3 ó 4 cada 2-3 metros.

En la tapa superior del cilindro se enrosca o suelda un caño corto de mayor diámetro que el de elevación, por donde sale el mismo y que le sirve de guía.

La varilla del molino se bifurca al llegar a la curva del caño de elevación, soldándose las dos ramas al caño guía. De esta forma, la varilla tracciona la camisa del cilindro, que se eleva y baja, conjuntamente con el caño chupador, el cual es conveniente que sea de polipropileno, que es mucho más liviano que los galvanizados.

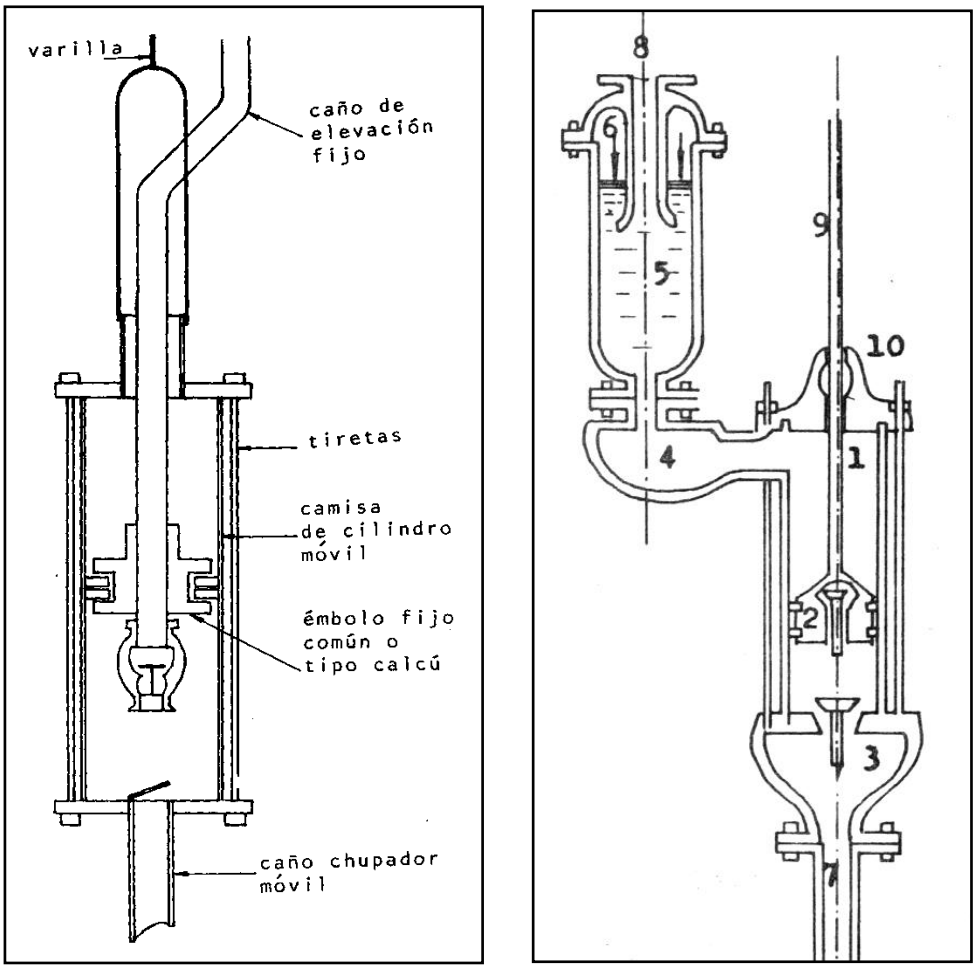


Figura 12-12.- Cilindro con varilla exterior. Esquema de los instalados por el Sr. Roberto Souto en la Estancia El Estribo, Toay, La Pampa, en pozos de 80 a 100 m de profundidad.

Figura 12-13.- Cilindro con varilla exterior al caño de elevación y cámara de amortiguación. 1) cilindro; 2) émbolo; 3) cámara de aspiración; 4) cámara de elevación; 5) cámara de amortiguación; 6) cámara de aire; 7) caño de aspiración; 8) caño de elevación; 9) varilla de bombeo; 10) prensa estopa.

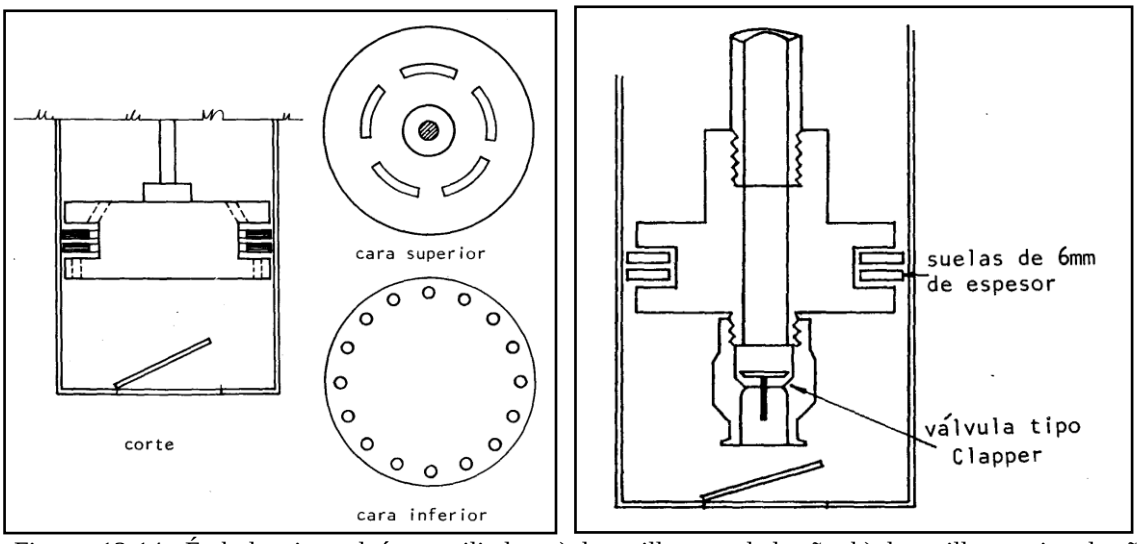
EMBOLO TIPO CALCÚ

Este émbolo puede reemplazar al empleado comúnmente en los cilindros. Su ventaja estriba en que las suelas son dos o más anillos planos, los que por su forma, poseen menor superficie de rozamiento que las suelas de los clásicos, con lo que se reduce la fricción y por consiguiente el desgaste.

Hay dos modelos, uno para cilindro de varilla central y otro para cilindro de varilla exterior al caño (figs. 12-14).

En el émbolo tipo calcú para cilindro de varilla central al caño, al bajar el agua penetra por los agujeros de la cara inferior y sale por los de la superior. Al subir el émbolo, la presión del agua hace que las suelas obturen los agujeros de la cara inferior, de manera que se efectúe eficientemente la elevación y la aspiración simultánea del agua. Además, el agua misma, al pasar por el émbolo, presiona las suelas abriéndolas y ajustándolas de esa manera contra la camisa.

En el modelo para varilla exterior, donde el caño de elevación va fijo en el émbolo, hay que adosarle una válvula tipo clapper en su parte inferior. Cuando la camisa sube, el agua comprimida en la parte inferior del cilindro abre la válvula clapper y el agua pasa al caño de elevación. Al descender la camisa, el peso de la columna de agua y la aspiración en la parte inferior del cilindro, cierran dicha válvula.



Figuras 12-14.- Émbolos tipo calcú para cilindro: a) de varilla central al caño; b) de varilla exterior al caño.

BOMBA DE ALJIBE O BOMBA SAPO

La bomba de aljibe o bomba sapo aspira como máximo desde una profundidad de 6 m de la superficie del suelo, no pudiéndose colocar en un pozo, y eleva el agua hasta la boca de la canilla solamente. Es decir, no actúa como bomba elevadora.

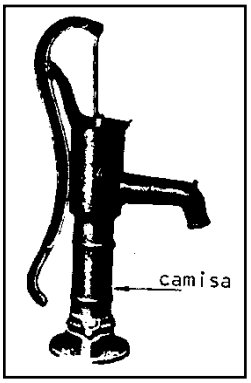
Todo el cuerpo de la bomba es de una sola pieza de fundición, cuya parte inferior sirve de camisa. En su interior se desplaza un pistón de cilindro, que recibe el movimiento de una varilla accionada manualmente mediante una palanca.

En la base de la bomba trabaja una válvula de retención, que impide el retroceso del agua al descender el pistón. Este tipo de bomba se fabrica con distintos diámetros de camisa, que varían entre 2 ¾ y 4 pulgadas (fig. 12-15).

BOMBA ELEVADORA

Es otra bomba manual que, a diferencia de la anterior, puede elevar agua, pues en el extremo superior, que actúa como cámara de aire, posee un prensaestopas que evita fugas de líquido y posibilita su elevación (fig. 12-16).

Se fabrica en dos tipos: con cilindro de bronce intercambiable o en una sola pieza de fundición. Por lo general el cilindro es de 3 pulgadas. Elevan agua hasta una altura de 10 m sobre el nivel del suelo.



Figuras 12-15.- Bomba de aljibe o bomba sapo.

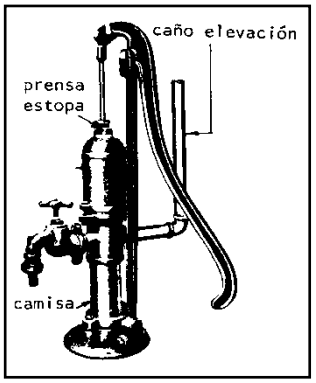


Figura 12-16.- Bomba elevadora.

CILINDRO DE DOBLE EFECTO

Esta bomba se adapta para extraer agua desde profundidades de hasta 200 metros. Consiste en un cilindro doble en línea, cuyos pistones trabajan con movimientos alternos. Los pistones poseen válvulas de asiento cónico, pero el cilindro no lleva válvula de retención en su base (fig. 12-17).

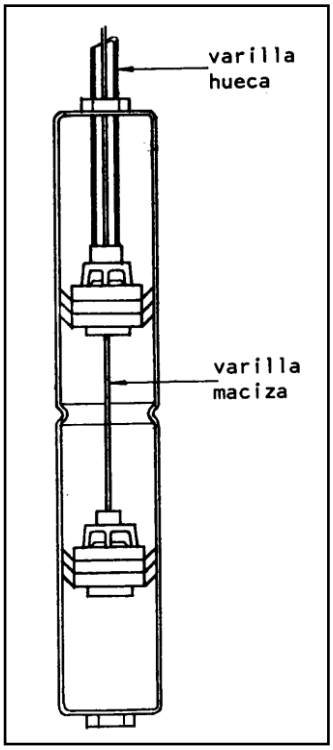


Figura 12-17.- Cilindro de doble efecto

El pistón superior es comandado por una varilla hueca, construida con caño de acero, y por el centro de la misma se desplaza otra varilla, maciza, que mueve el pistón inferior.

Cuando el pistón superior desciende, el inferior se encuentra efectuando la carrera opuesta, y eleva agua que pasa a través de la válvula del superior, que está abierta.

En el ciclo siguiente, cuando los émbolos se separan, el superior es el que eleva el agua, mientras el inferior permite el llenado del cilindro al encontrarse abierta su válvula. El agua penetra por la succión del pistón superior.

De este modo, siempre hay un émbolo elevando agua, lo que se traduce en un chorro más continuo en el caño de descarga que en el del cilindro común.

Las varillas tienen un mismo peso por metro, y al trabajar con carreras opuestas, balancean los esfuerzos de accionamiento. Además, mientras una de ellas se encuentra rígida al elevarse, sirve de guía a la segunda, que se encuentra descendiendo. Se evitan así las torsiones y flexiones de las varillas que pueden provocar su rotura y desgaste en el caño de elevación, problemas corrientes en el bombeo por cilindro con varillas centrales al caño de napas muy profundas.

Para el accionamiento de esta bomba se emplea el bombeador de doble efecto, que se fabrica en dos tamaños para ser empleado en distintas profundidades (fig. 13-43).

Tabla 12-3.- Características y caudales del cilindro de doble efecto.

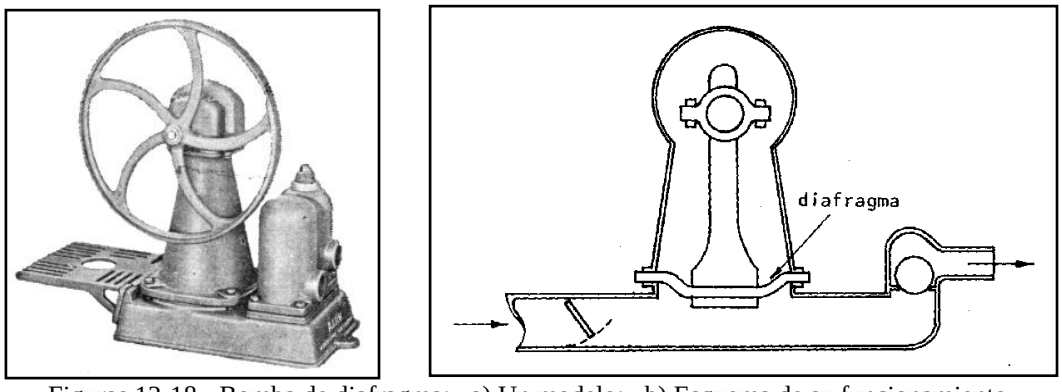
Profundidad a la napa	Bombeador	Diámetro cilindro (pulgadas)	Perforación mínima (pulgadas)	Golpes por minuto	Diámetro caño elevación (pulg.)	Caudal l/h	Potencia absorbida en HP
Hasta 50 m	Chico	5,1	6	110	2,5	7.000	5
		4,5	5	110	2	6.000	4
		4	4,5	110	2	5.500	3
	Grande	5	6	80	2	14.000	9
		4,5	6	80	2	10.000	8
		4	5	80	2	7.000	5
50 a 75 m	Grande	5	6	80	2,5	13.000	10
		4,5	6	50	2,5	10.000	8
		4	5	80	2	7.000	7
		3,5	4	80	2	6.000	5
75 a 100 m	Grande	4	5,1	80	2	7.000	8
		3,5	4	80	2	6.000	6
		3	4	80	2	4.300	5
100 a 150 m	Grande	3,5	4	80	2	4.000	8
		3	4	80	2	3.000	8
150 a 200 m	Grande	3	4	80	2	3.200	10
		2,75	4	80	2	2.800	8

BOMBA VOLUMÉTRICA ALTERNATIVA DE DIAFRAGMA

Su funcionamiento se efectúa por medio de un diafragma de goma, accionado por un sistema biela-manivela. El diafragma realiza en primer lugar una aspiración, que provoca la apertura de la válvula de entrada al subir la biela. Contrariamente, cuando ésta desciende, se produce una compresión que abre la válvula de impulsión, provocando la salida del agua (fig. 12-18).

Cuando la napa está a una profundidad mayor de 6 m, deberá colocarse este equipo de bombeo dentro de un pozo, pero en este caso hay que tener en cuenta que la capacidad de elevación es muy inferior a la del cilindro.

Este tipo de bomba se puede emplear en el suministro de agua en viviendas y para desagotar pozos, dado que por sus características no poseen mecanismos que sufran mayor desgaste y pueden bombear en seco sin daños para la bomba. En pequeñas explotaciones se puede recurrir a su utilización para el abastecimiento de agua para ganado, debido al bajo costo de adquisición comparado con otros mecanismos de extracción.



Figuras 12-18.- Bomba de diafragma: a) Un modelo; b) Esquema de su funcionamiento.

Puede ser accionado por un motor eléctrico, a explosión o un molino.

Tabla 12-4.- Características de algunos modelos de bombas de diafragma.

Modelo	1	2	3	4	5
Rendimiento horario	1.300 l	2.200 l	4.500 l	6.800 l	9.000 l
Elevación	13 m	12 m	10 m	8 m	10 m
Caño aspiración	1”	1”	2”	2,5”	2,5”
Caño elevación	¾”	1”	1,5”	2”	2”
Velocidad máxima	180 rpm	180 rpm	160 rpm	160 rpm	160 rpm
HP requeridos	1/3	1/3	3/4	1,5	1,5

BOMBAS ROTATIVAS

Dentro de este grupo se encuentran la de engranajes, la de paletas rígidas, la de paletas flexibles y la de rotor helicoidal. Son usadas principalmente como bombas de trasvasamiento de líquidos distintos al agua, líquidos pesados o viscosos y suspensiones en industrias y en equipos de pulverización. Poseen una capacidad de aspiración limitada, funcionando preferentemente como elevadoras. Por sus características, es muy extraño su empleo en aguadas, por lo que no las describiremos.

BOMBAS CENTRÍFUGAS

Son las más empleadas para la elevación de grandes volúmenes de agua. Una de las principales ventajas de las bombas centrífugas es la posibilidad de su acoplamiento directo con los motores eléctricos, dado que estas bombas admiten un régimen elevado de revoluciones. Se evitan así los mecanismos de reducción, indispensables en el accionamiento de otro tipo de bombas por motores eléctricos.

Dentro de este grupo se incluye una gran variedad de modelos, aplicables a distintas circunstancias y necesidades.

Como se indicó anteriormente, su funcionamiento se basa en la fuerza centrífuga creada por una turbina que gira a gran velocidad dentro del cuerpo de bomba. El agua penetra por el centro del cuerpo de bomba, debido al vacío producido en esa zona, y es impulsada hacia la periferia.

Las bombas centrífugas pueden clasificarse en dos grandes grupos:

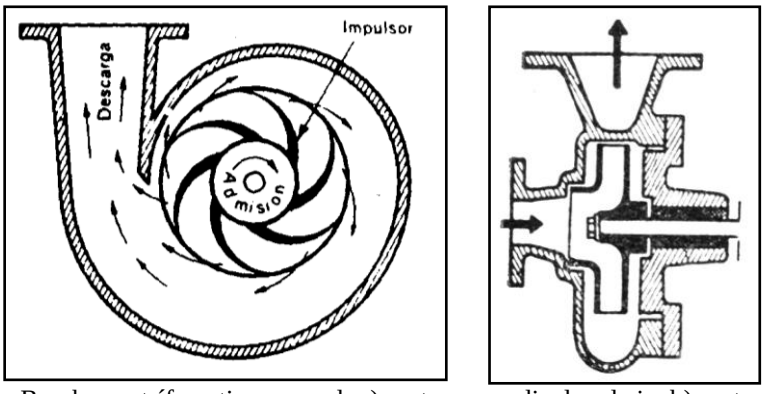
- tipo caracol.
- tipo turbina.

En las primeras, los impulsores están alojados en cuerpos de bomba en forma de espiral. Al salir del impulsor, el agua reduce su velocidad, aumentando de esta manera la presión.

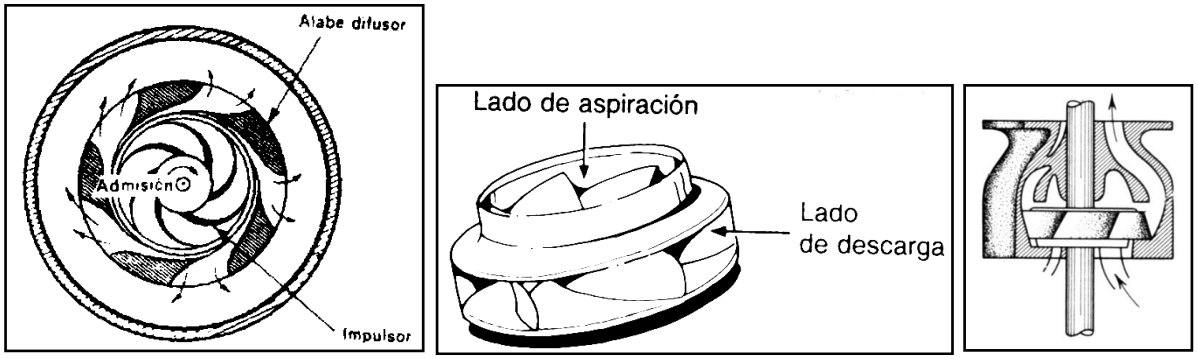
En las bombas tipo turbina, los impulsores están rodeados por alabes difusores. Estos determinan pasajes cada vez mayores, con lo que se reduce la velocidad del agua que sale del impulsor, convirtiéndose la carga de velocidad en carga de presión.

Las bombas tipo caracol se usan en aquellos casos en que la profundidad de la napa no es un factor limitativo, pues dado su gran tamaño, deben ser instaladas en la superficie o en un pozo.

Las bombas centrífugas de pozo profundo, es decir, las empleadas para grandes profundidades de napa, son de tipo turbina, pues por su diseño resultan de un diámetro menor y pueden ser instaladas en perforaciones.



Figuras 12-19.- Bomba centrífuga tipo caracol; a) corte perpendicular al eje; b) corte paralelo al eje.



Figuras 12-20.- a) Bomba centrífuga tipo turbina; b) Esquema de un alabe; c) Detalle de una turbina

BOMBAS CENTRÍFUGAS HORIZONTALES

Están incluidas en el grupo de las centrífugas tipo caracol, y la denominación de horizontales se refiere a la posición del eje que mueve el impulsor.

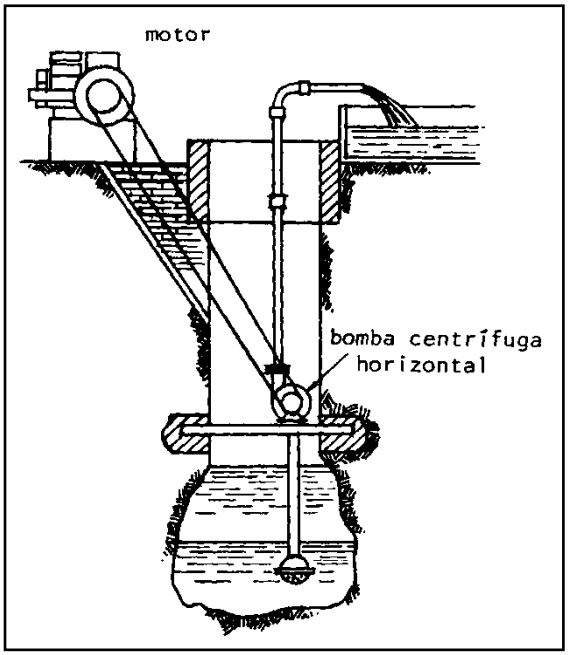


Figura 12-21.- Centrífuga horizontal instalada en pozo, con accionamiento por motor a explosión.

Su uso está limitado al bombeo de napas superficiales. Cuando se instala esta bomba en un pozo para acercarla a la napa, de disponer de energía eléctrica, el motor se coloca en el pozo acoplado directamente a la bomba. Si la transmisión la efectúa un motor a explosión, puede recurriese al sistema indicado en la figura 12-21.

Tabla 12-5.- Características y rendimientos de algunas bomba centrífugas horizontales y verticales (para accionamiento directo por motor eléctrico).

Caño aspiración	Caño elevación	HP Requeridos	Alturas manométricas en metros															
			14	15	16	17	18	20	22	24	26	28	30	33	36	39	42	45
1¼	1	¾	8	7	6	4												
1¼	1	1		9	8	8	7	5										
1 ½	1 ½	1 ½							10	6								
1 ½	1 ½	2										11	9					
1 ½	1 ½	2 ½											12	7				
2	1 ½	3						23	21	19	17	14	11					
2	1 ½	4													15	10	6	
2	2	5										29	26	21	14			
2	2	6												33	29	24	18	
2	2	7 ½														32	29	25
2 1/2	2	5							32	29	26	22	16					
2 1/2	2	6										37	35	30	25			
2 1/2	2	7 ½												39	35	30	23	

BOMBAS CENTRÍFUGAS VERTICALES

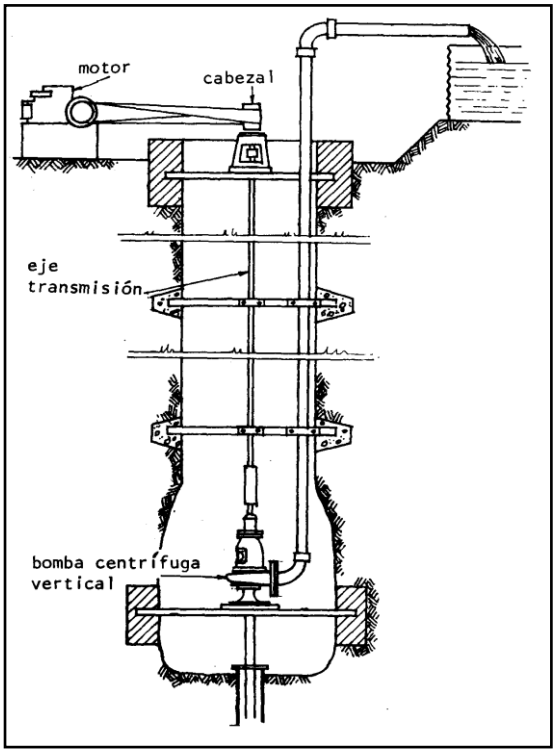


Figura 12-22.- Bomba centrífuga vertical

Cuando la distancia al nivel del agua es grande, puede emplearse este tipo de centrífuga, que se coloca en el antepozo para acercarla a la napa. La posición del eje en sentido vertical facilita su accionamiento desde la superficie, donde se instala el cabezal, que mediante un eje de acero instalado generalmente en el interior de un caño protector, acciona la bomba (fig. 12-22).

La fuente de energía puede ser un motor eléctrico o de explosión. La profundidad del pozo, cuando la napa es muy profunda, puede hacer muy costoso este sistema respecto a otros equipos.

Los caudales que proporcionan estas bombas son los mismos que los dados en la tabla 12-5 para bombas centrífugas horizontales.

BOMBAS CENTRÍFUGAS TUBULARES

Son del tipo turbina y presentan la característica de tener varios cuerpos de bomba superpuestos en sentido vertical, con lo que aumenta el poder de elevación (fig. 12-23).

La bomba es accionada por un eje de acero que gira dentro del caño de elevación. Estos equipos se instalan en perforaciones encamisadas, cuyo diámetro varía de 4 a 18 pulgadas, según el tamaño de la bomba.

Es indispensable la correcta alineación de la perforación, para evitar roturas o desgaste del eje de transmisión.

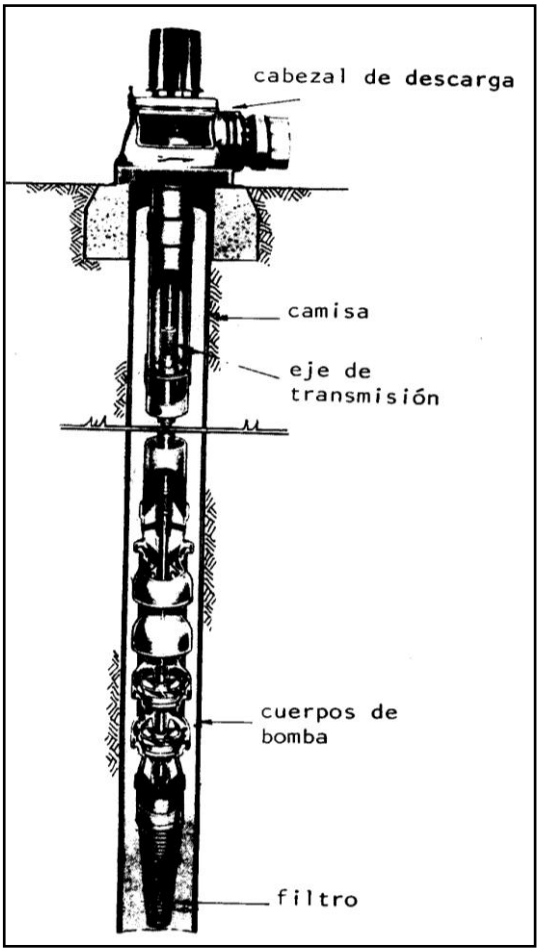


Figura 12-23.- Bomba centrífuga tubular.

El cabezal de descarga, instalado en la superficie, presenta distintas características según el medio de accionamiento (fig. 12-24).

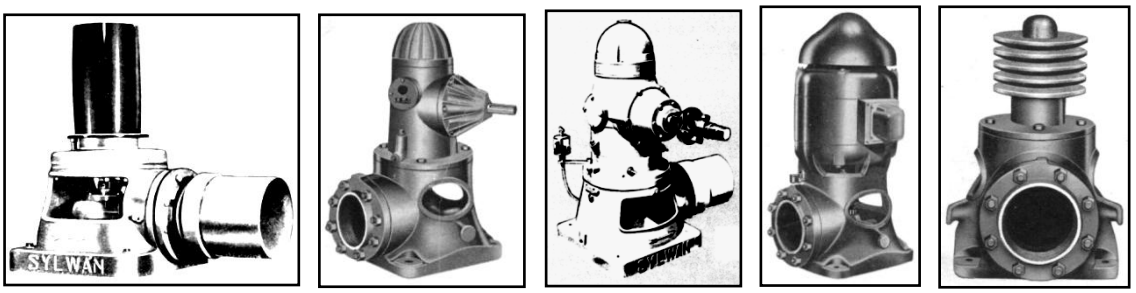


Figura 12-24.- Cabezales de descarga para bombas tubulares: a) Con polea plana; b y c) A engranajes para accionamiento por toma de potencia del tractor; d) Con motor eléctrico vertical; e) Con polea ranurada para correas trapezoidales o en V.

ELECTROBOMBA SUMERGIBLE

En cuanto a su funcionamiento, la electrobomba sumergible es una centrífuga tubular, pero en este caso el motor eléctrico se halla unido al extremo inferior del equipo, con lo que se evita el problema del eje de transmisión de gran longitud. Por ello estos equipos fueron diseñados especialmente para aquellos casos en que la napa a utilizar es muy profunda.

Su costo resulta inferior al de una bomba con eje de transmisión. Además, al eliminarse el mismo, se evitan no sólo los problemas de su mantenimiento, sino también los inconvenientes creados por desviaciones en la plomada de la perforación.

Entregan una cantidad de agua hasta cinco veces mayor, con la misma potencia requerida, que los bombeadores a varilla o bombas con sistema de eyectores. Por lo tanto, el precio mayor de esta bomba se amortiza con el menor gasto de electricidad.

Dado el mercado argentino de electricidad, estas bombas tienen en general un diseño especial para poder arrancar y funcionar con baja tensión.

Se instalan en perforaciones encamisadas de 3, 4, 6 ú 8 pulgadas de diámetro, que corresponden a cuatro tamaños distintos de bombas. La aspiración se realiza a través de un filtro ubicado entre la bomba y el motor. Las partes expuestas al contacto con el agua están construidas con materiales inoxidables.

La electrobomba trabaja sumergida dentro de la napa. La distancia de inmersión es la diferencia entre el nivel de succión dinámico y la entrada del agua a la bomba, siendo común considerar la mitad del largo de la bomba como el nivel de entrada. La electrobomba está unida al caño de elevación, al costado del cual desciende el cable eléctrico sumergible que conduce la energía al motor, y también un cable de acero que sostiene a la bomba (cuerda de seguridad) y permite su extracción de la perforación para reparaciones. Nunca se debe bajar la bomba tomándola del cable conductor de electricidad. Este cable debe estar asegurado al caño de elevación con sujetadores especiales o cinta plástica cada 3 metros y sus empalmes impermeables, incluido el que lo conecta a la bomba, se hacen utilizando materiales especiales comercializados en un kit. El tamaño del cable eléctrico sumergible se especifica en centímetros o en código AWG (American Wire Gauge), donde el cable es más delgado a medida que su número es mayor.

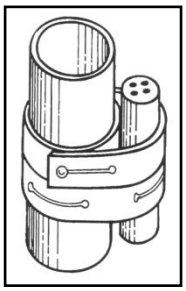


Figura 12-25.- Sujetador del cable contra el caño de elevación, de caucho, con ojales y botones.

Algunos modelos de electrobombas sumergibles tienen protección contra trabajo en seco, es decir, que si el nivel de agua baja lo suficiente para dejar a la bomba fuera del agua, el motor se detiene y vuelve a arrancar por sí solo cuando el nivel de agua se normaliza. También tienen un arranque suave, es decir, la aceleración del rotor es progresiva, lo que evita picos de tensión al arrancar la bomba y elimina el golpe de ariete.

Tabla 12-6.- Características y rendimientos de algunas electrobombas sumergibles

Diámetro interior mínimo del encamisado (pulgadas)	Régimen (rpm)	Caudales (m^3/h)
3	2.800	5 - 15
4	2.800	5 - 20
6	1.400 - 2.000	5 - 25
6	1.750 - 3.450	10 - 75
8	1.400 - 2.000	30 - 130
8	1.400 - 2.900	70 - 180
10	1.400 - 2.000	120 - 300
12	1.400 - 1.800	200 - 400
12 - 1 4	1.400 - 1.800	350 - 550
16 - 1 8	1.200 – 1.500	400 - 800

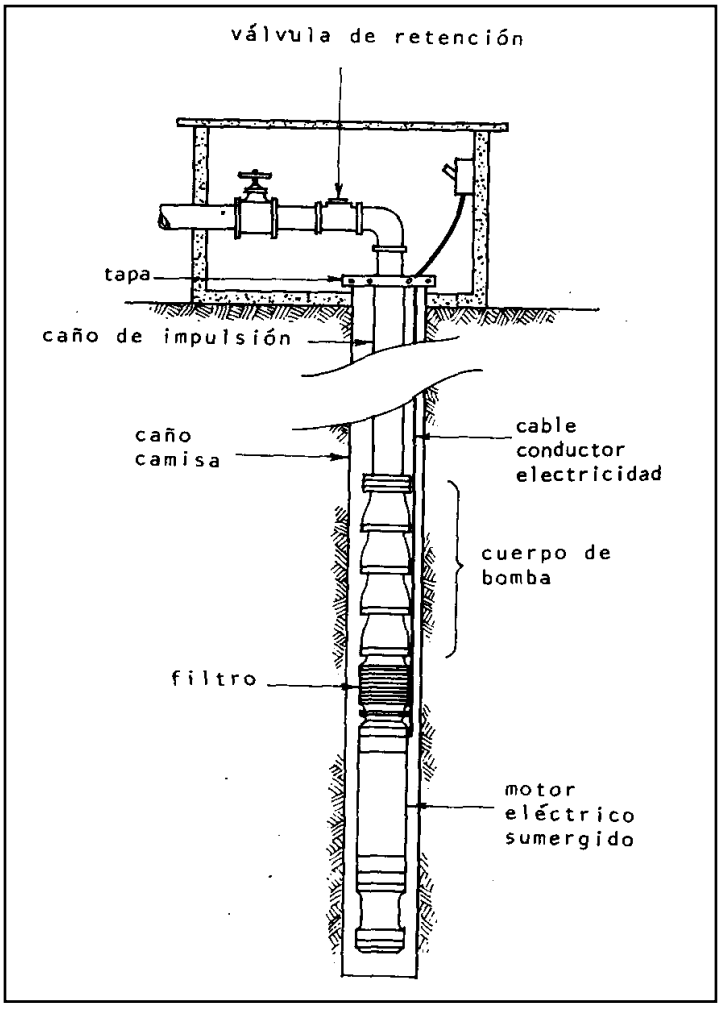


Figura 12-26.- Electrobomba sumergible.

Al adquirir una electrobomba sumergible, es conveniente controlar si la misma es reparable, pues algunas no pueden arreglarse al averiarse o desgastarse.

El empleo de esta bomba está condicionado a la disponibilidad de energía eléctrica.

Tabla 12-7.- Características y caudales de algunas electrobombas sumergibles para perforaciones de 4" y 6".

Potencia del motor cv	Perforación mínima pulg	Diámetro boca de salida pulg	Peso kg	Diámetro equipo mm	Altura manométrica (m)															
					15	20	30	40	50	60	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
2	4	2	46	98	16	12	3													
3	4	2	61	98			10	7	3											
3	4	2	55	98		16	10													
3	4	2	64	98				8	5	1										
3	4	2	67	98				9	6	3			Caudales en m^3/h							
4	4	2	64	98			14	9												
4	4	2	73	98				9	7	5										
4	4	2	76	98					8	6										
4	4	2	70	98			16	12	8											
4	4	2	79	98					9	7	2									
4	4	2	82	98					9	8	3									
4	4	4	85	98					10	8	4	2								
5	6	3	90	146		37	27													
7,5	6	3	103	146			35	27	18											
7,5	6	3	110	146			39	34	27	20										
10	6	3	124	146				37	33	27	11									
10	6	3	131	146				39	36	32	22	15								
15	6	3	149	146					38	35	27	23	17	7						
15	6	3	158	146					40	37	31	27	24	19	11					
15	6	3	162	146						39	34	31	27	24	20	14				
20	6	3	177	146							36	33	30	27	24	20	16	9		
20	6	3	180	146							37	35	33	30	27	25	21	17	11	
20	6	3	183	146							39	37	35	32	30	27	25	22	18	13

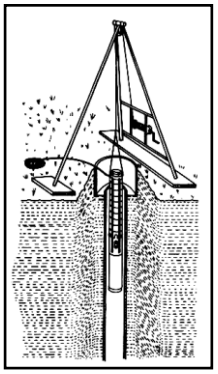


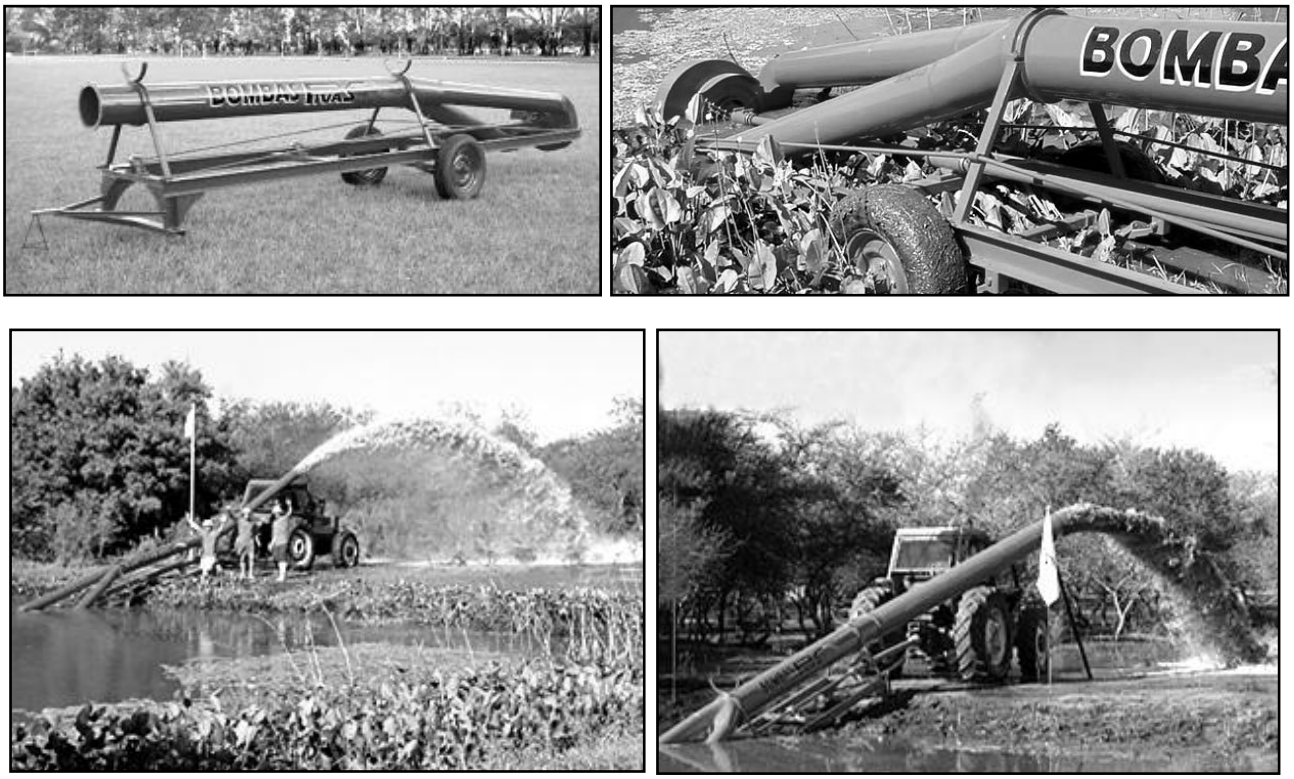
Figura 12-27.- Electrobomba sumergible preparada para ser bajada al fondo de la perforación.



Figura 12-28.- Electrobomba sumergida instalada a 200 m de profundidad; perforación a segunda napa a 280 m; agua semisurgente a 160 m nivel estático. La torre se empleó para extraer la electrobomba para su reparación. Obsérvese el encamisado, sobresaliendo del nivel del suelo al pie de la torre, cubierto por un disco de arado. Estancia 13 de abril, Ingeniero Luiggi, La Pampa.

BOMBAS SUMERGIBLES PORTÁTILES

Son tracto bombas, es decir, para usar principalmente con tractor, el que la traslada, la instala y la hace funcionar, aunque se pueden adaptar a diferentes plantas motrices. Se proveen con una barra cardánica telescópica aplicable a cualquier tipo de tractor o motor fijo estacionario adaptado para tal fin.



Figuras 12-29.- Tracto bombas: a) Preparada para su traslado; b) Instalada; c) y d) En funcionamiento (Bombas Pivas).

Se puede instalar en todo tipo de terrenos, ya que solo es necesario sumergir la parte posterior de la bomba en el agua a bombear. No necesitan cebado ni purgado. Para obtener el caudal deseado solo es necesario variar la aceleración del tractor o motor fijo.

Según modelos actuales, su altura manométrica varía de 5 a 35 metros y su caudal de 500.000 a 4.000.000 litros/hora. Son de gran utilidad para bombear grandes cantidades de agua desde ríos, arroyos, bañados, cunetas de rutas, lagunas, represas o prerrepresas a tanques australianos, tanques chaco o tajamares para su almacenamiento.

BOMBAS QUE SACAN ARENA

En algunas perforaciones el filtro no puede impedir que partículas de arena sean absorbidas por la bomba, que con el tiempo van dañando las partes móviles de la misma.

En general, el contenido de arena máximo aceptado, según cada fabricante, es entre 25 y 40 g/m^3. Los problemas debidos a penetración de arena aumentan al cuadrado de dos con el caudal de agua.

La solución es limpiar la perforación colocando a la bomba a la máxima capacidad de bombeo, hasta que el agua salga completamente limpia de arena. Luego se debe ajustar la bomba a su capacidad más baja y/o retirar uno o dos impulsores de la bomba o colocar una bomba más pequeña.

PROBLEMAS DE MAL FUNCIONAMIENTO AJENOS A LAS BOMBAS

Tanto en el caso de las bombas que no aspiran como en las que no rinden adecuadamente, antes de sacarlas del pozo o de la perforación, es necesario controlar primero si el problema no reside en:

- Oscilaciones en la tensión.
- La línea de alimentación tiene tensión o frecuencia baja por lo que la velocidad del motor resulta baja.
- Cables conductores de electricidad de sección menor a la requerida.
- El motor gira en sentido inverso. En los motores trifásicos se soluciona invirtiendo dos cables cualesquiera de la línea de alimentación en el tomacorriente o en el arrancador.
- Fallas en el sistema de comando y control.
- Falta de una fase.
- Obstrucción de la cañería de descarga por arena u otros sedimentos.
- Válvulas de retención de la cañería de descarga que no funcionan correctamente o han sido colocadas invertidas, por lo que bloquea la salida del agua. Estas válvulas de retención de paso amplio se deben colocar a la salida en superficie de la cañería de descarga; son muy útiles en todos los casos e imprescindibles cuando la bomba está colocada a más de 25-30 m de profundidad.

BOMBAS QUE NO ASPIRAN

Cuando una bomba no aspira, se deben controlar en primer lugar las siguientes posibles causas:

- Descenso del nivel del agua a más de 6-7 metros de la bomba.
- Atascamiento de la válvula de pie o de la cañería de aspiración.
- Cañería de aspiración no hermética, permitiendo la entrada de aire a la bomba.
- Formación de bolsas de aire en la cañería de aspiración.
- Bomba sin empaquetadura o empaquetadura deficiente.

BOMBAS QUE NO RINDEN ADECUADAMENTE

Algunas de las causas del bajo rendimiento de una bomba pueden ser:

- Cañería de aspiración no hermética permitiendo la entrada de aire.
- Altura manométrica mayor a la que puede vencer la bomba.
- Descenso del nivel dinámico del agua debido a la succión efectuada por la bomba.
- Disminución de la velocidad de giro.
- Válvula de pie, filtro o cañería de aspiración parcialmente obstruidos.
- Bomba con empaquetadura deficiente.
- Cañería de impulsión parcialmente obstruida.
- Diámetro insuficiente de la cañería de aspiración.
- Diámetro insuficiente de la cañería de impulsión.
- Turbina (impulsores, bujes, cojinetes) atascada o desgastada por agentes abrasivos (arena, etc.).
- En los cilindros a pistón, cueros gastados.

CEBADO

El cebado (priming) es el proceso de llenado a mano del caño de succión y admisión de una bomba de superficie para reemplazar por agua el aire contenido en su interior, de manera de permitir que la bomba comience a succionar agua. Generalmente es necesario cuando una bomba está colocada por encima de la superficie del agua.

Una bomba autocebante es capaz de succionar el volumen necesario de aire para cebarse a sí misma, al menos en teoría. Para esto se usan las válvulas de pie, que son válvulas de retención (permiten el flujo de agua en una sola dirección) colocadas en el caño de aspiración, debajo de la bomba de superficie, que impiden, cuando la bomba se detiene, que el agua salga y se pierda el cebado.

MECANISMOS DE EXTRACCIÓN, ELEVACIÓN Y/O TRASLADO DE AGUA POR TRANSPORTE

Son los sistemas más antiguos y de menor eficiencia. En general han caído en desuso, pero en ciertos lugares aún se puede ver su empleo. Algunos, como la rueda elevadora, en ciertas condiciones son de gran utilidad.

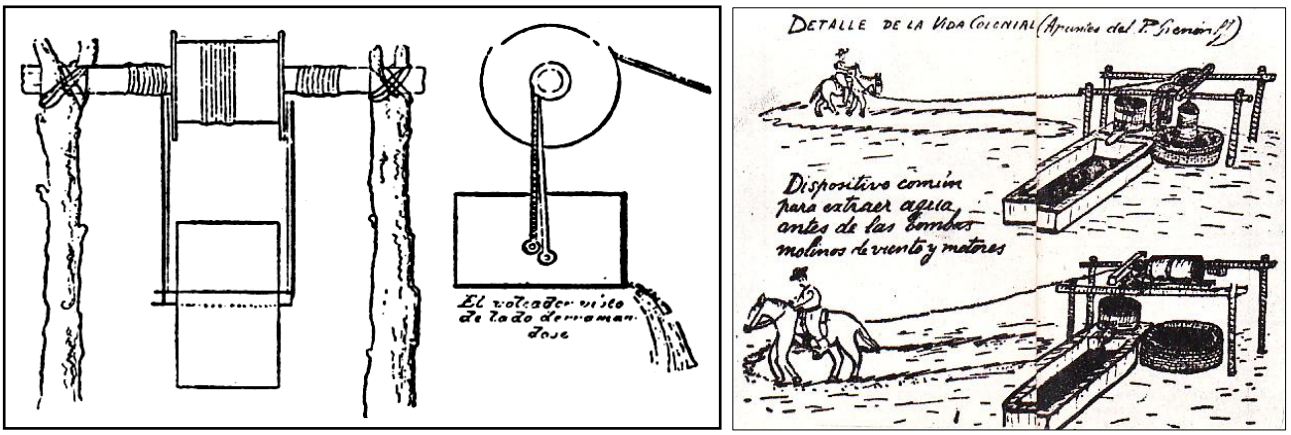
BALDE VOLCADOR

Antes que existieran las bombas, molinos de viento y motores a explosión, se usaba la tracción a sangre: el balde volcador tirado a la cincha es un ingenioso procedimiento, genuinamente criollo, que se usaba desde la época colonial (P. Grenón, SJ).

Trabaja en un pozo y consiste en un balde que por medio de una soga o cable, el cual pasa por una rondana instalada en un poste, y movido generalmente por un caballo, es elevado desde la napa, donde se carga, hasta la superficie. Al salir del pozo, vuelca automáticamente su contenido en un depósito o directamente en el bebedero.

El balde se llena por su fondo por una tapa que se abre hacia adentro y permite la entrada rápida del agua.

El sistema es muy económico de instalar pero requiere mucha mano de obra para su funcionamiento y eleva caudales sumamente reducidos, sobre todo si la napa es profunda.



Figuras 12-30.- a) Balde volcador de Pellegrini (Sbarra, 1973); b) Detalle de la vida colonial (apunte del P. Grenon SJ.)

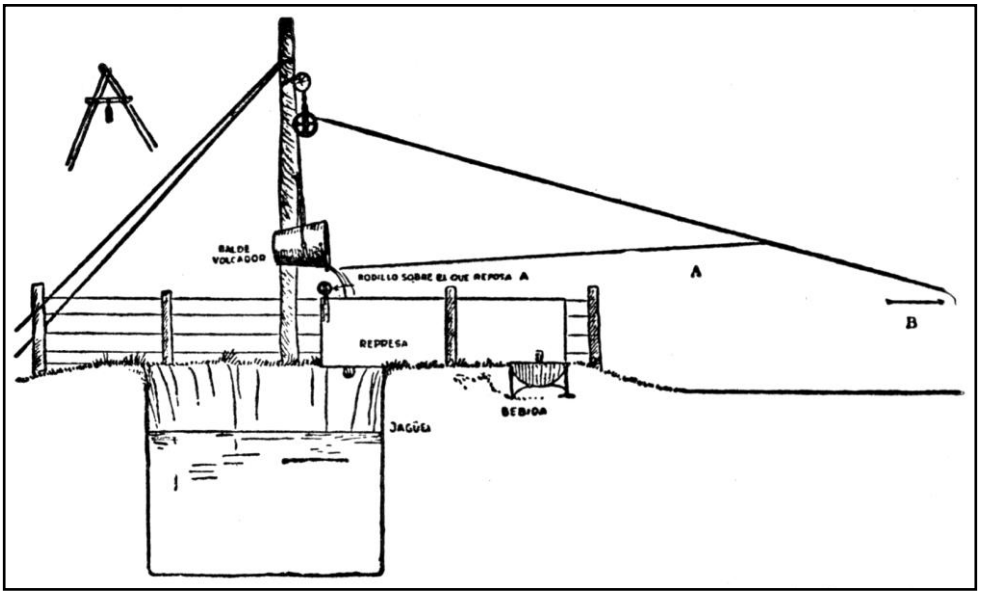


Figura 12-31.- Balde volcador de hierro (Saubidet, Tito, cit. por Sbarra, 1973).

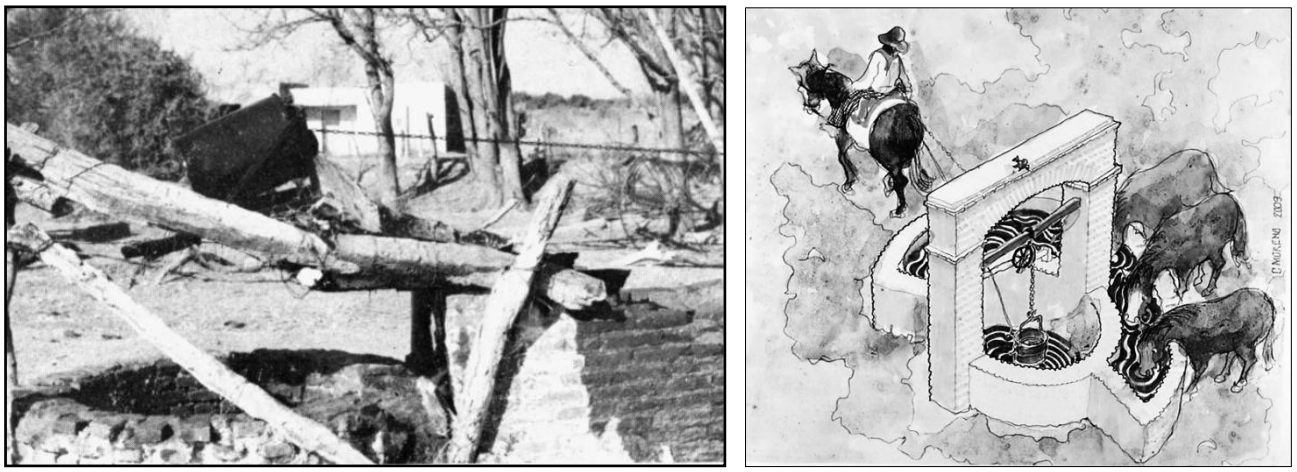


Figura 12-32.- Balde volcador de hierro trabajando en un pozo abrocalado a primera napa. A la izquierda abajo, el brocal del pozo; a la derecha el bebedero donde vuelca el balde por una canaleta de chapa. Observar la soga que tracciona el balde y la precariedad de las instalaciones. Concarán, San Luís.
Figura 12-33.- Balde volcador con bebida (acuarela de C. Moreno, 2009).

NORIA A CANGILONES

Si bien su uso es actualmente muy reducido, al igual que los restantes tipos de norias, aún se encuentran en algunas zonas del país. La más conocida es la noria a cangilones, también llamada de baldes (fig. 12-34).

Los baldes están situados a igual distancia en una cinta sinfín, cuya curva inferior se sumerge en el agua. La cadena es movida por una rueda, que recibe la energía de un malacate o un motor. Los cangilones se llenan al sumergirse en el agua, y se vacían por inversión al llegar a la parte superior de la rueda.

En el fondo de los cangilones existe un pequeño orificio para permitir el vaciado de los mismos cuando se detiene la noria, evitando de esta manera la oxidación. La pérdida de agua por dichos orificios cuando la noria está en movimiento es despreciable, ya que el agua cae en el cangilón inferior.

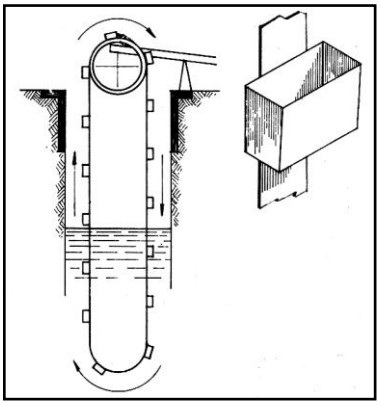


Figura 12-34 - Noria a cangilones

Para la instalación de la noria se requiere un pozo ancho (1,50 m como mínimo) y un acuífero de caudal relativamente alto. Estas condiciones se deben cumplir para todos los tipos de norias.

El rendimiento de esta noria depende de la cantidad y capacidad de los baldes, del diámetro de la rueda, de la profundidad a que se halla la napa y de la velocidad de la cinta sinfín. El tamaño y cantidad de baldes, como asimismo el diámetro de la rueda, guardan relación con la profundidad a la que se halla el agua.

NORIA A ROSARIO

Se diferencia de la anterior en que la cadena sinfín no lleva cangilones sino discos de cuero colocados en forma equidistante, que al pasar a través de un caño instalado vertical u oblicuamente, y cuyo extremo inferior se sumerge en la napa, van elevando el agua hasta la boca de salida. El rendimiento depende del diámetro del caño y de la velocidad de la cadena (fig. 12-35 y 12-36).

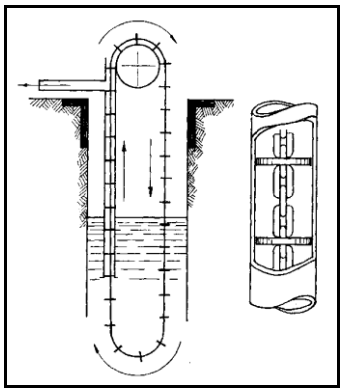


Figura 12-35.- Esquema de una noria a rosario.

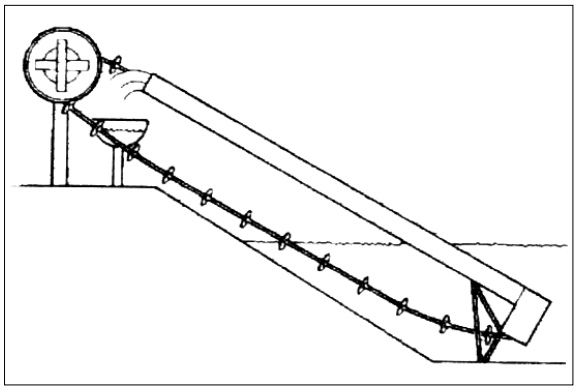


Figura 12-36.- Noria a rosario trabajando oblicua.

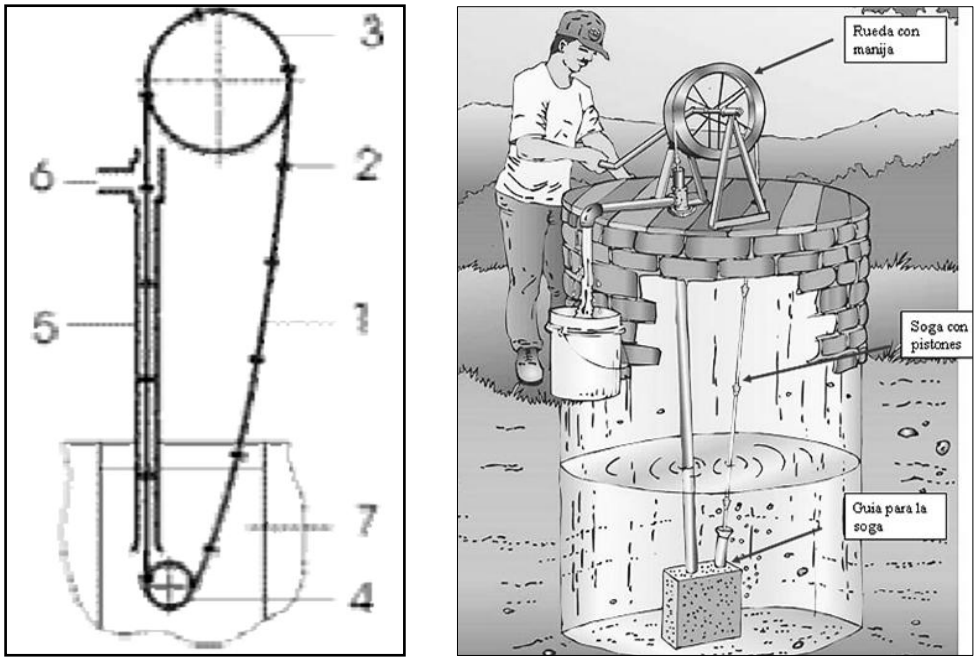
BOMBA DE SOGA O DE MECATE (LAZO)

Es una noria a rosario con algunas modificaciones, tales como que en vez de cadena se emplea una soga y el caño es de plástico, todo con el fin de disminuir su costo para pequeños productores, especialmente para los de economía de subsistencia. Es de uso muy común en Centroamérica y se está implementando su empleo en algunas zonas de las provincias patagónicas y de Jujuy, Salta, Catamarca, Chaco y Santiago del Estero entre otras.

No es una bomba que genere presión. En su construcción más simple permite elevar agua desde unos 40 m de profundidad hasta la altura de la derivación, ubicada a 1,20 - 1,50 m sobre el nivel de instalación de la bomba. Tiene una gran versatilidad en cuanto a quién y de que forma se suministra la potencia para accionarla. Se puede impulsar en forma manual dando vueltas a una manija, con pedales, con animales, con motor o con energía eólica.

La cuerda, preferentemente de nylon, se coloca alrededor de una rueda de bicicleta o semejante situada sobre el pozo. La cuerda lleva amarrados tapones de goma o plástico equidistantes cada 20 a 50 cm hechos de cualquier material flexible, que pasan por dentro de un caño de PVC. Los tapones de plástico funcionan como pistones y el tubo de PVC como un cilindro. El tubo de PVC debe tener su parte inferior sumergida en el agua. Al girar la rueda la cuerda baja al pozo y vuelva a subir por el tubo. En la parte inferior se coloca una guía que facilita la entrada de la soga y los pistones en el tubo de subida. El extremo inferior del tubo de subida debe tener forma acampanada, de manera que permita el paso fluido de la cuerda y los pistones.

Al caño se le coloca un contrapeso (piedra, cemento, metal), cuya función es mantenerlo en posición perpendicular.



Figuras 12-37.- Esquemas de bombas de soga: a) 1: soga; 2: pistones; 3: polea; 4: guía inferior; 5: caño de subida; 6: caño descarga; 7: pozo; b) En funcionamiento en un pozo con brocal.

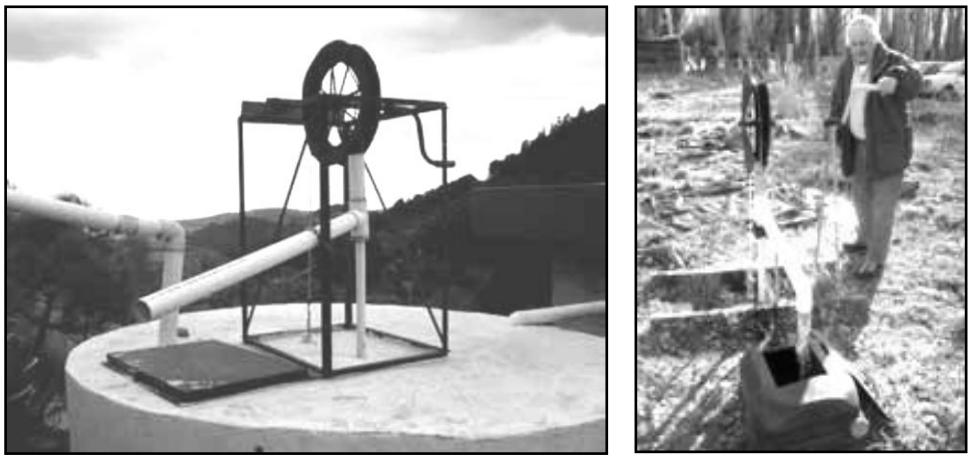


Figura 12-38.- a) Bomba de soga instalada sobre un pozo; b) Bomba de soga accionada a mano.

Con una polea adicional o secundaria se puede elevar el agua a un tanque en altura.

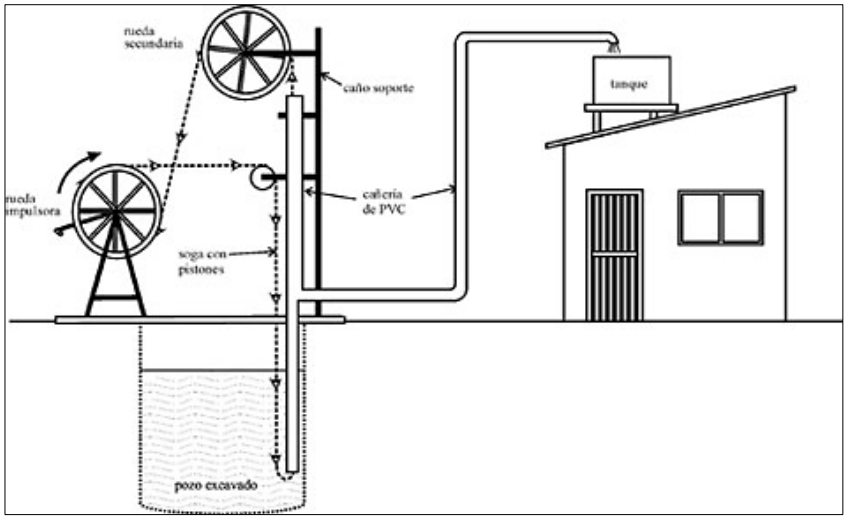


Figura 12-39.- Esquema de una bomba de soga manual de elevación

Se destacan aspectos tales como costo muy reducido, simplicidad, eficiencia en términos de esfuerzo/cantidad de agua bombeada, mantenimiento sencillo y la posibilidad de fabricación casera o local.

Un aspecto muy importante para ciertas zonas es que no tiene problemas de congelamiento, ya que cuando la bomba no está en uso el agua escurre hacia abajo quedando vacía.

Esta bomba ha sido ajustada a las condiciones locales por la Comisión Nacional de Energía Atómica en su Centro Atómico de Bariloche. La EEA Anguil del INTA (La Pampa) también ha construido y ensayado estas bombas.

RUEDA ELEVADORA, AZUD O AZUDA

Consiste en una rueda de gran diámetro, de eje horizontal y paletas planas, que funciona como máquina elevadora, no requiriendo otra fuente de energía que la del agua en movimiento. Hay distintos modelos, de los cuales el más conocido es el de baldes o cangilones, los que están colocados en correspondencia con las paletas (fig. 12-40).

Se instala en el cauce de ríos o arroyos que posean cierta corriente. La misma fuerza del agua actúa sobre las paletas de las que está provista la rueda, haciéndola girar. De esta manera, los baldes se van cargando y

entregan el agua en el punto superior, volcándolos en una canaleta que está montada de manera que no dificulta el giro de la rueda.

Generalmente estas ruedas tienen de 4 a 6 metros de diámetro y su movimiento es muy lento, pero tienen la ventaja de su sencillez y de no tener costo de energía.

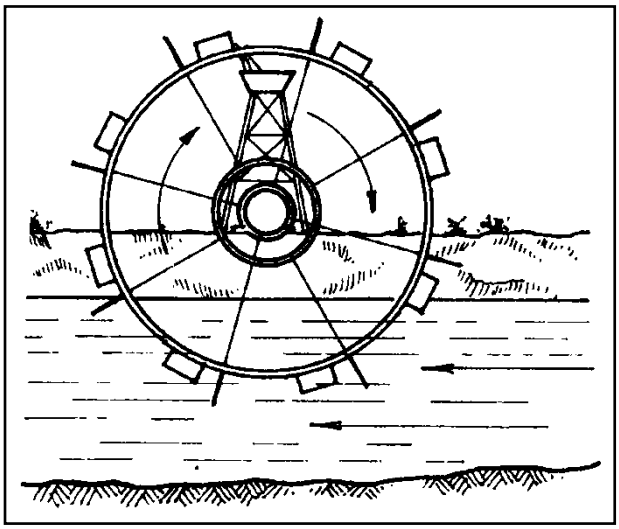


Figura 12-40.- Rueda elevadora a baldes o azuda.

MECANISMOS DE EXTRACCIÓN, ELEVACIÓN Y/O TRASLADO DE AGUA POR COLUMNA DE AGUA

SURGENTES Y SEMISURGENTES

Como se explicó al hablar del agua subterránea, existen zonas en las cuales, dadas las características del terreno, al efectuar una perforación, se llega a una napa de agua artesiana, con lo que se puede obtener una perforación artesiana de flujo o surgente, o una sin flujo o semisurgente.

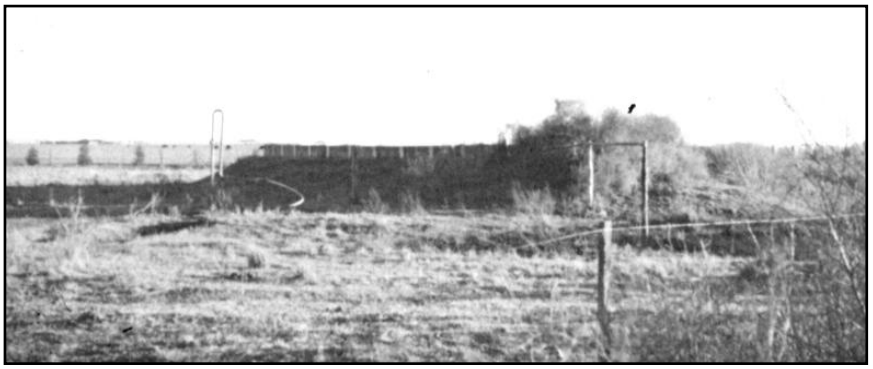
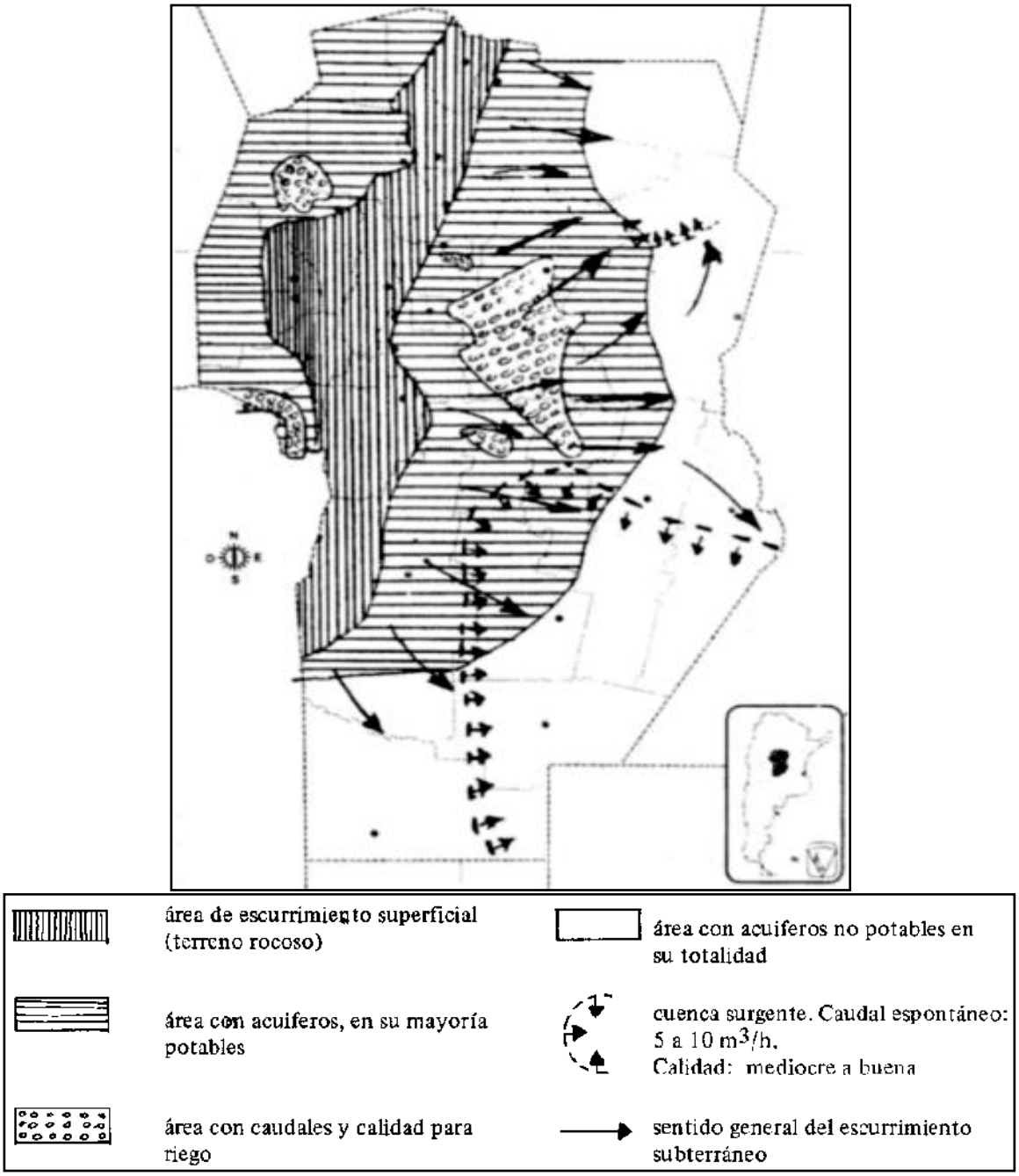


Figura 12-41.- Tanque australiano surtido por una perforación surgente (caño de la derecha).
Establ. Héctor Sgarlatta, San Basilio, Córdoba.

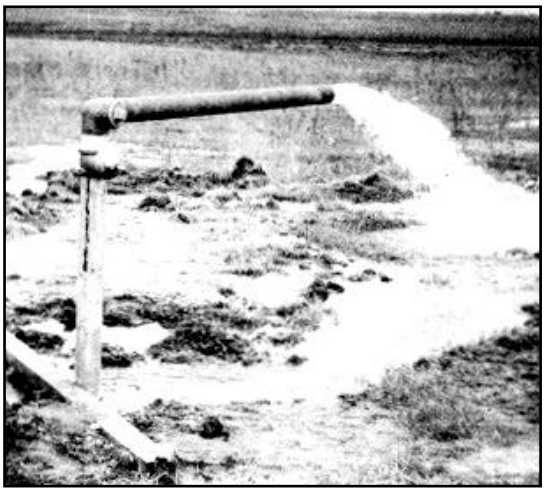
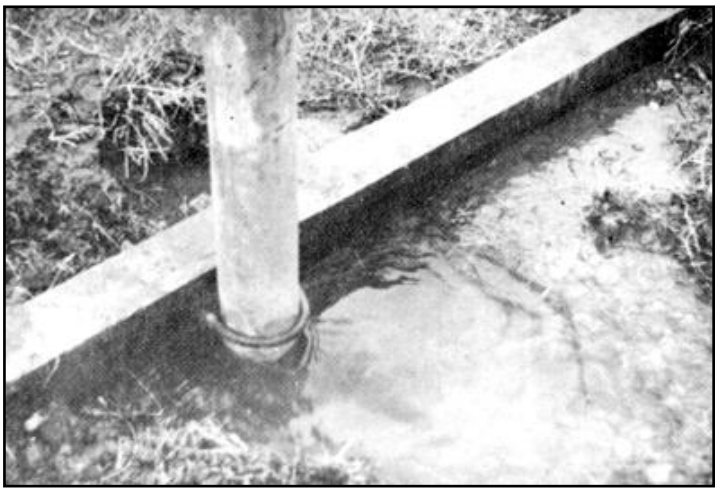
El término surgente significa que el líquido llega por fuerza propia hasta la superficie del terreno, y en algunos casos, varios metros sobre ella.

En las perforaciones semisurgentes, si bien el agua no alcanza la superficie del terreno, se eleva con respecto al nivel de la napa, facilitando su extracción.

Los surgentes en realidad no son un mecanismo de elevación de agua, pero incluimos su explicación en este punto, dado que elevan por columna de agua. La única instalación requerida es el encamisado de la perforación, colocándole una llave de paso sobre la superficie del terreno, con el fin de cortar la salida de agua cuando se desee (fig. 12-43a).



Figuras 12-42.- Mapa hidrológico de la provincia de Córdoba. Obsérvese que la zona de recarga de las napas artesianas se encuentra al pie de la sierra. En algunas zonas la napa freática se halla a pocos metros de profundidad siendo salina, pero la napa artesiana se encuentra a unos 280 m de profundidad, es de buena calidad y surgente.

Figuras 12-43.- a) Perforación surgente a 2ª napa a 198 m de profundidad. Obsérvese la presión del agua y el robinete colocado antes del codo para su cierre. Establecimiento de los Srs. Ziletti Hnos., Cnel. Baigorria, Cba.; b) Detalle del surgente de la foto anterior. Por la alta presión del agua, fue deficiente el sellado del encamisado. Obsérvese como brota el agua alrededor del caño.

En muchos casos, el agua sale a mediana o alta temperatura, lo que acelera los procesos de corrosión en cañerías y tanques. Hemos visto que en estos casos es imprescindible dejar enfriar el agua antes de que beban los animales, no solo porque es mayor el consumo de agua cuando está fría, sino también porque el agua caliente disuelve mayor cantidad de sales totales, que precipitan en parte cuando la misma se enfría.

Al hacer la perforación, en algunos casos se encuentran napas surgentes superpuestas de distinto caudal y calidad, pudiendo las aguas mezclarse o separarse, según sea la cantidad o calidad que se desee captar, mediante modificaciones en el encamisado.

ACUEDUCTOS

Si bien en un acueducto el agua se traslada por columna de agua, la misma puede ser impulsada por gravedad o por medio de distintos tipos de bombas. Los grandes acueductos que abastecen a amplias zonas, no pueden ser implementados por los productores particulares, sino construidos por los gobiernos nacional o provinciales. Tal es el caso, por ejemplo, del Acueducto del Oeste "Ingeniero Eloy Bona" de una longitud superior a los 620 km que provee agua para uso humano y ganadero, construido por el gobierno de la provincia de San Luis, que transformó la producción ganadera en la zona suroeste de esta provincia, al proveer de agua de buena calidad a campos con graves problemas para la producción ganadera por la falta de ella.

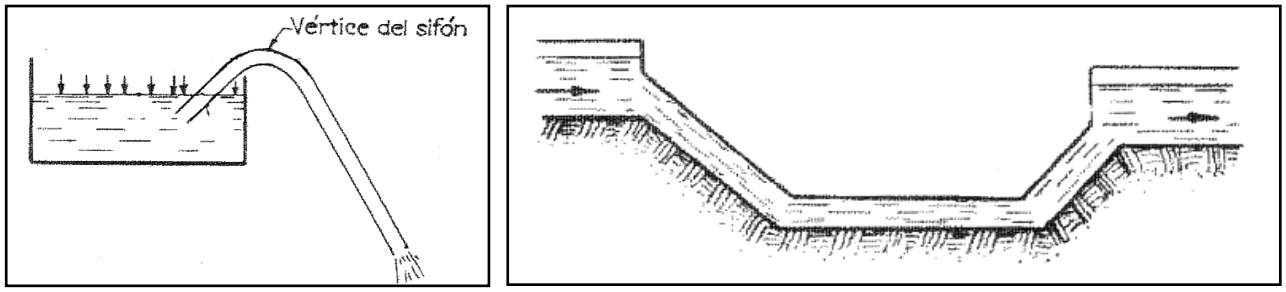
De una o más tomas de agua del acueducto, según la extensión del campo, se deriva el agua por cañerías internas e impulsada por gravedad, molinos o bombas, hasta los tanques australianos que surtirán los bebederos de los distintos potreros.

SIFÓN O SIFÓN MÓVIL

Consiste en un tubo rígido o semirrígido, generalmente de plástico o caucho, con forma de U invertida con una de sus ramas más larga que la otra. Se emplea para trasegar agua de un depósito a otro o a un bebedero o para vaciar el depósito, pasando por el borde superior del mismo. La rama más corta se sumerge en el depósito a vaciar y por la más larga, colocada su salida siempre en un nivel inferior, sale el agua.

Su principio de funcionamiento es muy simple: la presión atmosférica obliga al agua a subir por la rama corta del tubo, mientras que el peso del agua que se vierte por la rama más larga causa un escurrimiento conti-

nuo. El escurrimiento se debe a la presión o empuje del aire sobre la superficie del agua del depósito superior y no porque el agua que sale por la rama larga aspire o tire.



Figuras 12-44.- a) Sifón común; b) Sifón invertido. Se emplea cuando se debe salvar una depresión. En este tipo de sifón no es necesario expulsar el aire de su interior porque en realidad es la acción de la gravedad la que origina la circulación del agua por el desnivel entre la entrada y la salida. El principio que actúa es el de los vasos comunicantes.

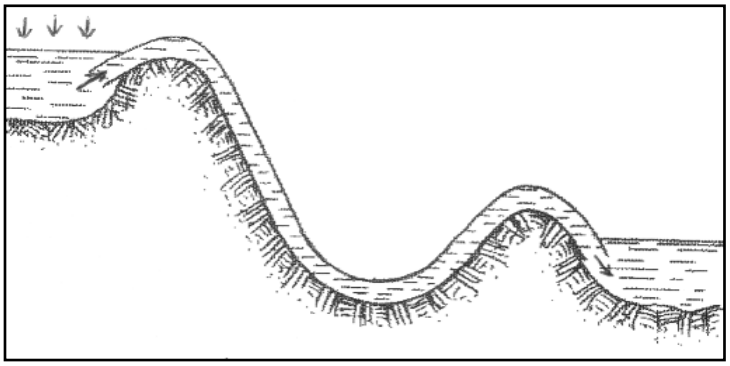


Figura 12-45.- Sifón mixto, es una combinación de los dos tipos anteriores.

Para ponerlo en funcionamiento es condición imprescindible llenar totalmente el tubo (cebado) con agua de alguna de las siguientes maneras:

- Sumergiendo todo el sifón en el agua a trasegar, dejando la rama corta sumergida y retirando la rama larga con el orificio de salida tapado herméticamente para que no se vacíe.
- Colocado en posición de trabajo, hacerle el vacío en su interior por aspiración, de manera que se llene de agua. Esta aspiración se podrá hacer con la boca y a pulmón si el diámetro del sifón es reducido, o con una bomba o una válvula de cebado si el diámetro es mayor.
- Introduciendo reiteradamente y con energía la sección de entrada del caño dentro del agua y abriendo y cerrando con la mano la sección de salida en forma coordinada con esos movimientos. Esto permite el desalojo del aire y la retención del agua que progresivamente va llenando la totalidad del sifón.
- Colocando una válvula de cebado en la salida del sifón, se sumerge el otro extremo en el agua. Manteniendo la sección de entrada sumergida se confiere al conjunto pequeños movimientos alternados en el sentido de la mejor entrada del agua, lo que hace que por la válvula de cebado salga el aire y se llene completamente el tubo de agua; se ubica el sifón en al posición de trabajo y se retira la válvula de cebado del orificio de salida. Este sistema es muy útil en sifones de 3 y 4 pulgadas. La válvula de cebado consiste en un caño de PVC de unos 20 cm de largo y del diámetro del sifón, moldeado térmicamente en forma acampanada; un anillo exterior de goma (recorte de cámara neumática) para asegurar el cierre hermético de la salida, que es donde se coloca la válvula de cebado; la válvula propiamente dicha está constituida por un recorte ovalado de caucho colocado en el interior del implemento, que se superpone a un disco metálico al cual se le han practicado pequeños orificios, lo que permite la salida del aire cuando se hacen los movimientos con el sifón.

- Llenando el sifón por un orificio con tapón hermético ubicado en la parte superior de la U invertida, previo tapado de la entrada y de la salida. Este método se emplea principalmente cuando se trata de sifones de gran diámetro.

Una vez completamente lleno el sifón, sin aire en su interior y colocado en posición de trabajo, se destapa el orificio de salida, y el agua comienza a salir por la diferencia de potencial gravitatorio o de presión.

La velocidad de salida del agua, y por lo tanto la cantidad vertida en un mismo tiempo, será constante siempre que la diferencia de nivel entre el orificio de salida y la superficie libre del líquido en el origen sea constante. El sifón continuará descargando indefinidamente mientras la boca de entrada permanezca sumergida lo suficiente para impedir la entrada de aire, no importando si la boca de salida está sumergida o al aire. Tampoco importa la distancia. Hay sifones trabajando permanentemente con 25 y 30 km de largo.

Los inconvenientes de funcionamiento que pueden surgir son obstrucciones en la boca de entrada de los caños (hojas y materiales vegetales en suspensión) y dificultades hasta adquirir práctica para cebar los sifones y para que funcionen sin que se descarguen.

Para fabricar los sifones, es conveniente emplear caños de PVC de alta resistencia a la presión (clase 10), que tiene un espesor de pared de 2,8 mm, para evitar deformaciones al construirlos y para una mayor duración. Estos caños se adquieren en tramos de 6 m. Se construyen cortándolos a la medida necesaria, aplicando calor y moldeándolos hasta conseguir la forma curvada deseada (Ver cap. 16: cañerías).

"Es necesario utilizar sifones, si se encuentra agua suficiente, cuando el agua de los campos está muy profunda y es escasa. En "Pozo de la Carreta" una perforación llega a 280 metros, subiendo el agua a 260 pero con un caudal muy bajo de 1400 litros por hora, con lo cual se obtenía un agua muy cara. Por medio de un sifón entonces, se sacó agua de un pozo de 7 metros, del otro lado de la ruta, en pie de sierra y por simple desnivel, se llevó el agua hasta el fondo del campo que tiene 16 km., tanques mediante. En el campo "El Zapallar" de Bridas Argentina, instalamos un sifón que tiene 27 km, otro sifón se instaló en Rosario de la Frontera, eliminando un bombeador y llevando el agua a 12 km. Con el sifón el agua va sola, sin bombeo, el secreto es saber cargar el sifón, para que trabaje ininterrumpidamente" (M. Greifemberg, 1992).

SIFÓN INTERMITENTE

El sifón intermitente o vaso de Tántalo es una copa de vidrio, a través de cuyo fondo pasa la rama exterior de un sifón; si en la copa cae agua, el sifón se llena poco a poco, y al llegar el líquido a cubrirlo por completo, comienza a funcionar saliendo el líquido por la extremidad inferior. Si el diámetro del sifón es tal que la cantidad de líquido que sale es mayor que la que entra, el nivel baja en la copa hasta descubrir el orificio interior de dicho sifón, en cuyo caso cesa la salida, para reproducirse de nuevo cuando se vuelve a llenar la copa.

El Vaso de Tántalo explica los fenómenos que se presentan en los manantiales que manan con intermitencia, por cuya razón se les conoce como fuentes intermitentes naturales. Regulando con una llave de corte el caudal de agua saliente en una perforación horizontal del manantial, de manera que el agua entrante se equilibre con la saliente, es posible obtener un flujo permanente.



Figura 12-46.- Vaso de Tántalo

ARIETE HIDRÁULICO O BOMBA DE ARIETE

El ariete hidráulico es una máquina sencilla elevadora de agua inventada para operación manual por el inglés J. Whitehurst en el año 1772 y mejorada para operación automática por el francés, coinventor del globo aerostático de aire caliente, Joseph M. de Montgolfier en 1796. Trabaja elevando parte del agua de una caída por medio del impulso que le comunica el resto de la masa líquida puesta en movimiento por su mismo peso (energía cinética), en forma automática y constante, sin gasto de motor y mínimo mantenimiento. Es utilizada en zonas de sierra o donde existe un pequeño salto o desnivel de agua, aprovechando esta energía. Su funcionamiento es sumamente sencillo, basándose en el principio del golpe de ariete hidráulico, es decir, mediante choques del agua producidos por el cierre rápido y violento de una válvula que produce la detención brusca de la corriente de agua confinada en una tubería rígida. Este fenómeno trae como consecuencia la creación de una onda de alta presión originada en el lugar en que se produce la detención, que viaja por la tubería. Esta onda posee una presión varias veces mayor que la existente antes de la detención, provocando que el agua fluya hacia el pulmón y el depósito elevado (fig. 12-47).

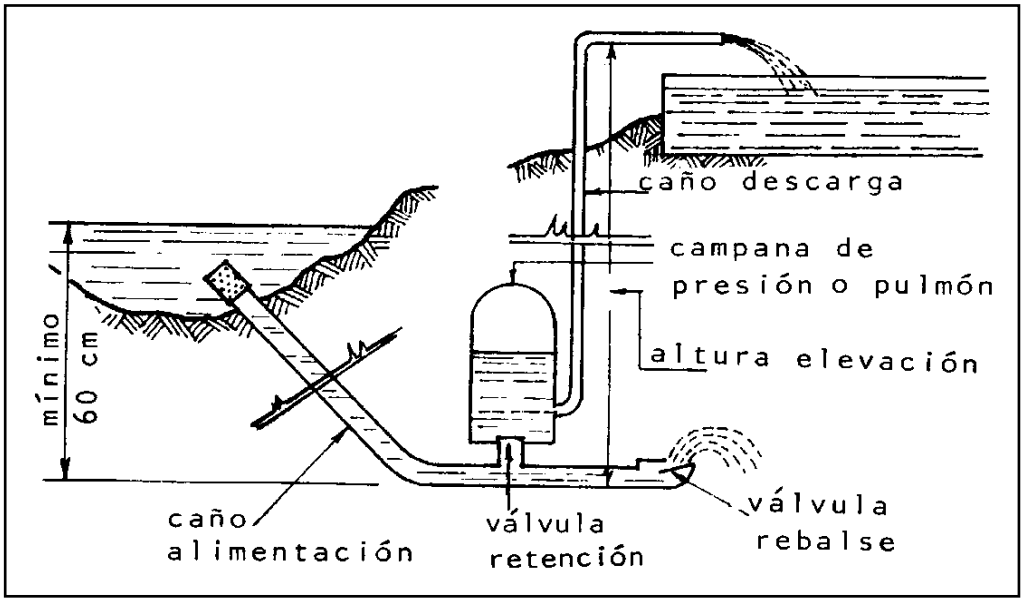
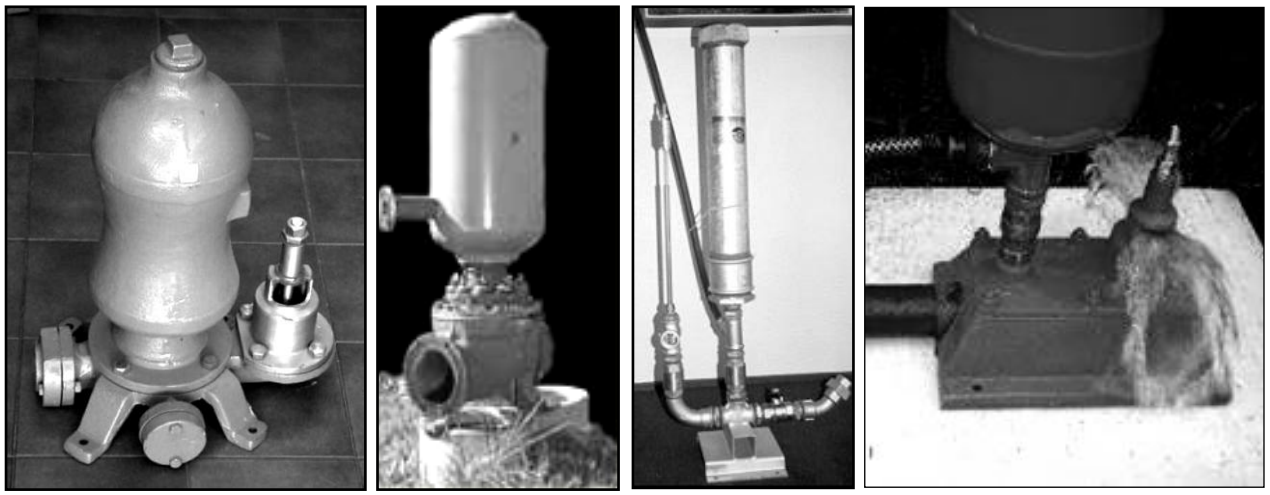


Figura 12-47.- Ariete hidráulico.







Figuras 12-48.- Distintos tipos de ariete hidráulico. a) Pulmón esférico de plástico reforzado con fibra de vidrio. Está funcionando con un desnivel de 3 metros. Los caños son de PVC, el de mayor diámetro es el de alimentación y el de menor diámetro el de elevación. El rebalse lo efectúa por el extremo opuesto al acople de los caños. b) Ariete hidráulico de acero inoxidable funcionando. c) Clásico ariete de hierro fundido. d) Pulmón de chapa cilíndrico. e) Construido con caños de hierro galvanizado. f) pequeño ariete en funcionamiento; ver el rebalse

Elementos*:* Consta de un caño de alimentación y uno de rebalse, este último con una válvula de rebalse graduable que trabaja dentro de una jaula que corta bruscamente la circulación de agua y se rearma automáticamente, y un cuerpo con un pulmón, una válvula de retención y un caño de elevación. Las cañerías pueden ser de hierro galvanizado, PVC o polietileno.

Su construcción debe ser esmerada y sólida, con un ajuste perfecto para que su rendimiento de trabajo sea eficiente y su funcionamiento lo más suave posible.

Alimentación: Se efectúa desde una presa, río, arroyo o cualquier desnivel. El salto o caída que lleva el agua al caño de alimentación (de toma o de transmisión), no debe tener menos de 60 cm, preferentemente entre uno y veinte metros, entre el nivel del agua y la entrada del caño de alimentación al ariete. El largo del caño de alimentación debe ser de cinco a diez veces la altura que tenga el salto. El extremo de toma debe tener un filtro o rejilla para evitar la entrada de cuerpos extraños que pudiera contener el agua que pueden obstruir las válvulas e impedir el funcionamiento del ariete y estar sumergido por lo menos 40 cm bajo la superficie del agua y a 15 cm como mínimo sobre el lecho, para evitar la entrada de grava o arena. El diámetro, que varía entre 2 y 20 pulgadas en el tamaño más grande, tiene que ser el doble que el del caño de descarga y debe ser lo más recto posible.

Si no hay una caída de agua en el establecimiento, es posible crear el desnivel necesario. Todo canal de agua tiene una pendiente natural por lo que podemos lograrlo empleando un largo de cañería de alimentación tal que en una distancia razonable podamos obtener un desnivel de un metro. Por ejemplo, si la pendiente del canal es del 1 %, es posible obtener un desnivel de un metro con 100 metros de cañería de alimentación.

Si para alimentar el ariete se necesita una tubería excesivamente larga, conviene derivar el agua a un estanque o depósito ubicado de tal modo que la cañería de alimentación reduzca su longitud.

No es necesario un gran caudal de agua para que el ariete funcione, pero la cantidad de agua elevada dependerá del volumen que ingresa y de la caída. El equipo completo del ariete debe dimensionarse de acuerdo a estos dos parámetros: volumen de agua que ingresa y volumen de agua necesario.

Descarga o elevación: La altura de la descarga debe ser de 6 a 12 veces la altura de la caída de agua. Si por alguna causa, la altura fuera menor, será necesario colocar una válvula a la cañería de descarga, graduándola para que realice la contrapresión necesaria. A partir de 12 veces la altura (h), el rendimiento de los arietes disminuye.

El largo de la cañería de descarga puede ser cualquiera necesario, pero debe cuidarse que sea de un diámetro suficiente para que no exista una pérdida exagerada de carga por rozamiento. La cantidad de agua elevada por el ariete varía entre 1/7 a 1/24 partes de la que se le suministra, y también varía según la relación entre la

elevación y la caída. Por ejemplo, cuando la cañería de elevación es corta, aproximadamente la séptima parte (1/7) del volumen de agua puede ser elevado a una altura de 5 veces la del salto, o la catorceava parte (1/14) del volumen de agua puede ser elevado a 10 veces la altura del salto.

El caudal elevado (q) depende del rendimiento (R), el caudal de alimentación (Q), el desnivel de trabajo (h) y la altura de elevación (H). La ecuación por la que se relacionan es la siguiente:

$$q = R \cdot Q \cdot h / H$$

Ejemplo:

Q (Caudal de alimentación) = 100 litros/minuto
h (desnivel de trabajo) = 3 metros
H (Altura de elevación) = 24 metros
La relación H/h = 8.
El rendimiento del ariete en estas condiciones equivale al 57 % (0,57).

El caudal elevado es:

$$q = 0{,}57 \cdot 100 \cdot 3 / 24 = 7{,}125 \text{ litros/minuto} = 10260 \text{ l/día.}$$

Si la caída no es suficiente en relación a la descarga, la cantidad de agua que llegará al depósito será muy limitada. Si por el contrario, la caída es muy grande con relación a la descarga, la válvula de rebalse y su asiento tendrán un desgaste prematuro, por los golpes violentos que deberá soportar.

La altura máxima de bombeo es de 300 metros y pueden elevar caudales de hasta 60 litros/segundo.

Puede conducir agua a distancias superiores a los 2.000 metros entre el ariete y el depósito en altura. Tiene menor pérdida de carga que otras bombas, ya que la velocidad del agua es reducida.

Rebalse y válvulas: Como el ariete hidráulico sólo aprovecha una pequeña parte de la energía potencial acumulada en la fuente de agua, ya que la mayor parte del agua que circula por el mismo se pierde por la válvula de rebalse o de pulsación tipo Clapper (aproximadamente el 90 %), este aparato no es aplicable cuando el volumen de agua requerido es muy grande y el agua disponible escasa. La relación entre la cantidad de agua perdida y la elevada es casi proporcional a la relación entre la altura del salto y la altura de elevación.

La válvula de pulsación puede cargarse con pesos para que con la ausencia de flujo en la tubería de admisión pueda superar la presión estática y abrirse. El peso adicional tiene como consecuencia que la válvula se cierre a una velocidad de flujo más importante, lo que causa una oleada de presión mayor.

En el lugar donde se instala el ariete, es necesario prever que el agua que se pierde pueda seguir circulado libremente.

Pulmón: La cámara de aire que oficia de pulmón puede tener la forma de una pera invertida, esférica, cilíndrica u otras (figuras 12-48). Puede estar construido en hierro o en plásticos reforzados con fibra de vidrio. Puede construirse también con un envase invertido tipo garrafa de gas o tubo de oxígeno, con un caño de buen diámetro o con chapa de 4 mm soldada o remachada con forma cilíndrica. Es imprescindible que sea completamente hermético y su material resistente, ya que aún en mecanismos de pequeñas dimensiones, se alcanzan presiones considerables.

El volumen de la cámara de aire del pulmón debe ser igual al de la cañería de alimentación, aunque en dispositivos pequeños no es imprescindible seguir esta proporción. La longitud en los no esféricos debe ser de 6 a 8 veces su diámetro.

Cañerías: En las cañerías (alimentación, rebalse, descarga) debe evitarse la colocación de curvas y codos cerrados. Se aconseja curvar directamente en forma amplia los caños en los casos inevitables.

Las cañerías, dentro de lo posible, deben colocarse a la profundidad necesaria para evitar la congelación del agua en épocas de bajas temperaturas, y todas las juntas deben tener ajuste hermético para impedir entradas o escapes de aire.

Tamaño del ariete: Dependerá de la cantidad de agua que se debe elevar, el desnivel y la cantidad de agua existente. Una fórmula que se puede aplicar es la siguiente:

$$\text{Litros de entrega por hora} = \frac{V \times C \times 40}{A}$$

V = litros por minuto de agua utilizable.
C = caída en metros.
A = altura en metros a que debe elevarse el agua.

Tabla 12-8.- Relación altura descarga, caída del agua y tubería de alimentación.

Altura de elevación del agua metros	Caída del agua metros	Caño de alimentación metros
1,2	0,6	3,6
1,8	0,6	3,6
2,4	0,6	3,6
4,5	0,9	4,5
7,5	1,2	6,0
10,5	1,5	9,0
14,4	1,8	12,0
18,9	2,1	15,0
24,0	2,4	18,0
30,0	3,0	22,5
36,0	3,6	28,5
42,0	4,2	33,0
48,0	4,8	37,5
54,0	5,4	43,8
60,0	6,0	48,0

Tabla 12-9.- Volumen de elevación en algunos arietes hidráulicos comerciales

Ariete	Caudal mínimo l/día	Caudal máximo l/día
3	1500	13.400
5	6000	53.600
8	24.000	214.000

Tabla 12-10.- Ejemplo de volumen de agua de alimentación, de entrega y diámetro de los caños de alimentación y elevación

Ariete Nº	Necesita litros x minuto	Entrega litros x hora	Caño de alimentación pulgadas	Caño de elevación pulgadas
3	3 a 16	40 a 80	1	½
4	12 a 21	60 a 140	1 ¼	½
5	24 a 66	120 a 240	2	¾
6	48 a 100	220 a 400	2 ½	1
7	80 a 160	400 a 800	3	1 ½
10	100 a 400	500 a 2000	4	2



Figura 12-49.- Ariete hidráulico en un arroyo de sierra. El caño de la izquierda es el de alimentación, que se surte aguas arriba. El de la derecha, de menor diámetro, es el de descarga. Obsérvese la ausencia de codos en los caños. La Cumbrecita, Cba.

Funcionamiento: El funcionamiento continuo se produce por equilibrio de presiones. Al correr el agua por el caño de alimentación, la misma pasa al cuerpo del ariete y sale por la válvula de rebalse, hasta que la columna de agua tiene la suficiente velocidad para que su energía dinámica eleve esta válvula hasta su tope. Al detenerse bruscamente la columna de agua, se origina un golpe de ariete o golpe de agua.

Como no tiene otra salida, una pequeña parte de ese agua pasa por la válvula de retención y entra en la cámara de presión, donde comprime ligeramente al aire, y esto efectúa el cierre de la válvula de retención, impidiendo que el agua vuelva al caño de alimentación.

En este momento, la presión del aire en el pulmón es superior a la de elevación, lo que obliga a que una pequeña cantidad de agua entre en el caño de descarga y llegue hasta el tanque o depósito.

En el momento que la válvula de retención cierra, la columna de agua en el caño de alimentación efectúa un pequeño resalte, quitándole presión a la válvula de rebalse, la que por su mismo peso se abre. Todo esto constituye un movimiento, y estos movimientos se continúan efectuando en forma completamente automática una vez iniciados, repitiéndose de 25 a 100 veces por minuto.

Aunque el funcionamiento es intermitente, la elasticidad del aire comprimido en el pulmón hace que el agua salga por el caño de elevación en forma casi continua.

Para poder resistir la vibración causada por el martilleo de la válvula es necesario afirmar el ariete en un sólido bloque de cemento.

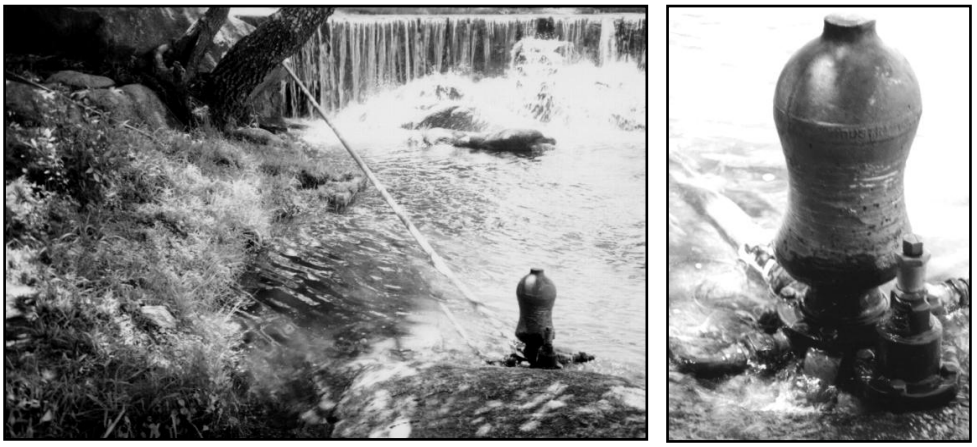


Figura 12-50.- a) Ariete hidráulico; el caño de alimentación toma el agua desde la parte superior del salto; el caño de descarga se ve subir por la margen derecha del arroyo (en la foto, a la izquierda; b) detalle del pulmón de hierro. Estancia La Ponderosa, Mina Clavero, provincia de Córdoba.

Puesta en funcionamiento: Para poner en funcionamiento un ariete, basta apretar hacia abajo la válvula de rebalse. Repitiendo varias veces esta operación, se iniciará la marcha del ariete, que luego continúa automáticamente.

La causa de no funcionar puede ser debido a que el recorrido de la válvula de rebalse no está ajustado según las características de la instalación. Modificando su recorrido se debe buscar el punto correcto, lo que se hace por las tuercas que tiene dicha válvula.

El ruido que produce este aparato al cerrarse las válvulas es el característico golpe de ariete.

Para regular la entrada de agua o detener el ariete conviene colocar en la cañería de alimentación adosado al ariete, una válvula de puerta con volante para cierre rápido.

Mantenimiento: se reduce a una limpieza periódica. Para facilitar las labores de limpieza es aconsejable ensamblar las partes mediante uniones desmontables.

Las principales partes que deben revisarse son: las válvulas, tuercas y tornillos que pueden aflojarse o destruirse producto de la corrosión, limpiar el filtro y regular las válvulas. En caso de romperse algún elemento, su sustitución es sencilla.

Batería de arietes: Los arietes pueden instalarse en baterías de dos o más cuando uno solo no tiene la capacidad requerida o cuando el suministro de agua varía durante el año. En este último caso, todos los arietes de la batería funcionan cuando hay abundancia de agua, pero durante los períodos de caudal limitado algunos arietes se ponen fuera de funcionamiento. Cada unidad debe contar con su propia tubería de alimentación, pero todas pueden descargar en una sola tubería de tamaño suficiente.

EJEMPLO DE CÁLCULO DE ARIETE HIDRÁULICO

Cálculo práctico de un pequeño ariete hidráulico colocado sobre un arroyito camino a Las Albahacas, prov. de Córdoba y construido en forma artesanal por sus propietarios, hoy en permanente funcionamiento:

Premisas

Salto: 1,20 m (desde superficie del agua a entrada al pulmón)

Caño alimentación: 11 m con 2"; 5 a 10 veces la altura del salto; con filtro y 40 cm por debajo de la superficie del agua y a unos 15 cm del lecho para evitar la entrada de arena.

Altura de carga: 8 m con caño de ¾"

Pulmón: cámara de aire igual al de la cañería de alimentación.

Producción: 120 a 240 litros por hora; promedio unos 4.000 litros por día.

Cálculos

Volumen caño alimentación:

2" = diámetro 5,08 cm; radio = 2,54 cm

Capacidad caño = 3,14 x 2,54 cm x 2,54 cm x 1100 cm = 22.283 cm^3 = 22,28 litros

Volumen cámara de aire del pulmón:

Debe ser semejante al del caño de alimentación.

Caño 4" = 4 x 2,54 = 10 cm de diámetro; 5 cm de radio.

Capacidad pulmón = 3,14 x 5 cm x 5 cm x 270 cm = 21.195 cm^3 = 21,20 litros

Por lo tanto, hará falta un caño de 4" de 2,70 metros de largo.

Elementos necesarios:

2,70 m de caño de 4"; 1 tapa de 4"; 1 T de 4 "; reducción 4" a ¾"; 8 m de caño ¾" (o más, según donde se lleve el agua); reducción de 4" a 2"; 1 válvula retención de 2"; 1 T de 2"; 11 m de caño 2" (alimentación); filtro amplio de 2"; 0,50 m de caño 2" (descarga); 1 curva 2"; 1 válvula retención 2" (descarga).

CUANDO EL ARIETE NO FUNCIONA BIEN

- Probar las válvulas; muchas veces entran impurezas.
  - Solución: instalar un filtro en el caño de alimentación.
- Controlar que las uniones estén bien selladas.
  - Solución: utilizar cinta selladora teflón o pintura.

- Controlar si no hay aire en el tubo de alimentación.
    - El ariete tiene que estar instalado mínimo medio metro debajo del nivel del tanque de depósito.
- Controlar si hay bastante aire en el pulmón.
    - Solución: purgar el pulmón.
- Controlar que el recorrido de la válvula de rebalse esté ajustado según las características de la instalación.
    - Solución: modificar el recorrido de la válvula hasta encontrar el punto correcto, lo que se controla con las tuercas que tiene dicha válvula.

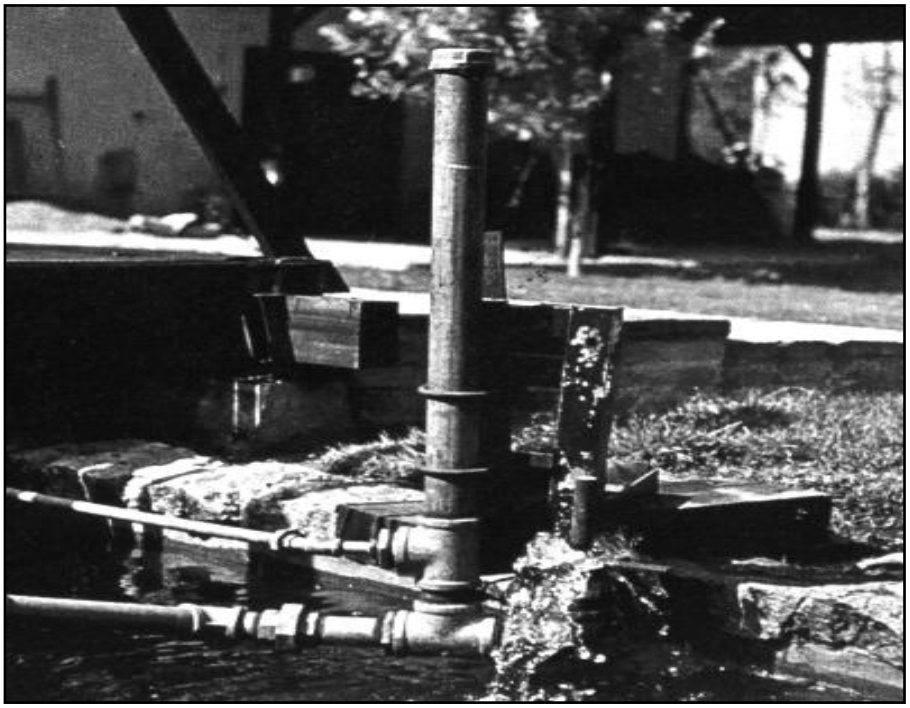


Figura 12-51.- Ariete hidráulico de fácil y simple construcción casera. El pulmón (vertical) está construido con caño, una tapa a rosca y una te de 4" y reducciones, todo de acero galvanizado; el caño horizontal inferior es el de alimentación y el horizontal superior el de descarga. La válvula de retención está entre las dos T. Observar a la derecha el agua que sale por la válvula de rebalse.

BOMBA DE AIRE COMPRIMIDO

La bomba de aire comprimido o bomba Mammut, si bien se la conoce como bomba, no opera por succión, sino que la elevación del agua se produce por la presión ejercida sobre la masa del líquido por una corriente de aire comprimido, la cual además hace disminuir el peso específico del agua al mezclarse con la misma, haciendo más fácil su ascenso.

El equipo está formado por dos caños concéntricos de distinto diámetro que se encuentran parcialmente sumergidos en la napa. Por el caño exterior llega el aire comprimido, el cual, al ejercer presión sobre la masa de agua, la aliviana al mezclarse con la misma y provoca su impulsión por el caño central. Es un principio semejante al de un sifón de soda. En algunos modelos de estas bombas, el movimiento del aire comprimido y del agua se produce por el caño interior y exterior respectivamente. El equipo compresor se coloca sobre la superficie del terreno, y tiene la ventaja que puede estar lejos de la perforación, llevándose a la misma el aire comprimido por mangueras o caños. Es muy útil en casos de aguas que arrastren muchos sedimentos que puedan dañar otro tipo de bombas.

El equipo compresor puede funcionar con un motor o con un molinillo de dos paletas de alta velocidad.

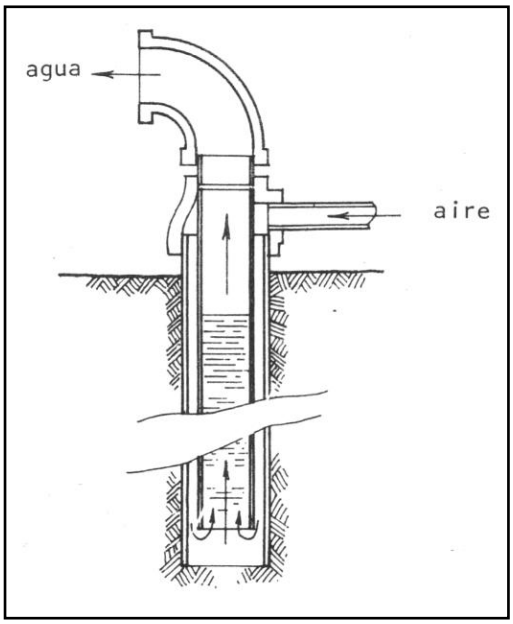


Figura 12-52.- Bomba de aire comprimido.

Para el buen funcionamiento de este mecanismo, los caños deben estar sumergidos en la napa por lo menos en un 60 % de su longitud total. Esto indica que este equipo requiere una napa de gran espesor y que su uso es posible sólo en napas a poca profundidad.

BOMBA DE EYECTOR, A CHORRO O DE INYECCIÓN

Este equipo de bombeo combina el trabajo de una centrífuga con la acción de un eyector para elevar agua desde grandes profundidades (hasta 110 m).

El eyector está formado por una boquilla y un tubo venturi (fig. 12-53).

La bomba centrífuga montada en la superficie, aspira agua de la napa y la impulsa hacia la zona del eyector, por un caño paralelo al de succión. Al pasar por la boquilla, el agua aumenta considerablemente su velocidad, y dicho aumento produce una reducción de la presión en la entrada del venturi. Se crea así un vacío parcial, que aspira agua de la napa a través del tubo de admisión del eyector. La bomba centrífuga recibe dicho flujo. El 50 % del mismo es enviado nuevamente al eyector por el caño de presión para continuar el ciclo, y el otro 50 % es lo aprovechado a través del caño de descarga.

Para el funcionamiento de esta bomba es necesaria la instalación del eyector 2 m por debajo del nivel dinámico o nivel de bombeo de la napa. Se debe asegurar la limpieza total del pozo o perforación, y cuidar que las uniones de las cañerías sean perfectamente herméticas.

Existen dos tipos de bomba de eyector:

- con eyector de doble caño, que se utilizan para perforaciones de 4 a 8 pulgadas de diámetro o para pozos.
- con eyector de un solo caño, para perforaciones de menor diámetro (3 - 4"), entubadas desde el nivel del terreno.

El rendimiento de estas bombas es muy bajo con respecto a las centrífugas, como puede observarse en los cuadros 12-11, 12-12 y 12-13, pero presentan las siguientes cualidades:

- simplicidad;
- su instalación se realiza desde la superficie del terreno;
- el eyector está diseñado sin ninguna pieza móvil, lo que evita desgastes y roturas difíciles de reparar a profundidad;
- todas las piezas móviles se encuentran sobre la superficie del terreno;
- permiten una elevación sobre el terreno de hasta 40 m;

- se adaptan a napas profundas de poco caudal;
- su precio de compra es relativamente bajo y su mantenimiento económico.

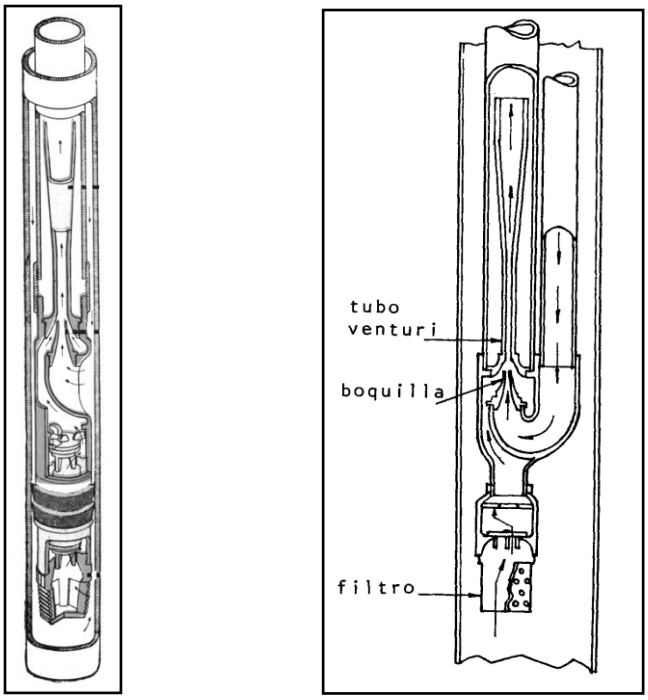


Figura 12-53 - Esquemas de eyectores de un caño y de dos caños.

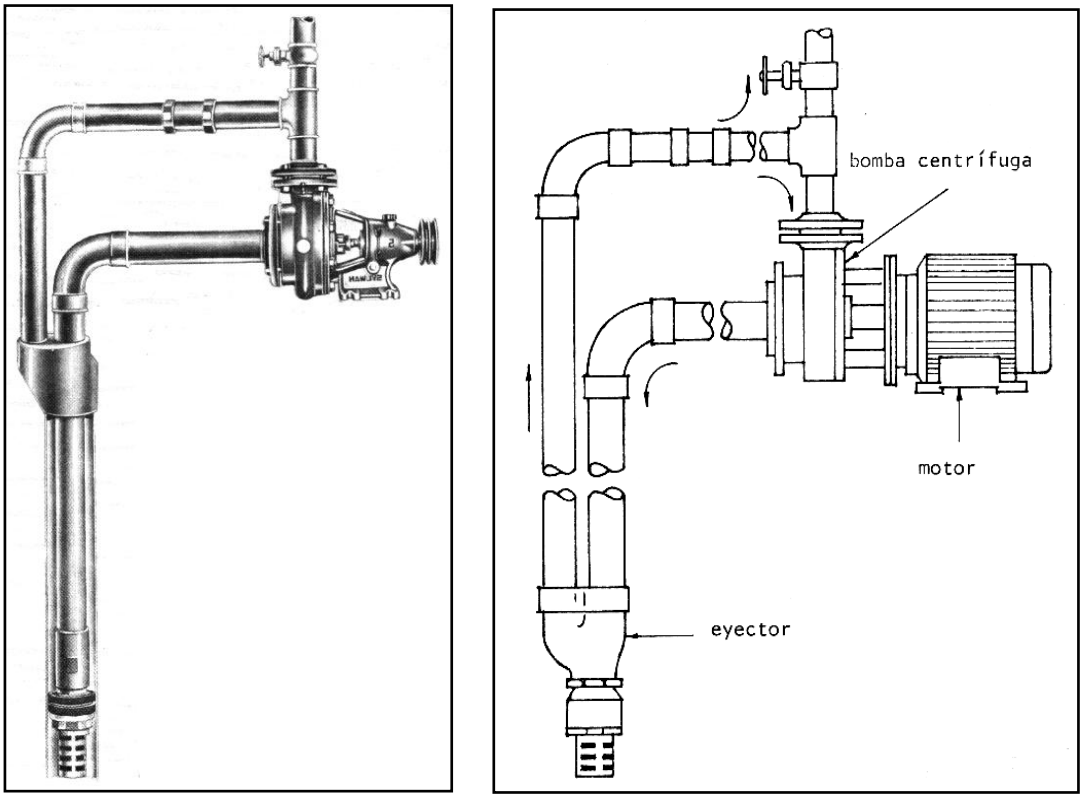


Figura 12-54.- Bombas de eyectores de un caño y de dos caños.

Tabla 12-11.- Rendimientos de algunas bombas de eyector con eyector de doble caño (l/h).

Potencia requerida HP	Diámetro perforación pulgadas	Diámetro caños al Eyector pulgadas	Profundidad de aspiración						Altura de elevación máxima
			10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	
0,5 - 1	4	1 ¼ - 1 ½	1.900	1.300	800				10
1,5	4	1 ¼ - 1 ½	3.900	3.400	2.100	1.600	1.100		15
2	4	1 ¼ - 1 ½	4.700	4.200	2.600	1.800	1.250		10
3	5	1 ½ - 2	6.000	5.000	3.600	2.700	1.800		15
3	6	2 – 2 ½	9.000	7.000	4.700	4.000	2.800		15
5,5	6	2 – 2 ½	3.500	9.500	7.000	5.500	4.000	2.500	20
7,5	6	2 – 2 ½	7.500	12.500	9.700	8.000	6.000	4.000	25
7,5	8	2 ½ - 3	23.000	17.500	13.500	9.800	7.700	6.000	25
12	8	2 ½ -3	31.500	22.000	16.500	13.500	11.000	8.800	35

Tabla 12-12.- Rendimientos de algunas bombas de eyector con eyector de un caño (l/h).

Potencia requerida HP	Diámetro perforación pulg.	Diámetro Caños eyector pulg.	Profundidad de aspiración											Altura de elevación máxima
			10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	45 m	50 m	55 m	60 m	
3	3	2	5100	4200	3000	2300	1500							15
5,5	3	2						2500	2000	1700	1600	1500	1400	35
7,5	3	2						3600	3200	2700	2400	2200	1800	40
3	4	2 ½	7500	6000	4000	3400	2300							15
5,5	4	2 ½	11500	8000	6000	4700	3400	2100						20
7,5	4	2 ½	14500	10000	8200	6800	5000	3400						25

Tabla 12-13.- Rendimientos de algunas bombas de eyector con eyector de doble caño; modelos para grandes profundidades.

Potencia Requerida HP	Diámetro perforación Pulg.	Diámetro caños al eyector Pulg.	Profundidad de aspiración												Altura de elevación máxima
			35 m	40 m	50 m	55 m	60 m	65 m	70 m	75 m	80 m	90 m	100 m	110 m	
3	4	1¼ - 1½						1000	900	800					35
4	4	1¼ - 1½			1600	1500									40
4	4	1¼ - 1½									1000	900	700	550	40
7,5	4	1¼ - 1½				2400	2000								35
5,5	5	1½ - 2	2500	2200	1900	1800	1700								35
7,5	5	1½ - 2	4000	2900	2600	2400	2200								35

MECANISMOS DE EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE AGUA POR CAPTACIÓN AÉREA

CAPTANIEBLAS, ATRAPANIEBLAS, COLECTORES DE BRUMAS O NIEBLÓMETROS

La obtención de agua a partir de la humedad del aire es una técnica antigua, pero solo recientemente se han efectuado estudios sistemáticos sobre el fenómeno que da origen a este tipo de neblinas y la forma de utilizarlas como fuente de agua para consumo humano, animal y regadío. Es un sistema alternativo de aplicabilidad en aquellas zonas con neblinas dinámicas o camanchacas, donde las fuentes convencionales de obtención de agua no pueden ser aplicadas a costos razonables. Puede ser una solución económicamente viable para abastecer lugares que carecen de otra forma de obtener agua para consumo.

Es aplicable en cordones montañosos cercanos a la costa que cierren valles interiores expuestos a alta radiación. Los captanieblas o atrapanieblas deben ubicarse en el frente donde llega la camanchaca y en portezuelos que canalizan la niebla hacia el valle posterior. Debe estar presente la inversión térmica sobre el océano, lo que se da principalmente en las costas del desierto de Atacama en Chile, Perú, Ecuador, Namibia, Australia occidental, islas Canarias y en el desierto del Néguev en Israel.

En Chile, el primer lugar habitable donde se instalaron atrapanieblas fue el pueblo Chungungo a 73 km al norte de la ciudad de La Serena.

La altura óptima de instalación de captanieblas está en la mitad superior de la capa de nubes estratiformes que llegan a la costa, es decir, por lo menos 200 metros, pues de lo contrario la neblina puede estar contaminada con sales del mar. Esto ha ocurrido en Perú, donde las neblinas son de muy baja altura.

Los rendimientos esperados de agua se sitúan entre los 2 y 25 litros/día/m^2 de captanieblas.

La geometría simple de los captanieblas en forma de panel o paño es adecuada cuando la camanchaca viene siempre de la misma dirección, pero pierde efectividad con velocidades de viento altas. Este tipo de captanieblas esta compuesto por una malla plana que se ubica en forma perpendicular a la dirección del viento predominante. Durante el proceso de captación del agua contenida en la nube, las gotitas que son atrapadas por la malla se agrupan allí hasta formar una gota de mayor tamaño que se desliza por gravedad hasta ser colectada por una canaleta de plástico dispuesta en el borde inferior del panel. La malla plástica que se emplea es la conocida como mediasombra, red de sombra o raschel, empleándose generalmente la malla 35 % de sombra en doble paño.



Figuras 12-55.- Batería de captanieblas en panel. Observar los postes, los tensores y la canaleta al pie del panel para recoger el agua capturada y derivarla a la cañería que lleva al depósito (Chile).



Figuras 12-56.- a) Captanieblas en Chile; b) y c) Otro tipo de captaniebla con mayor superficie (Islas Canarias).

El panel captador consiste en dos postes distanciados 12 metros, entre los cuales va la doble malla de 4 metros de altura. Puede organizarse en módulos simples de 48 m^2 o múltiples, sostenidas por postes comunes. El criterio para seleccionar el número y tipo de módulos será determinado por la topografía del terreno y la calidad de los materiales empleados.

Los captanieblas de geometría tridimensional favorecen la captación en cualquier dirección y recupera agua que de otra forma se perdería, pero tiene mayores costos por metro cuadrado de área de captación.

El agua obtenida por este sistema es casi pura, prácticamente destilada, lo que permite su mezcla con otras aguas para bajar la salinidad de las mismas y permitir su consumo.

Estos equipos no se limitan solamente a capturar niebla, sino que también funcionan con lluvia, rocío, hielo y nieve.

El mantenimiento es mínimo, limitándose a revisiones de la tensión del cableado y mallas e integridad de las canaletas y depósitos.

Se está experimentando un nuevo colector que consiste en un aspirador que hace pasar el aire por filtros de carbono capaces de retener las moléculas de agua. Por la mañana los filtros se calientan con energía solar para que el agua se evapore y unos condensadores vuelvan a licuarla.

"Molino colorado
remota rueda laboriosa en el viento
honor de nuestra casa, pues a las otras
iba el río bajo la campanita del aguatero".

Borges, Jorge Luís. Fluencia natural del tiempo.

CAPÍTULO XIII

MECANISMOS QUE TRANSMITEN ENERGÍA PARA EXTRAER, ELEVAR Y/O TRASLADAR AGUA

MOLINO

HISTORIA

Se lo conoce desde el año 634 de la Era Cristiana, a través de citas descubiertas en Persia. Llegó a Europa en el siglo XII, donde se lo utilizó con el doble propósito de extraer agua y moler cereales. En Argentina se cita la presencia de molinos de viento usados en la molienda de trigo a fines del siglo XVI.

Los molinos, en su origen, distaban mucho del diseño, la perfección y la eficiencia de trabajo logrados a través del mejoramiento constante que presentan los actuales.

Daniel Halladay, en EE.UU., desarrolló un mecanismo de autogobierno que se orienta según la dirección del viento, moviendo un conjunto de aspas múltiples inclinadas, comenzando la fabricación en 1854, con un gran éxito de ventas

Los primeros molinos modernos llegaron al país en 1880, importados de EE.UU. por el Sr. Miguel Nicolás Lanús, representante de la firma Corcorán. Estaban construidos totalmente en madera por la fábrica de Andrew Corcorán, de Nueva York, y habían sido premiados con medalla de Plata en la Exposición Universal de París, en 1878.

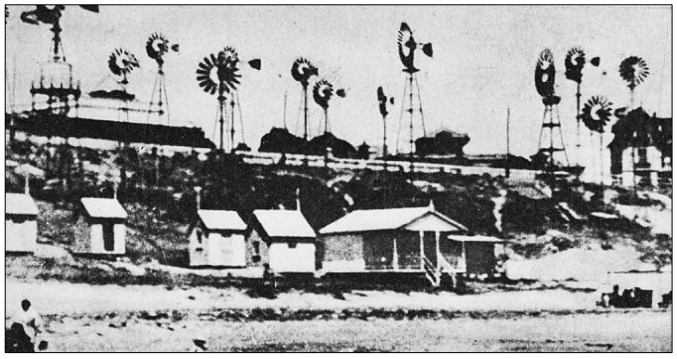
Lanús presentó el novedoso molino en la Exposición de la Sociedad Rural Argentina en Palermo, en 1881, y en 1894 compra la patente del Corcorán y comienza a construirlos en Buenos Aires.

La gran sequía que asoló la pradera pampeana a fines del siglo XIX, que llegó a secar completamente la laguna de Chascomús, fue una de las causas que motivó la rápida expansión de su uso. Esta proliferación se efectuó con el objeto de contar con fuentes seguras de agua, dada la poca confiabilidad de las aguadas naturales y el desastre económico que produjo la elevada mortandad de hacienda durante esa seca.

A fines del siglo XIX aparecen los modelos metálicos que reemplazan a los de madera y en 1901 aumenta la eficiencia del sistema por el agregado a la aguada del tanque australiano.

Al término de la Primera Guerra Mundial, se difundieron los molinos con baño de aceite y engranajes dobles. Este sistema juntamente con el amplio uso de los cojinetes a bolilla, fue la causa del gran perfeccionamiento y resistencia al desgaste que alcanzó esta máquina.

La Argentina ocupa el primer puesto de la estadística mundial tanto en fabricación como en usuaria y exportadora de esta máquina tan útil para la producción agropecuaria, poco exigente en mantenimiento, muy económica y de gran longevidad. Según el Censo Nacional Agropecuario del año 2002, había en la Argentina 350.000 molinos en funcionamiento y varias fábricas de los mismos.



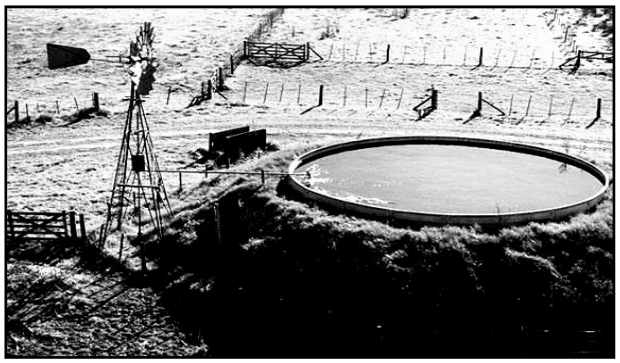


Figura 13-1.- Profusión de molinos en 1910 en Mar del Plata, para dar agua a chalets de La Loma, donde hoy corre la Avenida Colón. Figura 13-2.- Típica instalación en Argentina de molino y tanque australiano.

DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

El viento es una forma de manifestación de la energía solar. Al incidir los rayos solares sobre las distintas zonas de la corteza terrestre de forma diferente, algunas partes de la atmósfera se calientan más que otras; se produce una corriente de aire entre el caliente que tiende a ascender y el frío que ocupa su lugar. Pero la energía eólica es imprevisible e incontrolable y para su aprovechamiento se requieren máquinas que puedan soportar las embestidas del viento y las condiciones atmosféricas adversas.

El molino de viento o molino americano emplea como fuente de energía la del aire en movimiento, oponiendo una superficie en su corriente para desviarla y transformarla en movimiento de rotación, procurando aprovechar con máxima eficiencia su fuerza viva, para impulsar un cilindro, una bomba a diafragma u otro mecanismo apto.

Son rotores multipalas, que poseen entre 6 y 24 aspas. Esta configuración tiene un alto par de arranque y gira a bajas revoluciones por minuto, por lo que se clasifica como turbina lenta.

Únicamente la máquina, rueda y cola es considerada como molino propiamente dicho, mientras que la torre es un complemento para la instalación adecuada del molino.

El volumen de extracción de agua del molino depende del tamaño de la rueda, el que debe mantener una proporción respecto al tamaño del cilindro y de los caños, ya que si no se mantiene esta proporción entre los tres factores, se reduce el rendimiento o se aumenta inútilmente el costo de la máquina por utilizar medidas innecesariamente grandes. Una proporción es que el diámetro de la rueda, expresado en pies, equivale al número de pulgadas de la carrera.

La resistencia inicial que debe vencer el viento para que el molino funcione, es igual al peso de la columna de agua contenida en el cuerpo de la bomba y en la cañería de elevación, más el peso de la varilla de mando del émbolo y el peso de éste, más los rozamientos.

En la práctica se puede apreciar que aún con velocidades de viento menores a las teóricas, el molino inicia su trabajo de bombeo. Esto se debe a que:

- la columna de agua no mantiene la altura después de un período de reposo debido a las fugas que se pueden producir por las válvulas de retención, y del émbolo, cuyos cierres no son completamente herméticos.
- el esfuerzo vertical tiene un valor igual al peso total cuando la posición de la manivela es de 90º con respecto al movimiento ascendente, almacenando la rueda a partir del punto muerto inferior cierta cantidad de energía cinética.

Estos hechos permiten explicar la razón por la que la mayor parte de los molinos inicia su funcionamiento con velocidades de viento de 1,5 a 2 m/s.

La máquina se divide en las siguientes partes: rueda de eje horizontal, mecanismos de transmisión, de orientación, de cierre y reguladores de velocidad.

RUEDA DE EJE HORIZONTAL

La rueda está compuesta por aspas, que constituyen la superficie efectiva de captación de la energía del aire en movimiento. La proyección de la superficie efectiva toma la forma de una corona circular.

En la construcción de las ruedas aún se utilizan unidades inglesas para expresar los diámetros. Las dimensiones más comúnmente usadas son 8, 10 y 12 pies de diámetro exterior. También hay ruedas de 6, 14 y 16 pies que son más raramente empleadas. El diámetro interior de la corona circular es un tercio de la medida del diámetro exterior.

Hoy en día, la mayoría de las ruedas, en sus distintas medidas, están construidas con 6 aspas de tres palas cada una, haciendo un total de 18 palas. En el campo aún se ven molinos antiguos en funcionamiento, con mayor número de palas.

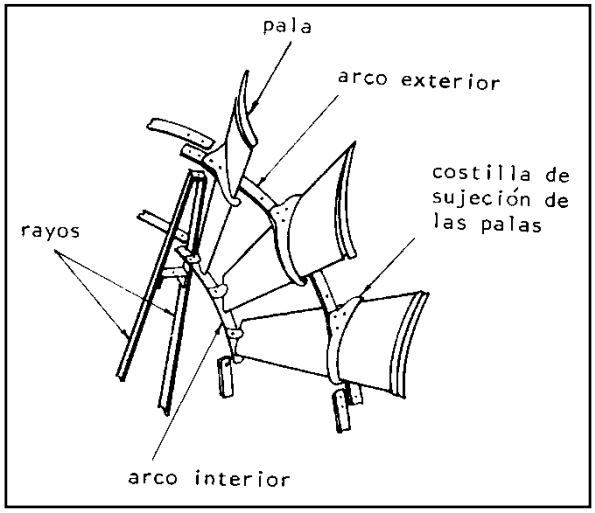


Figura 13-3- Aspa de tres palas.

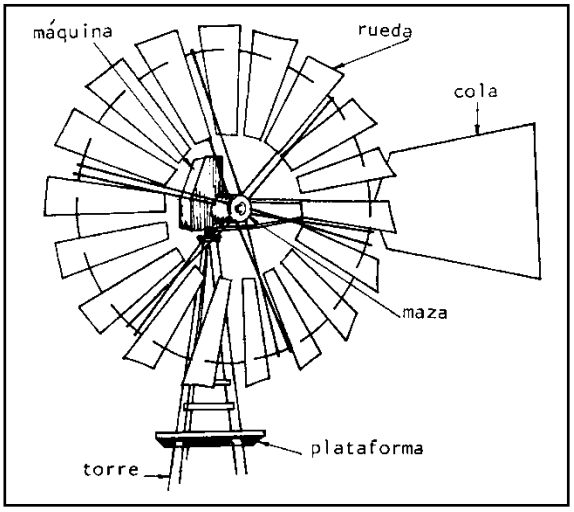


Figura 13-4.- Rueda de 6 aspas y 18 palas.



Figuras 13-5.- a) Molino antiguo de principios del siglo XX, a la izquierda, con gran cantidad de palas, ubicado sobre un tanque cilíndrico de depósito para la población, con mirador con reja artística. A la derecha, un molino actual; b) Detalle del molino antiguo. Estancia La Panchita, Paunero, Córdoba.

Las palas se construyen en chapa de forma trapezoide, con base menor de 14 cm, base mayor de 32 cm, una altura de 72 a 74 cm y un espesor de 1,3 mm para las ruedas de 8 pies. El material utilizado en su construcción es el acero dulce (chapa negra) y deben ser alabeadas y galvanizadas antes de ser montadas en las aspas.

Las bases menores de las palas se unen a un arco para formar el diámetro interno de la corona. Un segundo arco atraviesa las palas a una distancia de las bases que coincide con el centro de gravedad de las mismas.

La curvatura y el alabeo de las palas se mantienen invariables por medio de piezas de unión entre arcos y palas (costillas). La corona circular así formada se fija a la maza de la rueda por medio de 12 rayos, 2 por aspa, y en dos superficies cónicas para darle mayor estabilidad.

La maza de la rueda, denominada araña por sus prolongaciones donde se fijan los rayos, es de fundición, y por su buje pasa el eje mecánico solidario a ella, el que puede ir montado sobre cojinetes de metal antifricción, rodamientos o simplemente bujes.

El peso de toda la rueda armada para el molino de 8 pies es de unos 60 kg. Debe ser bien circular y centrada para obtener un movimiento suave.

Toda deformación de las aspas o de los rayos produce vibraciones que repercuten aflojando o gastando las piezas de la máquina. Armando previamente la rueda en tierra, antes de colocarla, se pueden observar estos defectos y solucionarlos.

Las deformaciones de la rueda son originadas por el viento, pero también se producen por choque con la torre cuando ésta no corresponde al tipo de molino y se halla demasiado cerca del extremo de las aspas. En este caso, se recortan con tijeras de hojalatero todas las bases mayores de las palas hasta lograr una distancia segura con respecto a la torre.

El choque con la torre también puede deberse al desgaste del montaje del eje de la rueda, lo que se agrava si hay excesivo juego lateral del cuello de la máquina. La rueda bien equilibrada no debe tener tendencia a detenerse en una posición determinada, lo que indicaría desequilibrios en su redondez, en la distribución de su peso, en el propio eje o en la maza.

Como regla general para todo molino, a menor número de aspas mayor será la velocidad de giro a igualdad de superficie de oposición al viento. Pero en el caso particular de los molinos para extracción de agua, se busca aumentar su fuerza a expensas de una reducción de la velocidad. Por ello presentan gran número de aspas.

A medida que aumenta el diámetro de la rueda, el par de arranque es mayor. Por lo tanto, a medida que aumenta esa magnitud, mayor será la velocidad del viento necesaria para poner en movimiento el molino.

En algunos molinos, la posición normal del eje no es la horizontal, sino que se halla más levantada del lado de la rueda. Esta posición es la considerada como la de mayor rendimiento por muchos técnicos.

En la rueda, como así también en otras partes de la máquina, las vibraciones pueden aflojar las tuercas de los bulones, por lo que conviene colocar arandelas Grower o de presión en los puntos débiles, sin elasticidad propia o con demasiado juego.

MECANISMO DE TRANSMISIÓN

El mecanismo de transmisión de la máquina de molino consiste básicamente en un sistema biela-manivela excéntrico, que transforma el movimiento de rotación de la rueda en un movimiento rectilíneo alternativo, que a través de la varilla acciona un cilindro de molino, produciendo la elevación mecánica del agua. Tiene, además, una función reductora del movimiento de rotación de la rueda.

Para evitar el desgaste anticipado del piñón y rueda dentada, se dispone de un par de ellos paralelo, que permite, además, el doble empotramiento del muñón de la manivela. La relación de movimiento 3:1 entre piñón y rueda dentada tiene como fin reducir el movimiento de rotación de la rueda del molino.

Esta desmultiplicación hace que para cada carrera completa de bombeo sean necesarios tres giros de la rueda del molino. Las ruedas dentadas son de fundición y los piñones de acero para evitar el mayor desgaste a que están expuestos estos últimos. El eje de la rueda del molino, que es común al de los piñones, apoya sobre dos rodamientos o bujes.

En algunos molinos se colocan otros dos rodamientos para el eje de las ruedas dentadas, pero por lo general, estos últimos se sustituyen por cojinetes antifricción.

El mecanismo biela-manivela es excéntrico, no coincidiendo la trayectoria de la cruceta con el centro de rotación de la manivela. La biela articula en un extremo con el muñón de la manivela por medio de un cojinete antifricción y en el otro con la cruceta. Para una excentricidad de 6 cm, la longitud de la biela es de 28 cm.

Hay máquinas que traen dos posibilidades de carrera del pistón del cilindro. Esto se produce ya que la unión biela-rueda dentada puede hacerse en dos lugares, uno en la periferia y otro más hacia el centro de la

rueda dentada, lográndose carreras más largas o cortas respectivamente. La carrera menor produce menor aspiración y elevación de agua, pero con menos viento el molino trabaja.

El conjunto de piezas del mecanismo de transmisión y transformación de movimiento, se encierra en una caja o carter de fundición con el objeto de mantener las piezas en un baño de aceite, con sus respectivos retenes que evitan las fugas del lubricante. La parte superior está protegida por una cubierta de chapa galvanizada que evita la entrada de lluvia, polvo, insectos, etcétera. El carter apoya sobre un cojinete axial, el cual contiene un eje pivotante hueco por donde pasa la varilla que va hasta el émbolo de la bomba.

Todo el sistema de transmisión descrito puede girar sobre el eje vertical de acuerdo a la orientación del viento. El giro se efectúa sobre un eje axial (crapodina), una arandela de roce o sobre bolillas de gran tamaño, en número de 4 generalmente, separadas por una jaula.

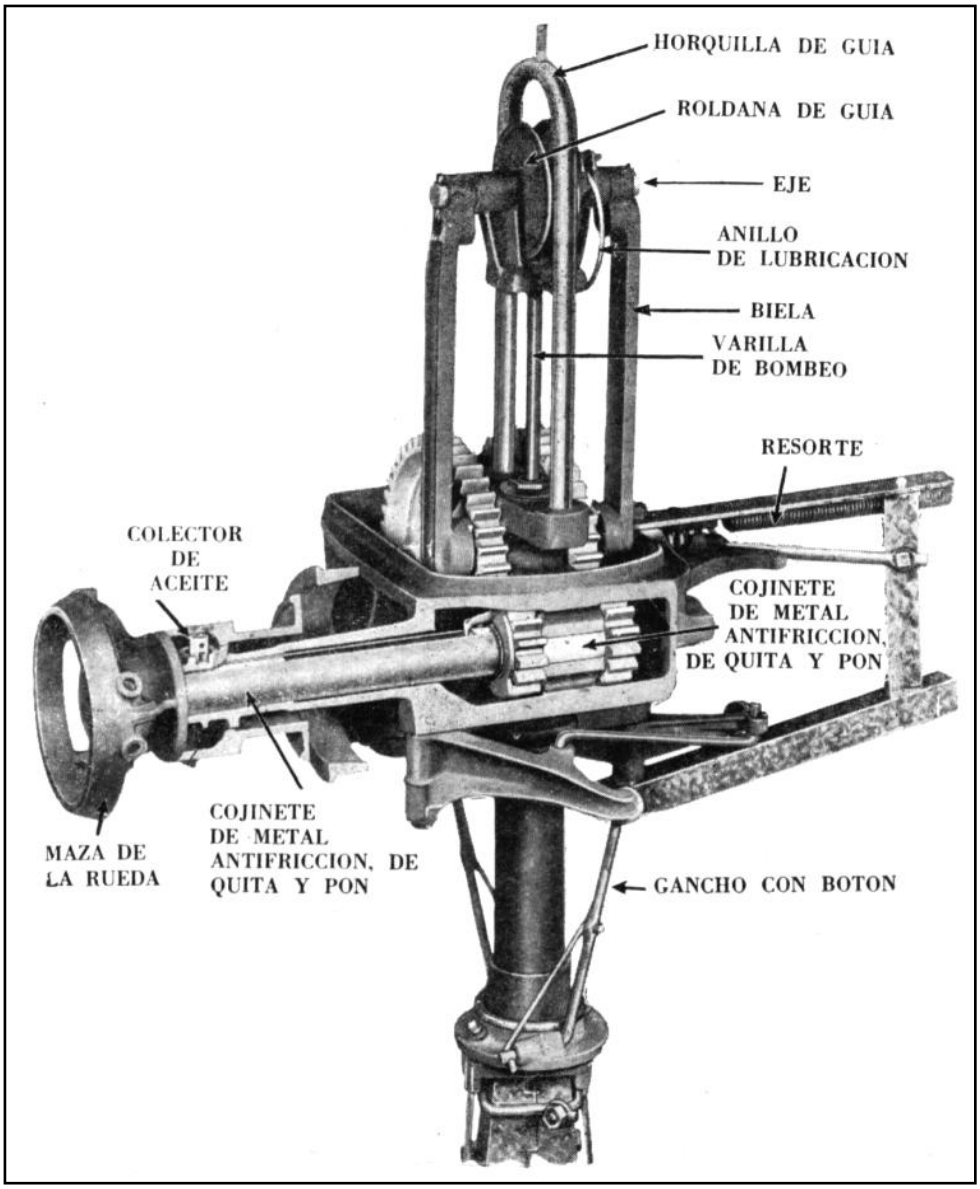


Figura 13-6 - Mecanismo de transmisión de la máquina de molino.

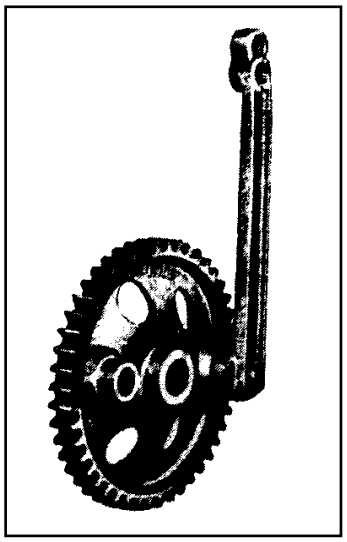


Figura 13-7.- Unión biela-rueda dentada

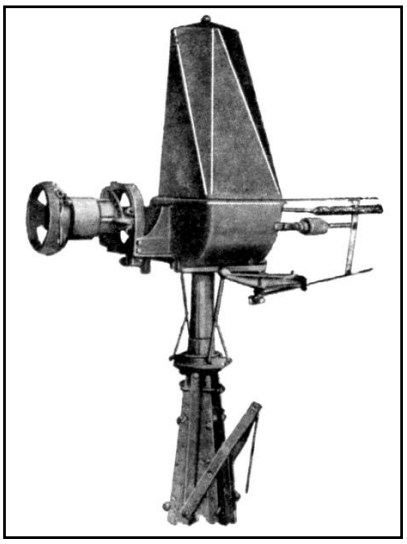
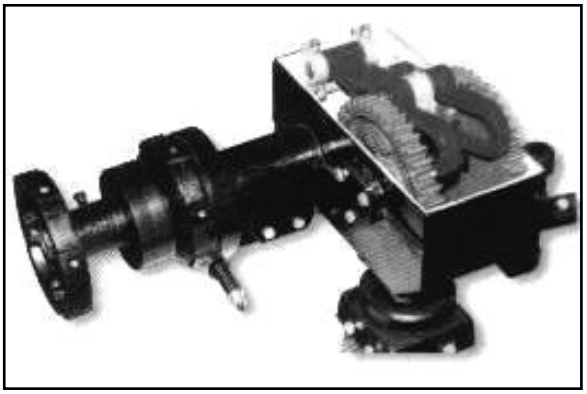


Figura 13-8.- Motor del molino armado





Figuras 13-9.- a) Otro tipo de transmisión de una máquina de molino; b) Ese tipo de motor de molino armado.

MECANISMOS DE ORIENTACIÓN Y CIERRE

La veleta o cola del molino es el órgano de orientación que permite colocar la rueda en posición perpendicular a la dirección del viento en forma automática al variar su dirección. Está compuesta por una lámina trapezoide, colocada en un plano vertical y perpendicular a la rueda del molino. La lámina de la veleta tiene su base mayor externa a suficiente distancia del eje pivotante como para tener todo el sistema una sensibilidad rápida a los cambios del viento.

El molino, en posición de trabajo, mantiene el plano de la rueda perpendicular a la cola. La misma está unida por medio de un eje vertical al sistema principal de los mecanismos, pudiendo girar 90º y colocarse paralela al plano de la rueda. En esta posición, el molino está cerrado y la rueda se detiene porque el viento la toma paralelamente.

El cierre del molino se logra a través de un freno de collar aplicado al eje principal, accionado por un alambre o tensor desde el pie de la torre, que también vence la resistencia del resorte que mantiene la perpendicularidad de la cola con la rueda.

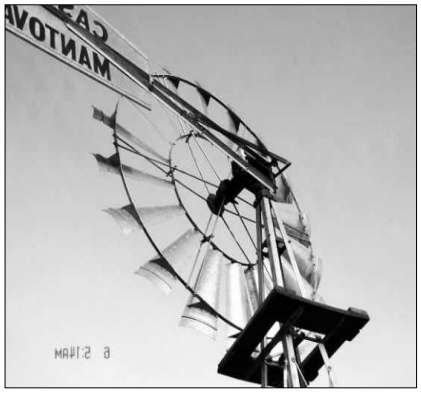


Fig. 13-10.- Molino cerrado. La cola está paralela a la rueda.

Los frenos de la rueda son de plancha de acero con cinta de fibra, o de palancas o topes. El freno actúa automáticamente al cerrarse el molino con la palanca de cierre de la cola. Si funciona bien ajustado ahorra muchas sacudidas, roces y vibraciones a la máquina y rueda cuando soportan vientos fuertes.

También es importante por la supresión de los ruidos nocturnos cerca de la casa y la inmovilización de la rueda para efectuar las reparaciones con comodidad y seguridad.

El sistema de accionamiento del cierre puede ser de varios tipos. En unos la cadena penetra en el cuello por debajo de la máquina; en otros penetra en la misma máquina, y también los hay totalmente externos que actúan en el cuello de la máquina por un juego de palancas y aros.

Las piezas giratorias del cierre deben estar bien lubricadas y centradas. De lo contrario, dificultan el giro rápido de la máquina, pues el cable de cierre se enrolla en la varilla de bombeo y el molino no puede defenderse de los vientos fuertes o remolinos. Igual sucede en los casos en que debido al corte del alambre por el cual se acciona el freno desde la base de la torre, por defectos del cierre, de la excentricidad de la rueda o de la dureza del cojinete del cuello, la rueda gira sin plegarse la cola. En estos casos, para evitar que vientos fuertes dañen el molino, se debe plegar la cola, calzar un palo en la rueda y atar cola y rueda con una soga con dos ganchos de fácil colocación, hasta tanto se repare el freno.

REGULADORES DE VELOCIDAD

Es necesario limitar el máximo de velocidad de rotación de la rueda. La experiencia aconseja no exceder de 30 movimientos alternativos del cilindro por minuto. Como hemos considerado anteriormente una relación de movimiento 3:1 entre pistón y rueda dentada, el número de vueltas de la rueda del molino será:

$$\text{nº de vueltas de la rueda del molino} = \frac{30 \text{ movimientos/minuto}}{0.33} = 90 \text{ rpm}$$

Tabla 13-1.- Velocidades del viento

Tipo	Velocidad	
Calma	0 a 2 m/seg.	
Brisa	2 a 5 m/seg.	
Moderado	4 a 8 m/seg.	
Fuerte	8 a 16 m/seg	Entre 8 y 12 m/seg se produce el cierre automático del molino.
Violento	16 a 25 m/seg.	
Huracanado	+ de 25 m/seg.	

Existen dos formas de regulación para limitar la velocidad máxima de la rueda con el fin de que el molino trabaje a media rienda. Una forma de regulación se produce si el plano de la cola, en la posición normal de trabajo, divide el plano de la rueda en dos superficies diferentes dejando una excentricidad hacia una de las partes (fig. 13-11).

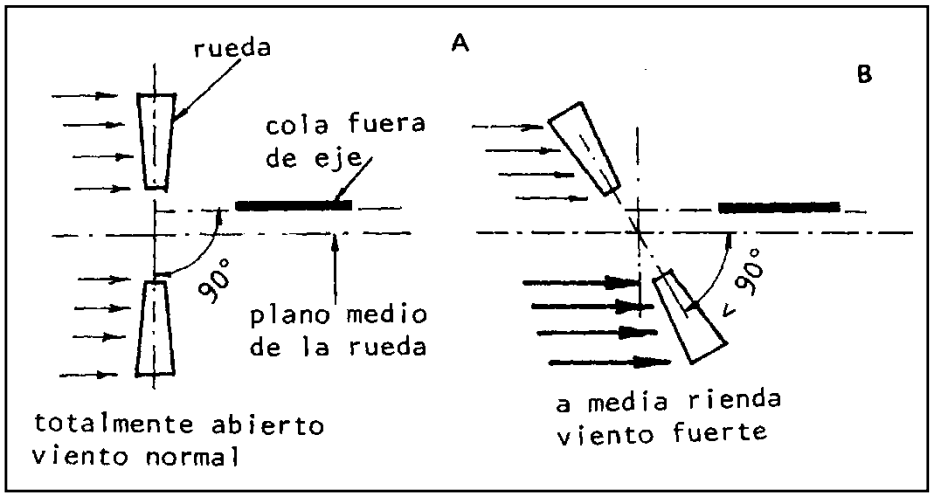
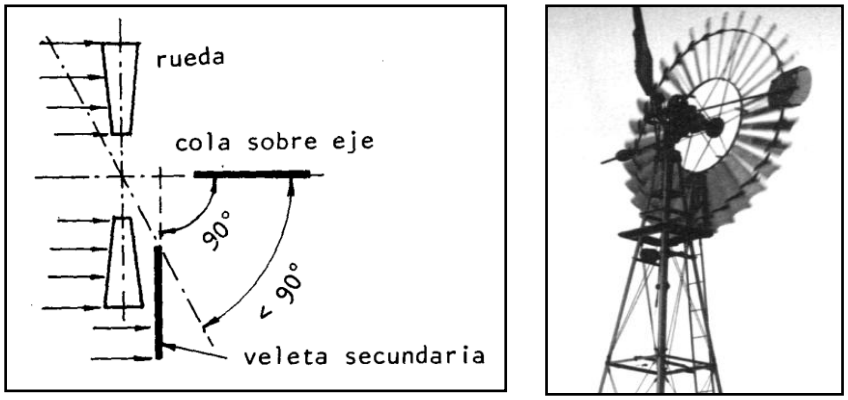


Figura 13-11.- Regulador de velocidad de rueda excéntrica.

Debido a la excentricidad, las superficies de cada una de las partes captan distinta energía del viento. Como consecuencia, a medida que se incrementa la diferencia por mayor velocidad del viento, tenderá a disminuir el valor del ángulo recto que forma la rueda y la cola. De esta forma, la superficie total de la rueda, al quedar en posición oblicua respecto a la dirección del viento, opone una superficie menor y la velocidad de giro se reduce. Para que esto se cumpla, la tensión del resorte que mantiene la cola en posición normal, se debe regular por medio de un tensor graduable o bien engancharlo en la cola en orificios de distancias variables, con el fin de que el plegamiento de la cola sea más o menos sensible a la velocidad del viento.

Otra forma de regulación se puede conseguir adicionando una veleta secundaria en un plano vertical y paralelo a la rueda (fig. 13-9).



Figuras 13-12.- Regulador de velocidad de veleta secundaria o céntrico. a) Esquema; b) foto de un molino antiguo; ver veleta secundaria y número de palas.

En este caso, la diferencia de energía del viento captado corresponde a la presión que actúa sobre el plano de la veleta secundaria. Esta regulación se emplea para molinos que por razones de construcción y de equilibrio, tienen el eje geométrico de su rueda en el plano de la veleta, denominándose sistema céntrico.

VARILLA DE BOMBEO

La varilla de bombeo que transmite el movimiento desde la máquina hasta el pistón del cilindro se compone de dos partes: la parte superior de madera (pinotea), de sección rectangular, y la inferior, de tramos de hierro redondo galvanizado.

El tramo inferior de la varilla de hierro que se enrosca en el pistón del cilindro es corto y sobrepasa un poco la tapa superior del mismo cuando el pistón está en su punto muerto inferior. Los otros tramos, unidos al anterior y entre sí por cuplas, son más largos y forman el resto de la varilla metálica. El objeto de la división en tramos es que como los inferiores se desgastan más fácilmente por rozamientos con el caño de elevación, puedan ser cambiados con menor trabajo.

Cuando la distancia del pistón al caño horizontal de salida, o sea la altura de elevación del agua, no pasa de 30 metros, pueden utilizarse las siguientes secciones para las varillas de madera y de hierro:

Cilindro de 4".....madera de 1 ¼ x 1 ½ ".....hierro de ½"
Cilindro de 5".....madera de 1 ½ x 1 ½ ".....hierro de ½"
Cilindro de 6".....madera de 1 ¾ x 1 ½ ".....hierro de 5/8"

Frecuentemente se desgasta la rosca del pistón donde va unido el tramo inferior de la varilla de hierro. Cuando así sucede, se pasa el macho para roscar de la medida inmediatamente superior y se enrosca un tramo nuevo de diámetro correspondiente a dicha rosca, uniéndose al resto de la varilla por medio de una cupla adecuada.

La varilla de madera pasa por una guía, la cual tiene por finalidad obligarla a desplazarse siempre en el mismo plano vertical, aunque cambie la dirección del viento. De esta forma, no hay posibilidad de que se aflojen las uniones roscadas.

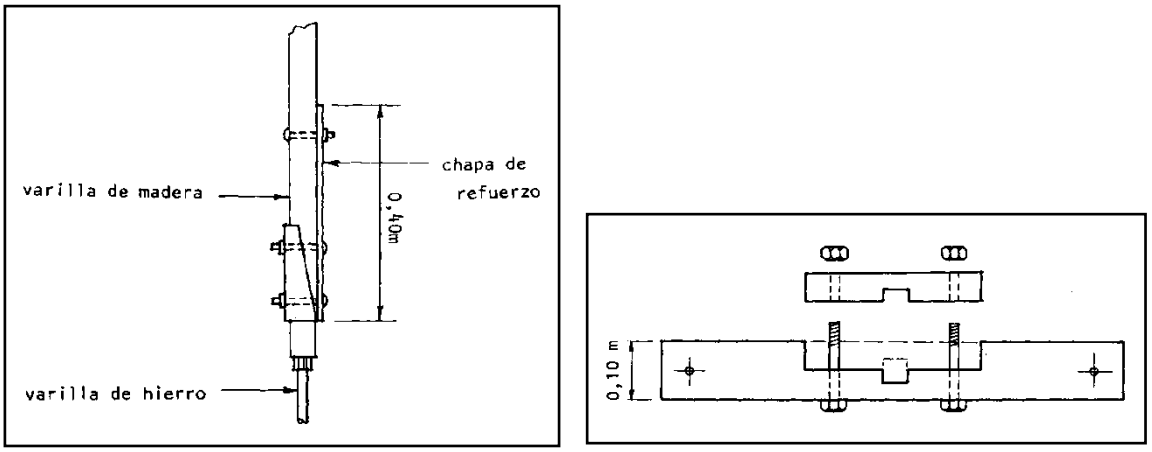
La guía para la varilla conviene que sea desarmable en dos partes unidas por dos bulones.

La guía se puede construir de madera dura de 1 1/2" ó 2" de espesor, asegurada en los travesaños de la torre. A la parte de la varilla de madera que roza contra la guía conviene colocarle una chapa de hierro galvanizado en dos de sus costados para impedir que se redondee por el roce.

El acoplamiento entre la varilla de hierro giratoria y la varilla de madera se efectúa generalmente con una pieza metálica unida con dos bulones a la varilla de madera. Dichos bulones, debido a los bruscos golpes producidos por ráfagas de viento, pueden terminar por cortar y arrancar una parte de la varilla de madera, por lo cual conviene reforzar esa unión con una chapa de hierro galvanizado Nº 12 ó 14 de unos 40 cm de largo, unida con un tercer bulón a la varilla de madera.

La varilla de hierro va por dentro del caño de elevación del agua hasta su enrosque en el pistón del cilindro. El caño se eleva verticalmente hasta una altura mínima de 1 m por sobre el caño de descarga.

Para grandes profundidades se emplea varilla de acero tipo petrolero.



Figuras 13-13.- a) Acoplamiento entre varilla de hierro y de madera. b) Guía para varilla de madera.

CAÑO DE ELEVACIÓN Y DESCARGA

El caño de elevación es el de hierro galvanizado que va desde la parte superior del cilindro hasta pocos centímetros de la parte de madera de la varilla de bombeo. Debe estar bien aplomado, vertical, de manera que la varilla de hierro interna no lo roce y desgaste, y muy firme en esa posición, para lo cual se lo sujeta en los travesaños de madera dura que sean necesarios cruzar en el interior del pozo o antepozo.

El caño de descarga puede desprenderse del caño de elevación mediante una T en cualquier parte de su recorrido, como ser a la altura del borde superior del tanque australiano, una de las posiciones más comunes, o a varios centímetros de la superficie del suelo, si entre el molino y el depósito deben circular animales o si el depósito está bajo nivel del suelo.

VARILLA DE BOMBEO EXTERIOR AL CAÑO

Cuando se trabaja en grandes profundidades, el roce de la varilla en el interior del caño de impulsión la desgasta, terminando por cortarla, y también desgasta al caño, que se perfora. Por tratarse justamente de grandes profundidades, el costo de reposición de estos elementos y de mano de obra es elevado, por lo que se emplea el sistema de llevar la varilla exteriormente al caño. En estos casos, la varilla va por el centro del pozo y el caño se desplaza un poco a su costado, empleándose el cilindro de varilla exterior que se estudió en el capítulo anterior. En esta forma, el desgaste se anula, y si es necesario cambiar algún tramo de varilla, se hace fácilmente.

CONTRAPESOS DE LA VARILLA DE BOMBEO

El peso del agua dentro del caño de elevación es uno de los elementos que debe vencer el molino para trabajar. Su importancia e influencia en el funcionamiento del molino se ve en la siguiente tabla:

Tabla 13-2.- Peso del agua por metro de caño

Ø en mm	25	40	50	65	80	100	125	150
Ø en pulgadas	1	1 ½	2	2 ½	3	4	5	6
Peso del agua en kg por m de caño	0,5	1,3	2	3,3	5	8	12	18

Cuando se trabaja en grandes profundidades, es necesario colocar contrapesos a la varilla de bombeo, de manera de vencer el peso de la misma, de la columna de agua, del émbolo y la resistencia inercial de todo el mecanismo para que el molino pueda trabajar con velocidades normales de viento (fig. 13-14).

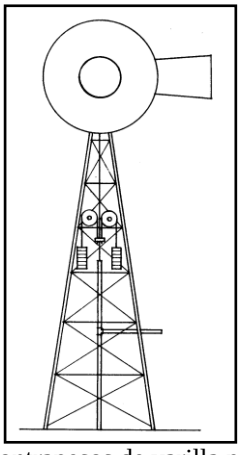


Figura 13-14- Un tipo de contrapesos de varilla para grandes profundidades.

También se puede compensar esta resistencia con un resorte que tienda a levantar la varilla cuando la misma llega a la parte inferior del recorrido. Se trata de un resorte cilíndrico fuerte, capaz de alargarse unos 20 cm. Se lo puede ubicar en la parte superior de la torre, próximo a la salida de la varilla del caño de subida del agua. Si la varilla es exterior al caño, la colocación del resorte es más fácil, ya que puede aprovecharse algunas de las uniones de la varilla para su enganche.

REPUESTOS

En el caso de molinos muy antiguos, las fábricas de los mismos han desaparecido, por lo que es muy difícil encontrar repuestos, y es necesario hacerlos en forma artesanal. Por eso, en el caso de este tipo de molinos, los propietarios deberán evaluar el costo de su mantenimiento con respecto a la renovación del equipo, especialmente la máquina.

En general, los molinos son muy resistentes al desgaste y la necesidad de repuestos es reducida. Sin embargo, como toda máquina necesita mantenimiento y cambio de piezas. Los repuestos más requeridos son engranajes, piñones, bielas y cojinetes.

TORRE

Las torres se construyen de diversos materiales, como ser hierro acerado de perfil ángulo, hierro común, de caño u hormigón armado. Las vigas de madera y los troncos son también soluciones baratas y duraderas si han sido bien realizadas y conservadas periódicamente con pintura.

Se considera parte de la torre la plataforma de madera existente en su parte superior, que se emplea para trabajar en la máquina, y la escalera que lleva a ella.

La torre tiene forma de una pirámide de base cuadrangular, en cuyo vértice se inserta la máquina. Su construcción más común es con perfiles ángulos para formar las aristas de la pirámide. La altura se mide en pies y varía desde 10 hasta más de 60 pies. La estructura se divide en troncos de pirámide, en cada uno de los cuales se disponen travesaños horizontales, también de perfiles ángulos, que unen las aristas, y cada trapecio lateral resultante se cruza por medio de dos tensores de sección circular.

Las torres metálicas pueden ser simples o reforzadas, y de tipos de base angosta (la más común) o de base ancha, desde 3 a 7 m. Las de base angosta tienen una relación entre base y altura de la torre de 1:5. Las de base ancha se denominan tipo Ranch, y se instalan donde los pozos son de mayor diámetro que los comunes. Tienen la ventaja de poseer mayor estabilidad.



Figura 13-15.- Torre tipo Ranch.

Algunas torres están construidas de modo que pueden ser armadas en su sitio definitivo, y en este caso, la distancia entre los travesaños debe ser aproximadamente de dos metros, para que los operarios puedan trabajar cómodamente.

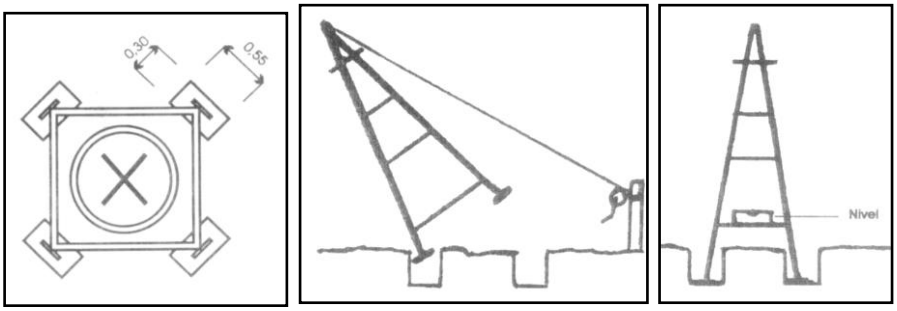
La torre debe estar muy bien nivelada. La nivelación se debe efectuar con niveles, nunca a ojo. Esto es muy importante porque un desnivel de solo 5 mm en la base puede transformarse en 25 cm o más en su vértice, de acuerdo a la altura de la torre, lo que afecta el correcto funcionamiento del molino.

Las torres pequeñas o reforzadas pueden armarse en el suelo, y aún con rueda, máquina y cola ya instaladas, se levantan hasta la posición vertical mediante el empleo de caballetes y aparejos.

Las patas de la torre terminan en un pie que se fija con bulones a tablas de madera dura de 5 x 15 cm y un metro de largo. Estas cuatro tablas impiden hundimientos y desplazamientos laterales. Se deben enterrar en cuatro pozos de forma que sobre la superficie del suelo queden libres unos 10 cm para calzar la torre.

Otro método consiste en embutir las patas en bloques de hormigón con un cimiento de base más amplia (50 x 50 cm).

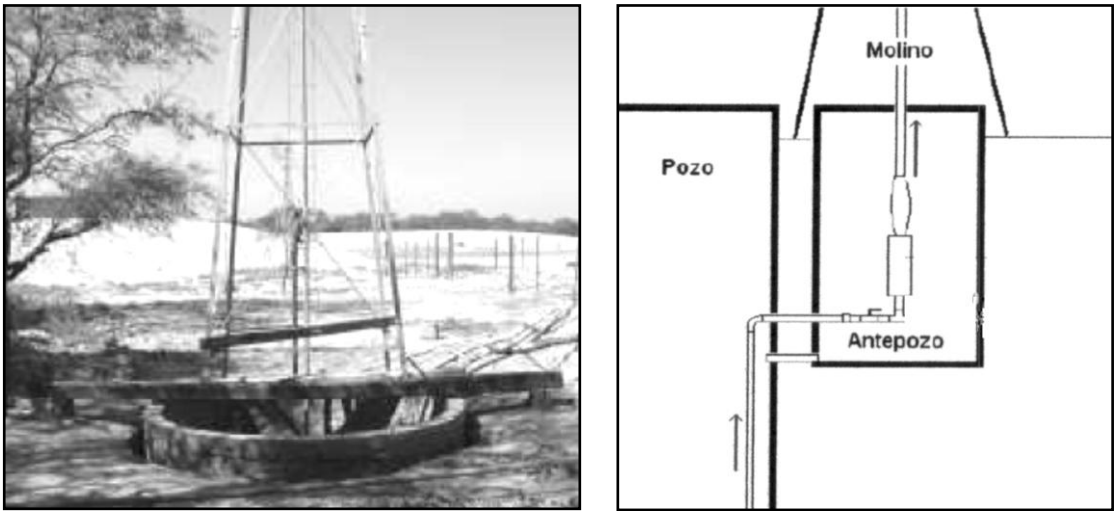
La equidistancia de las patas al centro del pozo se fija provisoriamente, sin apisonar la tierra o cementar para permitir corregir la posición. El cuadrado que forma la base debe estar bien escuadrado. Las torres deben tener un buen anclaje para evitar el vuelco ante grandes intensidades de viento.



Figuras 13-16.- a) Pozos para las patas de la torre; b) parada de la torre; c) nivelado de la torre.

En pozos de gran diámetro que superan a la separación de las patas del molino, se pueden instalar dos de ellas en una viga gruesa de madera dura (quebracho colorado) que cruce el pozo y se afirme en dos postes verticales enterrados a los costados del brocal.

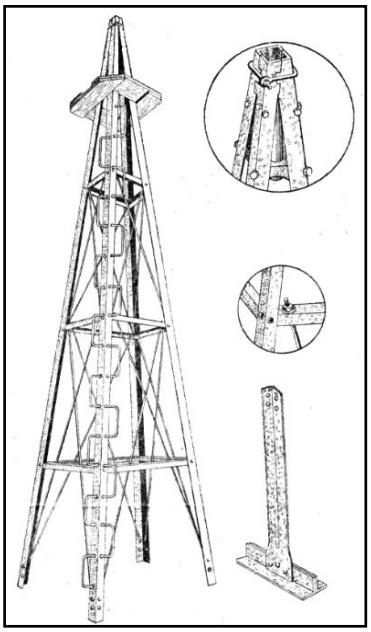
Otra solución cuando tenemos un pozo de diámetro superior a la base del molino o un jagüel, es construir un antepozo muy cercano, lo suficientemente profundo para instalar en él el cilindro. Por debajo del cilindro, el caño chupador se horizontaliza hasta el pozo de gran diámetro, donde se vuelve a verticalizar terminando en la napa.



Figuras 13-17.- a) Pozo de diámetro superior a la separación de las patas del molino. Dos de las mismas están fijadas a una viga de quebracho colorado que cruza la boca del pozo y está afirmada en postes enterrados a cierta distancia del brocal; b) Pozo de gran diámetro o un jagüel y antepozo donde se coloca la torre y el molino

A cada torre, especialmente a las altas, es conveniente colocarles un sistema de cuatro riendas de cable o alambre acerado doble, fijadas por debajo de la plataforma de madera y en postes enterrados a 1,50 metros.

La distancia de los postes al molino debe ser igual a la altura de amarre. El ajuste de las riendas se hace por medio de torniquetes.



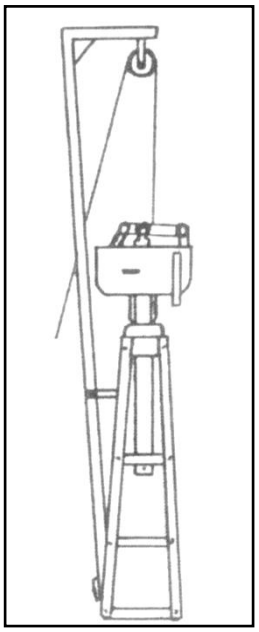


Figura 13-18.- Torre y detalles de la misma: punta de torre con abrazadera de seguridad, riendas ajustables, patas de profundidad. Figura 13-19.- Guinche transitorio adosado a la torre paras subir maquina, cola y rueda.

El alto de la torre es función de la búsqueda del accionar del viento. No debe existir obstáculo que frene la acción del viento en un radio de 120-200 m alrededor del molino. Si lo hubiera, la torre deberá superar por lo menos en 5 metros la altura del obstáculo. Esa mayor altura influye muy poco en el esfuerzo requerido por el molino para extraer el agua.

Las alturas más comunes de torres que se fabrican comercialmente, son las siguientes: 10, 11, 15, 20, 21, 25, 27, 30, 33, 40, 50 y 60 pies. Esto no significa que no se puedan construir de medidas intermedias o de mayor altura.

La máquina, rueda y cola, si no se armaron en el suelo antes de parar la torre, se suben a su posición final con un guinche que se adosa provisoriamente a la parte alta de la torre.

Las torres que se utilizan para algunas medidas de ruedas son las siguientes:

Para ruedas de:	6, 8 y 10	pies, torres de hasta 21 pies.
	12	pies, torres de más de 21 pies.
	14 y 16	pies, torres de más de 25 pies.

Un molino de rueda de diámetro chico colocado sobre una torre alta, es más conveniente que uno de rueda grande colocado sobre una torre baja.

Si el molino, además de abastecer de agua al ganado, deberá hacerlo a una población, se colocará una torre reforzada apropiada para sostener un depósito a la altura óptima para obtener la presión necesaria del agua en las cañerías de las casas. Las torres existentes pueden reforzarse mediante travesaños para este fin. Se deberá tener la precaución de reforzar también las bases de las torres con hormigón.

Los tanques de depósito son generalmente de chapas lisas de cinc galvanizado y de forma cónica truncada, para que puedan entrar en el espacio interno de la torre (fig. 14-83). Los de otra forma (cuadrados, piramidales truncados, etc.) que tienen aristas hacen más resistencia al viento, por lo que no son aconsejables.

Su capacidad varía, generalmente, entre los 1.000 y 10.000 litros, siendo los más comunes de 2 y 3.000 litros. El agua que extrae el caño de elevación cae en el depósito elevado, y cuando éste se llena, por un caño de desborde, va al tanque australiano.



Figura 13-20.- Un error muy decorativo que puede traer problemas: una enredadera cubre la torre del molino, haciendo gran resistencia a los vientos fuertes que pueden llegar a voltear la torre.

PARARRAYOS EN LA TORRE

Está calculado que un pararrayos protege adecuadamente lo que se encuentra a su alrededor en un ángulo de 45º tomados desde el extremo superior del mismo. Por lo tanto, un molino cerca de una población puede ser de utilidad para proteger de los rayos, ya que por ser generalmente el elemento de mayor altura en el lugar, los atraerá. Para prepararlo para que cumpla más eficazmente la función de pararrayos, se debe colocar en una de sus patas una varilla de cobre de 5 mm de diámetro, ya sea soldada o atada muy fuertemente con varias vueltas de alambre de cobre desnudo. Esta varilla se debe enterrar por lo menos 1,5 m, atada o soldada a una plancha de cobre de 30 x 30 cm enterrada en una zona que debe estar siempre húmeda.

CAUDALES APROXIMADOS Y DIÁMETROS DE CAÑOS, CILINDRO Y VARILLA EN MOLINOS

La tabla 13-3 suministra los datos de caudales aproximados de distintos molinos, en relación al diámetro de la rueda y la altura de elevación.

Se entiende por altura de elevación la distancia vertical en metros existente entre el nivel dinámico de bombeo de la napa y el punto de salida del caño de descarga.

Los caudales están dados en litros/hora calculados con vientos de 20 km y las cantidades indicadas en las columnas de cilindro, caño y varilla son los diámetros de los mismos expresados en pulgadas.

Tabla 13-3.- Caudales aproximados y diámetros de caños, cilindro y varilla en molinos

	Rueda de 6 pies				Rueda de 8 pies				Rueda de 10 pies			
Altura de elevación m	Cilindro pulg.	Caño pulg.	Varilla pulg.	Caudal l/h	Cilindro pulg.	Caño pulg.	Varilla pulg.	Caudal l/h	Cilindro pulg.	Caño pulg.	Varilla pulg.	Caudal l/h
5	3 ¼	1 1/2	1/2	1200	5	2 1/2	1/2	4000	6	3	5/8	6000
10	3	1 1/2	1/2	800	4	2	1/2	2600	5	2 1/2	5/8	4200
15	2 1/2	1 1/4	1/2	500	3 1/2	1 1/2	1/2	1700	4	2	1/2	2600
20					3	1 1/2	3/8	1400	3 1/2	2	1/2	1900
30					2 3/4	1 1/4	3/8	1200	3 1/4	1 1/2	3/8	1700
40					2 1/2	1 1/4	3/8	1000	3	1 1/2	3/8	1400
50					2 1/4	1 1/4	3/8	800	2 3/4	1 1/4	3/8	1200
60									2 1/2	1 1/4	3/8	1000
	Rueda de 12 pies				Rueda de 14 pies				Rueda de 16 pies			
Altura de elevación m	Cilindro pulg.	Caño pulg.	Varilla pulg.	Caudal l/h	Cilindro pulg.	Caño pulg.	Varilla pulg.	Caudal l/h	Cilindro pulg.	Caño pulg.	Varilla pulg.	Caudal l/h
5												
10	6	3	5/8	6300								
15	4 ½	2	1/2	3500	5	2 1/2	1/2	4600				
20	4	2	1/2	2800	4 1/2	2	1/2	3700				
30	3 ½	2	1/2	2100	4	2	1/2	2900				
40	3 ¼	1 1/2	3/8	1800	3 3/4	2	1/2	2600	4	2	1/2	3200
50	3	1 1/2	3/8	1500	3 1/2	2	3/8	2200	4	2	1/2	2900
60	2 ¾	1 1/2	3/8	1300	3 1/4	1 1/2	3/8	1900	3 3/4	2	1/2	2600
70	2 ½	1 1/4	3/8	1100	3	1 1/2	3/8	1600	3 1/2	2	1/2	2200
80	2 ¼	11/4	3/8	900	2 3/4	1 1/2	3/8	1300	3 1/4	1 1/2	3/8	1900
100									2 3/4	1 1/2	3/8	1400

Con vientos de 12 km, la capacidad se reduce aproximadamente en un 20 % y con vientos de 10 km/h alrededor del 38 %.

Cuando el molino trabaja, el rendimiento real suele ser del 80 % del indicado en las tablas, el cual disminuye aún más con el uso y el desgaste de los cueros y válvulas, con la acumulación de sarro, etc.

Si se emplea el golpe corto se incrementa la elevación de bombeo en un tercio y se reduce la capacidad de bombeo en un cuarto.

Si los vientos prevalecientes son bajos el uso de un cilindro más pequeño que lo especificado en las tablas permitirá al molino operar con vientos suaves.

Nunca emplear caños de menor diámetro que la medida especificada para el cilindro.

PROBLEMAS Y SOLUCIONES EN EL MOLINO

Tabla 13-4.- Problemas y soluciones en el molino

Problema	Causa	Solución
No saca agua	Controlar que la perforación tenga agua y que mantenga el nivel dinámico dentro de 8 m	a) Profundizar el pozo b) Hacer otra perforación
	Válvula de pie trabada por basura o un golpe.	Desarmar cilindro, limpiar, enderezar. Colocar filtro.
	Caño chupador roto, perforado, oxidado, pinchado	Cambiar caño chupador
Saca poca agua	Cueros del pistón gastado	Cambiar Cueros
	Asiento pistón gastado.	Limar asiento o cambiar
	Succiona aire (caño pinchado o roscas oxidadas)	Cambiar caño
	Varilla gastada y se dobla	Cambiarla
	La rueda da pocas vueltas	Falta de vientos
El molino marcha pesado	La rueda gira pesada	a) controlar que la varilla no esté doblada b) controlar contrapesos o resorte compensador c) controlar nivel a elevar el agua d) caño descentrado.
	La rueda gira lenta con buenos vientos	a) sacar obstáculos a 150 m de distancia b) controlar que contrapesos o resorte compensador sean los correctos. c) engrasar crapodina, giratorio de la máquina.
	No se abre rápido o se cierra demasiado pronto.	a) controlar tensión del resorte de cola o cambiarlo b) engrasar perno del resorte de cola
Se desenrrosca varilla o se gasta	Giratorio vaivén desconectado	a) conectar brazo de hierro a la torre b) ajustar cupla varilla al tope o colocar contratuerca
	Se desenrrosca el pistón	Ajustar contratuerca varilla pistón en araña pistón y controlar brazo giratorio varilla bombeo
	Varilla gastada o rota	Caño fuera de centro de la torre
Se rompió araña base o pistón o alguna pieza interior de la maquina	Se movieron los caños	a) ajustar grampas y controlar recorrido de pistón b) controlar palos travesaños rotos
	Se filtró arena.	Limpiar pozo, cilindro y encamisar perforación (filtros)
	Se desenrosca cupla varilla	Desarmar, controlar rosca y ajustar correctamente ó colocar contratuerca.
Se rompió bolillero o aspas	Rueda descentrada	Alinear rayos o sacar para calibrar llantas y rayos
	Faltante de aspas	Detener el molino y reponer aspas, o equilibrar peso sacando aleta opuesta (reparar lo antes posible por el rendimiento)
	Falta de lubricantes	Controlar posibles perdidas por reten maza o caja
	Lubricantes vencidos o sucios	Cambiar cada año (aceite SAE 30-40) Colocar capot de la máquina
Torre floja	Se tambalea	Ajustar

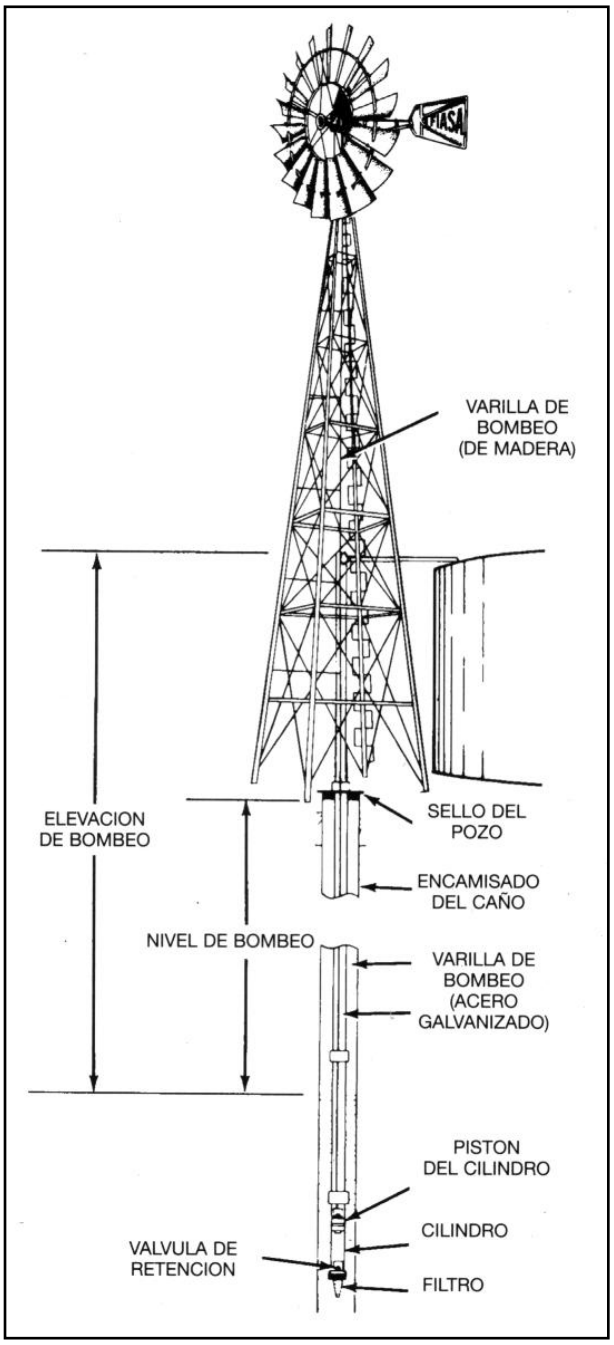


Figura 13-21.- Esquema de la instalación completa de un molino en una perforación.

ELECCIÓN DEL MOLINO

Para elegir el molino de viento a instalar, se pueden en general seguir los siguientes pasos:

1) Calcular aproximadamente el promedio diario de consumo de agua que deberá proveer el molino, para lo cual se puede utilizar la tabla 2-11.
2) Para calcular la capacidad de bombeo que debe tener el molino, ver "Cálculo del mecanismo de extracción y elevación y de transmisión de energía; molino" en capítulo XXI.
3) Elegir el diámetro del cilindro que más se acerque al equivalente horario de capacidad de bombeo, empleando la tabla de caudales 13-3.

4) Calcular la elevación total de bombeo desde el nivel de agua en el pozo al punto de descarga.
5) Elegir la medida de molino para operar el cilindro al bombear a elevación total usando la tabla 13-3.
6) Elegir una torre que emplace al viento el centro de la rueda como mínimo cinco metros por sobre las construcciones, por lo menos dentro de un radio de 120 metros.
7) Elegir el largo del cilindro con un golpe por lo menos dos pulgadas más largo que el golpe de bombeo del molino (tabla 12-2).
8) Elegir la varilla de bombeo, caño y otros accesorios en las medidas recomendadas para el cilindro elegido (tabla 13-3).

AUTOMÁTICOS PARA CIERRE DE MOLINO

Los automáticos para cierre o para cierre y apertura del molino permiten ahorrar agua de la napa, hecho muy importante en algunos casos, prevenir un desgaste inútil del molino por funcionar innecesariamente y evitar la formación de charcos por el desborde de los tanques. El único inconveniente que hemos comprobado es que si el recorredor no es una persona responsable, y ya que el molino se cierra y abre solo, puede no pasar todos los días por la aguada a comprobar su buen funcionamiento.

AUTOMÁTICO FUERA DE LA TORRE

En la figura 13-22 se puede apreciar un sencillo aparato para cerrar automáticamente un molino. Cuando el agua sobrepasa el nivel máximo al cual se desea que llegue en el tanque australiano, la misma sale por un caño de rebalse de 1 ½", con una caída de 3 cm/m hacia el lado externo. En su extremo tiene un codo y el agua que rebalsa cae en el interior de un depósito cilíndrico, el cual está suspendido mediante un alambre de la palanca de cierre del molino. Cuando se llena el depósito, el peso del agua hace que descienda verticalmente guiado por dos varillas de hierro laterales. La distancia entre las dos posiciones, inicial y final del depósito, dependerá del tiraje necesario para cerrar y frenar el molino.

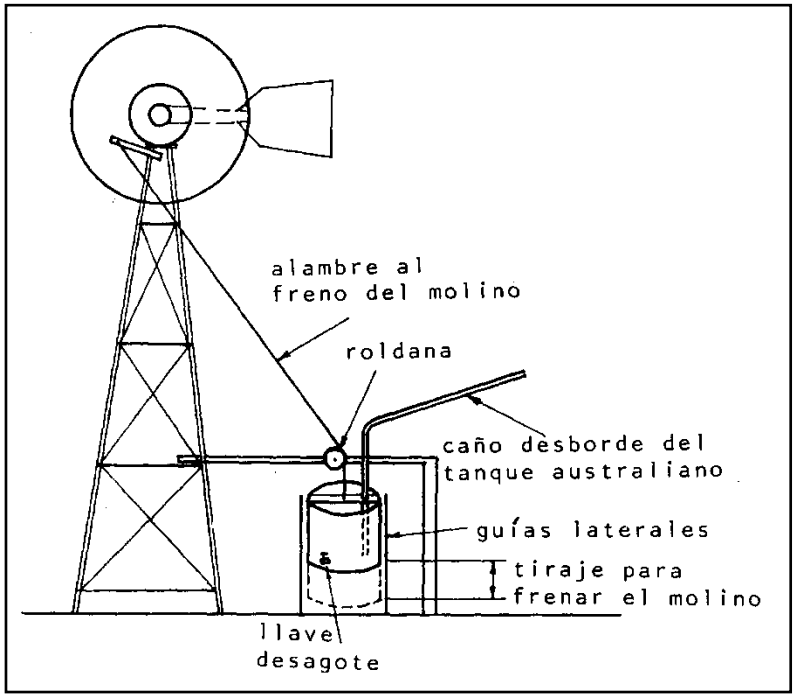


Figura 13-22.- Automático para cierre de molino fuera de la torre.

Para abrir nuevamente el molino, hay que vaciar el depósito del automático mediante una llave colocada en el fondo. Conviene instalar el automático fuera de la torre. El tramo de caño vertical, con el cual finaliza el caño de rebalse, contribuye como guía del depósito automático, llevando éste en su parte superior un travesaño de chapa con un orificio por donde pasa dicho caño vertical.

AUTOMÁTICOS PARA CIERRE Y APERTURA DE MOLINOS

AUTOMÁTICO A SIFÓN FUERA DEL CAÑO DE ELEVACIÓN

Es un sistema simple para cerrar y abrir automáticamente el molino (fig. 13-23). Consiste en un caño acodado en forma de U invertida, el cual forma el sifón. Su extremo inferior está conectado con la cañería que conduce el agua desde el molino al tanque. A este último extremo de la cañería de descarga, se le coloca una válvula accionada por un flotante. La válvula cierra la entrada de agua al tanque cuando el nivel llega al máximo. El extremo superior del caño acodado penetra en un tambor que lleva en su fondo un tubo de 3" soldado y cerrado en su extremo inferior, en el cual también penetra.

Cuando el agua llega al nivel máximo en el tanque, el flotante acciona la válvula y el agua asciende por el caño acodado, llenando el depósito, que debe tener una capacidad de 50 a 100 litros, de acuerdo al tipo de molino.

Por acción de la gravedad, el depósito desciende verticalmente. De esta forma se tracciona el alambre de cierre del molino, quedando así cargado el sifón.

El tramo vertical del caño acodado que penetra en el tubo soldado en el fondo del depósito, sirve de guía al depósito, el cual lleva además en su parte superior una chapa soldada con un agujero por donde pasa también este tramo del caño.

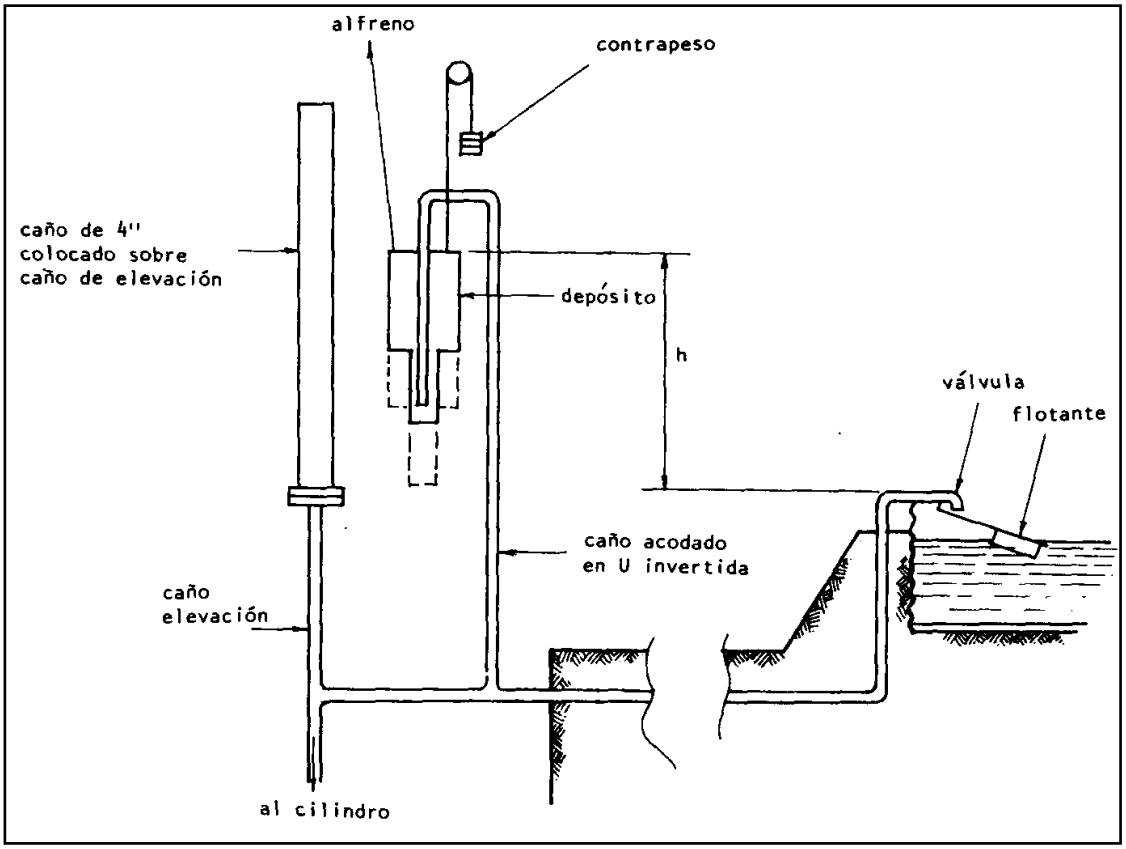


Figura 13-23.- Automático a sifón para cierre y apertura de molino.

La altura h depende de: la distancia entre el molino y el tanque, el caudal de agua que se quiere conducir y el diámetro de la cañería horizontal. El valor mínimo de h para que se vacíe completamente el depósito por sifón y vuelva a abrirse el molino, debe ser:

h = 1,20 m cuando el tanque australiano está al lado del molino.
h = 2,20 m cuando el tanque australiano está a gran distancia del molino.

Cuando el nivel de agua desciende en el tanque, el flotante baja, se abre la válvula y por medio del sifón se vacía el depósito del automático. Así, el depósito se eleva verticalmente, volviendo a su posición inicial y abriéndose el molino. Conviene colocarle al depósito un contrapeso por medio de un alambre y rondana, en el extremo opuesto al que va fijado el alambre del freno, de manera que el depósito del automático se eleve verticalmente sin rozar las guías laterales de hierro que se deben colocar.

AUTOMÁTICO A SIFÓN SOBRE EL CAÑO DE ELEVACIÓN

Este sistema se fabrica comercialmente y su principio es el mismo que el del sistema anterior. La diferencia radica en que el tanque se coloca alrededor del caño de elevación, en su parte superior, desprendiéndose del mismo un caño acodado que penetra hasta el fondo del depósito, que es el que lo llena de agua al subir el flotante, cerrando el molino. Al bajar el flotante, se vacía el depósito, abriéndose el molino.

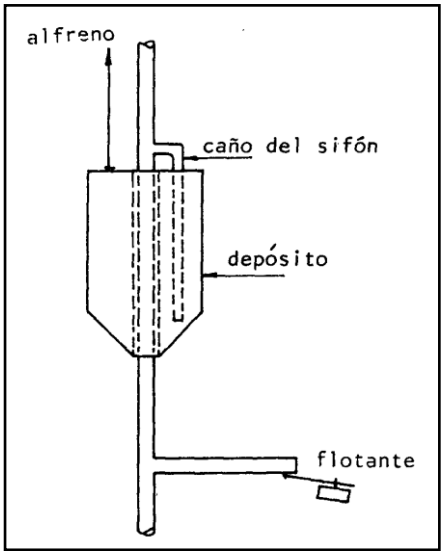
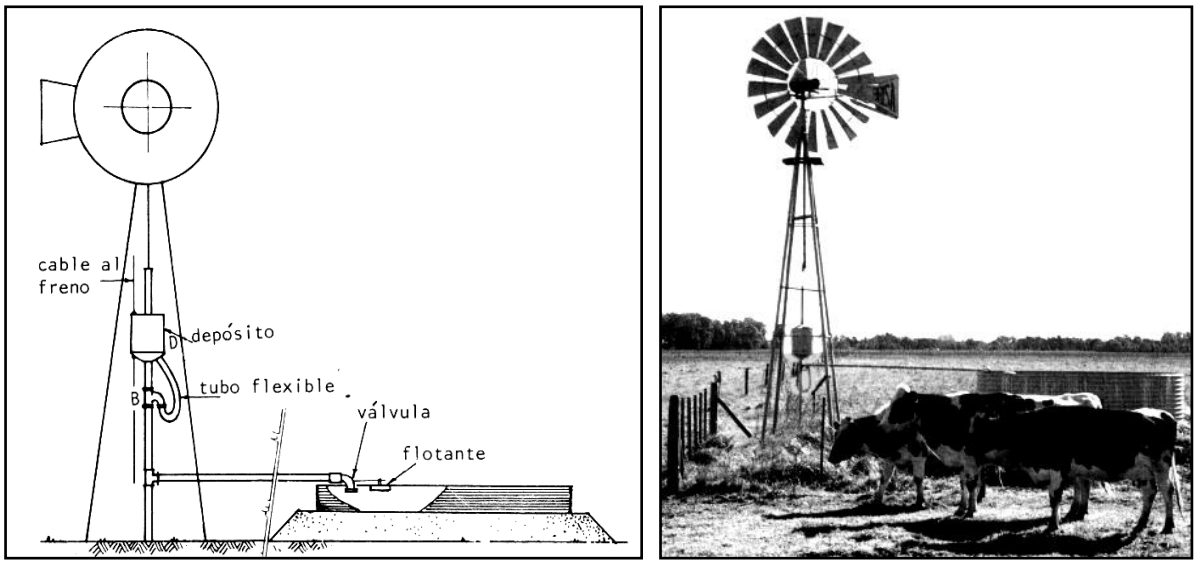


Figura 13-24.- Automático a sifón sobre caño de elevación.

AUTOMÁTICOS A TUBO FLEXIBLE

Estos automáticos para cierre y apertura de molinos se colocan sobre (fig. 13-25) o fuera del caño de elevación (fig. 13-26).

El sistema consta de un depósito que va directamente colgado del cable del freno del molino. Como en el sistema anterior a sifón, se coloca una válvula con un flotante en el caño de descarga al tanque australiano. En el fondo del depósito del automático (D), y en el caño de descarga o en el de elevación (B), se colocan entrerroscas de bronce con una unión semejante a las empleadas para conectar mangueras a las canillas. Entre dichas uniones se coloca el tubo flexible o manguera gruesa de goma.



Figuras 13-25.- Automáticos a tubo flexible sobre caño de elevación para cierre y apertura de molino

Cuando se cierra la válvula, por acción del flotante, el agua asciende por el tubo flexible y penetra en el interior del depósito del automático. Al llenarse éste, desciende debido a la acción de la gravedad y cierra el molino. Cuando se abre la válvula al descender el nivel del tanque australiano, el depósito del automático se vacía y al elevarse verticalmente, el molino se abre.

Este sistema es más sencillo que el automático a sifón. Su único inconveniente es que el tubo de goma se reseca y es necesario cambiarlo periódicamente.

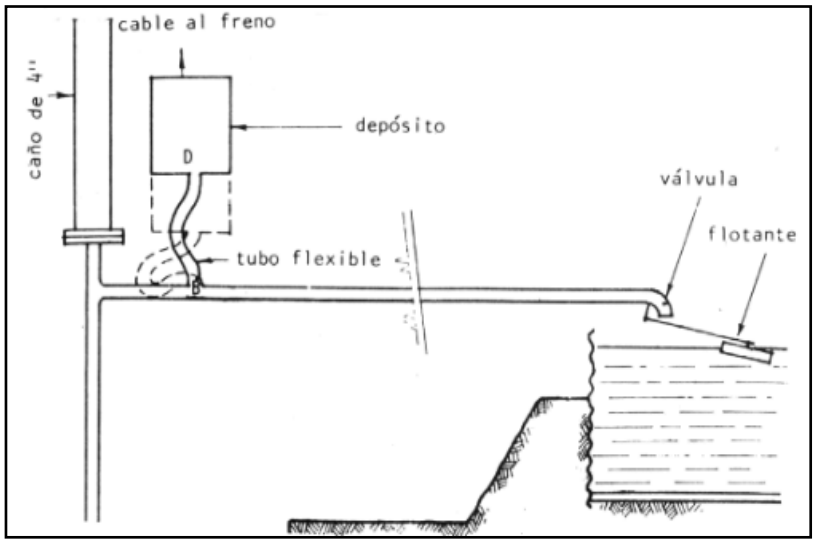


Figura 13-26.- Automático a tubo flexible fuera del caño de elevación para cierre y apertura de molino.

AUTOMÁTICO A PALANCA Y CREMALLERA

Este sistema, fabricado comercialmente, consiste en un flotante, que al ir subiendo por llenarse el tanque australiano, por un sistema de cables y palancas, actúa sobre una palanca que se va fijando en una cremallera, adosada a la torre. Esta palanca tracciona el freno del molino y lo va cerrando. La operación inversa se efectúa al descender el nivel del tanque.

TRASLADO DE AGUA A DISTANCIA POR GRAVEDAD POR MEDIO DEL MOLINO

Si la altura a la que se debe enviar el agua no supera la de los últimos tramos de la torre del molino, se puede colocar un pequeño tanque de chapa, fibrocemento o plástico, que actúa como reservorio cuando el molino extrae mucho agua, y por gravedad la envía al depósito final.

En vez del tanque, se puede colocar en la parte vertical de la cañería que llevará el agua al depósito final, paralela a la de elevación del molino, un caño de 3 o 4 pulgadas, que actúa como reservorio, y luego continuar en la parte horizontal con el caño normal de 1,5 o 2 pulgadas.





Figuras 13-27.- a) Molino con pequeño tanque elevado para enviar agua a distancia por gravedad; b) Cañería de 3 pulgadas paralela a la de elevación del molino que continúa con una de 2 pulgadas para enviar agua por gravedad a depósitos alejados.

TRASLADO DE AGUA A DISTANCIA CON REDUCIDO DESNIVEL POR MEDIO DEL MOLINO

Puede ser necesario trasladar agua de un tanque australiano a otro situado a gran distancia pero a una altura algo superior a la del primer tanque. En este caso se puede emplear un molino con cilindro a flor de tierra y una cañería de aspiración que toma el agua del primer tanque desde unos 10-15 cm de su fondo. La cañería de aspiración y de impulsión deben ser del mismo diámetro.

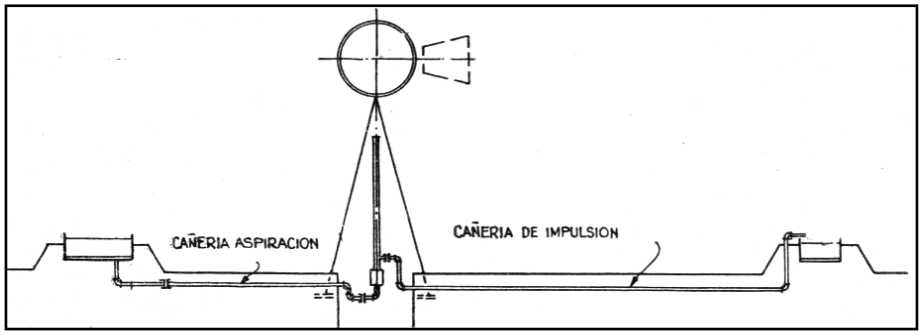


Figura 13-28.- Esquema del traslado de agua por medio del molino.

EXTRACCIÓN E IMPULSIÓN SIMULTÁNEA DE AGUA A ALTURA POR MEDIO DEL MOLINO

Muchas veces es preferible bombear agua de un pozo de buen caudal y calidad conocida hacia otras zonas más o menos distantes que carecen de ella por problemas de salinidad, excesiva profundidad de la napa o suelos de difícil perforación. También puede ser necesario esto a efectos de una correcta subdivisión de los potreros, pudiéndose dar el caso de bombear el agua hacia tanques en las lomas para luego distribuirla por gravedad hasta los bebederos.

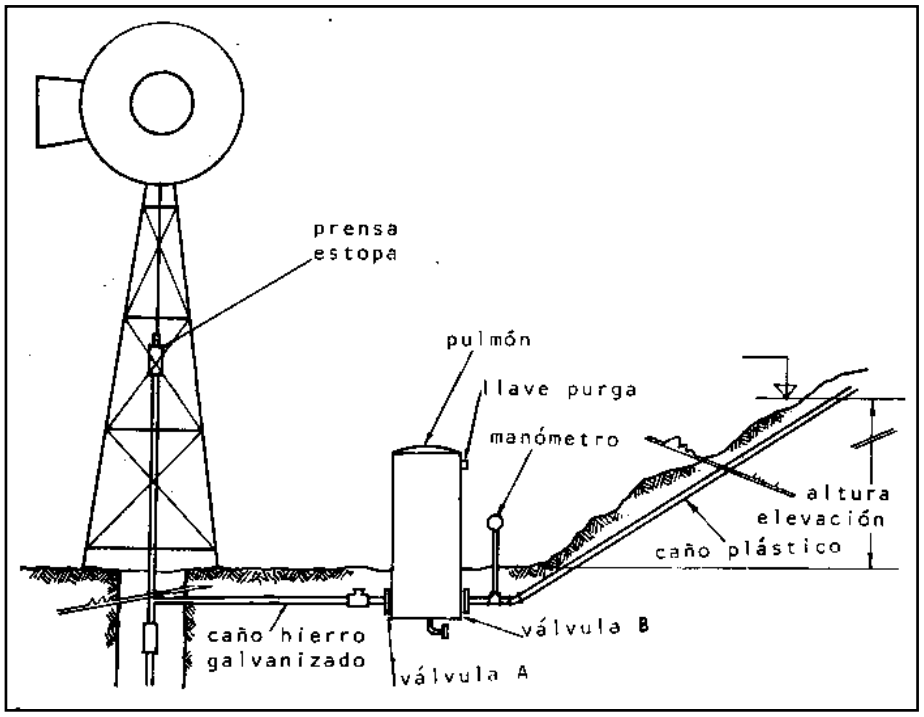


Figura 13-29.- Instalaciones para la extracción e impulsión simultánea a altura de agua por medio de molino.

La base de este sistema consiste en aprovechar el trabajo mecánico del molino, sin forzarlo, para realizar en forma simultánea la extracción y el bombeo del agua.

Como comúnmente por razones de costos se utilizan caños de polietileno o de PVC para el traslado de agua hasta el tanque, si el agua extraída fuera bombeada directamente por la cañería, sería inevitable la rotura de los caños debido al golpe de ariete (ver capítulo XVI). Para evitar esto, se intercala un tanque hermético o varios en serie, llenos de aire, que hacen las veces de pulmones, los cuales producen el principio del ariete hidráulico descripto en el capítulo anterior (fig. 12-47).

El agua bombeada por el molino entra al pulmón y comprime el aire confinado. Esta compresión cierra la válvula A, abre la B, y el agua sale por la cañería impelida por la energía del aire comprimido. De esta manera, el caño plástico que va a destino no sufre más presión que la marcada por el caudal y la diferencia de altura entre el pulmón y el tanque de destino. Esta presión es de 1 kg/cm^2 por cada 10 m de altura, más un porcentaje de las pérdidas de carga que se producen por fricción en las paredes. Las pérdidas dependen del caudal y de su relación con el diámetro, la distancia y el pulimento de las paredes interiores del caño (ver capítulo XXI).

Cuando cesa la acción del aire comprimido sobre el agua, se cierra la válvula B, que impide el retroceso del agua de la cañería de plástico. Es en este momento que nuevamente el molino envía agua, de manera que se reinicia el ciclo, al abrirse nuevamente la válvula A.



Figura 13-30.- Pulmón construido con un tubo de gas de 45 kg; ver manómetro en el caño de salida y la mantención de la llave original del gas para purgar el pulmón.

En la parte superior del caño de elevación del molino, se coloca un prensa estopa o un cilindro invertido, que deben ser muy resistentes. El caño que va del caño de elevación al pulmón puede salir a la misma altura del pulmón o más arriba.

Las válvulas de retención A y B tipo Clapper son muy importantes. El pulmón debe contar con una llave de muy buena hermeticidad, cuya función es permitir periódicamente la entrada de aire al mismo (cuando el sistema no funciona), puesto que con el tiempo el aire contenido va siendo arrastrado en disolución en el agua.

El pulmón debe ser de buen material, de chapa gruesa de 4 mm, caño o un tubo de oxígeno o de gas, con sus orificios colocados hacia abajo y la base hacia arriba, o en posición normal con nuevos orificios en su base, con hermeticidad total. Las soldaduras se deben probar por burbujeo.

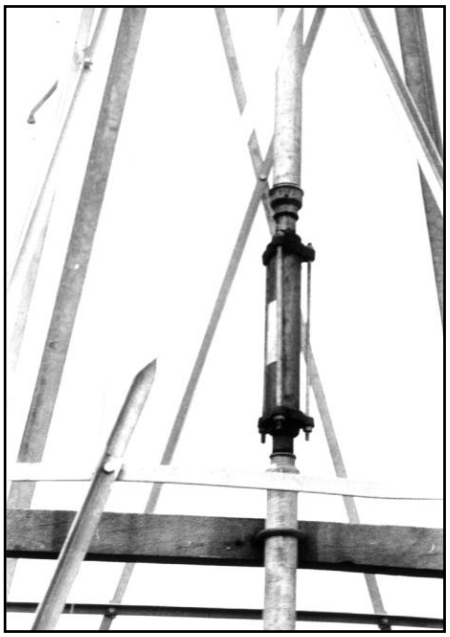


Figura 13-31.- Cilindro invertido en la parte superior del caño de elevación que actúa como un eficaz prensa estopa.



Figuras 13-32.- a) Molino preparado para llevar agua a distancia en dos formas: 1) A un tanque australiano que se encuentra a un nivel inferior que la torre; el agua extraída pasa al pequeño tanque de fibrocemento que se observa adosado a la torre. De allí, por gravedad, por el caño que sale de la base del tanque, va al depósito. 2) A un tanque australiano que se encuentra sobre el nivel de la torre: cerrando una llave de paso, el agua, en vez de caer en el tanque de fibrocemento, sigue por el otro caño y por el sistema de elevación con molino que describimos, va al depósito indicado. Obsérvese a la izquierda de la base de la torre uno de los dos pulmones empleados en este caso. b) Detalle de la figura anterior. Obsérvense las dos garrafas invertidas de 15 kg de gas (36 litros de capacidad) c/u que ofician de pulmón, una al lado de la torre y la otra cerca del alambrado de la izquierda. El agua es llevada a 820 m de distancia con un desnivel de 12 metros. Estancia Loma de Piedra, del Sr. Raúl Risio, Laguna Oscura, Córdoba.

El caño plástico sólo se puede utilizar a partir de la válvula B. Antes de la misma hay que utilizar caño de acero galvanizado de buena calidad, cuyo diámetro debe ser igual desde el chupador del cilindro hasta el pulmón.

Es interesante intercalar un manómetro para apreciar la presión que se genera. Por cada kg/cm^2 que marca el mismo, nos indica que el agua se puede elevar cerca de 10 m sobre el nivel del pulmón.

En forma aproximada, la capacidad necesaria del pulmón se puede calcular con la tabla 13-5.

Tabla 13-5.- Cálculo aproximado de la capacidad del pulmón en el sistema de extracción e impulsión a altura del agua por medio del molino.

Capacidad básica en todos los pulmones.....	=	30	litros
Distancia entre el pulmón y destino en metros x 0,05 litros.....	=		litros
Altura entre pulmón y destino en metros..... x 0,5 litros.....	=		litros
Total capacidad	=		litros

El cálculo es aproximado porque influyen en la capacidad necesaria del pulmón, además de la distancia y altura, otros factores a veces difíciles de ponderar, como ser la pérdida de carga. Por ello se debe verificar

experimentalmente el volumen calculado. Si el agua no es elevada correctamente o hay roturas de caños, será necesario aumentar la capacidad del pulmón. Es preferible un pequeño exceso de volumen a un déficit.



Figuras 13-33.- Cilindro, molino y pulmón. **a)** La napa está muy superficial; por ello el cilindro está a flor de tierra. El pulmón está construido con un tambor de 200 litros del tipo YPF antiguo de paredes gruesas. Obsérvese la válvula A y más atrás otro molino que está preparado en igual forma (ver: molinos múltiples); b) Sacando agua de un río para llevar a un tanque australiano. Pulmón construido con cilindro de gas de 45 kilos invertido.

EOLOBOMBA

Es una máquina que aprovecha la energía del viento para impulsar directamente una bomba centrífuga. Fue diseñada en el Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, a mediados de la década del sesenta, no siendo difundido su uso.

El órgano motor, impulsado por el viento, está constituido por tres palas equidistantes que forman una superficie de captación de 18 m de diámetro. La torre que sostiene el órgano motor es de 60 pies de altura.

El equipo se pone en funcionamiento con vientos de 11 km/h, alcanzando su potencia óptima con vientos de 29 km/h. Posee un sistema regulador automático que mantiene constantes el régimen y la potencia, aún cuando los vientos superen los 29 km/h. Está proyectada para resistir vientos del orden de los 180 km/h.

El tipo de bomba impulsada directamente por esta máquina, depende de la altura total de elevación.

Las aplicaciones de esta máquina son el bombeo de grandes caudales de aguas subterráneas o superficiales a costos muy inferiores a los resultantes del uso de motores eléctricos o a explosión.

MOLINOS DE VIENTO DE EJE VERTICAL

Estos generadores son conceptualmente mas sencillos que los de eje horizontal y no necesitan de ningún sistema de orientación al viento, ya que por su simetría siempre están orientados. Por lo tanto, en su funcionamiento, tanto las palas como los rodamientos y los ejes, no están sometidos a grandes esfuerzos debidos a cambios de dirección.

Son de fácil armado ya que se instalan a nivel del suelo, lo que favorece y facilita su instalación y su mantenimiento. Presentan menos problemas estructurales y aprovechan mejor los vientos bajos; pero tienen un rendimiento menor a los molinos de eje horizontal, por lo que para producir la misma energía necesitan un tamaño mayor.

Existen varias clases de aerogeneradores de eje vertical que pueden ser empleados en aguadas: panémona, Savonius, Darrieus y de palas batientes. Varían sus diseños, y por lógica, sus rendimientos.

PANÉMONA

Un ejemplo a escala reducida es el molinillo de receptáculos cóncavos que se utiliza en los anemómetros para medir la velocidad del viento.

Su funcionamiento se debe a la diferente resistencia que ofrece al viento la parte cóncava de las tazas, cazoletas o bidones de las aspas con respecto a la convexa. El viento siempre empuja más en la parte cóncava y vence la resistencia de la parte convexa.

Su ventajas es que por ese motivo una panémona aprovecha cualquier tipo de viento y no necesita orientación, mientras que su desventaja es el rendimiento muy bajo, lo que sin embargo se puede solucionar aumentando el radio de las aspas y el tamaño de los receptáculos. Cuanto mayor radio de aspas, mayor potencia pero menor velocidad.

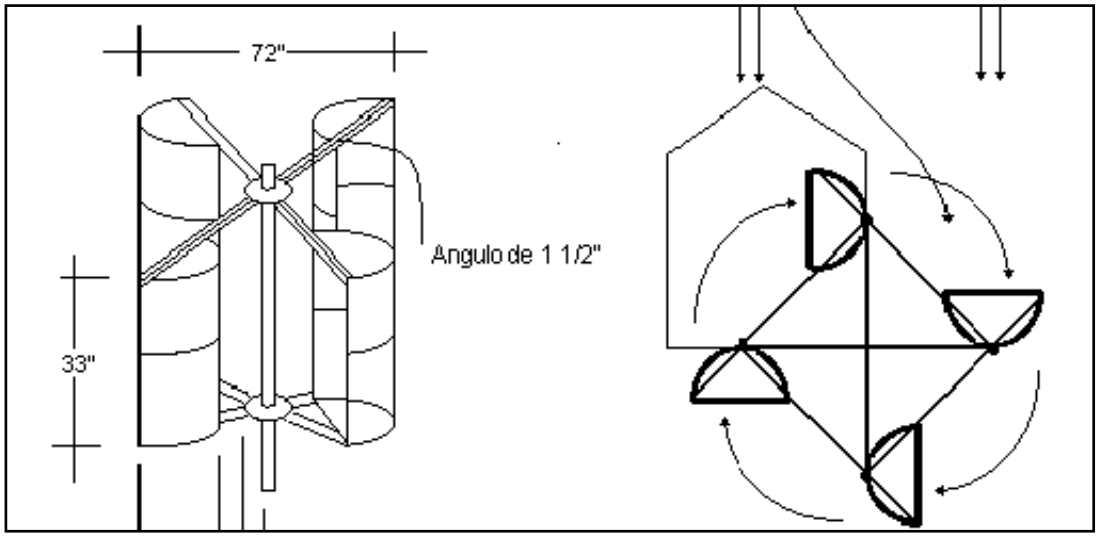
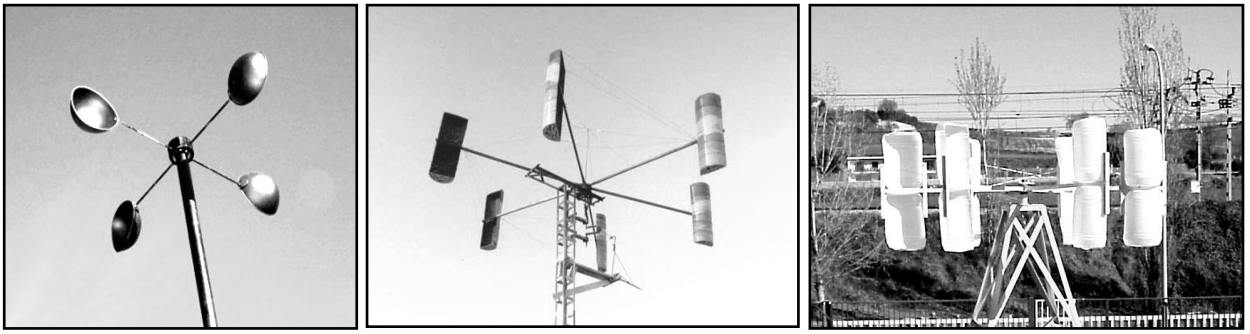
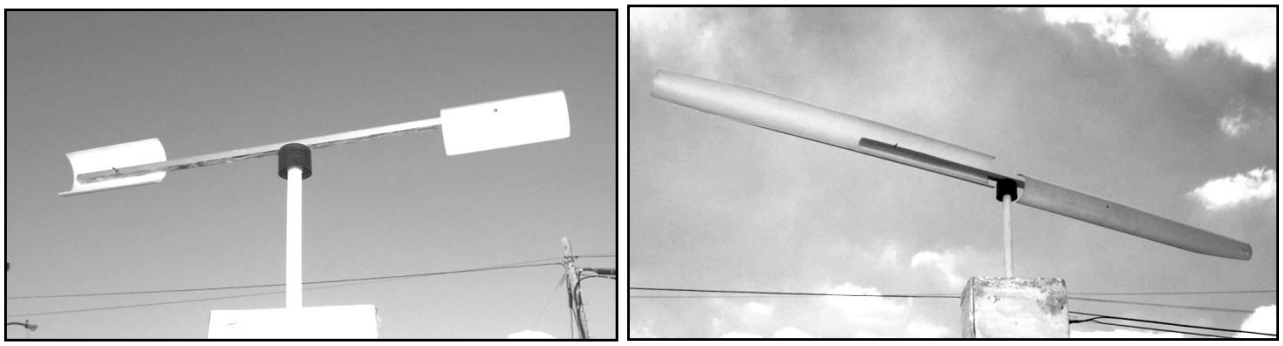


Figura 13-34.- Esquema de una panémona





Figuras 13-35.- Diferentes tipos de panémonas

Tiene un gran par de arranque (arranca con poco viento) y tiene mucha fuerza. Por lo general, por estas cualidades a la panémona se la usa para extraer agua.

El movimiento de rotación vertical se puede convertir en alternativo mediante un sistema de biela-manivela con objeto de mover un cilindro.

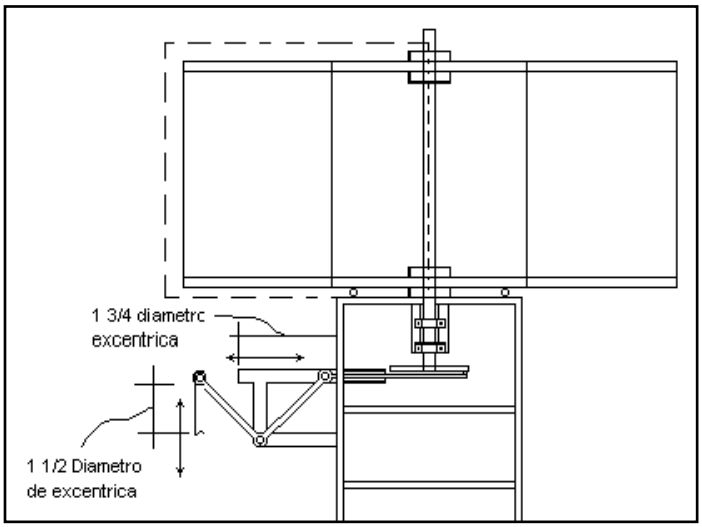
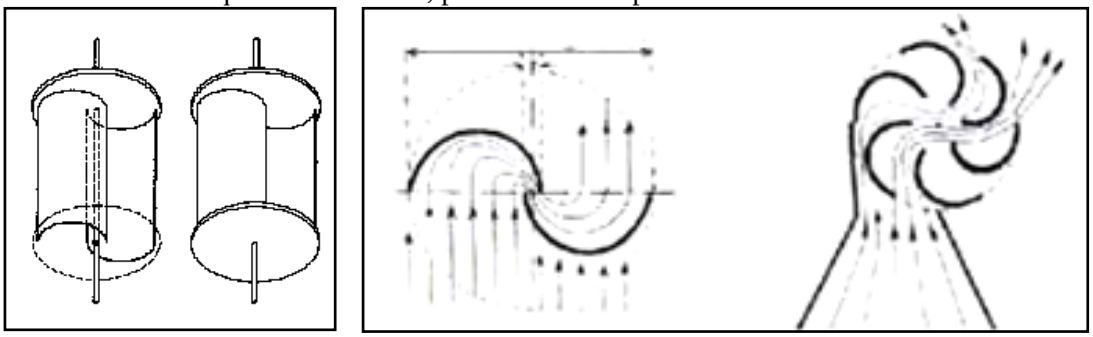


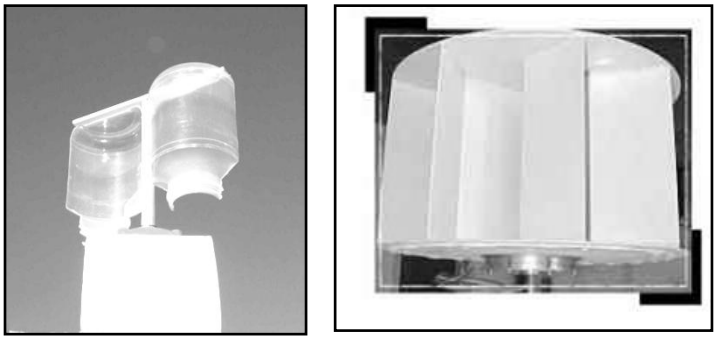
Figura 13-36.- Esquema de una panémona con biela y manivela excéntrica para trasformar el movimiento giratorio vertical en uno alternativo arriba-abajo para bombeo de un cilindro.

SAVONIUS

Llamadas así en honor a su inventor, el finlandés S. I. Savonius (1920). Puede tener varios perfiles redondeados en función del número de álabes. El aire incide en la sección de la turbina, produciendo un mayor empuje en la sección cóncava que en la convexa, produciendo un par útil.



Figuras 13-37.- Esquemas de un Sabonius: a) de 2 álabes; b) de 2 y 8 álabes



Figuras 13-38.- Diferentes tipos de Sabonius

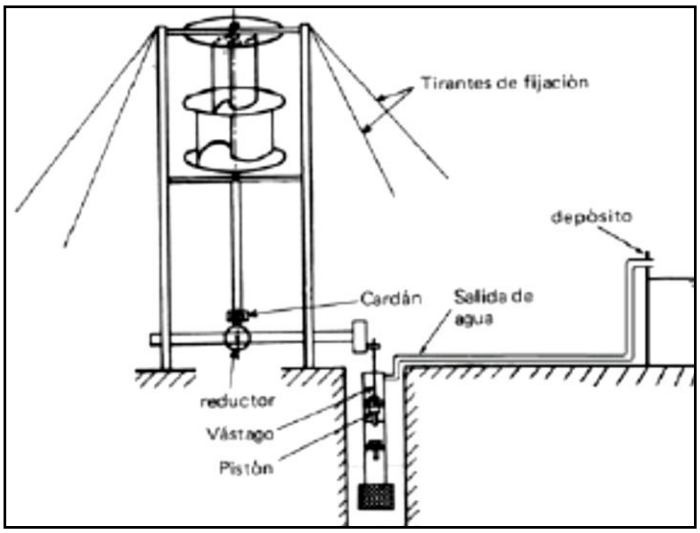
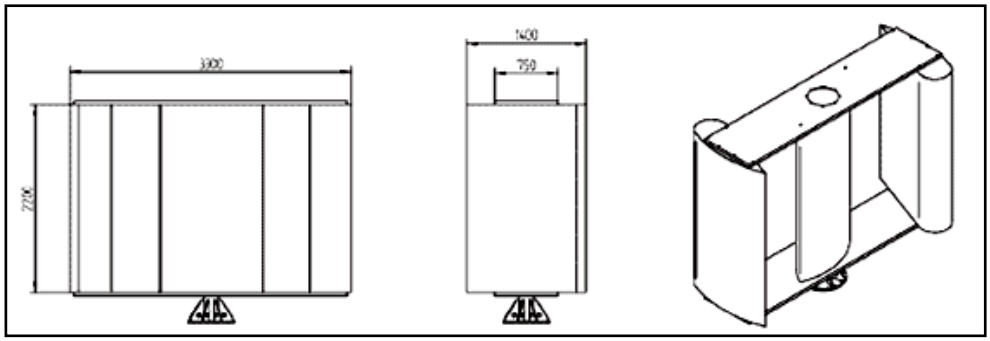




Figura 13-39.- Esquema de un Sabonius conectado a un cilindro.
Figura 13-40.- Sabonius en funcionamiento con un cilindro en la provincia de Santiago del Estero.

DARRIEUS

El aerogenerador Darrieus fue patentado por el académico francés del mismo nombre. Este diseño consta de un eje vertical por el cual rotan palas de perfiles biconvexos, las cuales están unidas en sus extremos las unas con la otras. Estos aerogeneradores emplean la sustentación de sus palas, tienen un par de arranque débil y una velocidad de rotación importante y pueden ser de dos, tres o más palas. Se emplea para generar electricidad.



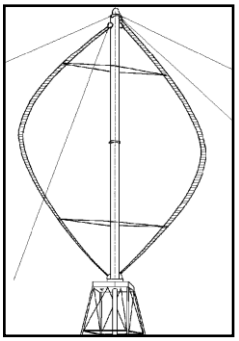


Figura 13-41.- Esquema de un rotor Darrieus de palas verticales; Figura 13-42.- Aeroturbina Darrieus parabólica

MOLINO VERTICAL DE PALAS BATIENTES



Figura 13-43.- Molino vertical de palas batientes

Hoy no se emplea por ser muy ruidoso y tener mucho desgaste al moverse y golpear continuamente las palas.

CABEZALES DE BOMBA

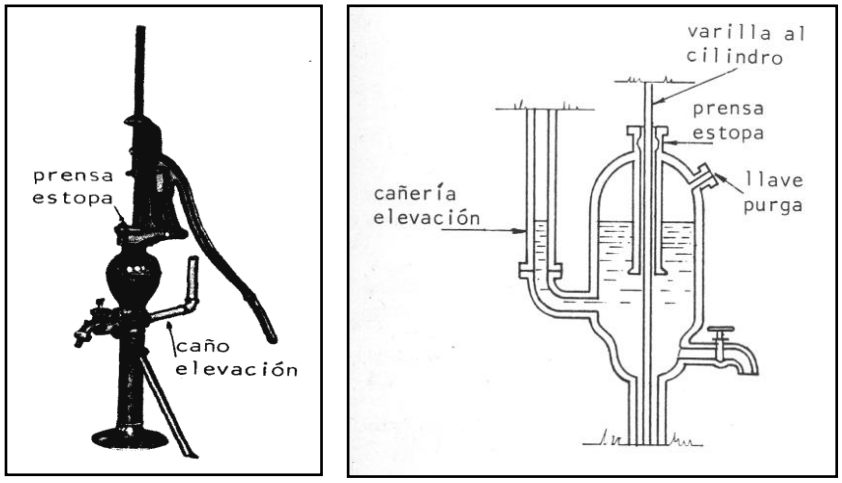
Son mecanismos empleados para transformar un movimiento rotativo en rectilíneo vertical alternativo, o simplemente para transmitir este último. Se emplean generalmente para impulsar cilindros.

BOMBA PIE DE MOLINO

Conocida con ese nombre, es en realidad un cabezal de bomba que se emplea para accionar manualmente un cilindro (fig. 13-44).

Puede utilizarse como auxiliar del molino, para la extracción y elevación de caudales reducidos de agua durante períodos sin viento o de posibles roturas. El cabezal acciona un cilindro colocado en el mismo pozo del molino, con caño chupador en común con el del molino o separado.

La bomba pie de molino posee una cámara de aire, que evita los golpes de ariete y facilita la elevación, y una canilla para descarga.



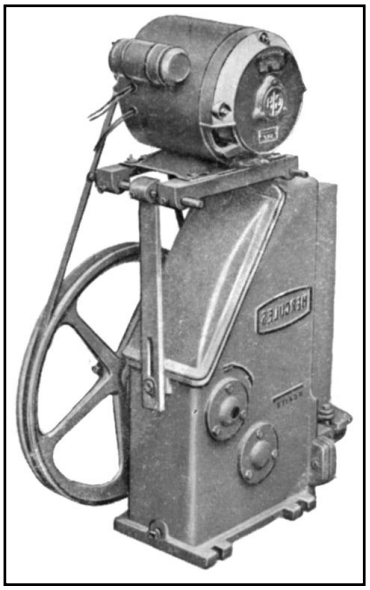
Figuras 13-44.- Bomba pie de molino y corte de la misma

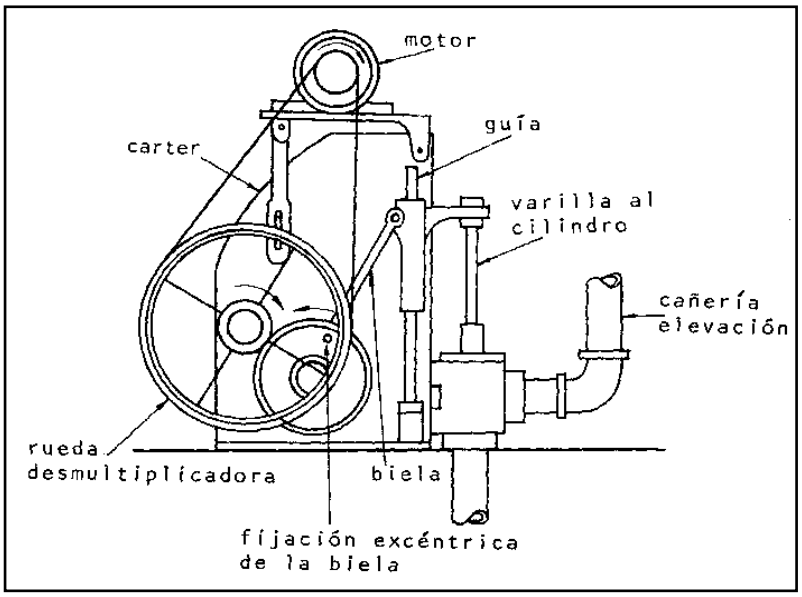
BOMBEADOR Y MOTOBOMBEADOR

Lo que se conoce comúnmente como bombeador no es en realidad un equipo de bombeo, sino un mecanismo que se puede aplicar a un cilindro para su accionamiento (fig. 13-45).

Consiste en esencia en una biela adosada excéntricamente sobre un engranaje, el cual recibe el movimiento de un motor eléctrico o a explosión. Dicha biela transforma el movimiento circular en rectilíneo alternativo y lo transmite a una pieza corredera que acciona la varilla del cilindro.

El bombeador y el motor que lo acciona se instalan en la superficie y el cilindro va colocado en un pozo a una distancia de la napa inferior a los 6 metros. El equipo bombeador-motor eléctrico es conocido en conjunto como motobombeador.





Figuras 13-45.- Motobombeador con motor eléctrico y esquema del mismo

BOMBEADOR DE DOBLE EFECTO

Se utiliza para el accionamiento del cilindro de doble efecto ya descripto (fig. 12-17).

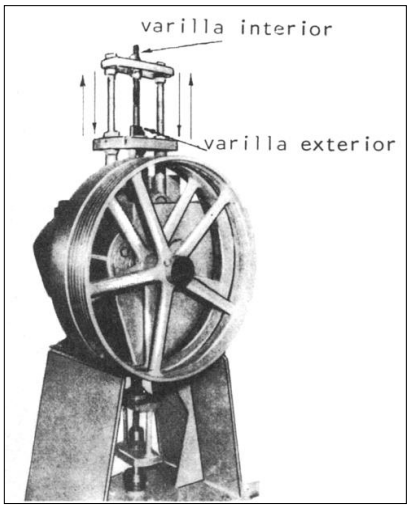


Figura 13-46.- Bombeador de doble efecto

Si bien su principio de funcionamiento es similar al del bombeador estudiado anteriormente, en este caso hay dos piezas correderas que mueven las varillas, siendo su movimiento alternativo.

Las varillas quedan sujetas en el centro del equipo, lo que anula los esfuerzos laterales.

Estos cabezales de bomba se construyen en dos tamaños, aplicables a distintas profundidades de colocación del cilindro.

Para su accionamiento se utilizan motores a explosión, cuya potencia varía entre 4 y 10 HP, de acuerdo a la distancia total de elevación.

CABEZAL PARA GRANDES PROFUNDIDADES

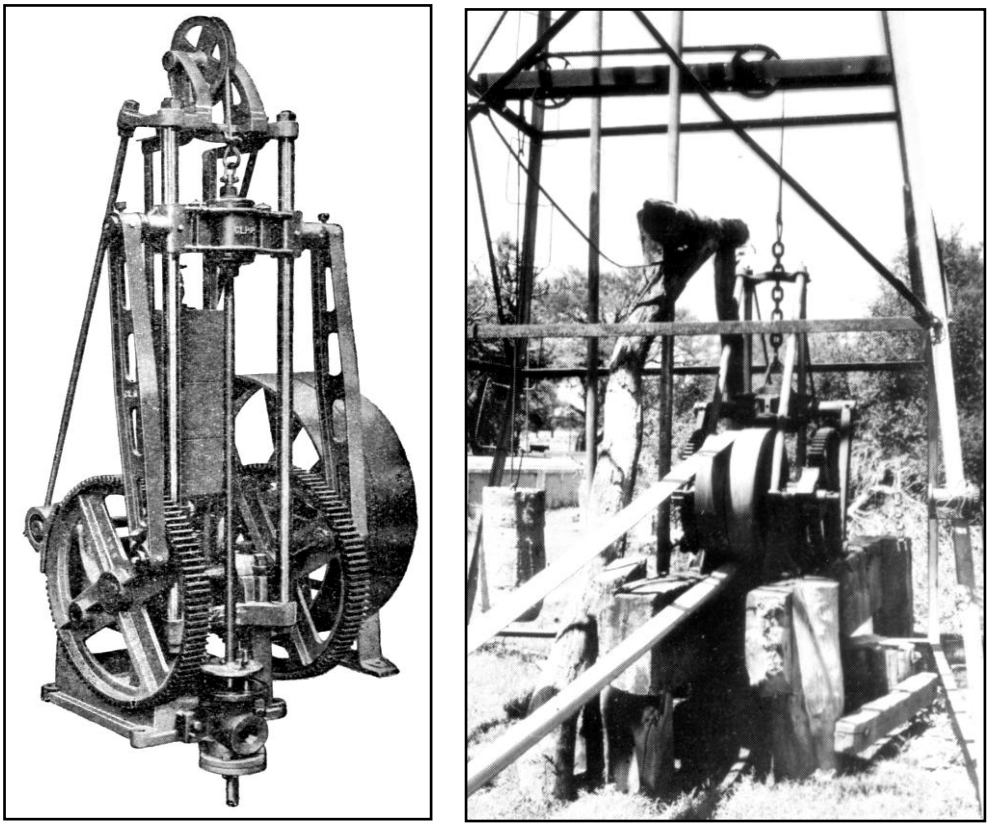
Está diseñado sólidamente, con un peso aproximado a los 1.000 kg, para el accionamiento de cilindros instalados a profundidades de 60 a 180 metros, con contrapesos si es necesario.

Es, esencialmente, un sistema biela-manivela dual, que transmite un movimiento alternativo a la varilla del cilindro y es accionado por motores a explosión.

Los regímenes de marcha varían entre 22 y 16 golpes por minuto, para profundidades de 60 y 180 metros respectivamente.

Presentan la ventaja, respecto al molino, que para una misma altura de elevación, pueden accionar cilindros de mayor diámetro.

Puede levantarse la varilla de bombeo y la cañería sin necesidad de desarmar el cabezal.



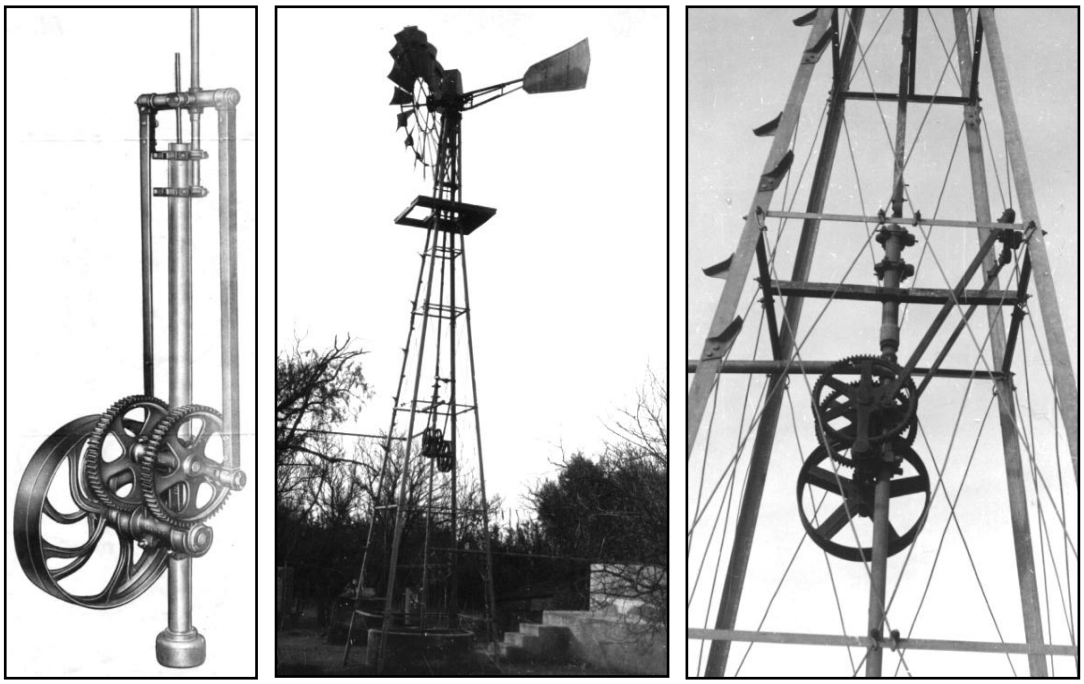
Figuras 13-47.- a) Cabezal o cabeza de bomba para grandes profundidades; b) Cabezal para grandes profundidades instalado en un pozo a primera napa a 150 m de profundidad. Obsérvese a la izquierda, sostenido por un cable que pasa por dos roldanas, el gran contrapeso de cemento empleado. Estancia 13 de Abril, Ing. Luiggi, La Pampa.

AUXILIAR DE MOLINO

Es un mecanismo que acciona el cilindro del molino en casos de falta de viento o de rotura de la maquinaria (fig. 13-48).

Mediante un sistema biela-manivela, transforma un movimiento circular en uno rectilíneo alternativo, que es transmitido a la varilla del cilindro por medio de dos largos brazos de hierro o madera. Para poner en funcionamiento el auxiliar de molino, es necesario desconectar la varilla de madera de la de hierro del molino, y unir los dos brazos del auxiliar a la varilla de hierro.

La fuente de energía puede ser un motor eléctrico o a explosión, la toma de potencia o la polea de un tractor.



Figuras 13-48.- a) Auxiliar de molino para fijar con abrazaderas al caño de elevación, lo que tiene la ventaja de acortar los dos brazos de madera que transmiten el movimiento a la varilla del molino. Se acciona por una correa plana desde el nivel del suelo; b) Auxiliar de molino colocado; c) Detalle de la foto anterior. En este momento se encuentra funcionando el molino y desconectado el auxiliar de molino, descansando los brazos de madera sobre la torre. Obsérvese también el brocal del pozo, el terraplén de cemento del tanque australiano y los árboles bajos que rodean al molino. Cabaña "La Mariquita" de Alberto Laieta, Cnel. Moldes, Córdoba.

BOMBEADOR CON MARTINETE A CABLE O TIPO PETROLERO

Este sistema, fabricado en el país en dimensiones aptas para aguadas, es sumamente interesante para emplear en pozos de grandes profundidades (más de 100 - 200 m) como algunas zonas de La Pampa, Río Negro, Patagonia Extra-andina, Piedemonte Cuyano, etc.). Sirve para mover un cilindro con varilla central o exterior (fig. 13-49).

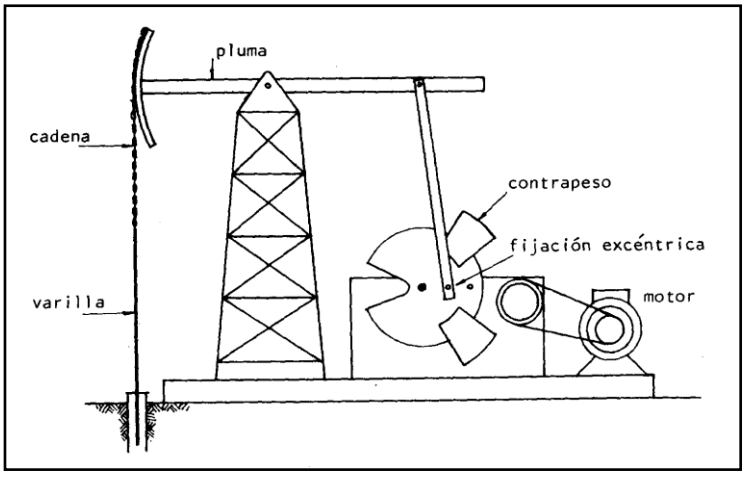


Figura 13-49.- Bombeador con martinete a cable o tipo petrolero.

Consiste en una torre reforzada con una pluma. En el extremo más corto de la pluma, un semiarco de 0,75 m de recorrido se une por una cadena a la varilla que va a mover el cilindro. A cierta distancia de su extremo largo, está unida por una palanca en forma excéntrica a una rueda, que a su vez es accionada por un motor con correa plana o en V. Dicha rueda tiene distintos lugares para su unión con la palanca, de manera de poder variar la carrera de la pluma y los lugares donde fijar contrapesos, de modo de aliviar el trabajo del motor, según la profundidad de la napa.

Es empleado con cilindros de gran recorrido, ya que son máquinas de movimientos lentos, muy bien contrapesadas, de gran duración y resistencia.

INSTALACIÓN DE DOS CILINDROS CON UN SOLO CAÑO CHUPADOR

Cuando se instala una bomba pie de molino o un bombeador junto con un molino, puede efectuarse la instalación empleando un solo caño chupador, uniendo el segundo con el del molino por debajo de los cilindros y por encima del encamisado.

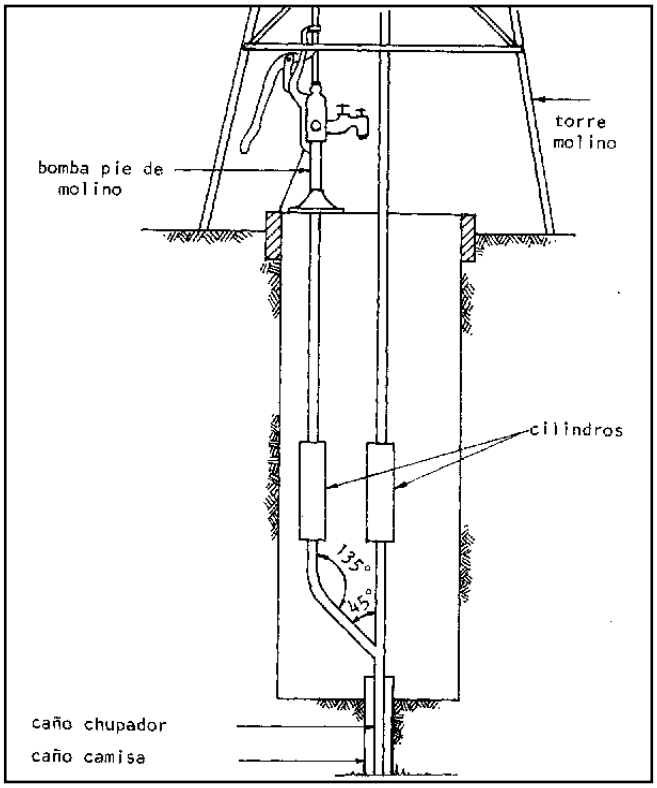


Figura 13-50.- Dos cilindros instalados con un solo caño chupador.

En aquellos casos en que la napa se encuentre próxima a la superficie, resulta de gran utilidad la instalación de este sistema. Esto permite un normal abastecimiento de agua, aún cuando se produzcan roturas en la varilla o en el cilindro principal.

No obstante, una profundidad grande de la napa puede hacer costosa la ventaja de este sistema de doble cilindro debido a la cantidad de metros de caño elevador a instalar.

La ventaja es que se ahorra una perforación y el consiguiente caño chupador y encamisado. Cuando funciona uno de los cilindros, la válvula del otro impide la aspiración de aire.

INSTALACIÓN DE UN CILINDRO CON DOS CAÑOS CHUPADORES

En algunos casos puede ser conveniente que un solo cilindro aspire alternativamente de dos distintas fuentes. Un ejemplo puede ser el aspirar de un tajamar, y cerrado el paso desde este por una llave exclusa y abierta la otra llave, aspirar de una napa salina, con o sin recarga de la misma por el tajamar, surtiendo ambas fuentes a un mismo tanque para mezcla de aguas.

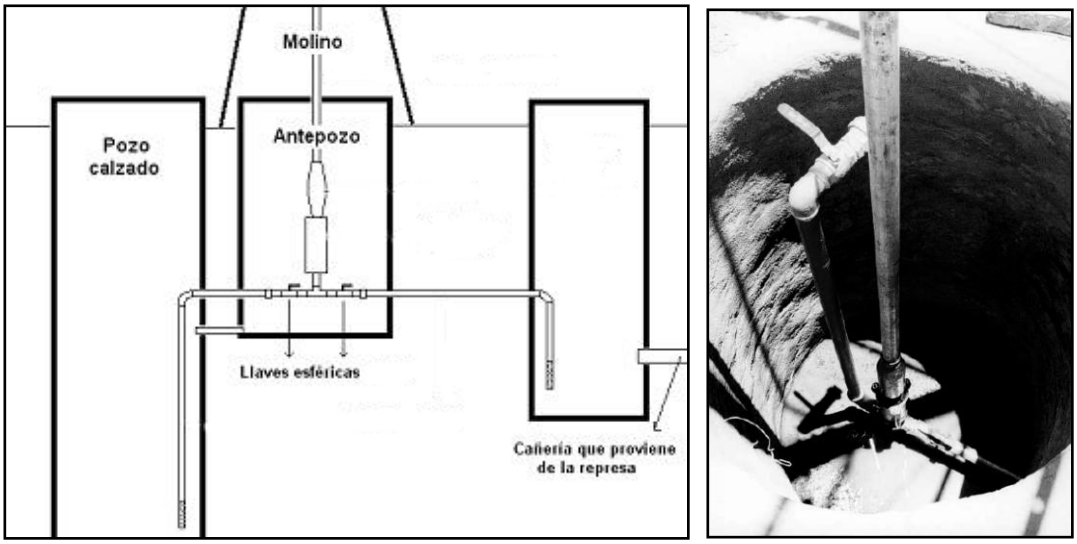


Figura 13-51.- Esquema de un molino cuyo único cilindro succiona agua de un tajamar y alternativamente de una napa. Ver las dos llaves exclusas en ambos caños de aspiración. El antepozo tiene un desagote al pozo que va a la napa. Pozo y antepozo están calzados y tienen brocal y tapa (E.E.A. INTA Sgo. del Estero).

MALACATE

Aunque es un sistema que ha caído en desuso, aún se lo encuentra en algunas zonas de nuestro país. Puede ser aplicado para el accionamiento de una noria o de un cilindro.

Consiste esencialmente en dos ruedas dentadas dispuestas en ángulo recto. La rueda horizontal está unida a una vara de hierro o madera que se unce a un equino, asno o buey, el cual se desplaza en círculos. De este modo, la rueda vertical gira, pudiendo actuar por dos mecanismos: en el primer caso imprime un movimiento rotatorio a un eje que mueve una noria o acciona la varilla del cilindro (fig. 13-52); en el segundo sistema, tiene fija en forma excéntrica una varilla de hierro vertical, que mueve una palanca horizontal, la cual a su vez mueve la varilla del cilindro (fig. 13-53).

El malacate, por la fuerza del animal, permite accionar un cilindro de carrera amplia, con lo que en cada movimiento extrae un caudal apreciable.

Con el malacate se pueden usar depósitos de agua de menor tamaño que con un molino, dado que no hay peligro de falta de agua por escasez de viento o rotura de la máquina del molino.

La carrera del pistón se regula desde la superficie, según la unión de las varillas verticales con la rueda vertical.

Otra ventaja del malacate es su gran economía de adquisición y de instalación con respecto al molino o bombas impulsadas por motores. Su inconveniente radica en la mano de obra necesaria para su funcionamiento.

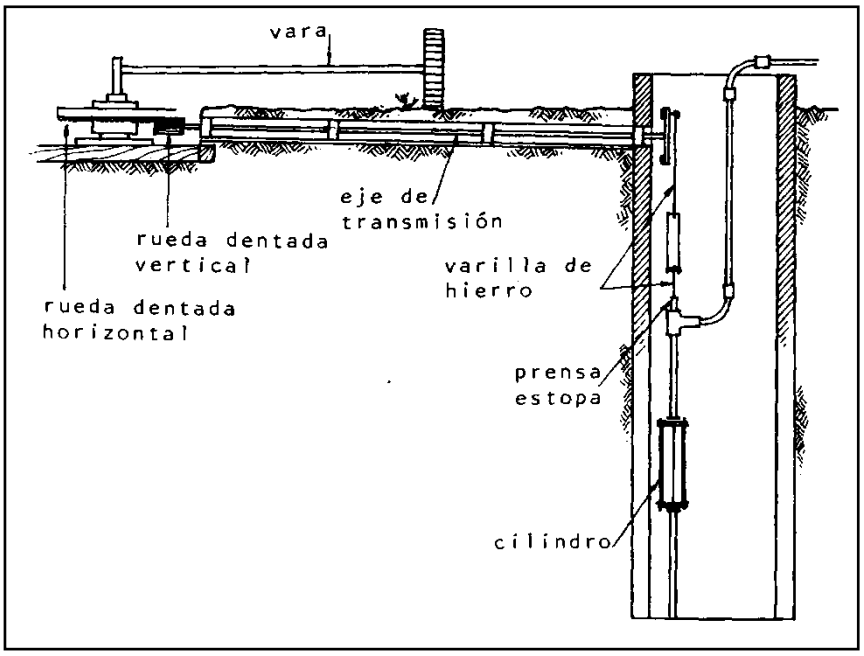


Figura 13-52.- Malacate que mueve un eje, el cual a su vez transmite el movimiento a la varilla de un cilindro.

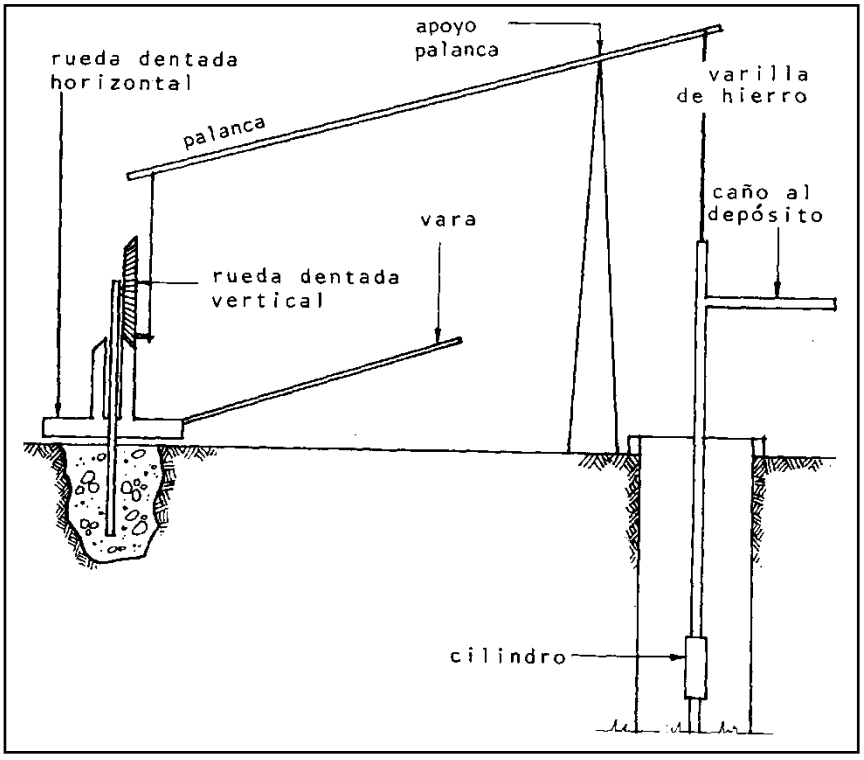


Figura 13-53.- Malacate que por un sistema de palancas mueve la varilla de un cilindro.

RUEDA MANUAL

En algunos países se emplea una rueda accionada por el hombre, cuyo eje gira sobre bolilleros y en el extremo tiene una barra transversal que al girar acciona la varilla del émbolo de un cilindro.



Figura 13-54.- Rueda manual que acciona un cilindro.

RUEDA HIDROPULSADA, HIDRÁULICA O RIOBOMBA

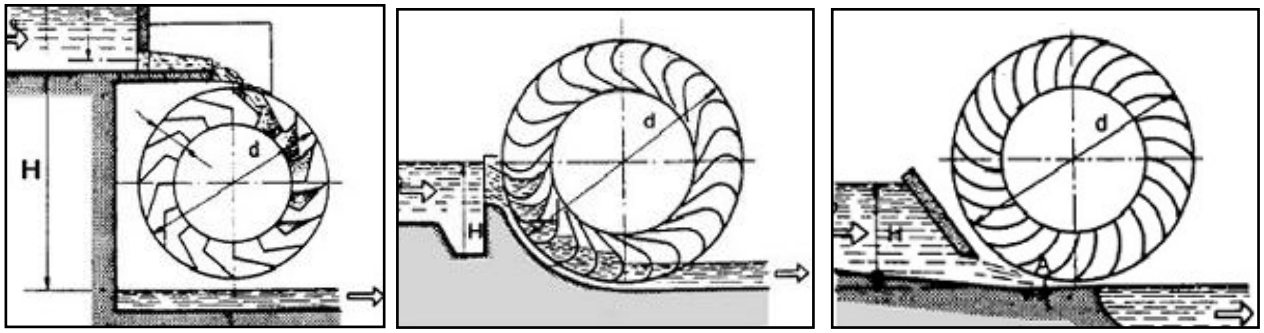
Una rueda con paletas o rueda hidráulica de corriente libre, que recibe el impulso de una corriente de agua, puede transformar, mediante un sistema de biela-manivela excéntrico, el movimiento rotativo continuo en vertical u horizontal alternativo, y accionar uno o dos cilindros reciprocantes. De esta forma, se puede elevar agua del mismo curso o de una perforación a un depósito.

La rueda aprovecha la energía cinética del agua que circula por un río, arroyo, canal o acequia de poca pendiente. Es una alternativa cuando no hay posibilidades de aplicar un sistema de elevación de agua basado en un salto o caída de agua como fuente de energía (arietes, turbobombas).

Las dimensiones principales de la rueda (diámetro y ancho) dependen de la velocidad del agua, de la sección transversal de la corriente de agua y de la cantidad de agua que se desea bombear.

Tabla 13-6.- Medidas estandarizados de ruedas hidropulsadas, hidráulicas o riobombas.

Diámetro de la rueda		2,40 a 6 metros
Ancho de la rueda		1,40 a 6 metros
Sistema de bombeo	Diámetros	2 ½, 4, 6 y 8 pulgadas.
	Carreras	10, 20, 30, 40, 50 y 60 cm
	Caudal de bombeo	Mínimo 0,5 l/s; máximo 20 l/s



Figuras 13-55.- Ruedas hidropulsadas, hidráulicas o riobombas, con canal de alimentación
a) superior; b) a la altura del eje o lateral y c) inferior.

- Las ruedas hidropulsadas desde la parte superior (rueda gravitatoria pura) se emplean en lugares donde hay alturas suficientes y caudal reducido. Su rendimiento es bastante alto (80 a 90 %).

- Las ruedas hidropulsadas con canal de alimentación a la altura del eje tienen una eficiencia menor. Se necesita un empaque entre la rueda y el canal de alimentación (papera) para conducir el agua. Se emplean en los casos en que hay frecuentes cambios en el nivel de agua de entrada y salida.
- Las ruedas hidropulsadas con canal de alimentación inferior aprovechan solamente la impulsión de la corriente de agua. Su rendimiento es muy bajo (15 a 20 %) en el caso de un canal de alimentación forzado. Es más bajo aún en el caso de que el agua pueda desviarse a los lados de la rueda.



Figuras 13-56.- Rueda hidropulsada sin instalar e instalada con canal de alimentación superior por medio de un caño, haciendo funcionar una bomba.

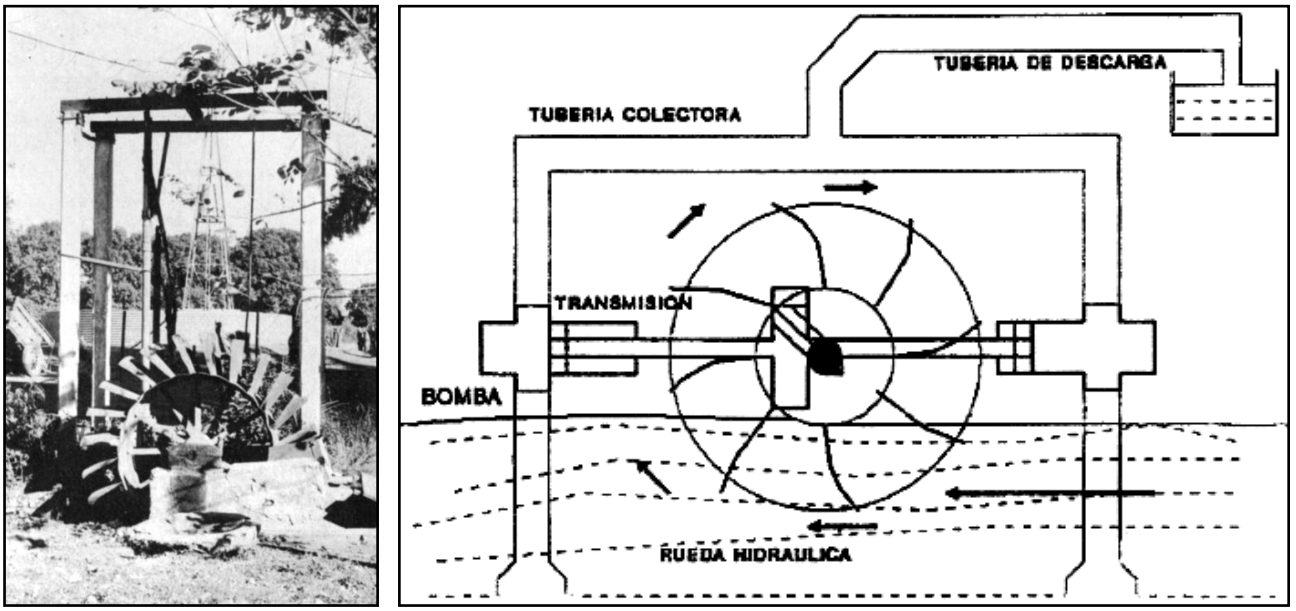


Figura 13-57.- Rueda hidropulsada con canal de alimentación inferior forzado, movida por el agua de una acequia, que acciona un cilindro colocado en superficie. Atrás se ve el tanque australiano y un molino. Establ. del Sr. Antonio Restovich, Río Cuarto, Cba.

Figura 13-58.- Rueda hidropulsada o riobomba de alimentación inferior con dos cilindros que trabajan alternados.

Al mismo tiempo que se accionan los cilindros, es factible acoplarle equipos para generar energía eléctrica o impulsar equipos mecánicos.

TURBOBOMBA

La turbobomba consiste en el acoplamiento de una turbina tipo Michell-Banki a una bomba centrífuga, lo que se realiza mediante correas planas o trapezoides (en V) y poleas que aumenten las revoluciones en la bomba con respecto a la turbina. El agua que hace funcionar la turbina, ingresa luego en su mayor parte a la bomba centrífuga.

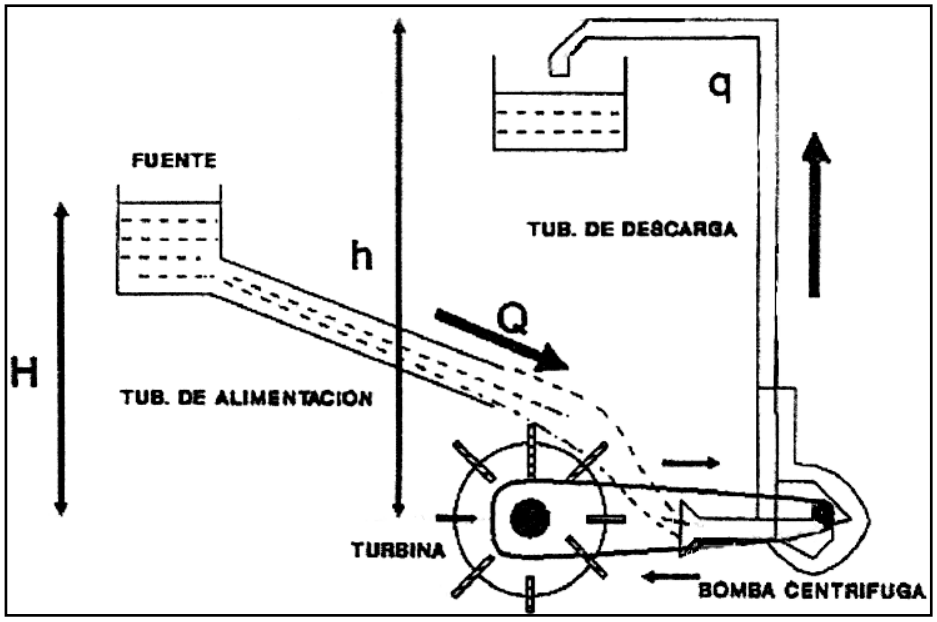


Figura 13-59.- Turbobomba

La turbina, en la misma forma que la rueda hidropulsada, se pueden construir en forma artesanal en talleres mecánicos con materiales de muy bajo costo. No hay tamaños estandarizados, por lo que deben calcularse para cada instalación.

Normalmente se pueden emplear en corrientes de agua con caudales de 30 a 1500 litros/segundo (Q) con saltos o desniveles de agua (H) de 2 a 25 metros, bombeando hasta una altura (h) de 60 metros y 70 litros/segundo (q). Con saltos hidráulicos de cinco a 30 metros de altura y caudales de accionamiento de 300 a 1.800 litros por minuto, se ha elevado a 200 metros de altura de 12 a 145 metros cúbicos de agua diarios.

La turbina puede generar electricidad en forma simultánea al bombeo, con potencias de hasta 60 Kw.

MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Se pueden agrupar en dos tipos, de acuerdo al combustible que utilizan: motores nafteros y motores diesel.

Los primeros tienen un costo de adquisición inferior a los motores diesel, pero el precio del combustible y su consumo relativamente alto, los colocan en inferioridad de condiciones para su uso con respecto a los últimos. Los motores diesel tienen un precio de adquisición más alto, pero su costo de funcionamiento es menor.

Al igual que los nafteros, los diesel pueden ser refrigerados por agua o aire, siendo estos últimos los más usados por presentar menos problemas de mantenimiento.

El acoplamiento del motor con la bomba puede realizarse mediante poleas con correas planas o trapezoides.

Los motores diesel son, generalmente, de velocidad lenta. Para el accionamiento de bombas, se requieren de 1200 a 2800 rpm que se alcanzan en el eje de la bomba mediante poleas en motor y en bomba de diámetro adecuado.

El consumo promedio de los motores diesel es de 200 g de combustible/HP/hora.
Las normas de mantenimiento son:

- Control periódico de los niveles de aceite y agua, esto último en los refrigerados por ella.
- Cambio de aceite de acuerdo a la frecuencia especificada en el manual de instrucciones.
- Cambio de filtros de combustible y de aceite.
- Limpieza del filtro de aire y reposición de aceite del mismo.

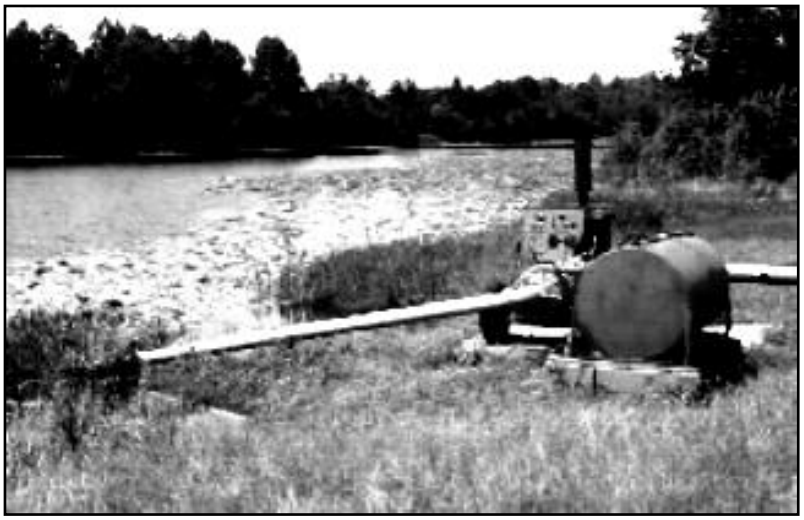


Figura 13-60.- Equipo motor explosión, bomba y tanque de combustible, extrayendo agua de un estanque para cargar un tanque australiano.

AUTOMÁTICO PARA DETENCIÓN DE LOS MOTORES NAFTEROS

A los motores nafteros se les puede colocar un sistema muy simple para detenerlos automáticamente cuando el depósito de agua alcanza el nivel deseado. Se conecta a la bujía del motor un extremo de un cable de electricidad para exteriores (forrado, impermeable) y cuyo otro extremo se lleva hasta el interior del depósito de agua a la altura que se desea llegue el agua. Cuando el nivel del agua en el depósito sube hasta contactar con el extremo libre del cable, se hace tierra y el motor se detiene.

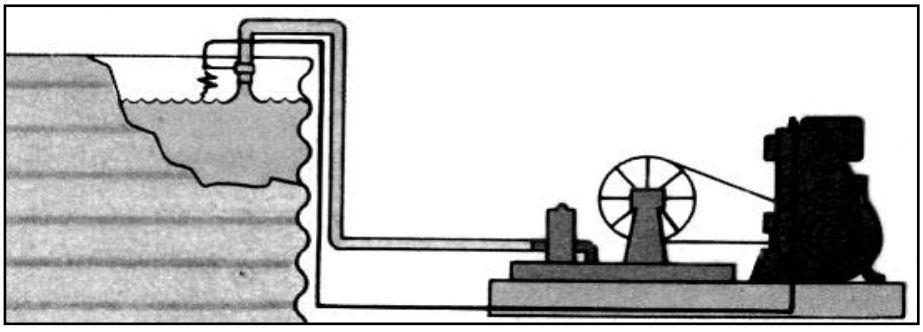


Figura 13-61.- Esquema de la instalación de un automático para detención de motores nafteros

MOTORES ELÉCTRICOS

Resultan más prácticos que los motores de explosión, por la sencillez de su mantenimiento. Su empleo dependerá de la posibilidad de obtención de fluido eléctrico en el lugar de bombeo y del costo de dicha energía.

Existen varios factores que determinan su elección sobre otro tipo de máquinas motrices:

- Su sencillez de instalación y operación.
- Robustez y excelente rendimiento mecánico (90-92 %).
- Dimensiones reducidas.
- Funcionamiento seguro y uniforme.
- Costo inicial relativamente bajo y costo operacional mínimo.
- Vida útil de 30.000 a 40.000 horas, frente a 7.000 a 12.000 horas de los motores a explosión.
- Pueden ser montados directamente en el extremo del eje de la bomba, pues funcionan tanto vertical como horizontalmente.

La corriente eléctrica de alimentación generalmente es trifásica. La bifásica prácticamente no se emplea (únicamente en motores pequeños).

En la elección de los motores eléctricos se deben prever caídas de tensión del orden del 10 al 15 % y deben poseer un blindaje hermético que los proteja del medio (motor blindado). En el caso de instalarse en el interior de un pozo, se evitará el contacto del motor con el piso para resguardarlo de la humedad. Se recomienda su montaje unos 50-60 cm sobre el nivel de humedad visible en las paredes del pozo. En esas condiciones, el efecto de la humedad se contrarresta por la acción del ventilador y del calentamiento normal del motor.

En cuanto a la dimensión de los cables, puede establecerse que, para longitudes menores de 100 m, se admiten 3 a 4 amperes/mm^2 de sección de cable. Para longitudes superiores, es necesario el empleo de cables de mayor grosor, pues, en este caso, el límite máximo es de 2 amperes por mm^2 de sección.

El régimen de estos motores está entre las 900 y 2800 rpm.

CONSUMO EN MOTORES

Se deben obtener del manual del fabricante del motor, pero una orientación sobre el consumo por CV por hora es la siguiente:

Tabla 13-7.- Consumo promedio de motores

Motores a nafta	0.339 litros/CV/h
Motores a gasoil	0,259 litros/CV/h
Motores eléctricos	0,858 KWh/CV/h

REGULADORES AUTOMÁTICOS DE NIVEL DE AGUA

Para que los motores eléctricos no funcionen inútilmente sacando agua y haciendo desbordar los tanques, se colocan los reguladores automáticos de nivel del agua en el depósito, conectados mediante cables al motor eléctrico.

Un sistema trabaja con un interruptor de mercurio dentro de una cubierta de plástico, que cuelga libremente a la altura deseada dentro del depósito, suspendido de su propio cable. Cuando el nivel del agua llega al regulador, éste cambia de posición (se horizontaliza) y el interruptor de mercurio interrumpe el circuito y detiene el motor de la bomba, aunque el mismo esté a gran distancia. Por el contrario, cuando el nivel baja, el regulador se verticaliza, y la bomba se pone nuevamente en marcha.

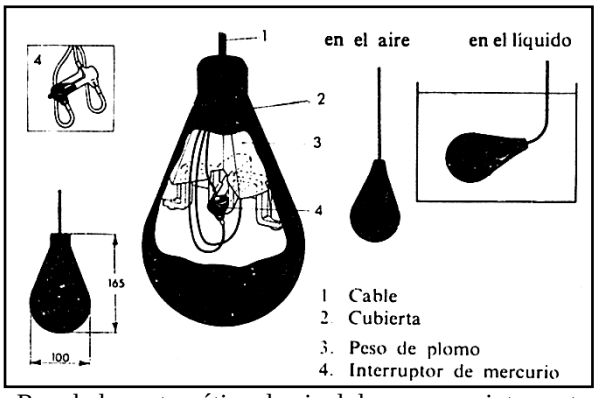
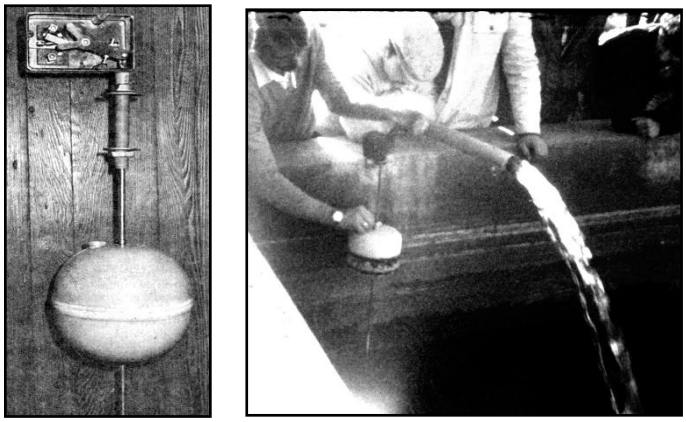


Figura 13-62.- Regulador automático de nivel de agua con interruptor de mercurio.

Otro sistema es electromecánico. Consiste en una varilla sobre la que sube o baja un flotante, según el nivel deseado en el depósito. Cuando sube hasta el nivel deseado, acciona el interruptor y detiene el motor eléctrico y cuando baja del nivel deseado, conecta nuevamente el circuito y la bomba se pone en marcha.

Ambos sistemas también pueden conectarse a una alarma de llenado o vaciado del depósito. Se deben seguir las instrucciones del fabricante con respecto a las conexiones eléctricas.



Figuras 13-63.- Regulador automático de nivel de agua electromecánico.

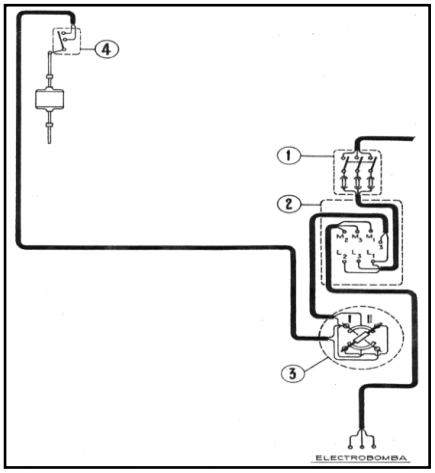


Figura 13-64.- Esquema eléctrico de la instalación de una electrobomba con regulador automático de nivel de agua: 1) Interruptor manual con fusibles; 2) Interruptor automático protector del motor; 3) Llave conmutadora para el mando desde el regulador automático de nivel de agua o directo; I) Posición para comando del regulador automático y II) Posición para comando directo; 4) Regulador automático de nivel de agua.

TOMA DE POTENCIA DE TRACTOR

Un equipamiento común en los tractores es la toma de potencia, mal llamada de fuerza, que posee innumerables funciones, entre las cuales figura el accionamiento de equipos de bombeo. La velocidad de la toma de potencia se encuentra estandarizada en las distintas marcas de tractores en 540 rpm a 2200 rpm del motor. No obstante, algunos tractores pueden operar a regímenes de 1000 vueltas por minuto en la toma de potencia.

La unión entre la toma de potencia y el equipo de bombeo se realiza a través de un eje provisto de juntas cardánicas.

POLEA DE TRACTOR

Actualmente constituye un equipo opcional que se instala generalmente en la parte posterior del tractor, y es accionado por el eje de la toma de potencia. Con el motor operando a 2200 rpm., la polea gira a 930 rpm.

Este implemento se utiliza en equipos de bombeo mediante correas planas. Es muy importante la correcta alineación entre la polea y el equipo de bombeo.

Para el uso de este mecanismo y del anterior, las recomendaciones en lo referente a normas de seguridad son las siguientes:

- Comenzar la operación del equipo de bombeo en forma lenta.
- No dejar el tractor en funcionamiento cuando se realicen ajustes en el equipo de bombeo, aunque la toma de potencia o la polea están desconectadas.
- No usar un palo para quitar o colocar la correa estando la polea en movimiento.
- Evitar el uso de ropas sueltas por el peligro de ser enganchadas por las piezas en movimiento.



Figura 13-65.- Bomba de eyectores de dos caños a primera napa accionada por polea de tractor colocada al pie de un molino. Obsérvese la correcta alineación del tractor con la bomba y los caños y bomba envueltos en bolsas para protegerlos de las heladas. Cabaña El Centinela, de Guillermo J. J. Bavera, Roberts, Pcia. de Bs. As.

La tabla 13-8 permite la determinación de la medida de la polea a usar en el equipo de bombeo para obtener los regímenes deseados.

Tabla 13-8.- Rpm en el equipo de bombeo - Diámetro de la polea del equipo

rpm deseadas en equipo de bombeo	Diámetro requerido de la polea
600	49,6 cm
800	37,2 cm
1.000	29,8 cm
1.400	21,3 cm
1.800	16,6 cm
2.200	13,5 cm
2.600	11,5 cm
3.000	9,9 cm

ENERGÍA SOLAR, FOTOVOLTAICA (FV) O GENERACIÓN ELÉCTRICA SOLAR (GES)

El sol emite sobre la tierra en tan solo una hora la misma cantidad de energía que consume toda la humanidad en un año. Es una fuente de energía no contaminante, renovable y gratuita.

El sistema de aprovechamiento de la energía del sol para producir energía eléctrica se denomina conversión fotovoltaica (foto = luz; voltaje = electricidad), que se abrevia FV. Se emplean para ello paneles solares planos o colectores fotovoltaicos, que están conformados por semiconductores de silicio amorfo o el ultraeficiente silicio monocristalino, componiendo células o celdas que captan la energía solar y la transforman en energía eléctrica.

Generalmente los paneles solares están compuestos de 33 a 36 celdas que producen ½ voltio cada una y que están ensambladas en una sola unidad resguardada contra los factores ambientales.

La capacidad de generación depende del tamaño del panel y del recurso solar disponible en el lugar de su instalación, por lo que se deben diseñar de manera que la energía a generar debe ser equivalente a la requerida por los consumos conectados. El cálculo se realiza para los meses de más bajo nivel de insolación (invierno).

El panel solar debe estar posicionado en tal forma que la luz solar sea utilizada al máximo. En el hemisferio sur, deberá estar orientado al norte verdadero y en el hemisferio norte al sur verdadero.

Para un óptimo rendimiento de corriente directa del panel solar, el mismo debe tener el ángulo de inclinación correcto en relación a la línea horizontal, el cual debe ser seleccionado de acuerdo a la latitud en la que se instala. Nunca el ángulo de inclinación deberá ser menor de 15º.

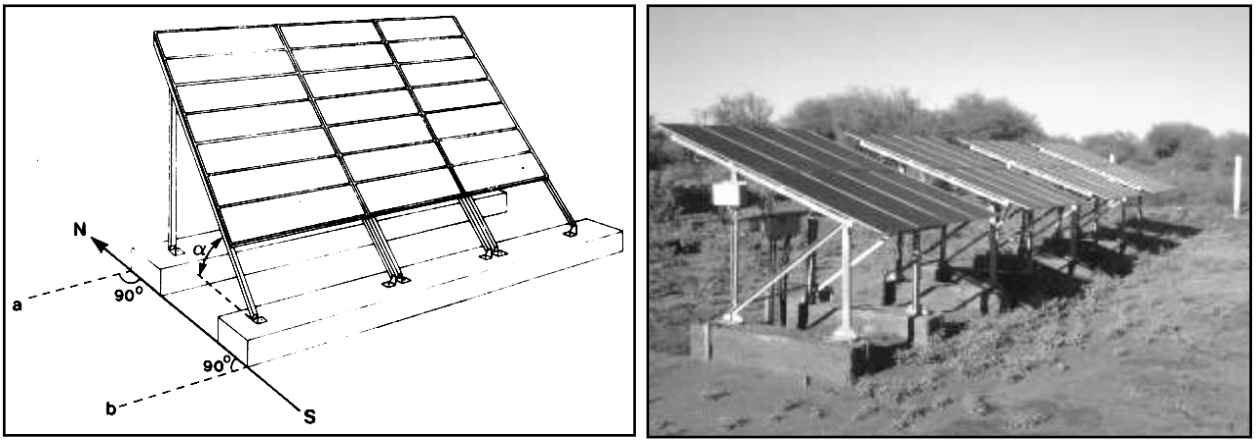


Figura 13-66.- a) Orientación e inclinación de los paneles solares; b) Batería de paneles solares que alimentan una electrobomba sumergible correctamente inclinados y orientados para la zona donde se encuentran instalados.

La producción de electricidad se toma en un promedio de seis horas diarias. Se pueden colocar los paneles sobre un orientador o rastreador solar, que hace seguir a los mismos el movimiento solar. De esta forma se consigue un 20 % más de efectividad, aunque en este caso tendríamos un sistema mecánico con posibilidades de ruptura. Hay que estudiar si ese 20 % más no conviene lograrlo colocando otro módulo solar.

El principio fundamental del bombeo solar es bombear un caudal instantáneo relativamente bajo pero ininterrumpidamente durante el mayor número de horas diarias que la localidad permita. Este método contrasta con el tradicional donde las bombas son accionadas por motores de alta potencia, los que bombean agua por un corto período de tiempo pero en cantidad elevada.

Los paneles fotovoltaicos y las baterías producen corriente continua (CC). La corriente fluye en una dirección y la polaridad es fija, definida como positiva (+) y negativa (-). El voltaje nominal del sistema puede estar entre 12 y 180 V. Por ello es necesario colocar también un inversor, que es un dispositivo electrónico que convierte bajo voltaje de corriente continua (CC) a alto voltaje de corriente alterna (CA). En los sistemas eléctricos solares, un inversor puede convertir 12, 24 ó 48 voltios CC en 115 ó 240 voltios CA.

El equipamiento básico consiste en el panel solar que convierte la energía solar en energía de 12 Volts. A partir de allí hay 2 opciones: usar electrobombas sumergibles que funcionen con 12 Volts (caudales pequeños) o implementar un inversor de corriente que transforme los 12 Volts en 220 Volts para que funcionen las electrobombas convencionales.



Figura 13-67.- Inversor de corriente DC/AC colocado bajo los paneles que transforma los 12 volts que producen los mismos en 220 volts que envía a la electrobomba.

A medida que los caudales que se requieran sean mayores o aumente la altura manométrica total implicará mayor número y/o tamaño de los paneles solares y del inversor de corriente.

Si el uso que se quiera dar al equipo además de ganadero es doméstico, la bomba debe funcionar haya o no radiación solar para cubrir los servicios de la casa. Por lo tanto, es necesaria la instalación de acumuladores y regulador. Así el bombeo funcionará en cualquier momento del día o de la noche. Es otro tipo de bombeo solar de accionamiento indirecto.

Si los consumos domésticos a abastecer son de corriente alterna (110 o 220 Volts) es necesario intercalar un inversor DC/AC entre el banco de baterías y estos consumos.

La mayoría de las bombas de agua para uso ganadero o agrícola trabajan por el sistema fotovoltaico directo, es decir, en forma diurna, utilizando la energía directamente del panel solar, sin baterías de almacenamiento para guardar o estabilizar la energía eléctrica y empleando un tanque para almacenar el agua. Al no existir un banco de baterías, se simplifica la instalación y el mantenimiento, aumentando su movilidad y la vida útil y bajando su costo.

Se pueden instalar bombas sumergibles de 115 a 230 volt y de ½ a 5 HP.

Bajo el panel solar se coloca un controlador de la bomba o reforzador de corriente lineal (LCB), al cual no deben llegar los rayos solares. Es un dispositivo electrónico que controla o alimenta de energía a una bomba fotovoltaica directa, variando el voltaje y la corriente producida por el panel solar. Permite que la bomba

arranque y funcione bajo condiciones de escasa luz sin que se interrumpa el flujo, puede parar y arrancar la bomba, protegerla contra picos de corriente o sobrevoltaje y convertir o equilibrar la potencia.

Se debe colocar una buena conexión a tierra para proteger el sistema solar de bombeo contra sobrecargas momentáneas de voltaje que puedan ser causadas por la caída cercana de rayos. La jabalina de tierra debe estar colocada lo más cercana posible al panel para evitar cables largos.

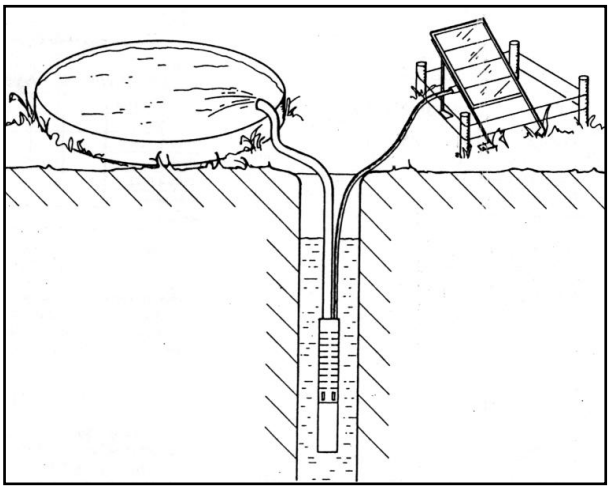




Figura 13-68.- Esquema de una instalación con panel solar, bomba sumergible y tanque australiano.
Figura 13-69.- Panel solar de cuatro módulos con orientador empleado en una bomba sumergible.

Cuando se necesite abrir las cajas terminales o hacer conexiones eléctricas, hay que cubrir la cara de los módulos solares (lado de vidrio) con un material opaco (plástico negro, mantas, etc.) para evitar daños personales y prevenir daños al sistema.

Es imprescindible cercar los paneles solares y el sellado de la perforación para evitar sean dañados por los animales. El cerco debe ser colocado de tal forma que en ningún momento del día proyecte sombra sobre el panel solar.

El convertidor puede ser conectado a una batería, con un regulador de carga de batería por separado.

La altura de elevación desde la bomba sumergida hasta el lugar de descarga no puede ser mayor de 120 m, pero para esto se necesitan bombas especiales y el caudal es bajo. En general, para nuestras condiciones de campo, no se recomiendan más de 40 m de elevación.

En estas condiciones, los caudales pueden estar en los 7 litros/minuto.

Los costos de instalación son en general inferiores a los de un molino.

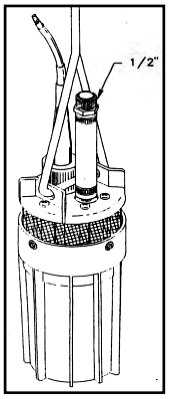


Figura 13-70.- Electrobomba para panel solar

Las reparaciones o recambios de las instalaciones eléctricas de los paneles, del inversor o de la electrobomba lo tienen que hacer personal técnico especializado.

MICROTURBINAS

A medida que se fue generalizando la utilización de la electricidad, empezaron a surgir pequeñas instalaciones que aprovechando los saltos de agua, proporcionan electricidad para casas, barrios e incluso pueblos enteros.

La energía hidráulica es fácil de controlar y aprovechar. Incluso una instalación pequeña que utilice aparatos de poca potencia, tiene una producción energética importante, debido a que puede funcionar de forma continua, día y noche.

La fuente de agua puede ser un arroyo, un canal u otra forma de corriente capaz de suministrar la cantidad y presión de agua necesarias a través de la tubería de alimentación para establecer la operatividad del sistema hidroeléctrico. Existen tres tipos principales de turbinas: Francis, Kaplan y Pelton, cada una de ellas con sus características particulares de funcionamiento que se adecuan al caudal y al salto de agua disponibles, siendo las del tipo Pelton las más empleadas por su versatilidad para operar en amplios rangos de caudales y presiones.

Estas máquinas son capaces de transformar la energía hidráulica en energía mecánica en su eje de salida, que acoplado a un generador permite la producción de energía eléctrica.

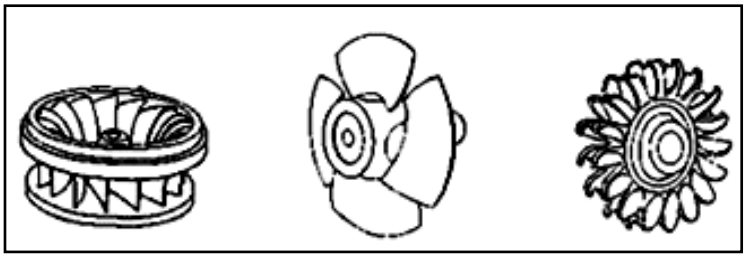


Figura 13-71.- Microturbinas Francis, Kaplan y Pelton

Turbina Francis: Puede ser instalada en una amplia gama de aprovechamientos, de pequeños a grandes caudales y saltos.

Turbina Kaplan: Se adaptan muy bien en aprovechamientos de caudales altos y pequeños saltos.

Turbina Pelton: De las más utilizadas, recomendada en aprovechamientos de caudales relativamente bajos, y grandes saltos.

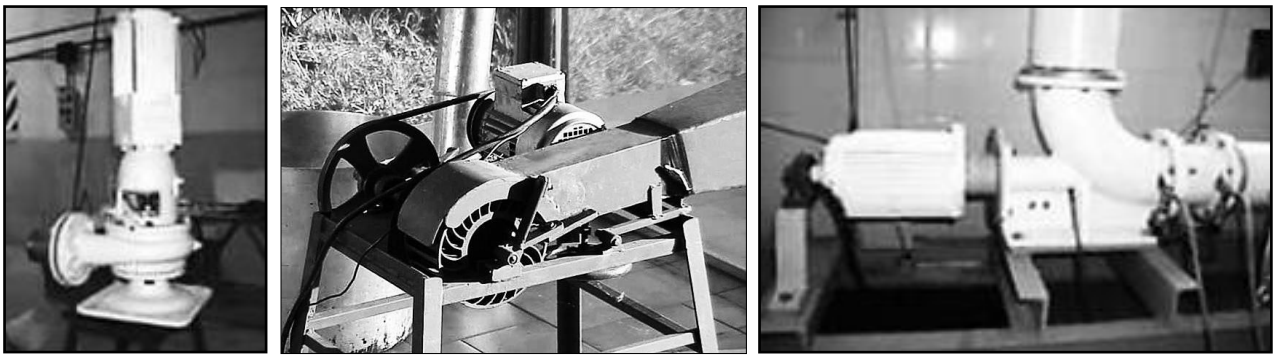


Figura 13-72.- Microturbina tipo Francis de 1,5 KW de potencia eléctrica que opera con 17 m de altura y un caudal de 15 litros/segundo (Industrias Giacobone); Figura 13-73.- Microturbina tipo Francis. Figura 13-74.- Microturbina tipo hélice o Kaplan de 1 kW de potencia eléctrica que opera con 3 m de altura y un caudal de 50 litros/segundo (Lab. de Máquinas Térmicas e Hidráulicas de la Fac. de Ingeniería de la UNRC).

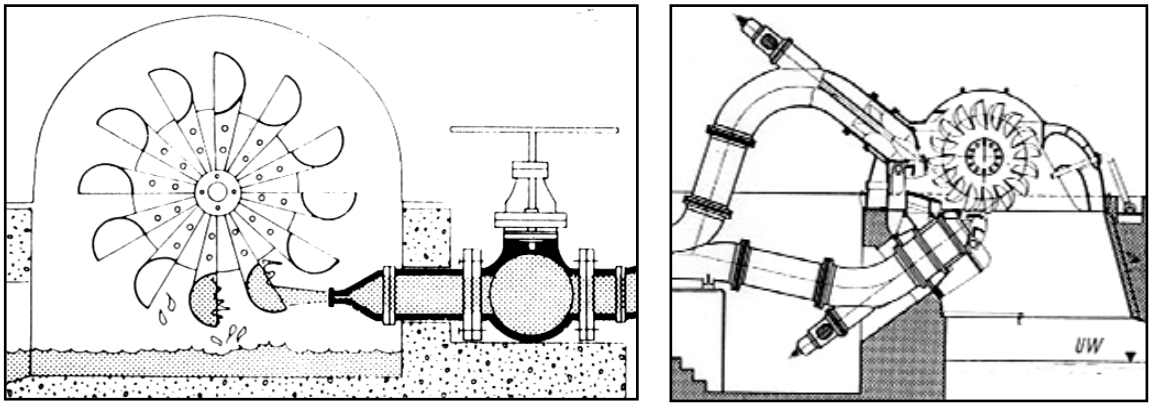
Como en los demás sistemas de energías renovables, la electricidad producida (a 12 V) puede ser acumulada en baterías, para ser usada cuando más se necesite. Actualmente existen microturbinas hidráulicas que generan directamente corriente a 220 V CA y poseen incorporados todos los elementos necesarios para ser instalados y utilizados de forma sencilla y con mínimo mantenimiento.

RUEDA O MICROTURBINA PELTON

La rueda Pelton, inventada por el norteamericano Lester Allan Pelton (1829-1908) y patentada en 1889, es una turbina de alta presión o de chorro libre que funciona a impulsos, accionada por pulsaciones o chorros de agua, y que conectada a un generador produce electricidad. Es notable su suavidad de giro y su buen funcionamiento a carga parcial. La rueda, en la mayoría de los casos, tiene orientación vertical.

Funciona con caudales bajos, ya que solo aprovecha la energía gravitacional del agua, por lo que es necesario una caída o desnivel mínimo de unos 5 metros en un curso de agua. El agua entubada en una cañería sale con alta velocidad por dos o cuatro boquillas o toberas, chocando a alta presión con los alabes, copas o semiesferas montadas en la periferia de una rueda e impulsándolas a bastante velocidad por el impacto y la desviación del chorro. El chorro de agua no golpea a las copas en el punto medio, sino cerca del borde, con lo que la rueda se mueve más rápido. La energía cinética perdida por el chorro (en algunas instalaciones la velocidad del chorro llega a más de 150 m/seg) se convierte en energía giratoria de la rueda de la turbina, aumentado la velocidad de la misma.

La tobera está provista de una aguja de cierre para regular el caudal, constituyendo el conjunto el órgano de alimentación y de regulación de la turbina. Ajustando la velocidad del chorro hasta que sea igual al doble de la velocidad de las paletas, la mayoría de la energía se convierte en producción útil. La turbina puede estar provista de una a cuatro toberas, según el caudal disponible y la potencia deseada.



Figuras 13-75.- a) Microturbina o rueda Pelton de una sola boquilla (Adapt. de Concannon, 1987).
b) Microturbina Pelton de dos boquillas

Una vez transmitida su energía a la rueda, el agua sale de los alabes a velocidad relativamente baja y es dirigida hacia el canal de desagüe. Por lo tanto, la turbina deberá estar colocada a suficiente altura sobre el nivel máximo de la crecida como para asegurar el derrame libre.

El eje de la rueda está conectado por poleas que multiplican la velocidad a un generador de electricidad.

El tamaño adecuado de los baldes es de tres a cinco veces el diámetro de las boquillas. El diámetro de la rueda que sostiene los baldes debe ser por lo menos ocho veces el diámetro del chorro. La mayor eficiencia la proporcionan las relaciones de 12 a 15 veces el diámetro del chorro. El diámetro de la rueda también determina su velocidad, ya que cuanto mas grande sea la rueda, menor será su velocidad.

La máxima eficiencia se obtiene cuando la velocidad de los cubos es la mitad de la velocidad del agua que sale por las boquillas. Conociendo la carga o altura neta del agua (altura de la caída o desnivel menos la pérdida de carga por fricción en la cañería) se puede calcular la velocidad del agua que sale por las boquillas, la que equivaldría a 4,4 veces la raíz cuadrada de la carga de agua.

Velocidad del agua desde las boquillas = 4,4 x Raíz cuadrada de la carga de agua = m/seg

Con esta información se puede diseñar una rueda Pelton que funcione a cualquier velocidad. Para impulsar un generador o alternador esa velocidad tiene que ser de 1500 a 3600 rpm. Si la rueda necesaria para alcanzar

estas velocidades debe ser muy chica, se emplean ruedas más grandes con multiplicadores de velocidad (poleas, cadenas, engranajes).

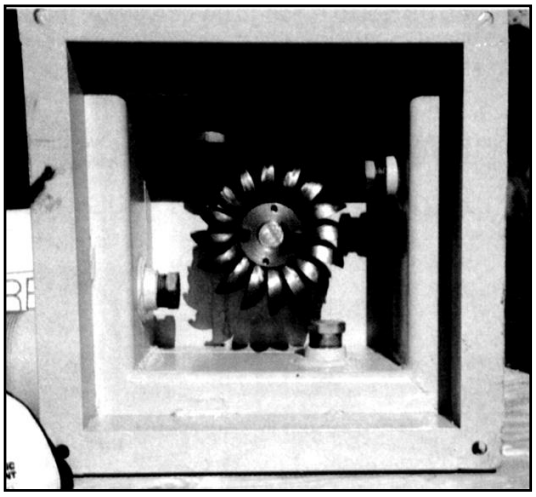


Figura 13-76.- Microturbina o rueda Pelton pequeña, con cuatro boquillas de chorros impulsores, colocada en una caja metálica abierta por un costado; a la izquierda obsérvese la entrada del caño de carga de 4 pulgadas (Concannon, 1987).

Para conocer la potencia que se puede obtener en función del desnivel o caída del agua y del caudal, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{watios/hora} = \frac{\text{metros de caída} \times \text{litros/minuto}}{10}$$

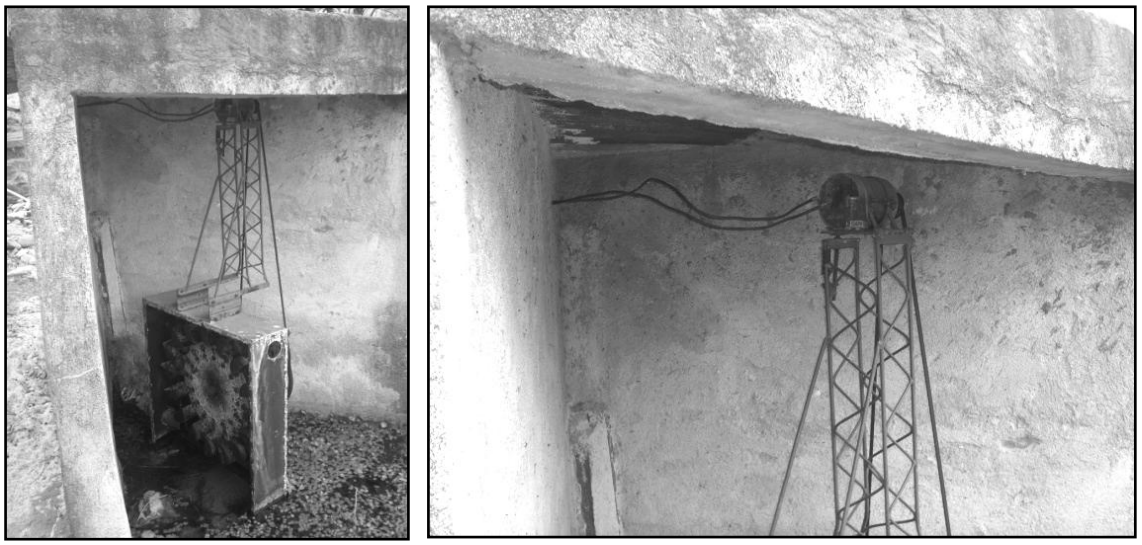
La energía obtenida puede almacenarse en baterías o enviarla directamente a una bomba.

Tabla 13-9.- Potencias (W) de microturbinas Pelton

Caída	Caudal (litros/min)					
	40 l/m	80 l/m	150 l/m	300 l/m	400 l/m	
3 m		20	50	90	120	Dimensión: 30 x 40 x 30 cm
6 m	15	40	100	180	230	
15 m	45	110	230	450	600	
30 m	80	200	500	940	1000	
60 m	150	400	900	1000		







Figuras 13-77.- Un ejemplo a) Un pequeño arroyo permanente en la sierra de los Comechingones sobre el que se construyó una represa; dos caños de salida que llevan el agua, el de menor diámetro (derecha de la foto) a un ariete hidráulico (b); el de mayor diámetro provee de agua a una rueda Pelton (c), que por una correa hace funcionar un alternador (d), el cual, para evitar que el agua lo moje, se colocó sobre una columna de hierro. La rueda Pelton y el alternador se encuentran dentro de una construcción de cemento armado en V (a, c, d), con el ángulo hacia la corriente, para evitar que una crecida, muy comunes y fuertes en los arroyos de sierra, dañe el equipo (Est. Santa. Dolores, de J. Astrada, Las Albahacas, Córdoba).

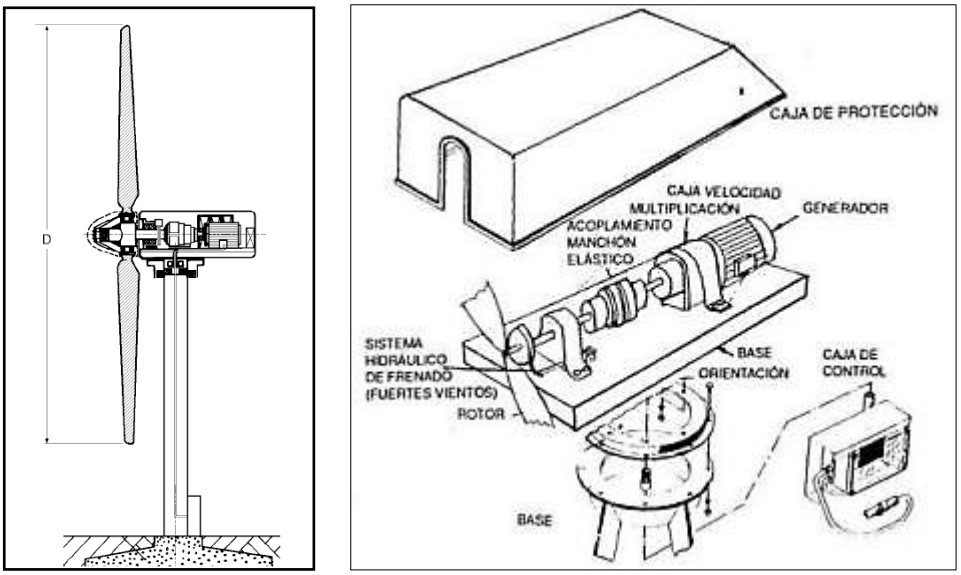
Como ejemplo ilustrativo, transcribimos algunas características de una turbina microhidráulica Pelton de fabricación industrial: construida en acero y aluminio marino anticorrosión; de 12, 24 o 48 volts; cojinetes de alta resistencia y rotor sin escobillas; sencillo intercambio del inyector para manipular el suministro del caudal; potencia máxima 750 Watios; rueda Pelton de 10 cm de diámetro; desnivel mínimo de operación 5 m y máximo 80 m; caudal mínimo 2,4 l/segundo y máximo 36 l/segundo; carcasa de aluminio; inyector de nylon cónico y alternador de imanes permanentes sin escobillas para un bajo mantenimiento.

Otro caso de fabricación industrial es el siguiente:

Turbinas "Stream Engine" equipadas con rotor Pelton, alternador con imanes permanentes, cargador de batería y divisor batería/resistencias. Producen hasta 1 Kw de potencia. Permiten acumular 24 kwh/día en baterías solares. Conectando luego el convertidor CC-CA de potencia adecuada, se obtiene 220 V-50 hz o 110 V-60 hz. Dimensiones: 40 x 40 x 30 cm. Peso: 18 kg.

AEROGENERADOR, GENERADOR EÓLICO O AEROCARGADOR

La energía del viento capturada por un aerogenerador está dada por el factor Cp o coeficiente de potencia, cuyo valor teórico máximo es de 59,3 % (límite de Betz). Los primeros generadores eólicos tenían rendimientos del orden del 10 %. En la actualidad, al ser utilizados sistemas de control que mantienen una mayor eficiencia aerodinámica, el rendimiento se encuentra próximo al 50 %.



Figuras 13-78.- Esquemas de un aerogenerador de eje horizontal

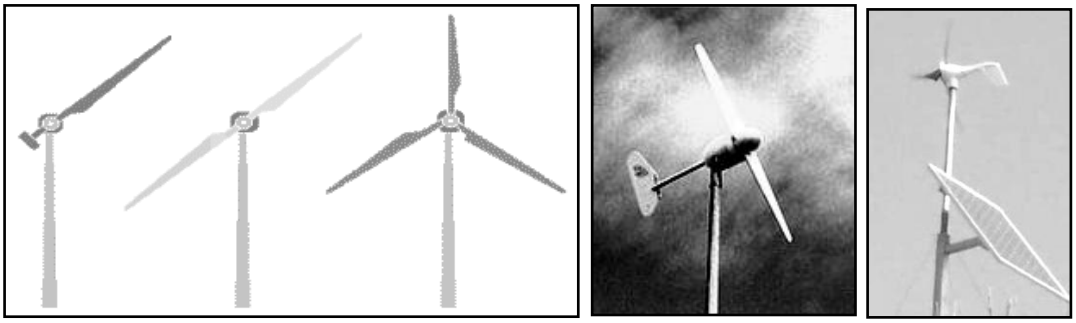


Figura 13-79.- a) Esquemas de aerogeneradores o aerocargadores mono, bi y tripala;
b) Aerogenerador bipala y c) Aerogenerador tripala acoplado a un panel solar.

La mayoría de los aerogeneradores modernos son de eje horizontal. Idealmente se obtendría un mayor rendimiento cuanto menor sea el número de palas, debido a que la estela que deja una pala es recogida por la pala siguiente, modificando el comportamiento del aire y por consiguiente, frenando a dicha pala. Idealmente, un aerogenerador de una sola pala sería el de mayor rendimiento y mayor velocidad de giro en el eje del mismo (velocidad específica), pero su par de arranque sería sumamente pobre, por lo que se optó como solución óptima al rotor de tres palas, cuya característica principal es la suavidad del funcionamiento y un ruido aerodinámico inferior a los aerogeneradores de menos palas.

Para la producción de electricidad es preferible que el rotor gire al mayor número de revoluciones posible debido a la reducción del peso y tamaño del generador eléctrico adosado y del sistema de acople entre el generador y el rotor. Los aerogeneradores bipala, tripala o cuatripala rotan a gran velocidad con poco viento, por lo que son llamados turbinas rápidas o de rotor rápido. Producen energía eléctrica mediante un proceso de dos etapas:

- Capta la energía eólica y la transforma en energía mecánica por medio de un rotor aerodinámico.
- Transforma la energía mecánica en eléctrica en un generador sincrono.

La energía eléctrica pasa luego a través de un regulador de voltaje que corrige las variaciones producidas y permite el almacenamiento de la energía eléctrica en baterías.

La corriente procedente de las baterías es repartida en dos circuitos. Uno de ellos es de corriente continua y tiene capacidad para alimentar circuitos de alumbrado y aparatos que posean resistencias ohmicas. El segundo circuito se conecta a un convertidor que cambia la corriente continua en alterna, y eleva los 12, 24 o 36 voltios de la batería a 110 o 220 voltios.

La potencia eléctrica que produce el aerogenerador permite alimentar electrobombas de hasta ½ HP.

Un molino de viento tradicional debe ser colocado directamente sobre la perforación, mientras que los sistemas eólico-eléctricos permiten ubicar la turbina en el lugar más ventajoso, usando luego un cable eléctrico que conecte el aerogenerador con la electrobomba.

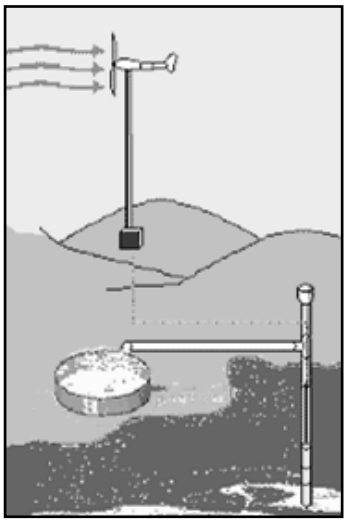


Figura 13-80.- Esquema de un aerogenerador instalado en una loma para captar mejor al viento, que por un cable lleva la electricidad a una bomba.

La energía solar, la eólica, y si es posible, la hidráulica, son complementarias y mejoran considerablemente las instalaciones en que son aplicadas dos de estas fuentes de energía al garantizar el suministro eléctrico.

"El aspecto del país es, por lo general, desolado, el clima abrasador, la tierra seca y sin aguas corrientes. El campesino hace represas para recoger el agua de las lluvias y dar de beber a sus ganados"

Sarmiento, Domingo Faustino. 1845. Facundo, Segunda Parte, Capítulo II: La Rioja.

CAPÍTULO XIV

DEPÓSITOS DE AGUA

CLASIFICACIÓN

Como el agua no puede soportar su propio peso, los depósitos de agua son un paso imprescindible entre la extracción del líquido del subsuelo o su captación de lluvia o de corrientes de agua para cubrir la necesidad de agua ocasionada por el caudal instantáneo necesario cuando abrevan los animales. Además, permiten efectuar las reservas indispensables para prevenir períodos de falta de viento o rotura de los mecanismos de extracción y elevación o de los que transmiten energía, o falta de lluvia o seca periódica de las corrientes de agua cuando éstas son las que alimentan el depósito.

En caso necesario se pueden emplear para la mezcla de aguas de lluvia y subterránea cuando la última posee un exceso de sales, de manera de obtener un agua apta para bebida del ganado.

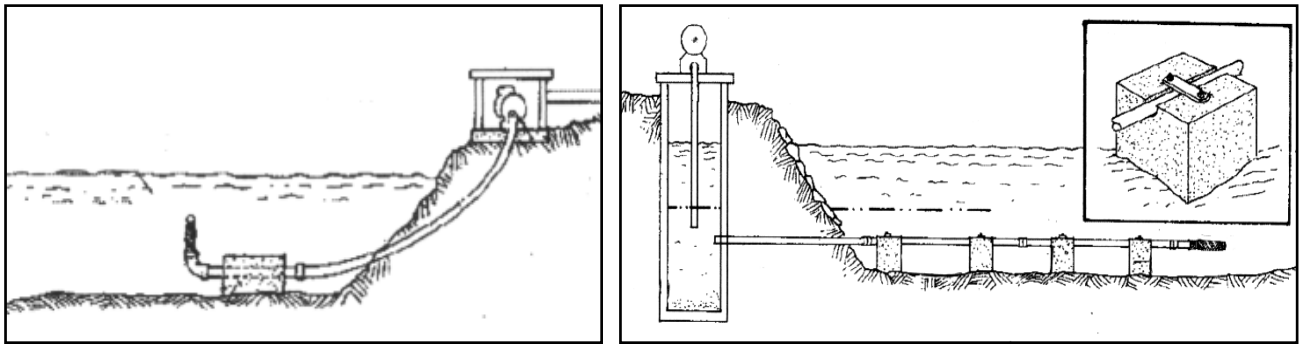
Uno de los pocos casos en que se pueden obviar estos depósitos, es el de las perforaciones horizontales, ya que el agua se encuentra en un verdadero depósito natural, y el caño por donde vierte la misma puede ir directamente a un bebedero, con flotante o válvula, siempre que la presión no impida su cierre.

Los depósitos pueden clasificarse de acuerdo a su fuente de aprovisionamiento, de la siguiente manera:

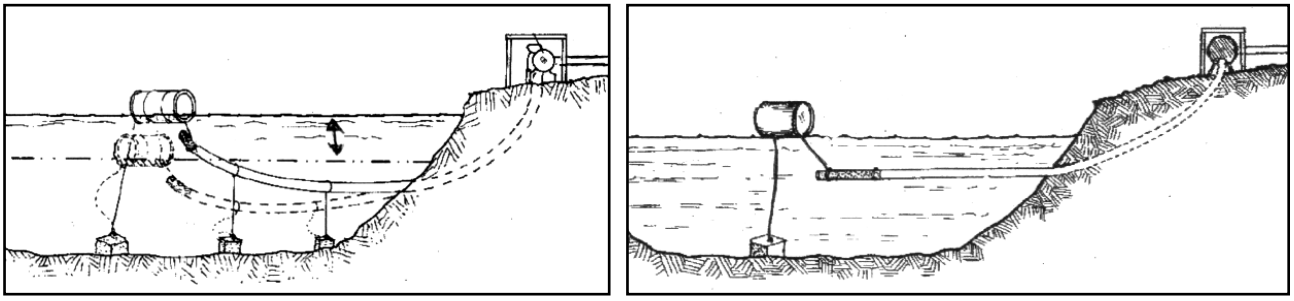
Tabla 14-1.- Clasificación de los depósitos de agua según fuente de aprovisionamiento

Aprovisionamiento por aguas vivas	Embalse
Aprovisionamiento por aguas vivas y/o de lluvia	Estanque o represa en superficie Estanque excavado o represa excavada
Aprovisionamiento por agua de lluvia	Represa tradicional o primitiva Represa o estanque excavado simple Minirepresa en cárcava Tajamar Tanque chaco o megarepresa Colector pluvial Pequeños depósitos naturales
Aprovisionamiento por agua subterránea	Embalse subterráneo Tanque australiano Tanque de ladrillos Tanque con paredes de tierra Tanque de cemento armado in situ Tanque australiano con bebedero Tanque bebedero Tanque cubierto Tanque cubierto con bóveda y bebedero

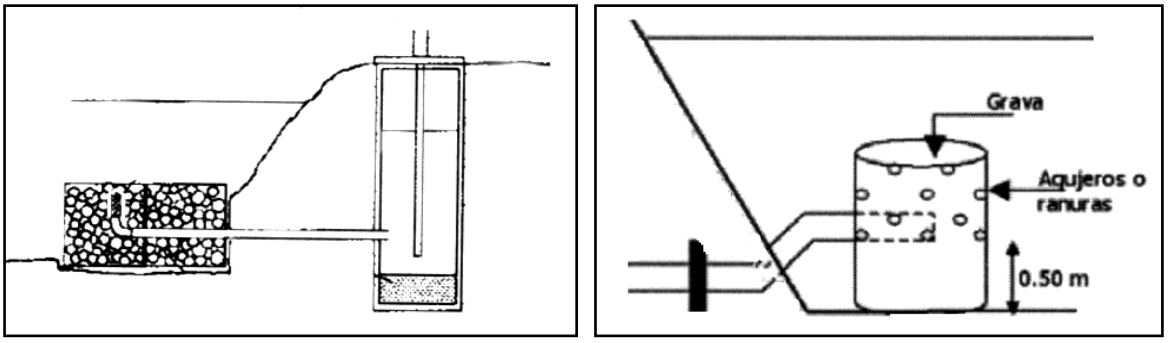
TOMAS DE AGUA PARA DEPÓSITOS ABIERTOS



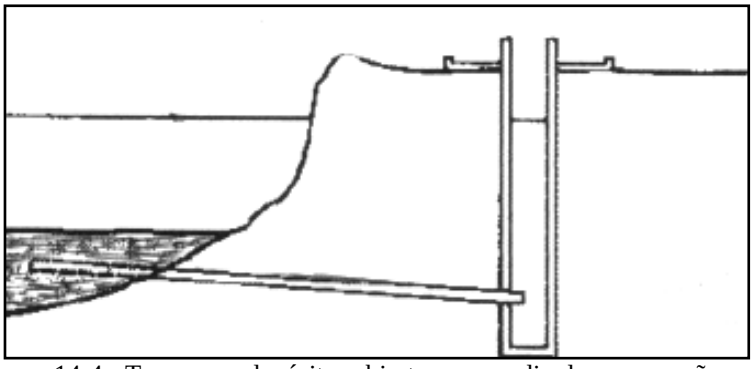
Figuras 14-1.- Tomas de agua fijas para depósitos abiertos.



Figuras 14-2.- Tomas de agua flotantes para depósitos abiertos.



Figuras 14-3.- Tomas para depósitos abiertos con filtro de grava: a) por medio de pozo y caño en filtro de grava; b) por medio de caño y filtro de grava construido con un tambor de 200 litros de plástico.



Figuras 14-4.- Toma para depósitos abiertos por medio de pozo y caño con filtro.

EVAPORACIÓN

Por el proceso físico de la evaporación, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, retornando a la atmósfera como vapor. Es un fenómeno decisivo para el diseño de las represas y reservorios, ya que su valor oscila entre los 4 y 12 mm/día/m^2.

Los factores que influyen sobre la evaporación son:

a) La temperatura del aire: a mayor calor mayor evaporación.
b) La saturación de la atmósfera o higronometría: a mayor déficit de humedad ambiental, mayor evaporación.
c) La insolación: a menor sombra, mayor evaporación.
d) La velocidad y turbulencia del viento: a mayor velocidad y turbulencia, mayor evaporación.
e) La presión barométrica o atmosférica: a menor presión, mayor evaporación.
f) La latitud: cuanto más cerca del ecuador, mayor evaporación.
g) La época del año: en verano mayor evaporación que en invierno.
h) La hora del día: al mediodía mayor evaporación.
i) Nubosidad: a mayor nubosidad, menor evaporación.
j) La superficie libre del depósito: a mayor superficie libre por metro cúbico de agua almacenada, mayor evaporación con respecto al volumen.

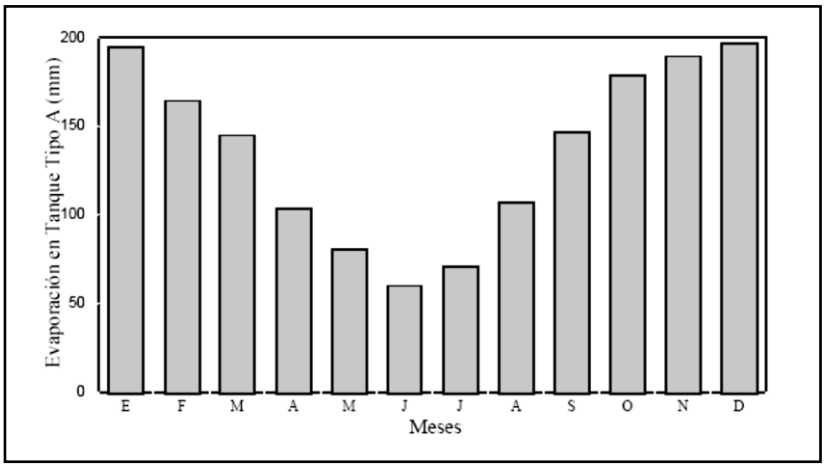


Figura 14-5.- Evaporación media mensual en Añatuya, Santiago del Estero, período 1978-91.

La medición de la evaporación se realiza por medio de evaporímetros, que son recipientes que se llenan de agua; de esta forma, se observa la diferencia del nivel de agua al cabo de un cierto intervalo de tiempo. Hay una gran variedad de ellos.

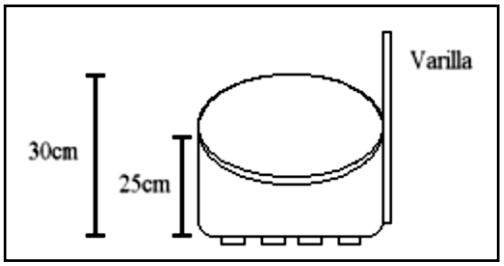


Figura 14-6.- Evaporímetro tipo A empleado por el Servicio Meteorológico Nacional.

Normalmente, los evaporímetros, miden una evaporación mayor que la real, de ahí que se les aplique un coeficiente de reducción a las mediciones. Para el tipo "A", utilizado por el S.M.N., normalmente es de 0,7.

Es decir que para obtener el valor de evaporación que se produce en un depósito hay que multiplicar por 0,7 al valor obtenido en el tanque de evaporación.

$$EV_{depósito} = EV_{evaporímetro\ A} \times 0,7$$

Es conveniente para cada zona ajustar este coeficiente, que varía entre 0,6 y 0,8.

Operar un tanque evaporimétrico situado cerca de un reservorio es económico y produce estimaciones razonablemente precisas de la evaporación anual de ese depósito.

La evaporación tiene gran importancia en zonas donde la provisión de agua es condicionante para la ganadería (chaco árido y semiárido, monte septentrional, caldenal, zonas áridas, etc.). En la provincia de San Juan, en los meses de diciembre-enero, en un tanque australiano se evapora, término medio, 250 a 300 mm de agua por mes, lo que equivale a 250-300 litros por m^2, casi el doble de la pérdida de agua por evaporación en tanques similares en la región de la Capital Federal. Considerando una superficie acuosa de solo 100 m^2, que corresponde a un tanque de 11 metros de diámetro, se pierden en un mes hasta 30.000 litros de agua. Si bien estas son las cifras máximas anuales para la zona de San Juan, es considerable también la evaporación invernal, que es de 60-80 litros por mes y por m^2. Por lo tanto, el tanque del ejemplo de 100 m^2 de superficie, sufre una evaporación de 200.000 litros por año.

Laporte (INTA Trelew) estima que en Chubut, cada metro cuadrado del espejo de un tajamar evapora en el verano, unos 7 litros diarios.

En los Llanos de La Rioja, con lluvias de 200 a 500 mm anuales, en pequeñas represas ganaderas, Castaño y col. (1998) indican que la evaporación registrada está comprendida entre los 2.000 y 2.500 mm anuales.

Los mismos autores instalaron instrumental de medición (piezómetro, evaporímetro, pluviómetros, etc.) en dos represas representativas de la región donde se registraron las distintas variables del balance hídrico de las mismas. En un año de mediciones diarias, dichas variables indicaron que en esas represas sólo podía aprovecharse para el consumo de la hacienda el 35 % del agua que había ingresado en el año, mientras que el 65 % había constituido las perdidas, discriminadas en 40 % por evaporación y el 25 % por infiltración.

APROVISIONAMIENTO POR AGUAS VIVAS

EMBALSE

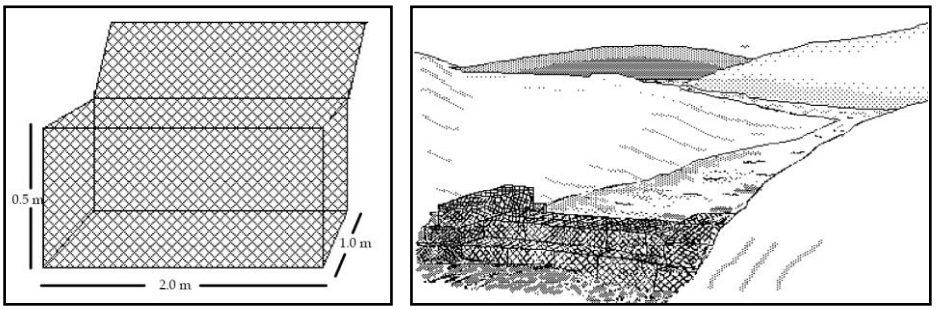
Se denomina **dique, represa o presa** a un muro de contención que se efectúa sobre un curso permanente o transitorio de agua, generalmente donde dicho curso corre encajonado. **Embalse** es el espejo de agua resultante de la detención de las aguas vivas.

La construcción de diques requiere conocimientos de suelos, precipitación pluvial, características de la cuenca, etcétera. Se deben realizar los proyectos teniendo en cuenta las características de cada región, dado que no es posible un esquema general.

La naturaleza del suelo es una de las características principales a considerar. Los arcillosos o arcillo-arenosos son de permeabilidad lenta y por ende los que posibilitan una mayor retención del agua. Los suelos que contienen grava, arena o turba, son inapropiados puesto que la infiltración es más rápida.

Un dique bien proyectado de acuerdo a la cuenca de captación, embalsará la máxima cantidad de agua, de manera que después de una lluvia y consiguiente corriente, el escurrimiento aguas abajo del dique será considerablemente menor que antes de su construcción.

El terraplén deberá tener un talud de 3:1 (3 m horizontales por cada metro de altura) aguas arriba y de 2:1 aguas abajo. Para su construcción pueden utilizarse piedras asentadas en barro o cemento, ladrillos o cemento armado. En los casos en que se emplee simplemente tierra, deberá colocarse, sobre la pared que contacta con el embalse, un manto de piedras para proteger al dique en casos de creciente.



Figuras 14-7.- a)-Caja de malla de alambre a rellenar con piedras; b)-Dique construido con estas cajas.

El material empleado en la construcción del dique no debe contener materia vegetal ni otras sustancias extrañas, y deberá estar suficientemente húmedo para obtener una buena compactación.

Dado que gran parte de esas barreras se construyen en zonas de sierra con gran declive, se debe tener en cuenta la resistencia del dique para que soporte las crecientes normales de la cuenca.

La altura del dique está determinada por el caudal de agua que se desea almacenar, lo que se debe calcular en la misma forma que se explicará en tajamares.

Debajo de la base del dique, y en toda su longitud, se construye un muro de 60 cm de profundidad, con el objeto de impedir filtraciones de agua.

Se debe hacer un vertedero cuyas dimensiones variarán según la magnitud de las crecientes máximas del río o arroyo. En algunos casos es necesario instalar una compuerta para desagotar total o parcialmente el embalse, o para enviar el agua por canaletas hacia otro lugar.

Se puede reducir la sedimentación (enlame o embanque) que da como resultado una disminución de la capacidad, tratando que la cuenca presente una buena cobertura vegetal.

No deberán plantarse ni permitir que desarrollen en las orillas árboles de raíces profundas, las que actuarían como vías de infiltración. Si es necesario, los embalses deberán alambrarse en todo su perímetro para evitar el acceso de la hacienda, que ocasiona desmoronamientos y contaminaciones. El agua se extrae por molinos, bombas o gravedad.







Figuras 14-8.- Serie de siete represas construidas en la década de 1950 con piedra y cemento en un cañadón en cercanías del Cerro Negro, en de la provincia de Mendoza. La primera, la más elevada, ha actuado como desarenador y hoy en día se encuentra colmatada. a) El Cerro Negro visto desde el este; b) Vista desde la séptima de la sexta represa; se observa un caño elevado que viene desde la cuarta represa y que provee agua al casco; c) La sexta represa vista desde las paredes del cañadón; una vertiente surte agua y hay hielo en la superficie del embalse; d) Vista de la cuarta y quinta represa. Cada varios años se producen grandes crecientes que hacen turbulencia y desbancan los sedimentos acumulados en las represas. Campo "Los Jagüeles Colorados", de Domingo Humberto Scaiola, 80 km al oeste de San Rafael, prov. de Mendoza.

APROVISIONAMIENTO POR AGUAS VIVAS Y/O DE LLUVIA

ESTANQUE O REPRESA EN SUPERFICIE O ATAJADO

Es uno de los sistemas de almacenamiento de agua más antiguos. En la provincia de La Pampa, en el Cerro Los Viejos, existen represas de origen mapuche (poblamiento tardío) que le permitían a los indios abrevar el ganado obtenido en los malones y que arreaban hacia el sur o el oeste por los caminos a Chile para su comercialización. Es un elemento muy puntual, que no se repite en el resto de la provincia.

La reserva de agua se acumula por sobre la superficie original del terreno (no se excava). Se construyen en áreas donde los declives son de suaves a moderados y donde la represa o dique se puede levantar transversalmente a una depresión. Se llenan con agua superficial, ya sea de lluvia y/o de arroyos, ríos o manantiales.

La ubicación ideal para un estanque es una cañada natural ancha y plana con una garganta angosta en el extremo inferior, que permita embalsar el agua con una represa transversal. El sitio más económico es el que permite represar la mayor cantidad de agua, con profundidad suficiente, usando la represa de menor tamaño y con un mínimo movimiento de tierra.

El sitio para un estanque no debe tener lugares de muy poca profundidad, pues será difícil controlar el crecimiento de malezas, que si es abundante, puede perjudicar la calidad del agua.

Los afloramientos de rocas, las capas de caliza, arena y grava pueden causar problemas al permitir una infiltración excesiva y producir fallas en el estanque. El agua puede seguir las capas de grava o arena, pasar por debajo de la represa y causar una salida extra de agua del estanque.

El sitio donde se va a construir la represa o dique debe limpiarse de árboles, arbustos y otros residuos. La capa superior del suelo debe retirarse para obtener una buena unión entre la base de la represa y el fondo del estanque. Esa capa superior de suelo puede esparcirse sobre la cresta y el talud de la represa.

La mejor vertiente o cuenca es la protegida por una buena cubierta forestal, que proporciona agua limpia, sin sedimentos. Las praderas son la alternativa siguiente y tienen más escurrimiento que las tierras de bosques. Las cuencas menos deseables son las ubicadas en tierras de cultivo, que permiten un escurrimiento rápido con

erosión. Se debe evitar la contaminación del estanque escogiendo un sitio a salvo del drenaje de corrales de engorde, lugares de concentración de hacienda, etc. Lo ideal es que la cuenca se encuentre en el campo del mismo propietario, para mayor control de la misma.

En estanques bien construidos y en suelos poco permeables, las pérdidas por infiltración deben ser insignificantes, mientras que en estanques ubicados en suelos más permeables, no debe pasar del 5 %.

ESTANQUE EXCAVADO O REPRESA EXCAVADA

Otra forma de embalsar agua es la construcción de estanques o represas excavadas que almacenan el agua por debajo del nivel original del suelo. Los mismos **se excavan fuera del curso del arroyo o río**, y reciben el agua por un caño o canaleta de cemento, en donde debe intercalarse una pileta de decantación.

Consisten en excavaciones y terraplenes que la circundan en todo o parte de su perímetro. Se construyen en terrenos relativamente planos y donde no hay sitios adecuados para construir un estanque en superficie. Son costosos en relación al volumen de agua almacenada.

Las represas excavadas son surtidas de agua en forma más o menos permanente por agua vertiente, ya sea directamente o por medio de acequias, por agua de escorrentía en zonas de pendiente y/o por infiltración de agua subterránea en la excavación.

Aunque hay estanques que son una combinación del superficial y del excavado, se consideran estanque o represa excavada cuando la profundidad del agua almacenada por debajo de la superficie original del suelo es de más de un metro.

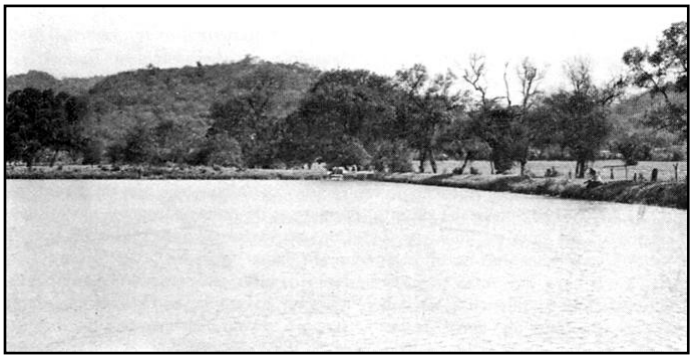


Figura 14-9.- Represa o estanque excavado alimentada por medio de una acequia, cuya entrada se puede apreciar en el ángulo del terraplén. El Carmen, Jujuy.

Siempre que las condiciones edáficas lo permitan, y si no puede recurrirse a otro tipo de aguadas, son aconsejables los estanques profundos de paredes inclinadas. El hecho de que el estanque esté ubicado fuera del curso de agua y de que se interponga entre ambos una pileta de decantación, evita la colmatación o embancamiento que se produciría en un embalse sobre el río o arroyo. Hay que alambrar el estanque y llevar el agua a tanques y bebederos por medio de cañerías por gravedad, molinos o bombas.

El sistema descripto también es aconsejable en zonas de sierra donde se den grandes crecientes, siempre que sea posible la excavación del estanque a un lado o cerca del curso de agua. En estos casos, mediante una compuerta, puede cortarse la entrada de agua al estanque cuando se desee. En los casos de crecientes, aún no existiendo compuerta, el agua que deriva hacia el estanque lo hace con una fuerza mucho menor.

Sus medidas son muy variables, dependiendo del número de cabezas a abrevar y del medio por el cual son surtidas de agua. Cuando lo son por una vertiente permanente, el tamaño puede ser reducido.

Cuando se llenan por medio de agua de lluvia, como no se toman las precauciones que indicaremos al tratar tajamares, pueden sufrir una colmatación rápida que las inutiliza en pocos años, dependiendo la rapidez de ello del tipo de terreno.

Con respecto a los taludes, hay que tratar de hacerlos en la forma que se explicará en tajamar.

APROVISIONAMIENTO POR AGUA DE LLUVIA

En zonas donde la escasez de recursos hídricos superficiales y las limitantes en cuanto a cantidad y/o calidad de las aguas subterráneas ha creado una estructura económica ganadera basada en el aprovechamiento del pastizal natural en condiciones de producción extensiva, es necesario emplear alternativas para la obtención y aprovechamiento racional del agua, y por ende del forraje. Una alternativa es la recolección de agua de lluvia en represas y su reserva para utilizarla en épocas secas, con el consiguiente aumento de la productividad.

Las características de las lluvias en las regiones semiáridas y áridas es que su ocurrencia es generalmente a causa de nubes convectivas, son de corta duración, de relativamente alta intensidad, caen en áreas limitadas con alta variabilidad y, como regla general, cuanto menor es el promedio de la lluvia anual mayor es su variabilidad.

En el oeste de las provincias del Chaco y Formosa se encuentra El Impenetrable, una gran extensión de llanura cubierta de bosque. Es la mayor extensión de bosque continuo y una de las más pobres del país. El nombre alude a la escasez de agua, lo cual hace la vida en esta región muy difícil. Hay aguadas naturales dispersas en el monte donde el agua se acumula durante la época de lluvias, pero muchas se secan rápidamente. Según los lugareños, las aguadas en el pasado eran más abundantes y mantenían agua por más tiempo. Posiblemente debido a que el ganado ingresa a ellas, se han ido llenando de sedimentos, por lo que ahora son poco profundas y se secan rápidamente. El agua subterránea está a grandes profundidades y generalmente tiene alto contenido de sales.

Molina (1980) indica que el Paraguay, en su Chaco, había resuelto el problema del agua de bebida. "El secreto estribaba en una red de represas que se encargaban de recolectar el agua en las épocas de lluvia y almacenarlas para las de sequía. Con una capacidad promedio de diez mil metros cúbicos por represa y una profundidad promedio de cuatro metros, se lograba proveer de agua a las haciendas durante la época seca". El ministro de agricultura de Paraguay, ingeniero Bertoni, le comunicó personalmente que "los tiempos en que en una seca moría gran parte del ganado en el Chaco, ya eran cosa del pasado". "La aplicación de estas mismas técnicas en gran escala en el Chaco austral argentino, dio los mismos resultados".

Por lo general, el agua de las represas tiene cierta variación en su calidad entre el momento de su llenado y cuando llega al mínimo de contenido, debido a la concentración que se produce de materia orgánica. Por ello, todas las medidas que se tomen para reducir su ingreso son imprescindibles.

Sintetizando, si no existen vertientes, si el subsuelo no garantiza buenos caudales y una calidad de agua aceptable y si los escurrimientos superficiales son temporales en la época de lluvias, la única posibilidad de disponer de agua para el ganado está supeditada a captar y almacenar el agua de lluvia en cantidad suficiente para cubrir las épocas de seca.

REPRESA TRADICIONAL O PRIMITIVA

Es el tipo de represa más antiguo en nuestro país. Se excava el terreno (cava) en una zona donde naturalmente se puede juntar agua, y la tierra extraída se deposita alrededor de dicha excavación en forma de montículos alargados (bordos), que ejercen la función de barrera rompevientos. El sector de unos 5 metros de ancho entre la cava y los bordos se denomina patio, y tiene el objeto de permitir el ingreso y egreso del ganado para beber. Las hay de todas los contornos: rectangulares, cuadradas, circulares, elipsoidales, en ele e irregulares.

Algunas de estas represas poseen vertederos para evacuar el exceso del agua que pueda penetrar, pero en la mayoría de los casos no existe, por lo cual el excedente de agua se evacua por reflujo por el mismo lugar por donde ingresa.

Algunas represas tienen un decantador o prerepresa para retener el material sólido transportado por el agua antes de su ingreso a la represa, pero la mayoría carece del mismo.

Como no están alambradas en su perímetro ni la zona de donde proviene el agua de la lluvia, generalmente en su alrededor hay sobrepastoreo, por lo cual el agua arrastra dentro de la represa gran cantidad de sólidos.

Ya vimos (en Evaporación) que en los Llanos de La Rioja en estas represas solo puede aprovecharse para el consumo de la hacienda el 35 % del agua ingresada en el año, mientras que un 40 % se pierde por evaporación y un 25 % por infiltración luego de varios años de uso (con poca antigüedad se infiltra más) (Castaño y col., 1998).



Figuras 14-10.- Represas tradicionales hacia el fin del período seco. Se han transformado en un charco pantanoso de agua estancada: a) San Juan, provincia de Santiago del Estero; b) Lo que no debe permitirse, que los animales ingresen a la represa a beber.

Los problemas principales de estas represas son significativos, empeorando la calidad del agua desde el momento de su llenado hasta el fin de la estación seca debido a la evaporación por el viento y el calor, la colmatación por el material sólido transportado por el agua y por el derrumbe de los bordes de la excavación por el ingreso de los animales a beber y la contaminación por las fecas y la tierra en las pezuñas de los mismos. Aún con sequías muy leves, la mayoría de estas represas se transforman en charcos malolientes de agua caliente y contaminada, y con esas aguadas, el ganado apenas puede sobrevivir sin producir. En secas muy grandes, se producen mortandades.

Además del problema propio de cada productor, el país todo no puede tener su principal fuente de riqueza, la ganadería, dependiendo en algunas zonas de los imponderables del clima. Más aún cuando la tecnología para evitarlo está disponible.

Estas represas, en zonas donde no es fácil obtener agua del subsuelo o es de mala calidad, pueden y deben ser mejoradas en su construcción y en su uso para llevar seguridad al ganadero, tal como se describe al tratar los tajamares.

REPRESA O ESTANQUE EXCAVADO SIMPLE

En este tipo de represa, el agua de lluvia puede entrar en la misma por los cuatro costados, menos por la rampa por donde los animales penetran a la represa a tomar agua. Para disminuir el arrastre de tierra por el lugar por donde entran los animales, se construye una pequeña elevación frente a la rampa de acceso.

La represa simple debe alambrarse en todo su perímetro, dejando entre ella y el alambrado un espacio de por lo menos dos veces su ancho. Esta superficie clausurada se empasta y actúa como filtro del agua que entra en la represa, disminuyendo su embancamiento.

El ganado tiene acceso únicamente por una rampa que posee una elevación en su inicio, que se debe alambrar hasta dentro del agua y colocar en el piso troncos de palma, de árboles, tosca, piedras, escombros u otro material para que el ganado no remueva el suelo, no lleve tierra a la represa y no se empantane. Esta entrada debe tener una pendiente de 4:1, es decir, un metro de desnivel cada cuatro metros de longitud.

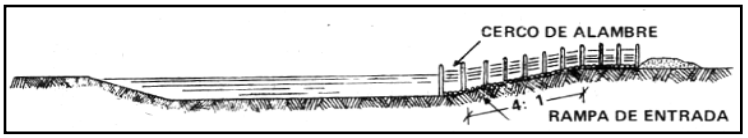


Figura 14-11.- Represa o estanque excavado simple; corte a la altura de la rampa.

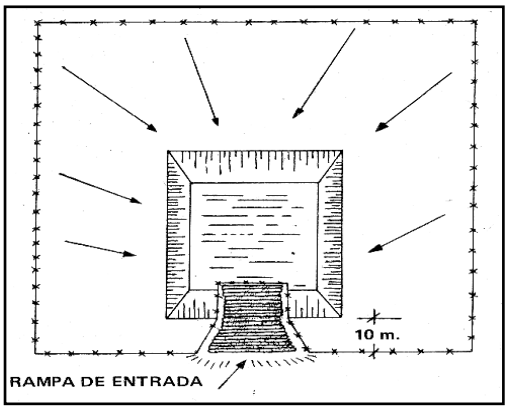


Figura 14-12.- Represa o estanque excavado simple con entrada del agua por los cuatro costados, alambrado perimetral, rampa de acceso con elevación y piso de troncos.

Este tipo de represa no es la mejor por los problemas de embancamiento y contaminación del agua por los animales, pero en algunas zonas y establecimientos es económicamente una solución factible y es un paso adelante con respecto a la represa tradicional.

REPRESA O ESTANQUE EXCAVADO SIMPLE MEJORADO

Esta represa simple mejorada tiene un sector de captación cerrado, una zona de decantación, desde donde el agua deberá pasar al lugar de almacenaje a través de una tubería colocada de tal manera que no permita pasar sedimentos. Cada tanto habrá que desbarrar el área de decantación, y el material se colocará entre ésta y el pozo de almacenaje. Conviene dejar escurrideros de agua en los laterales del área de sedimentación para que en lluvias muy intensas el barro que arrastre no pase por el tubo de conexión.

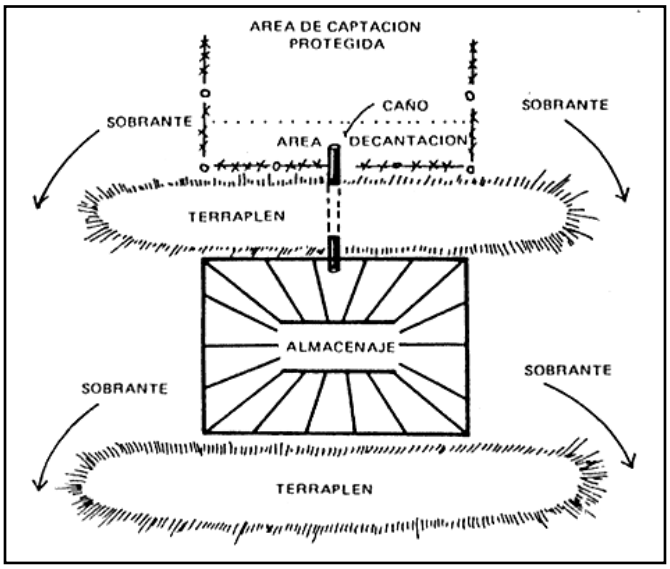


Figura 14-13.- Represa simple con mejoras.

MINIREPRESA EN CÁRCAVA

Se utiliza como depósito una parte o toda una cárcava producida por un proceso erosivo. Se construye dentro de la misma un dique de madera o cemento, se suavizan los bordes y se impermeabiliza el fondo con poli-

etileno negro, cubriéndolo en parte con tierra. Se establece a su alrededor una cubierta vegetal para controlar la erosión y se cerca para evitar la entrada de animales a la misma.

Son minirepresas capaces de acumular un promedio de agua de lluvia de entre 100 y 300 m^3, dependiendo del tamaño de la cárcava. La extracción del agua se realiza por gravedad por medio de caños o mangueras o con molinos o bombas.

La ventaja de este reservorio de agua es la gran economía de su construcción.



Figura 14-14.- Minirepresa en una cárcava. Observar el dique construido en madera y los bordes de la cárcava que se han redondeado.

REPRESAS O ATAJADAS EN CAÑADAS, RÍOS MUERTOS Y PALEOCAUCES

En algunas zonas se pueden establecer represas, también llamadas atajadas, en cauces antiguos de ríos o arroyos que solo portan agua en épocas de lluvias. En muchas ocasiones estos cauces sobre un sustrato arenoso o franco-arenoso han sufrido continuados y paulatinos "enlames", o sea recubrimientos con materiales finos, limosos y arcillosos, que los han impermeabilizado en alto grado. Esto se debe tener muy en cuenta porque al pretender por medios mecánicos profundizar el cauce para ampliar la zona donde se formará el espejo de agua, se puede romper esta capa de sedimentación y llegar a capas muy permeables que drenarán el agua y retrasarán la utilidad de la represa hasta que se sellen esas fugas con un nuevo depósito de materiales finos.

La extracción de agua se debe realizar por gravedad o con molinos o bombas.

TAJAMAR

En la mesopotamia argentina se levantaban muros de contención en el curso de arroyos o en la hondonada entre cuchillas (lomadas) para retener el agua del arroyo o de lluvia. Este muro o bordo se denomina tajamar, que por extensión pasó a designar el depósito de agua en su totalidad. El general Justo José de Urquiza, siendo gobernador de Entre Ríos, con el fin de fomentar la ganadería de la provincia, dispuso la construcción de tajamares, obra que tenía el carácter de carga pública, trabajando en ella todo el pueblo. En 1851 existían ya 398 tajamares.

Hoy en día denominamos tajamares a un tipo especial de represas, excavadas o no, que se construyen con el objeto de aprovechar la afluencia de agua de lluvia de una determinada zona. Se emplean donde la falta de agua subterránea o la salinidad de la misma son factores limitantes para el desarrollo ganadero. Indirectamente es también un factor de recarga artificial de la napa freática.

Un buen tajamar no tiene problemas de agotamiento ni salinidad y su construcción debe ser rápida y por medios mecánicos.

La elección entre la construcción de un tajamar o la de otra fuente de agua para el ganado depende de factores económicos y de las características de la zona. Es necesario conocer si existen napas en el subsuelo, la profundidad de las mismas, el costo de la perforación y extracción, el caudal posible a obtener y el grado de salinidad que poseen, para descartar o no la utilización del agua del subsuelo. Además, la factibilidad de la construcción de un tajamar está dada por el relieve del terreno, de manera de poder contar con una buena captación del agua de lluvia, y el régimen pluviométrico, dado que las precipitaciones de pocos mm no aportan agua al tajamar, pues no producen escorrentía. En el caso que estas consideraciones nos indiquen como única solución la construcción de tajamares, se deben tener en cuenta varios factores que determinan su ubicación, construcción y empleo. Estos factores son los que nos permiten diferenciar al tajamar de otros tipos de represas.

CAPACIDAD

Es el primer factor a tener en cuenta y está relacionado con la cantidad y especie de animales a los que deberá proveer agua, por lo que depende de la máxima receptividad del o de los potreros a los que servirá de aguada, incluso considerando a futuro un mejoramiento de la receptividad de las pasturas por implantación de nuevas especies y/o por manejo del pastoreo.

Como ejemplo, en zonas límite de 250 mm de lluvia por año, virtualmente hay 2.500.000 litros de agua/ha/año. Esto permite cubrir las necesidades de unas 140 vacas consumiendo 50 litros de agua promedio por día/año. Si en esa zona, la receptividad ganadera es de una vaca en 20 ha, el agua almacenada de 1 ha servirá para abastecer una superficie de 2.800 ha (140 x 20), y aunque no podremos almacenar la totalidad del agua caída (lluvias de bajo volumen que no llegan a escurrirse a sectores de almacenamiento, evaporación de parte del agua almacenada, filtraciones en el suelo), este ejemplo nos está indicando que aún en esas zonas es posible obtener agua suficiente para bebida de los animales.

Para calcular la capacidad necesaria del tajamar, se consideran 80 l/día/animal. Esa cifra se la multiplica por los días de sequía corrientes en la zona, más un margen de seguridad por secas prolongadas, por lo que se debe extender, según la zona, a 180-300 días. El estudio de las precipitaciones mediante análisis probabilísticos de las recurrencias bajas precipitaciones es fundamental. La cifra así obtenida se debe multiplicar por la receptividad de los potreros a los que dará agua el tajamar.

La evaporación del espejo de agua es de importancia, pudiendo alcanzar valores de 7 litros/día/m^2 de superficie. Esta cifra se considera como promedio, oscilando de acuerdo a las variaciones que experimentan los factores climáticos, como ser humedad relativa, vientos, y temperatura. De acuerdo a esto, podría alcanzarse la cifra de 200 l de evaporación por m^2 por mes. Si el tajamar tiene dos metros de profundidad, y la seca dura cinco meses, considerando sólo la evaporación, tendríamos únicamente 1 m^3 de agua por m^2 de superficie disponible para abrevar el ganado.

También hay que tener en cuenta la infiltración de agua, que, fundamentalmente, depende del tipo de suelo y de la forma de construcción del tajamar. Estas pérdidas por infiltración son de importancia sobre todo en la etapa inicial de utilización y hasta alrededor de los 3 años, ya que la arcilla contenida en el suelo es arrastrada en suspensión hacia el tajamar y depositada en el fondo en los lugares de filtración, cerrándose con el tiempo esas vías (ver: Métodos de impermeabilización).

Las pérdidas por evaporación e infiltración en conjunto promedian hasta el 50 % de la reserva de agua. Por lo tanto, al tomar un valor de almacenaje de 80 l/día/animal, estamos reservando alrededor de 30-50 litros netos/día/animal.

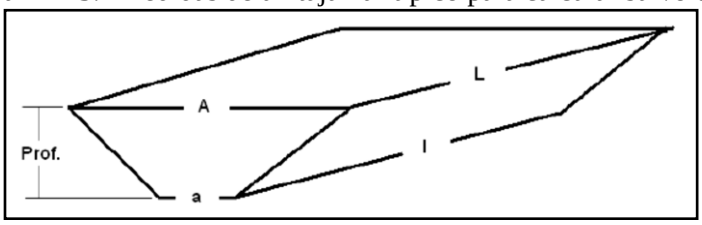
Como se puede deducir a través de lo expresado, el cálculo exacto de la capacidad de un tajamar se debería efectuar de la siguiente manera: consumo diario por animal (unos 50 litros) por el número de cabezas a abastecer por los días de seca normales, más un margen de seguridad, más los índices de evaporación y de infiltración del lugar. El problema radica en que en general se carece de información sobre estos dos últimos índices, por lo que se debe recurrir al método antes descripto.

Lo visto nos permite llegar a la conclusión que los tajamares deben tener la mayor profundidad y la menor superficie posible, para permitir una menor evaporación e infiltración por metro cúbico almacenado. Un taja-

mar profundo necesita menos volumen para cumplir la misma función que uno extenso y poco profundo, por lo que resulta más económico ya que es necesario mover menos m^3 de tierra por m^3 de agua útil.

La construcción de los tajamares tiene un costo menor por metro cúbico de agua almacenado cuánto mayor capacidad tienen.

Figura 14-15.- Medidas de un tajamar típico para calcular su volumen



$$\text{Volumen} = \frac{A + a}{2} \times \frac{L + l}{2} \times P$$

A: ancho en superficie; L: largo en superficie; P: profundidad útil máxima;
a: ancho del fondo; l: Largo del fondo;

Un ejemplo:

A = 50 m; a = 40 m; L = 90 m; l = 75 m; P = 3 m.

Aplicando la fórmula:

Volumen tajamar o represa = [(50 + 40) / 2] x [(90 + 75) / 2] x 3 = 11.137,5 m^3 = 11.137.500 litros

UBICACIÓN

Es necesario efectuar un estudio exhaustivo de la zona y del campo. La fotointerpretación de vistas aéreas o la existencia de cartas topográficas (se pueden adquirir Buenos Aires en el Instituto Geográfico Militar, I.G.M., y en algunas provincias en la Dirección de Catastro correspondiente), donde se aprecien las curvas de nivel, son muy importantes para determinar hacia qué lugares confluyen las aguas de lluvias. También se puede efectuar un estudio de planialtimetría, para determinar las cuencas de captación del agua y ubicar las represas. Aún contando con esta información, resulta de suma utilidad consultar a los baqueanos de la zona y revisar el lugar elegido en días de lluvia, para constatar la confluencia de las aguas.

La ubicación debe contemplar, preferentemente, la elección de lugares con poca pendiente, donde el agua corra mansamente, sin producir grandes torrentes. Una vez efectuada la elección, se realizarán estudios sobre la infiltración de agua en el terreno. Los suelos más indicados son los de tipo arcilloso, ya que en los arenosos se produce una gran infiltración. Las zonas con piedras tienen inconvenientes para la excavación y también por infiltración. Es necesario hacer un cateo con barreno para detectar en profundidad la existencia de alguna capa arcillosa impermeable que disminuya las pérdidas por infiltración. Dicha capa impermeable será de utilidad si se halla a una profundidad de alrededor de 3 metros.

Si el tajamar va a abastecer un solo potrero, se debe tratar de ubicarlo en el centro del mismo. Si el destino del agua es para más de un potrero, se deberá tratar de construirlo en la cercanía de un alambrado o en la intersección de varias subdivisiones. De todos modos, es difícil que se presente una coincidencia entre el mejor lugar para su construcción y el apotreramiento existente. Lo ideal sería construir el tajamar y posteriormente determinar la subdivisión del campo. Caso contrario, hay que llevar el agua por medio de molino y cañerías a distancia.

ORIENTACIÓN Y DISEÑO

Es una etapa previa antes de iniciar los movimientos de tierra. El diseño más aconsejable es el rectangular, es decir, con un lado más largo. Hay que determinar la dirección de los vientos predominantes en la región (barlovento) y construirlo de modo que su menor ancho (o lado más largo) sea perpendicular a la misma. Con esta orientación se evitan los desmoronamientos producidos por el oleaje y se protege el talud.

En otro tipo de diseño u otra orientación, el viento barrerá la mayor parte de la superficie del agua, incentivando la evaporación por desplazar el aire húmedo estanco sobre el tajamar reemplazando el mismo por aire seco y porque el oleaje que produce aumenta el efecto de evaporación.

Si sobra tierra para elevar alguno de los taludes, o se puede establecer una barrera de árboles a cierta distancia del tajamar, conviene hacerlo hacia barlovento, pues estos elementos actuarán como barrera rompevientos, provocando un ascenso del viento, que cuando desciende, lo hace a sotavento sin tocar el agua del tajamar, disminuyendo el oleaje y la evaporación.

CONSTRUCCIÓN

Como primer paso se debe efectuar la limpieza de la totalidad de la vegetación existente con sus raíces y se debe remover la capa de suelo vegetal (horizonte A), que es muy porosa, permite la infiltración, y no efectúa una buena unión con la tierra del terraplén. Luego se marcan con estacas altas la zona donde deberá trabajar el equipo excavador. Los árboles de las cercanías se preservan, siempre que no provoquen inconvenientes en la excavación.



Figuras 14-16.- a) Desmonte, limpieza del terreno y quema de residuos (INTA E.E.A. Sgo. del Estero).
b) Excavación del tajamar con pala hidráulica de arrastre (INTA E.E.A. Sgo. del Estero).



Figuras 14-17.- Excavando un tajamar.

Luego se procede a la excavación (cava) construyéndose los terraplenes (bordos) con la tierra extraída. De acuerdo a la configuración del terreno, los terraplenes se harán en uno o varios costados. En algunos casos se deja un espacio (patio) entre el terraplén y la cava de unos 15 m.

La descarga de los materiales extraídos se debe efectuar de tal manera que no ingresen nuevamente al reservorio con las lluvias y que actúen como barreras de los vientos predominantes de la zona.

En caso de que se construya en un cañadón, sólo será necesario hacer un terraplén de cierre, e incluso, si el cañadón es suficientemente profundo, hasta se puede prescindir de hacer excavaciones (fig. 14-20).

La construcción de los tajamares se debe realizar en el menor tiempo posible, en la época de seca, concentrando todo el equipo disponible, de manera de no correr el riesgo de que lluvias esporádicas impidan la conclusión del trabajo.

Es aconsejable hacer la excavación por mitades, es decir, terminar una parte y luego iniciar la otra. De esta manera, cuando se produce una precipitación imprevista, que paralizaría el trabajo de excavación, se pueden comenzar o continuar los trabajos en la otra mitad.





Figura 14-18.- Excavación por mitades para la construcción de un tajamar. Ha llovido y se ha acumulado agua en la primera mitad excavada; se está trabajando con tractor y pala hidráulica en la 2ª mitad. Barrera de árboles a barlovento.

Figura 14-19.- Tajamar terminada su construcción, listo para ser llenado con las primeras lluvias, y el molino para sacar el agua del tajamar y llenar un tanque australiano.

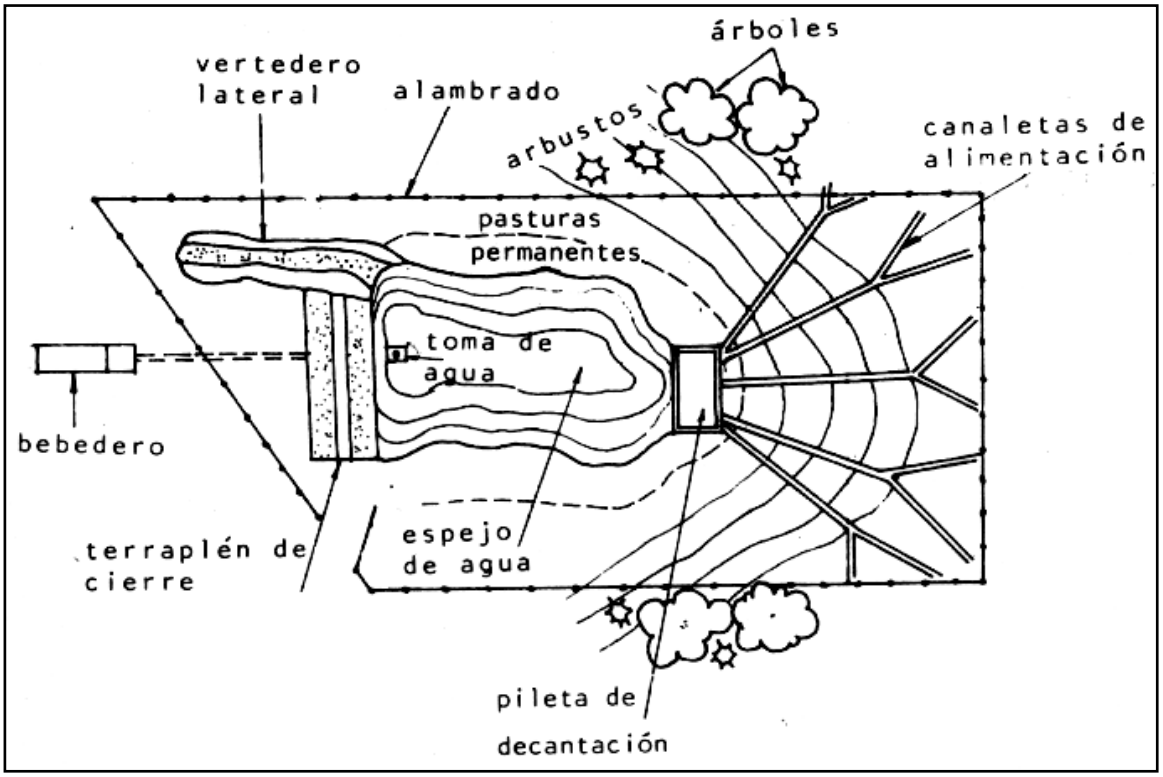


Figura 14-20.- Tajamar construido en cañadón, con un solo terraplén de cierre

Hay medidas clásicas de un tajamar que son aproximadamente a nivel de superficie 90 m de largo por 50 m de ancho y en la base 75 m de largo por 40 m de ancho. La longitud puede variar, pero el ancho no debe sobrepasar los 50 m por razones de trabajo mecánico y de oleaje por el viento.

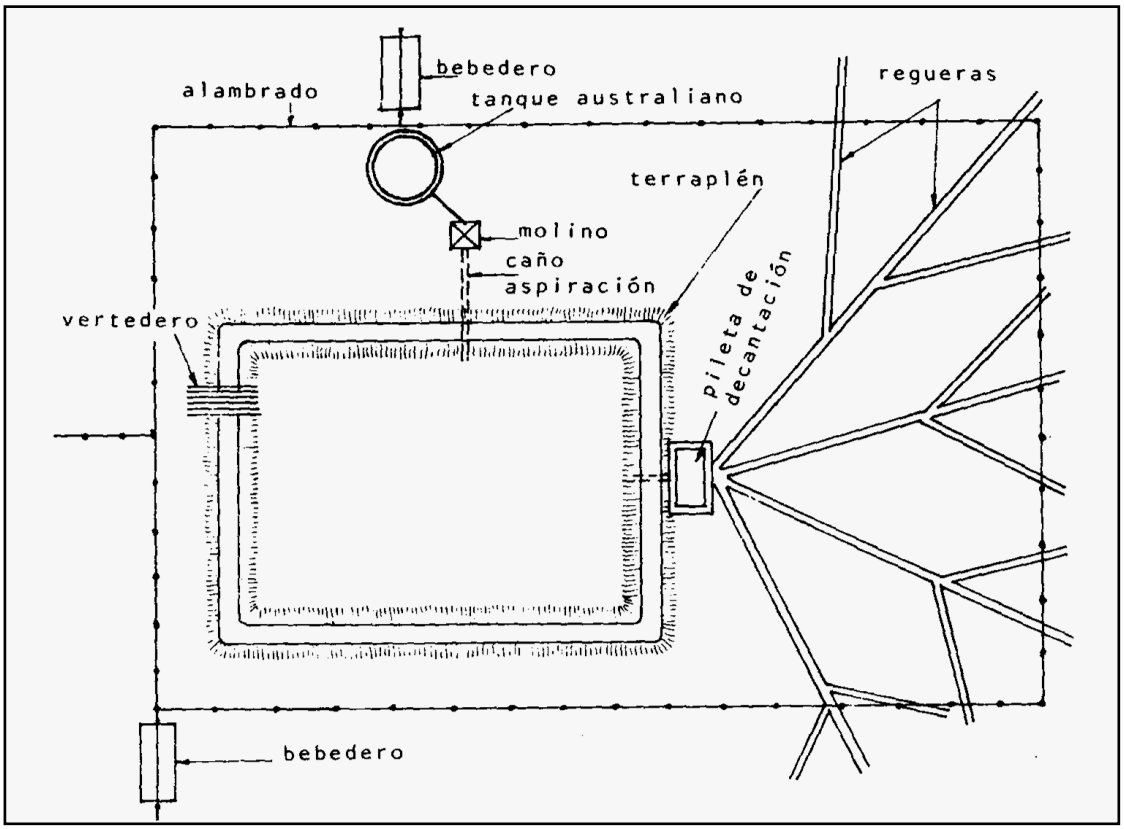


Figura 14-21.- Tajamar construido en una pendiente suave, con terraplén en los cuatro lados.

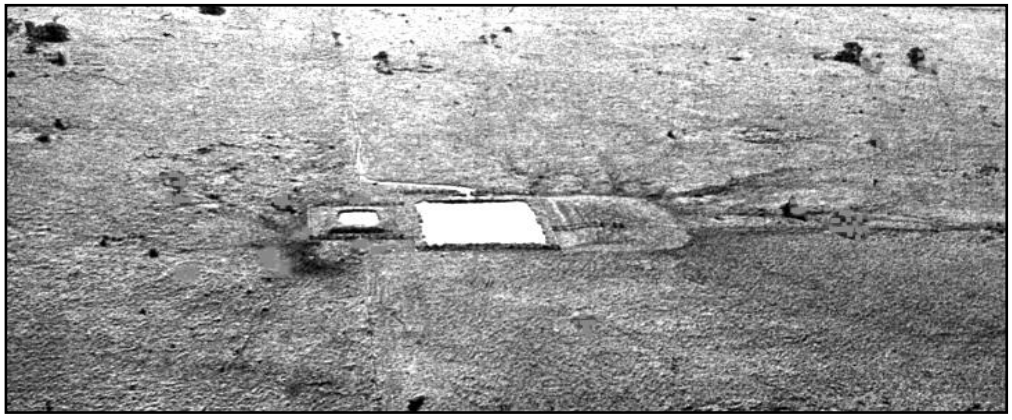


Figura 14-22.- Vista aérea de un tajamar en zona de pendiente suave; observar a la izquierda el tanque desde donde se distribuye el agua a la hacienda, la zona de captación a la derecha con la pileta de decantación y el vertedero arriba; el agua que vierte corre paralela a un alambre divisorio.

El ancho y la profundidad de la excavación dependen de la capacidad de la maquinaria a utilizar y de la proximidad de la capa impermeable. La profundidad de la excavación debe ser la mayor posible, siendo generalmente superior a los 3 m y no debe superar la capa arcillosa del suelo. La mínima debe ser de 2 m, no sólo para asegurar la cantidad de agua, sino también la calidad de la misma, ya que a partir de esa profundidad

disminuye la proliferación de algas y se mantiene más fresca. Además, cuanto más profunda, menos superficie expuesta a la evaporación por m^3 almacenado.

La excavación se puede hacer con pala topadora (buldózer) o pala cargadora hidráulica, trabajando en el ancho menor y regulando la penetración de la pala de forma tal que llegue al final del recorrido con su máxima carga. Los equipos de tractor-pala hidráulica trabajan de manera eficiente, permitiendo la construcción de taludes con las pendientes recomendadas. Si el piso de la excavación impide la entrada de máquinas en ella, se emplean grúas retroexcavadoras hidráulicas de giro completo, montadas sobre rodado neumático dual y con tracción en todos los ejes, que operan desde el borde del tajamar. Aunque este último sistema es más costoso, en algunos casos es el único posible por la existencia de una napa pobre y superficial.

La descarga de la tierra se efectúa a unos 15 m del borde de la excavación.

TERRAPLÉN Y TALUDES

La pared del tajamar y su construcción reviste una gran importancia, ya que, según como se realice, se pueden o no producir desmoronamientos. La base del terraplén o bordo debe tener 6 a 10 metros de ancho como mínimo, y si es necesario, debe cubrir todo el perímetro del tajamar, dejando o no patio.

Se debe ir levantando en capas de 20 a 40 cm, compactando cada capa con el mismo paso del tractor, hasta llegar a la altura deseada, que debe ser de 1 m como mínimo, y preferentemente, 2 - 3 m o más.

El ancho de la cresta o coronación debe ser mayor a los 2 metros, con una pequeña inclinación hacia el exterior para evitar la erosión del talud interno por las lluvias. Para mayor comodidad en los trabajos de conservación, este ancho debe ser el de un camino que permita el desplazamiento de maquinaria.



Figura 14-23.- Volcando la tierra extraída de la excavación en capas sobre el talud.

El borde libre es la distancia vertical entre el máximo nivel del agua en el tajamar y la cresta del terraplén. Debe ser suficiente para prevenir la altura de las olas y su efecto al reventar contra el talud. Debe tener por lo menos 1,5 m más de altura que la altura máxima a que llegue el agua cuando el tajamar está completamente lleno, lo que está acotado por el vertedero.

Los taludes o escarpadas deben tener una pendiente de 3:1 a 4:1 (un metro vertical por cada 3 a 4 metros horizontales) hacia adentro y de 2:1 hacia afuera. La utilización de maquinaria para la construcción del tajamar obliga generalmente a que varios o todos los lados tengan taludes con menor pendiente. Si durante la compactación no se tiene un grado suficiente de humedad, es conveniente ampliar estas proporciones, es decir, darle una caída más suave.

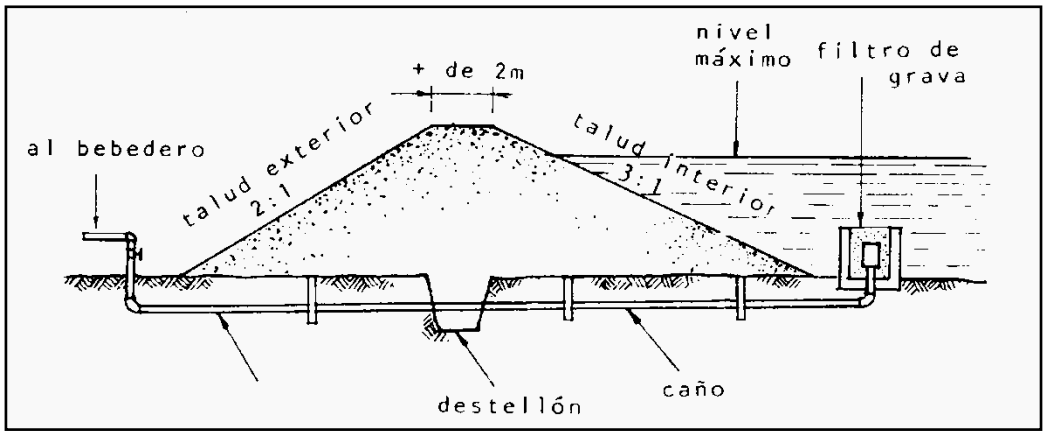


Figura 14-24.- Corte de un terraplén o bordo construido en un cañadón

La consolidación del terraplén se puede realizar por medio de las pasadas del tractor, siendo preferibles los de rodados de goma a los de oruga. También se puede utilizar la zona del tajamar como dormidero de la hacienda durante la construcción, ya que los vacunos y lanares son uno de los mejores equipos compactadores, con una acción similar al de los compactadores tipo pata de cabra.

La tierra debe estar húmeda, ya que la tierra seca, aunque se pise, no se compacta bien, pero tampoco debe estar demasiado húmeda. Tomando un puñado de tierra y apretándolo fuerte, tiene la humedad óptima si queda bien formado, sin disgregarse (falta humedad) y sin muestras de barro (exceso de agua).

Este ideal de que la tierra se encuentre en ese estado óptimo de humedad raramente se da, ya que los tajamares se construyen generalmente en lugares de escasas precipitaciones y en épocas secas. También sería ideal que se la compacte con un equipo pata de cabra, el que muchas veces no existe en la zona.

Aunque cuando se construye se apisone muy bien el terraplén, con el tiempo se sigue compactando naturalmente, especialmente en el centro de los lados, y se compacta más cuanto mayor sea su altura. Es así que luego de un lapso el centro del terraplén puede estar más bajo, corriéndose el riesgo que en una lluvia fuerte el agua pase por esta depresión. Este problema se evita terminando el terraplén con un 10 % más de altura en la zona central de cada lado,

Para proteger el terraplén y el patio contra el arrastre de las lluvias y vientos, es necesaria la implantación de vegetación. Se puede emplear cualquier pasto que evite la erosión, preferentemente perenne, como el pasto llorón, nunca árboles (absorben mucha agua por sus raíces), aunque en algunas zonas muy secas se ha obtenido buen éxito con la implantación de tamarindos.

Si no se logra una buena fijación del terraplén, el viento, la lluvia y el oleaje arrastrarán tierra dentro del tajamar, restándole profundidad y capacidad de almacenaje.

El bordo de la represa que mira a barlovento también actúa como barrera rompevientos al provocar un ascenso del viento que cuando desciende no alcanza a tocar el agua del embalse sino al terreno de sotavento, cuando el diseño de la represa es rectangular y de las medidas indicadas.

Si se va a instalar un tanque australiano, parte de la tierra extraída de la excavación del tajamar se deposita y apisona para formar el terraplén en el lugar planeado para su construcción.

CIERRE DEL TAJAMAR

Se debe colocar un alambrado perimetral para impedir el acceso de la hacienda una vez terminado, evitándose así desmoronamientos, contaminaciones y pérdidas de agua. Está calculado en 20 litros el agua que se pierde en verano por día por animal que entra al tajamar. El alambre de protección se debe colocar a no menos de 5 m de la base del terraplén, para facilitar los trabajos de conservación y el paso de maquinarias.

ÁREA DE CAPTACIÓN Y CANALETAS DE ALIMENTACIÓN, REGUERAS, CANALES ROBADORES O ENCAUZADORES

El área destinada a la colecta del agua de lluvia durante el período lluvioso del año debe estar convenientemente sistematizada para que se pueda lograr el llenado anual total de los tajamares y represas.

La extensión del área de aporte del agua de lluvia es importante, ya que si la cuenca es demasiado grande puede ocasionar problemas de erosión, se requerirán obras de vertedero muy importantes para evacuar los excesos que de no calcularlas y realizarlas correctamente, con lluvias intensas el agua pasará por arriba del terraplén y destruirá el tajamar. Si el área es muy pequeña, el escurrimiento superficial no será suficiente para llenar la represa.

El área de captación alrededor del tajamar no debe cultivarse y, preferentemente, debe estar clausurada. En esa zona se deben hacer canaletas de alimentación o regueras, orientadas en el sentido de la dirección de la pendiente y que afluyan hacia la cabecera del tajamar, abriéndose en forma de V hacia las nacientes, con ángulos suficientemente abiertos como para abarcar una amplia superficie colectora.

El ancho de las canaletas depende de la maquinaria que se utilice, pudiendo llegar hasta unos 2 m, con una profundidad de 20-25 centímetros. Dentro de lo posible, su pendiente no debe superar el 0,2 a 0,4 %. La tierra que se extrae de su construcción se descarga en montículos, evitando la formación de un cordón a lo largo de ellas, lo que impediría su función. Un diseño es que vayan uniéndose convergiendo hacia el desarenador.

Otro diseño es un área con pendiente donde se construyen camellones que separan a las regueras que van a terminar en forma perpendicular a una mayor o colectora, que es la que lleva el agua al desarenador.

El emplear uno u otro diseño depende de la topografía del lugar, y el largo de las regueras, que nunca será menor a los 200 metros, depende de la capacidad del tajamar, de las lluvias y de la superficie colectora.

Es importante estudiar para recolectar agua la inclusión de caminos, cunetas y cauces naturales que puedan existir en las cercanías.

Las canaletas de alimentación exigen un constante trabajo de conservación y limpieza que evita se llenen de materiales que obstaculicen la corrida del agua. Cerca de la naciente de las mismas no deben permitirse la existencia de dormideros, caminos, bebederos, saladeros u otros lugares de concentración de hacienda. De esta manera se elimina la entrada de tierra de arrastre al tajamar, y sobre todo, de materia fecal, uno de los principales motivos por los cuales aparece vegetación dentro del tajamar.

Es conveniente que las regueras tengan pasto sembrado por lo menos en los 20 m antes de su desembocadura en la pileta de decantación. Esto sirve de filtro y evita que la tierra de arrastre entre en el embalse. Es importante limpiarlos antes y durante el período de las lluvias, cortando la vegetación al mínimo posible (1 cm de altura o menos) de manera tal que los proteja y también permita un adecuado escurrimiento

En zonas con un régimen pluviométrico anual mínimo de 300-350 mm, y suponiendo una captación posible de alrededor de 10 % del agua caída, se deberá destinar para área de captación una superficie de alrededor de 3 ha por cada 1.000 m^3 de capacidad del tajamar. Para obtener esta cifra se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Superficie de captación en hectáreas} = \frac{m^3 \text{ del tajamar}}{\text{Régimen pluviométrico anual mínimo en mm}} = \text{ha}$$

En una forma más exacta para calcular el área de captación mínima, hay que evaluar el tipo de suelo, la vegetación existente, la pendiente y la intensidad, distribución y volumen de las lluvias de la zona. Cada una de esas variables incide en el porcentaje de lluvia que escurre y el que se infiltra, las que se unifican en un coeficiente de escorrentía (N), que, como su nombre lo indica, es el porcentaje de agua que escurre superficialmente respecto de la total precipitada.

De una manera simplificada, se puede expresar:

$$\text{Superficie mínima de captación} = \frac{\text{Volumen necesario en la represa (capacidad más pérdidas) en m}^3}{\text{N x PP (en m)}}$$

donde:

N: coeficiente de escorrentía.

PP: precipitación anual mínima del período considerado o precipitación media mínima de años secos o precipitación anual mínima probable (reducir los mm a m).

Existen tablas que permiten obtener el coeficiente de escorrentía (N) en función del tipo de suelo y de la pendiente del área de captación:

Tabla 14-2.- Coeficiente de escorrentía en función del tipo de suelo, pendiente, uso del suelo y vegetación
(Rawls Runoffs coefficients for the rational formula by hydrologic soil group and slope range)

Uso del suelo o vegeta-ción	Tipo de suelo											
	A			B			C			D		
	Pendiente del terreno (%)											
	0 - 2	2 - 6	> 6	0 - 2	2 - 6	> 6	0 - 2	2 - 6	> 6	0 - 2	2 - 6	> 6
Cultivos	0,08	0,13	0,16	0,11	0,15	0,21	0,14	0,19	0,26	0,18	0,23	0,31
Pasturas	0,12 0,15	0,20 0,25	0,30 0,37	0,18 0,23	0,28 0,34	0,37 0,45	0,24 0,30	0,34 0,42	0,44 0,52	0,30 0,37	0,40 0,50	0,50 0,62
Pastura natural	0,10 0,14	0,16 0,22	0,25 0,30	0,14 0,20	0,22 0,28	0,30 0,37	0,20 0,26	0,28 0,35	0,36 0,44	0,24 0,30	0,30 0,40	0,40 0,50
Monte o bosque	0,05 0,08	0,08 0,11	0,11 0,14	0,08 0,10	0,11 0,14	0,14 0,18	0,10 0,12	0,13 0,16	0,16 0,20	0,12 0,15	0,16 0,20	0,20 0,25

A: arenas profundas, con muy poco limo y arcillas. Potencial de escurrimiento mínimo.
B: suelos arenosos menos profundos que los del grupo A. Son suelos arenosos con buen drenaje.
C: Son suelos someros con drenaje pobre. Contienen arcillas y coloides.
D: Son las arcillas con un porcentaje de aumento de volumen elevado y un drenaje muy dificultoso.

Ejemplo:

Área de captación para una represa de 10.000 m^3 de llenado, incluidas las pérdidas por infiltración y evaporación, con una precipitación anual media PP de 350 mm (0,350 m), con suelo arenoso (tipo B), con pendiente general del 2 al 6 %, con pastura natural. En la tabla se obtiene un coeficiente de escorrentía N entre 0,22 y 0,28, promedio 0,25. Aplicando la fórmula:

$$\text{Superficie mínima de captación} = 10.000\ m^3 / (0,25 \times 0,350\ m) = 114.285,71\ m^2 = 11,43\ ha$$

Los caminos o rutas, convenientemente sistematizados, nos pueden permitir captar abundante agua de lluvia, ya que toda la superficie de los mismos es área de captación. Desde las cunetas o préstamos laterales a los caminos se trazan regueras hacia la represa.

La escorrentía depende del tamaño y de la intensidad de la lluvia. Generalmente no se puede obtener agua con lluvias menores de 40 mm, por lo que este sistema es dependiente de lluvias grandes y torrenciales. Por dicho motivo no abastece con suficiente agua en años en los cuales hay poca precipitación y en especial en años en que la mayoría de las lluvias son reducidas en intensidad o milimetraje.

Si se considera necesario por la zona y por el régimen de lluvias, será ineludible preparar una superficie de captación impermeable con materiales adecuados (ver: Métodos de impermeabilización) con el fin de maximizar la recolección pluvial en períodos de mínima (< 300 mm).



Figura 14-25.- Camino secundario bien preparado para captar agua de lluvia por la cuneta.

En ciertos casos, es necesario y posible complementar las regueras con camellones o bordos de poca altura para detener el agua, concentrarla y hacerla correr hacia la pileta de decantación. Estos camellones empleados, por ejemplo, en los bajos submeridionales de Santa Fe, zona inundable en ciertas épocas, sirven también, en esos ciclos, como circuladores para la hacienda hacia zonas secas elevadas natural o artificialmente, que el ganado emplea como dormideros. Es conveniente que estos dormideros tengan árboles en cortina como reparo del viento y para sombra.

En algunas zonas, como indica Molina (1980) para nuestro chaco, el área de captación de agua para las represas debe estar cubierta de bosques, ya que considera que si las mismas fueran pastizales, las represas se secarían, dado que el pasto no permite un buen escurrimiento del agua. En esa zona, cada represa requeriría de setenta a ciento cincuenta hectáreas de bosques como área de captación.

En el chaco paraguayo, donde la ganadería siempre sufrió por la falta de agua, las colonias menonitas, con este sistema, en períodos de lluvias normales, logran captar por año 5.000 m^3 (5.000.000 litros) de agua por hectárea, y en años de seca, 1.700 m^3.

PILETA DE DECANTACIÓN, DESARENADOR, PREREPRESA, TRAMPA O DECANTADOR DE SEDIMENTOS

El depósito de material sólido en el tajamar, que lleva a su embancamiento, se produce por el arrastre de sedimentos de la cuenca de alimentación, lo que está en función de la intensidad de la lluvia, de la pendiente, del grado de empastamiento de los colectores, del tipo de terreno y del grado de mantenimiento de los decantadores. Las ventajas de estas trampas estriban en que se pueden remover los sedimentos sin tener que esperar a que se reduzca o agote el agua de las represas y sin tener que entrar a las mismas, lo que alarga su vida útil.

La pileta de decantación o desarenador se ubica dentro del sector alambrado de cierre del tajamar y al trabajar como un decantador, evita la entrada de tierra y otras materias sólidas gruesas que son arrastradas por el agua que llega por las canaletas de alimentación y que reducirían la vida útil del tajamar (colmatación, embancamiento, atarquinamiento o enlame). Es el único lugar por donde debe pasar toda el agua que llega al tajamar. Su construcción se debe hacer con hormigón. La profundidad debe ser mayor a 1,5 m, el largo de 6 a 8 m y el ancho de unos 5 m o más, de acuerdo a la maquinaria que se utilice para su limpieza (pala hidráulica o pala de buey accionadas con tractor o equinos). Las paredes de los dos costados deben ser de pendiente suave, para que pueda entrar y salir fácilmente la maquinaria, y se continúan con taludes. La limpieza se realiza por lo menos dos veces al año, como mínimo antes y después de las primeras lluvias, ya que son las que transportan el mayor volumen de material suelto, o cuando sea necesario. Su comunicación con el tajamar debe ser también de cemento, a nivel lo más alto posible. En este lugar es conveniente colocar una compuerta, para que una vez lleno el tajamar, se impida que siga entrando agua, dado que esto llevaría más rápidamente a la colmatación. Una vez cerrada esta compuerta el agua se desvía por un canal secundario que puede partir de la pileta de decantación.

Como una solución más económica, se puede construir una prerepresa de decantación. Son represas de tamaño reducido, fáciles de limpiar en épocas de seca, cuando se colmatan, con maquinaria, y que reciben el aporte del agua con arrastre de sedimentos, que en su mayor parte decantan en la misma. Se conectan al tajamar por cañería de gran diámetro o por canaletas de cemento, con su boca de entrada lo más alto posible.

En esta boca de entrada, si se considera necesario, se puede colocar una malla de alambre de orificios amplios (por ejemplo, alambre chanchero) que impida el ingreso de material flotante (ramas, hojas, pastos, plásticos, etc.) a la represa.

Tanto si se trata de un decantador o de una prerepresa, esta cañería o canaleta que entra al tajamar (rápida de ingreso) debe tener una inclinación no menor de 45º y terminar en una pileta de cemento (disipador) de 0,5 a 1 metro de profundidad ubicada en el piso de la represa. Su función es disipar la energía que trae el agua para disminuir la erosión en el piso del tajamar.

Basán Nickisch y col. (2008) proponen que el disipador hidráulico, además de ser construido con resistencia a los impactos hídricos, debe poseer una sobre elevación en el extremo de descarga, complementada con un difusor en forma de abanico hacia el sector de ingreso del agua a la represa (figura 14-26).

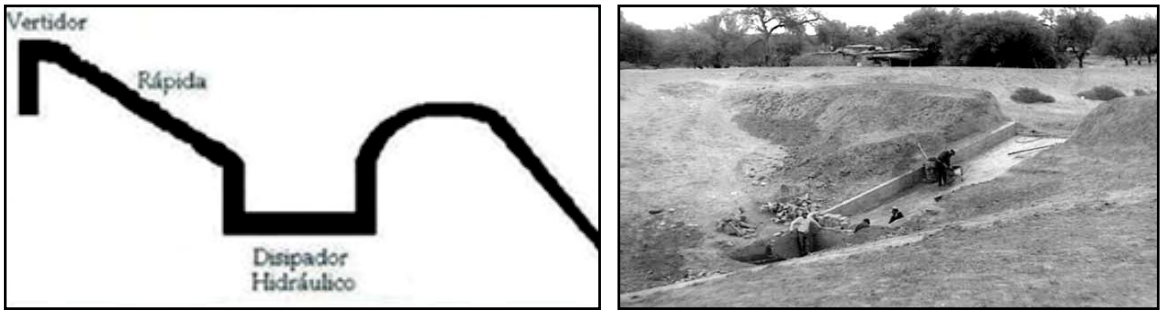


Figura 14-26.- a) Vertidor, rápida y disipador hidráulico diseñado en el módulo "Los Cerrillos" (Basán Nickisch y col., 2008); b) Vertidor, rápida y disipador hidráulico en construcción en una represa en la provincia de Santiago del Estero.

El grado de eficiencia de las piletas de decantación o de las prerepresas para evitar el embancamiento del tajamar depende del mantenimiento a que son sometidas periódicamente, pero se debe tener en cuenta que no retienen el material transportado en suspensión, flotación y disolución (limos, arcillas, materia orgánica, compuestos químicos, etc.).

VERTEDERO, ALIVIADERO O DESAGÜE DE EMERGENCIA O DE MÁXIMAS

En todos los tajamares, pero sobre todo en los que se construyen en cañadones en donde la correntada puede ser fuerte, es necesario construirles vertederos, también llamados aliviaderos o canales de desagüe de emergencia, con piso y paredes de cemento o piedras, de manera que si el agua embalsada aumenta su nivel en demasía, el vertido o rebose no desborde por sobre el terraplén, provocando su derrumbe. Determina el máximo nivel de agua que puede contener la represa.

El piso del vertedero debe estar por lo menos medio metro más bajo que la cresta del terraplén. La capacidad debe ser amplia, debiendo colocarse, dentro de las posibilidades, en uno de los laterales del tajamar. Sus dimensiones deben ser tales que pueda absorber todo el caudal producido por eventuales crecientes, permitiendo evacuar igual o mayor cantidad de agua que la conexión de entrada (rápida de ingreso).

Los vertederos deben descargar por un "bigote" el agua a distancia suficiente de la base del terraplén para evitar la formación de socavones.



Figura 14-27.- Vertedero de un tajamar evacuando eficazmente el excedente de agua (vertido o rebose) sin comprometer el terraplén, luego de una copiosa lluvia.

Tabla 14-3.- Ancho del vertedero en metros según profundidad y área de captación.

Cuenca aproximada de captación en ha	Profundidad del vertedero desde la cresta del terraplén en m						
	1	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
0 - 50	3						
50 - 75	6,5	4	3				
75 - 130	10	6	3,3	3			
130 - 190	14	8,2	4,8	3,6	3		
190 - 250	17,5	10	6	4,5	3,3	3	
250 - 320		12	7,5	5,7	4	3,3	3

EXTRACCIÓN DEL AGUA

La extracción del agua para su posterior suministro a los animales se puede realizar de diversas maneras, empleando alguna de las tomas de agua para depósitos abiertos vistas anteriormente. Generalmente se saca el agua por sobre el terraplén con un molino, bombeador o sifón, que vuelcan el agua a un tanque australiano sobreelevado, mezclándola, si es necesario, con aguas salobres, y de allí se distribuye a los bebederos, que a veces pueden estar a gran distancia.

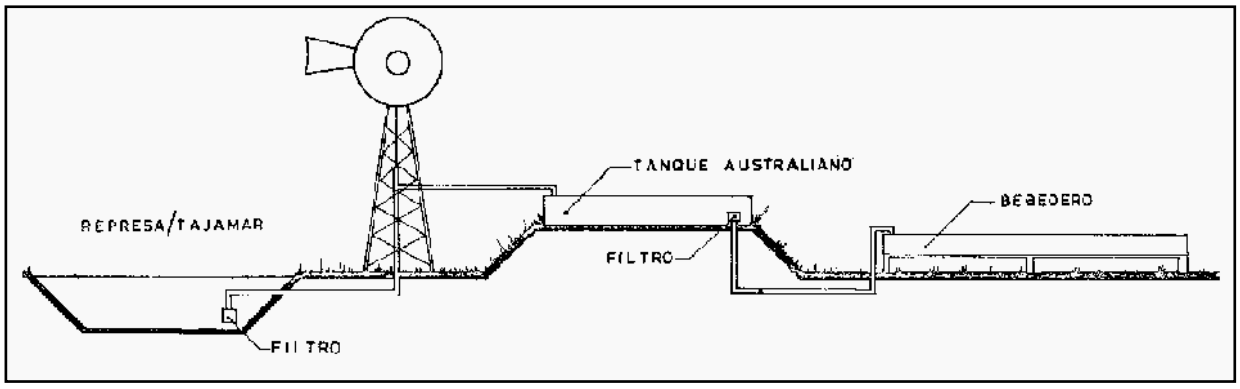


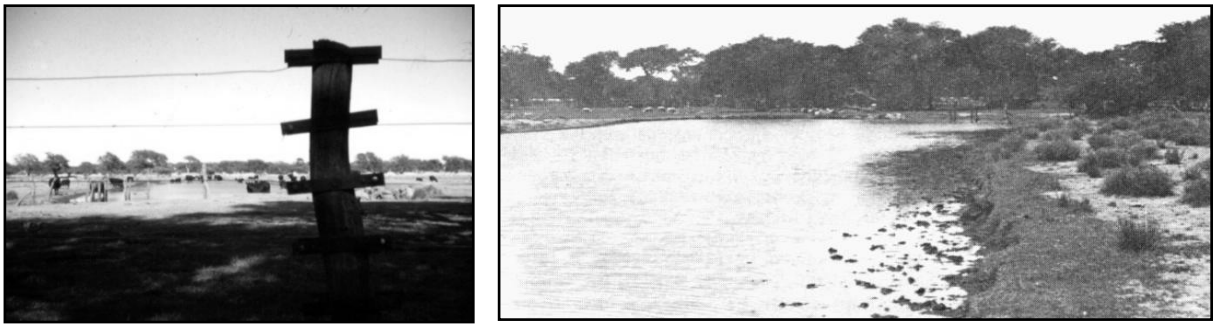
Figura 14-28.- Esquema de extracción de agua de un tajamar

También, aprovechando pendientes, por un caño de hierro galvanizado que pase bajo el terraplén se puede llevar directamente a los bebederos (fig. 14-20, 14-21 y 14-24). En el extremo de admisión, el caño formará un codo de 90º con perforaciones de 5 mm de diámetro encerrado en un filtro de grava.

Todo caño que atraviese el terraplén, debe colocarse cuando se está construyendo el mismo, teniendo la precaución de tapar sus extremos hasta terminar el trabajo. Es conveniente construir alrededor del caño, en la parte que va bajo el terraplén, varios anillos o collarines de cemento cada 2 - 3 metros (fig. 14-24), para prevenir filtraciones a lo largo de su recorrido (tubificación). En tajamares chicos estos anillos antifiltrantes podrán ser de polietileno grueso (bolsas, silos-bolsa), de goma (cámaras viejas) u otro material de baja degradabilidad, atados al tubo con tiras del mismo.

Otra forma de captación del agua es colocar un caño flexible plástico, que por medio de un flotante mantiene la boca de captación cerca de la superficie del tajamar y en la parte más profunda del tajamar, para lo cual se deberá anclar la toma al fondo (fig. 14-2). Este anclaje deberá permitir el desplazamiento de la toma y de los flotadores de acuerdo al nivel del tajamar.

De ninguna manera se puede permitir a la hacienda abrevar directamente en el tajamar (fig. 14-29).



Figuras 14-29.- Tajamar mal manejado, sin alambre de cierre. Obsérvese la hacienda dentro del tajamar, los derrumbes de los taludes efectuados por la misma, que llevan al embancamiento, y el patio con grandes zonas sin vegetación (Prov. de La Pampa, región de los bosques y médanos pampeano-puntanos).

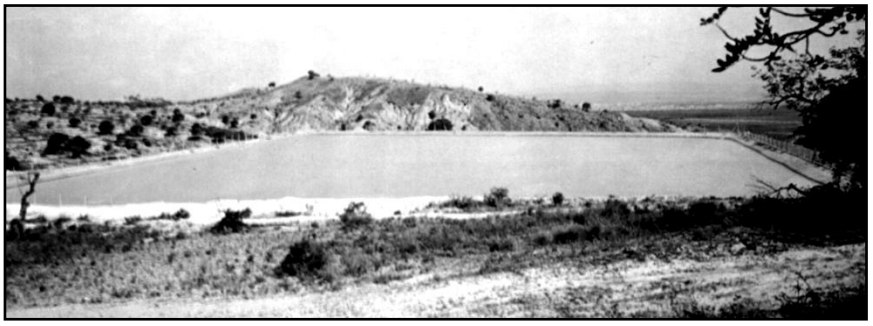


Figura 14-30.- Tajamar bien construido. Obsérvese el alambre perimetral y los taludes en perfecto estado.



Figura 14-31.- Tajamar en la Pampa de Olaen, Córdoba, zona de altiplanicie serrana. La foto está tomada desde la ruta, es decir, que el tajamar captura el agua de lluvia de las cunetas, y al estar situado en una zona alta permite que por gravedad se puede enviar el agua a los bebederos.

MANTENIMIENTO DE LOS TAJAMARES, EMBALSES, ESTANQUES Y REPRESAS

La primera inspección se debe realizar apenas se llena el depósito por primera vez y luego después de lluvias intensas, especialmente de aquellas que llegan a causar descarga por el vertedero. Por lo menos una vez al año es necesario efectuar una inspección.

Algunos puntos a verificar son: protección vegetal de las riberas y taludes, segado de los pastos, fertilización, eliminación de arbustos, reparación de cárcavas y zanjas, presencia de basura en las salidas a bebederos o en el vertedero, filtraciones, madrigueras y cuevas excavadas por animales, etc.

Una buena cubierta de vegetación ayuda a detener la erosión en las riberas, taludes y vertederos. Hay que rellenar las zanjas y cárcavas y colocar fertilizante y semillas de pastos perennes en todas las áreas descubiertas. Es posible que esto sea necesario hacerlo anualmente para mantener una buena cobertura de plantas. En las áreas donde fuera necesario restaurar rápidamente la vegetación, es conveniente colocarla en forma de champas o tepes. Si la vegetación no basta para proteger las riberas y taludes, habrá que considerar la posibilidad de revestirlas con piedras o escombros.

Segar la vegetación sobre los terraplenes, taludes, dique y aliviadero controla las malezas y evita que crezcan árboles y arbustos. La vegetación leñosa cortada se debe retirar. La basura y las malezas altas y tupidas estimulan la colonización por roedores que perforan túneles en los terraplenes, lo que puede provocar filtraciones y eventualmente la ruptura del mismo. Hay que rellenar estas excavaciones con tierra apisonada o compactada y se deben eliminar estas alimañas de la zona.

Los alambrados perimetrales se deben mantener en buenas condiciones, reparándolos apenas se dañan para evitar el ingreso de los animales mayores.

La calidad del agua desmejora cuando su cantidad es reducida por aumentar la concentración de nitratos.

Debe evitarse la presencia de vegetación acuática dentro del tajamar. Las raíces provocan pérdidas por filtración y el gran espacio que ocupan las plantas disminuye la capacidad de almacenaje. Si bien las plantas evitan en parte la radiación solar directa sobre el agua, la pérdida por transpiración de las hojas alcanza valores cinco veces mayores que el de las pérdidas por evaporación directa. Por otra parte, la vegetación acuática colabora en la reducción de la capacidad del tajamar a través del aporte de hojas y residuos secos.

Es imprescindible hacer por lo menos una limpieza anual. Esta tarea se debe efectuar antes de la época lluviosa, cuando el tajamar está en su mínimo nivel, lo que facilita el trabajo y disminuye costos. La limpieza se debe hacer en forma manual, empleando un alambre con ganchos, cuyos extremos son arrastrados por dos operarios desde los bordes del tajamar.

Se debe controlar periódicamente el grado de colmatación del tajamar. Cuando el mismo es elevado se debe aprovechar el momento en que tenga poca agua y desbarrarlo con una pala de buey o hidráulica accionada por dos tractores desde fuera del tajamar, con cables largos. Un tractor se coloca de cada lado del tajamar; uno saca la pala llena y luego de vaciarla, el otro la vuelve a entrar al tajamar para repetir la operación.

Con este trabajo no se debe sobrepasar el piso original, pues se puede llegar a producir lo que se conoce como rotura de piso, produciéndose pérdidas por infiltración. Esto se debe a que con el correr de los años, la arcilla que se fue depositando va impermeabilizando el piso, y al extraerla en demasía, de rompe esa impermeabilización.

Estas medidas de mantenimiento de los tajamares en gran parte también son aplicables a los embalses, estanques y represas.

TANQUE CHACO O MEGAREPRESAS

Los tanques chaco son grandes depósitos de agua que, al igual que las represas, consisten en excavaciones y un gran terraplén perimetral de hasta 15 m de altura construido con la tierra extraída de la misma. En caso que la napa freática se encuentre a poca profundidad y sea muy salina, hecho muy común en el Chaco árido, de donde obtienen su denominación, se construye solo el terraplén sin excavación, de manera de disminuir las posibilidades de mezcla de las aguas. En caso necesario se impermeabilizan. Estos reservorios pueden acumular más de 50.000.000 de litros de agua.

Se emplea este tipo de instalación en zonas donde las napas superficiales poco salinas se agotan, o son muy salobres, lo mismo que las más profundas. Si el tanque chaco se encuentra lleno con agua de baja salinidad, la mezcla de aguas (cap. XVIII) permite alargar el tiempo de empleo de este tipo de aguadas.

El tanque en sí consiste en una gran represa de 5 a 15 m de profundidad, con un gran terraplén perimetral y una zona que se sistematiza mediante camellones o canaletas a favor de una pendiente del 0,3 % y un largo máximo de 250 m para recoger el agua de lluvia y conducirla hacia la zona más baja donde existe una anterepresa o tajamar pulmón de buen tamaño. Pendientes mayores o camellones más largos ocasionarían problemas de erosión.

El agua llega a la anterepresa, que actúa como depósito decantador, de donde es trasvasada al tanque chaco por medio de bombas centrífugas de gran caudal. Al tanque chaco se lo llena con agua de lluvia y en algunos casos también con agua de la primera napa, si la misma es de baja salinidad.

La forma, construcción, orientación, taludes, impermeabilización, evaporación y demás detalles son semejantes a lo visto en tajamares. Igualmente, para abrevar a la hacienda el agua debe trasvasarse primero a un tanque australiano o de tierra impermeabilizado, de donde pasará a los bebederos. La altura del terraplén sobre el que está construido dependerá de la distancia y elevación de los bebederos a los que debe surtir. En estos tanques se puede hacer la mezcla de aguas.

El pozo o perforación a utilizar para extraer el agua de la napa freática es conveniente hacerlo muy cerca del tanque chaco, dado que esta represa, por su gran superficie y gran presión por la profundidad, va a efectuar una recarga de la napa superficial (cap. XVIII).



Figuras 14-32.- a) Represa y talud de un tanque chaco; b) En este caso, el sistema de acopio de agua está constituido por colectoras que surten a una represa, desde donde es bombeada hacia el tanque chaco sin excavación (a la izquierda) cuyas paredes de tierra se elevan unos 10 m sobre la superficie del terreno.

Un ejemplo de estas instalaciones lo encontramos a 300 kilómetros de Resistencia, Chaco, en las puertas de "El Impenetrable", a 10 kilómetros de la ruta 16 que va a Salta, en el establecimiento Río Muerto y Cabaña El Yaguareté, de la firma Ciagro Campos, de Luís y Carlos Calvo.

Por un estudio de planialtimetría, se determinaron cuencas para captar el agua y ubicar las represas con capacidad para almacenar 160 millones de litros (la más grande tiene 120 metros de largo, 100 de ancho y 12 metros de profundidad). Primero se concentra el agua en el lugar más bajo y desde allí se usan canales que convergen a una represa decantadora de sedimentos para su posterior bombeo a las megarepresas o tanques chaco. Toda la cuenca está orientada hacia la represa, poniéndose énfasis en los desniveles naturales. Luego el agua es elevada por medio de molinos y motobombas a tanques de tierra cubiertos con geomembranas construidos en elevaciones del terreno. Desde ese tanque el agua se traslada por gravedad a tanques secundarios por medio de cañerías. Hay 35 kilómetros de cañerías para todo el sistema con el objetivo que el agua llegue a cada uno de los 80 potreros del establecimiento, En cada potrero existen dos bebederos de 1000 litros. El costo de la inversión total, que incluye la cuenca, la represa de captación, la megarepresa, los tanques, los accesorios, las geomembranas y las cañerías ronda los 110 dólares por hectárea, lo que se amortiza en unos diez años. Pero lo importante es que sin esta inversión y metodología no podría producir una ganadería eficiente (Bertello, 2008).

El Méd. Vet. Mauricio Di Niro (2007) también nos aporta un interesante informe sobre la solución que implementaron las colonias menonitas de Loma Plata en el Chaco Paraguayo, pioneros en el desarrollo de estas tecnologías:

Colecta de agua con una superficie de captación de agua:

El chaco central tiene déficit hídrico muy elevado, siendo su evapotranspiración de 1700 mm por año y sus precipitaciones de 830 mm concentradas entre Octubre y Abril. Los acuíferos subterráneos del chaco central son salinos, es por esto que los productores se ven obligados a hacer reservas de agua de lluvia. Dado que el 50 % de las lluvias anuales son menores a 40 mm, han ideado un sistema de colección de agua por superficie de captación que les permite acumular agua en lluvias pequeñas, que sin esta tecnología no se podrían captar.

Se calcula que se acumulan 5000 m^3/ha año tomado en cuenta lluvias promedio de 850 mm/año y 60 % de acumulación de dichas precipitaciones.

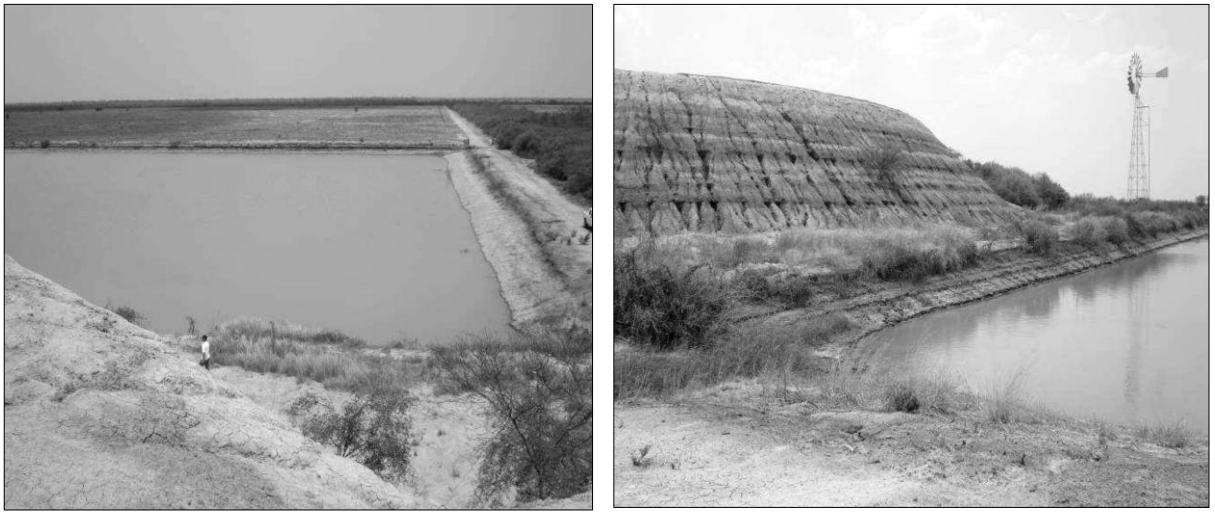
Cien cabezas de ganado necesitan 3600 m^3 de agua año a 100 l/cab/día de consumo mas evaporación correspondiendo a 0,72 has de captación. Es decir se sacrifica casi 1 ha de tierra para captar agua con el fin de dar de beber a 100 cabezas de ganado.

Preparación de la superficie de captación:

Se hacen canales cada 6-8 metros, ubicando la tierra excavada entre los canales. La altura del camellón debe ser de 50-60 cm. con respecto al fondo de los canales. Los mismos deben tener 0,3 al 0,5 % de pendiente hacia el reservorio.



Figuras 14-33.- Canales y camellones paralelos de captación



Figuras 14-34.- a) Tajamar pulmón visto desde arriba del talud del tanque chaco; b) Tajamar pulmón, talud del tanque chaco y molino.

Tajamar pulmón:

Es necesario tener un tajamar pulmón donde se acumule previamente el agua de la superficie de captación para luego bombear al reservorio principal (tanque chaco). Debe estar preparado para captar el agua de una lluvia de 100 mm por lo cual se necesitan 1000 m^3 de pulmón por cada ha de captación. Si tengo 20 has de superficie de captación el volumen del pulmón debe ser de 20.000 m^3. La tierra que se extrae para la construcción se usa para la construcción del reservorio. La relación reservorio/ tajamar pulmón debe ser 5/1, es decir para un reservorio de 100.000 m^3 necesito de 20.000 m^3 de tajamar pulmón. Las bombas son de acuerdo al volumen del tajamar pulmón y deben retirar el agua y mandarla al reservorio en no más de 24 hs post lluvia.

Reservorio:

El reservorio debe tener una profundidad no menor a 7 m, con el objeto disminuir las perdidas de agua por evaporación. Se procura que la evaporación no supere el 30 % del total de agua acumulada.

Conocimos reservorios de distintos tamaños, el más chico tenía capacidad para almacenar 8.000.000 de litros y el más grande era de 47.000.000 litros.



Figuras 14-35.- a) Tajamares pulmón, molino y tanque chaco; b) La imponente mole de un tanque chaco en la llanura.



Figuras 14-36.- a) Talud de un tanque chaco; comparar su altura con la camioneta; b) Interior de un tanque chaco.



Figura 14-37.- Plano inclinado para subir las maquinarias hasta el coronamiento del talud.

COLECTOR PLUVIAL O TRAMPA PARA LLUVIA

Los colectores pluviales o trampas para lluvia consisten en una cubierta impermeable para captación del agua de lluvia que se extiende o construye sobre el suelo y que desemboca en un depósito cubierto para almacenarla (fig. 14-38 y 14-39). Su uso se justifica en las regiones áridas y semiáridas donde las napas son muy profundas o la calidad del agua subterránea la hace no potable para los animales y/o las lluvias se producen en forma de chaparrones, por lo que el agua no llega a correr sobre el terreno.

El costo proporcional al agua capturada y almacenada de un colector, por lo general, es mayor que la instalación de aguadas convencionales que permitan emplear el agua subterránea, y por lo tanto, el agua obtenida es más cara, pero en algunas regiones es el medio más económico o el único de obtención de agua para el ganado.

El revestimiento para captación consiste en una pieza cuadrangular de material impermeable extendida o construida sobre el terreno. En el vértice inferior del colector se encuentra un filtro en forma de capucha o una pileta chica de decantación que desagua por medio de una tubería en un depósito cubierto, el cual abastece un bebedero. Todo el sistema de colección y depósito debe estar alambrado perimetralmente para evitar el acceso de los animales.

El desnivel para este tipo de instalaciones es muy importante. La salida del colector tiene que quedar más alta que el depósito, o a lo sumo al mismo nivel de llenado máximo, y el fondo de éste más alto que la parte superior del bebedero. Por lo tanto, es necesario que el terreno tenga una pendiente de 5 a 10 %.

PREPARACIÓN DEL TERRENO

La superficie del lugar de instalación de un colector debe estar libre de matorrales, árboles, tocones, palos y piedras que pudiesen perjudicar el material de revestimiento. La tierra de la excavación del colector se puede utilizar para construir los camellones de protección y recolección, y como peso para asegurar los bordes del revestimiento, en caso de que éste sea de plástico o caucho.

No deben existir en la superficie oquedades o pozos que retengan el agua, que de quedar allí se evaporará sin prestar utilidad. La esquina más baja y el embudo de captación deben estar por encima de la entrada de la bolsa o depósito de almacenamiento para que el mismo no rebalse por ese lugar cuando se llena.

CONSTRUCCIÓN

Para el revestimiento del colector se puede utilizar cualquiera de los materiales que veremos más adelante al tratar el aumento de la retención por impermeabilización. Los colectores que se construyen de caucho sinté-

tico o plástico pueden enrollarse para transportarlos e instalarlos con facilidad en otros sitios. De esta manera la inversión efectuada es más redituable.

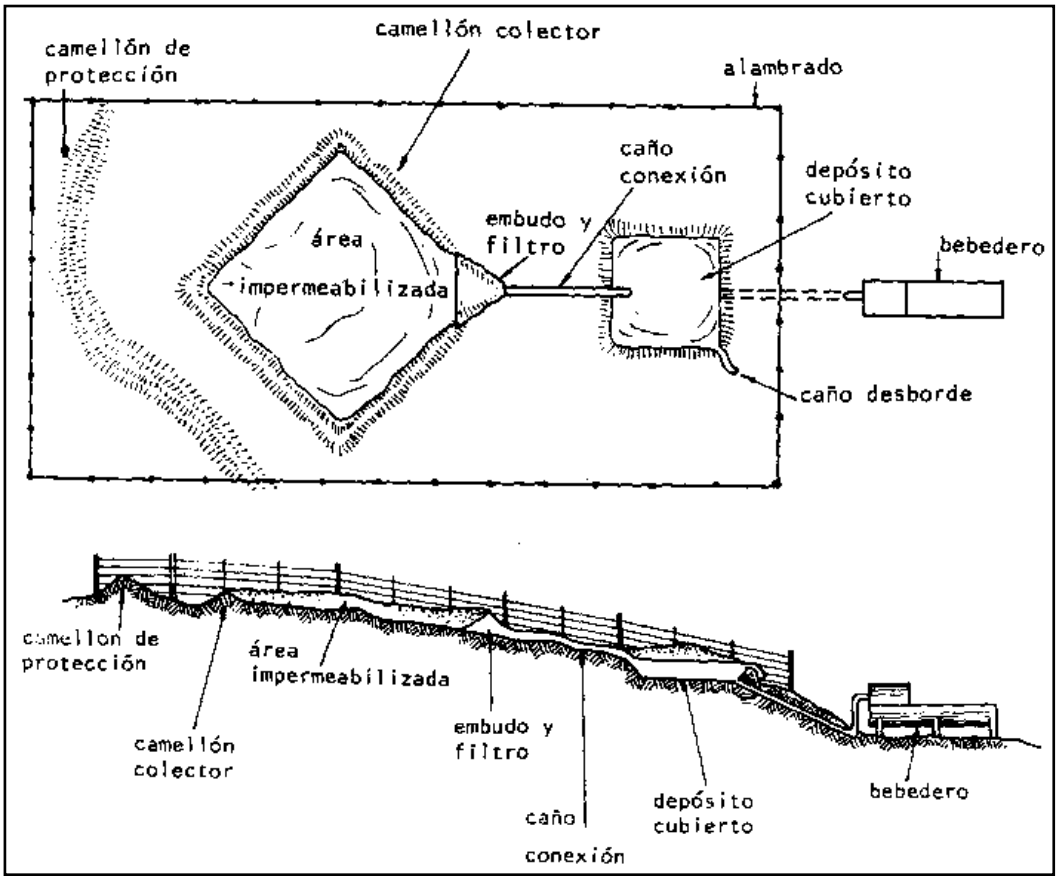


Figura 14-38.- Instalación completa de un colector pluvial.

El colector de agua pluvial puede realizarse de cualquier dimensión, y ella dependerá de la cantidad de animales a abrevar. Por ejemplo, si lo construimos de 10 x 50 m, tendremos una superficie captadora de 500 m^2. Por lo tanto, por cada mm de lluvia, tendremos una disponibilidad total de:

500 m^2 x 0,001 m = 0,5 m^3 = 500 litros.

Tabla 14-4.- Rendimientos de agua aproximados de colectores pluviales.

Medidas colector	Superficie utilizable para colectar	Agua colectada cada 10 mm de lluvia
16,5 x 16,5 m	230 m^2	2,3 m^3
24 x 24 m	520 m^2	5,2 m^3
31,7 x 31,7 m	930 m^2	9,3 m^3

Considerando una zona árida, con lluvias de 200 mm anuales, y la construcción de un colector de 500 m^2 se podrían recoger 100.000 litros anuales de agua, la que se aprovecha en su totalidad, ya que en este sistema no hay prácticamente evaporación ni infiltración. Esta cantidad es suficiente para mantener 70 animales adultos durante un mes. De esta forma podemos aprovechar pasturas que de otra manera no podrían utilizarse debido a la falta de agua.

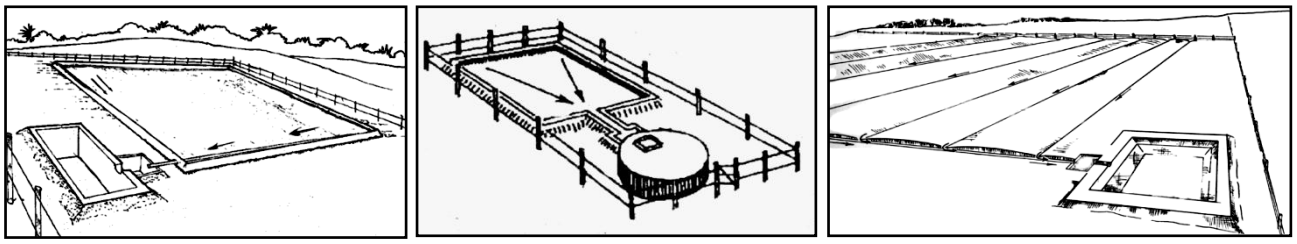


Figura 14-39.- Distintos tipos de colectores pluviales.

El depósito debe construirse con un material impermeable libre de agujeros diminutos. Si se construyen tanques tipo australiano, deben ser de tipo cubierto, bien impermeabilizados y subterráneos o semisubterráneos. Si se usa plástico debe ser más resistente a las rasgaduras que el que se utiliza para el revestimiento del colector.

Las bolsas de depósito se pueden hacer sobre el terreno, usando láminas de butilo. Las orillas de las láminas se entierran en una zanja alrededor de la parte alta de la cavidad excavada en el terreno. Realizándola en dos piezas, sin soldaduras, se obtienen varias ventajas:

- Toda la superficie de la lámina de butilo queda fácilmente accesible para su mantenimiento y reparación. Sólo es necesario dejar al descubierto los bordes de unión.
- El peso de transporte es solamente la mitad del de una bolsa previamente soldada de la misma capacidad y la reparación es más fácil.
- El precio es menor que el de una bolsa prefabricada.

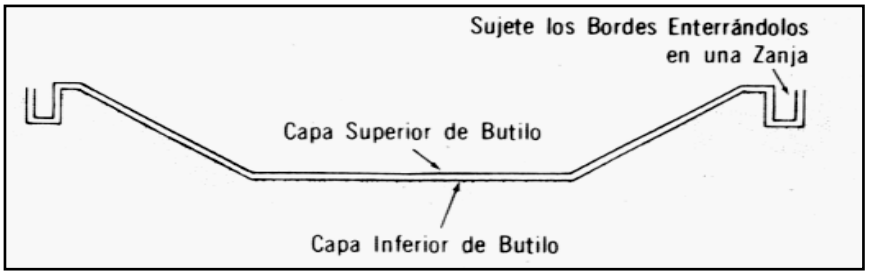


Figura 14-40.- Depósito construido con dos láminas de butilo u otro material.

El depósito debe tener un caño de entrada a un lado, para recibir el agua del área de captación, uno de desborde y otro de salida en el lado opuesto al de entrada. El caño de desborde sirve como medida de protección contra las sobrecargas. El caño de salida se conecta a la cañería que abastece a los bebederos.

PEQUEÑOS DEPÓSITOS NATURALES

En zonas de sierra en depresiones o huecos naturales de las rocas, en el llano en lagunas o grandes charcos o en zonas de monte, en concavidades de algunos árboles, puede depositarse agua de lluvia en cantidades a veces de centenares o miles de litros. Son depósitos de agua transitorios que no dan seguridad de abastecimiento en el tiempo ni por la cantidad, pero pueden ser de utilidad en ciertos momentos para que la hacienda no se traslade hasta la aguada principal y pastoree en zonas no habituales por falta de agua de bebida.



Figuras 14-41.- Este caldén, de fuste corto, entre sus ramas capta y mantiene más de 300 litros de agua de lluvia, rocíos y nieblas, aprovechable por los animales. Se denominan zonalmente "caldenes botija". Estancia El Tapayo, de los Hnos. Cola, Nueva Galia, sur de la prov. de San Luís.

APROVISIONAMIENTO POR AGUA SUBTERRÁNEA

EMBALSE SUBTERRÁNEO

El embalse subterráneo aprovecha el agua depositada en los suelos aluviales de los embalses, cauces de ríos, cañadones, quebradas y lagos temporales, a través de la intercepción del flujo freático, por medio de un septo (muro, pared, lámina) impermeable subterráneo vertical y transversal al flujo, acumulándolo aguas arriba del septo, en el perfil del suelo, formando una napa freática fácilmente extraíble y utilizable.

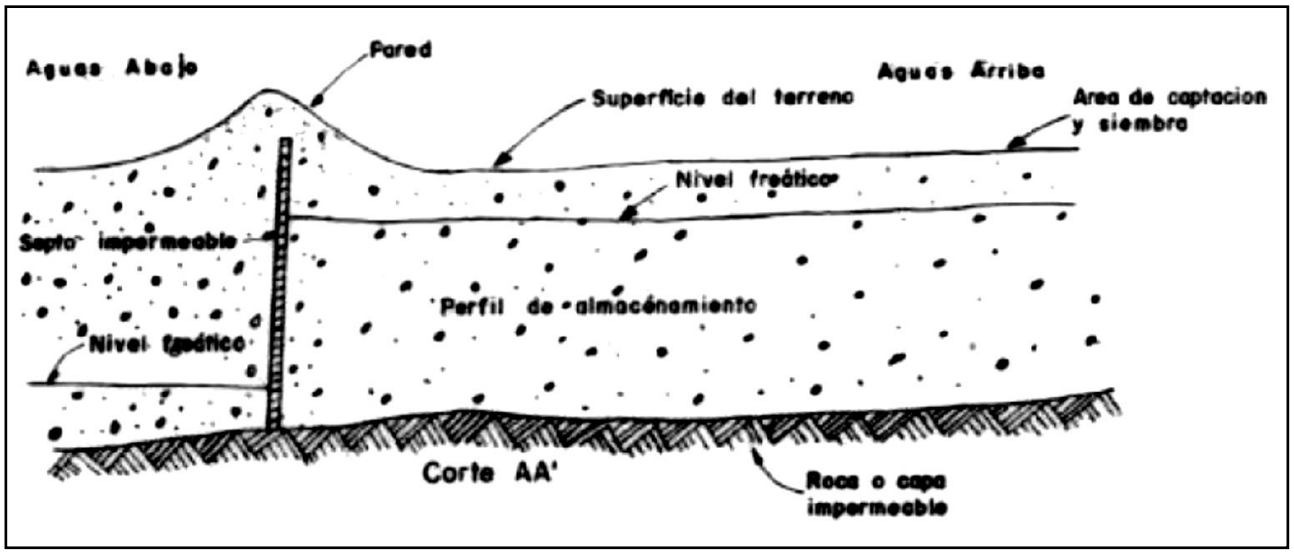


Figura 14-42.- Corte transversal del embalse subterráneo

Los sitios mas indicados para su implantación son aquellos pequeños valles que sirven de depósito para materiales aluviales, como los lechos de ríos o quebradas temporales, o las bacías hidráulicas de lagos y lagunas de invierno. Se deben abrir calicatas para caracterizar el perfil y la profundidad de la capa impermeable del suelo.

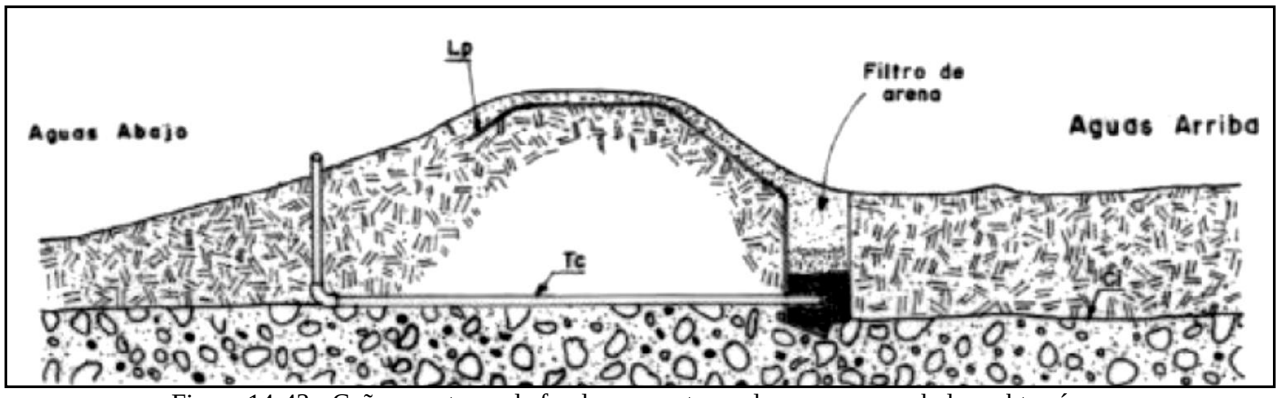


Figura 14-43.- Caño para toma de fondo para extraer el agua en un embalse subterráneo construido con pared de lámina plástica..

TANQUES

Su construcción generalmente se realiza en la cercanía de los mecanismos para extraer agua y encerrado en el mismo perímetro de alambre. También puede construirse alejado del lugar de extracción y surtirlo por cañerías.

El volumen o capacidad de un tanque cuadrangular se obtiene con la fórmula:

Volumen = lado en m x lado en m x altura en m x 1000 = litros

El volumen o capacidad de un tanque circular se obtiene con la fórmula:

Volumen = 3,14 x radio^2 en m x altura en m x 1000 = litros

Como las medidas del radio, la altura y los lados se expresan en metros, el volumen se obtiene en m^3, por lo que se debe multiplicar por 1000 para obtener los litros.

El cálculo de la capacidad necesaria de un tanque se verá en detalle en el capítulo XXI.

TANQUE AUSTRALIANO

La primera referencia publicada sobre tanques australianos en nuestro país se encuentra en la revista Anales de la Sociedad Rural Argentina de noviembre de 1901, donde informa de su existencia en estancias de las provincias de Buenos Aires y Córdoba, comentando también su economía con respecto a la construcción de reservorios de material.

Es un tanque circular cuya construcción se realiza sobre nivel para facilitar el pasaje del agua por gravedad a los bebederos. Debe estar ubicado, por lo menos, a 4 m de distancia del pozo o perforación, para evitar posibles desmoronamientos producidos por filtraciones del agua del tanque. Esto es principalmente importante cuando el tanque tiene piso de tierra.

Se pueden emplear en su construcción chapas acanaladas de cinc, de cemento premoldeado rectas o curvas, de asbesto cemento o ladrillos.

En la tabla 14-5, el cálculo de la capacidad está efectuado sobre la base de una profundidad de agua de 1 m en el caso de chapas de 1,30 m y de 1,20 m en el de chapas de 1,50 metros (un anillo).

Las alturas más comunes de chapas de cinc canaleta son 1,30 m y 1,50 m y su largo es de 3,05 m, siendo el largo útil de la chapa 2,90 m, dada las uniones entre las mismas. En cuanto al grosor, el generalmente empleado es el Nº 18 ó 19.

Tabla 14-5.- Capacidad de tanques australianos de un anillo según el número de chapas de cinc.

Número de chapas	Diámetro en metros	Capacidad aproximada en litros	
		Chapas de 1,30 m	Chapas de 1,50 m
4	3,69	10.740	12.890
5	4,67	17.050	20.460
6	5,54	24.080	28.896
7	6,46	32.750	39.300
8	7,38	42.760	51.312
9	8,31	54.070	64.884
10	9,23	66.725	80.070
11	10,15	80.698	96.838
12	11,08	96.366	115.639
13	12,00	113.040	135.649
14	12,93	131.032	157.238
15	13,85	150.375	180.450
16	14,77	171.004	205.205
17	15,70	193.487	232.184
18	16,62	216.848	260.218
19	17,55	241.497	289.796
20	18,47	267.497	320.996



Figura 14-44.- Tanque australiano de dos anillos de chapas de cemento premoldeado en construcción.

Tabla 14-6.- Capacidad de tanques australianos de un anillo según el número de chapas de cemento premoldeado.

Número de chapas	Diámetro en m	Capacidad en litros con chapas de 1 x 1,30 m
14	4,46	19.080
16	5,09	24.310
18	5,73	30.200
20	6,36	38.094
22	7,00	46.160
23	7,32	50.453
24	7,64	54.984
25	7,97	59.699
26	8,28	64.584
27	8,60	69.498
28	8,90	74.760
29	9,24	80.387
30	9,55	85.860
31	9,87	91.698
32	10,19	97.728
33	10,50	103.950
34	10,83	110.364
35	11,14	116.970
36	11,45	123.768
37	11,78	130.758
38	12,10	137.909
40	12,74	152.880
42	13,38	168.588
44	14,00	184.800
50	15,92	238.740
55	47,52	289.080
60	19,1 1	343.800

En la tabla 14-6, las capacidades se calculan tomando como base una altura útil de 1,20 metros.

Las capacidades pueden duplicarse si se arman tanques con dos o más chapas superpuestas (2 o más anillos). Al ser profundos, también aumenta la presión del agua hacia los bebederos y disminuye la evaporación con respecto al volumen contenido.

La fórmula para calcular la capacidad útil de un tanque circular se calcula con la siguiente fórmula:

Capacidad útil en m^3 = ¶ x r^2 (3,14 x radio x radio) x altura

donde:

Capacidad útil en m^3: 1 m^3 = 1.000 lts.

¶ (Pi) = 3,1416

Radio: es la mitad del diámetro del tanque en m.

Altura: es la altura útil del agua, en m. Es la altura del tanque, menos los cm que se sobreeleve la toma de agua en el piso y menos los cm que se dejen sin llenar en la parte superior dados por la salida del caño de rebalse.

CONSTRUCCIÓN DEL TERRAPLÉN Y ARMADO DEL TANQUE

La finalidad del terraplén es que el piso del tanque quede más elevado que la entrada de agua a los bebederos. La necesidad de dicha diferencia de altura varía de acuerdo a la distancia y desnivel que exista entre tanque y bebederos. En la mayoría de los casos, estos últimos se instalan próximos al tanque australiano, pero puede ser necesario colocarlos a gran distancia.

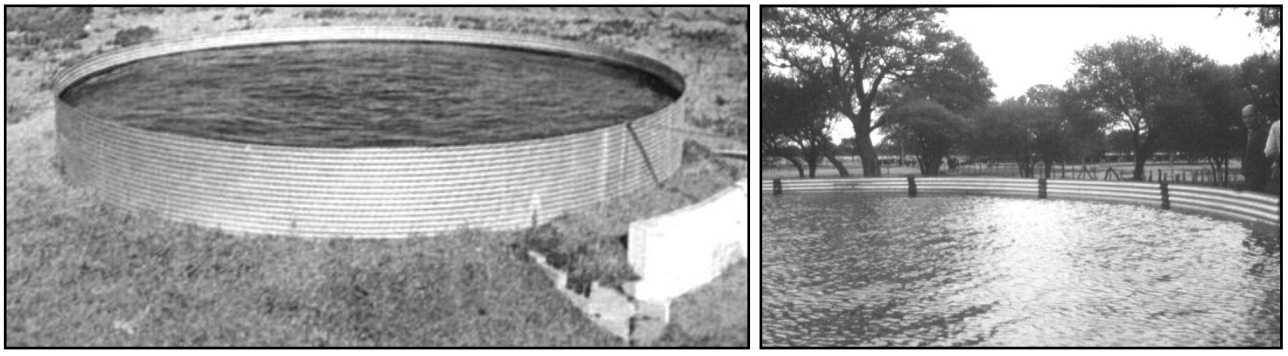
En la primera condición, basta darle al terraplén una altura de 1 metro. A medida que aumenta la distancia al bebedero, se aumentará la altura del terraplén para contrarrestar las pérdidas de carga producidas en la cañería (ver cap. XXI).

La construcción del terraplén se inicia limpiando y carpiendo una superficie cuyo diámetro exceda al del tanque en 4 m; luego se elige el lugar de donde se va a extraer la tierra para levantar el terraplén. Si no hay una elevación cercana de donde sacarla, lo más conveniente es efectuar una excavación cerca del futuro terraplén, tratando que la misma quede dentro del alambrado que rodeará al molino y tanque (cuadro). Se ara el lugar y se extrae y transporta la tierra con pala de buey o hidráulica. Si la altura del terraplén no sobrepasa el metro, basta apisonar la tierra dos veces, pero si dicha altura es mayor, es conveniente hacerlo varias veces.

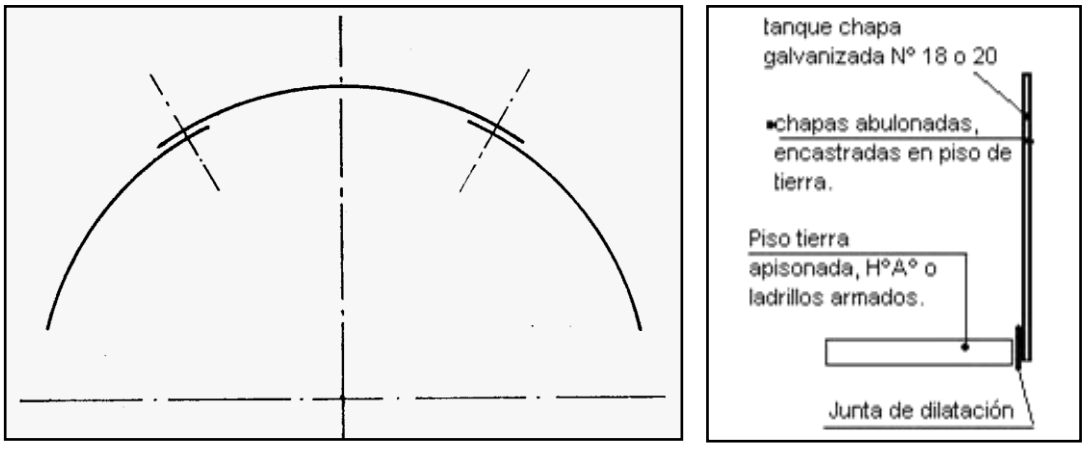
En épocas de sequía, se debe regar la superficie de donde se extraerá la tierra, haciendo llegar el agua del molino, el que se instalará con anterioridad al tanque. De esta manera se facilitará su extracción con la pala mecánica y su apisonado en el terraplén.

Si el tanque va a tener piso de tierra, y la del lugar no es arcillosa, para hacer el terraplén conviene mezclarla con tierra extraída del fondo de una laguna.

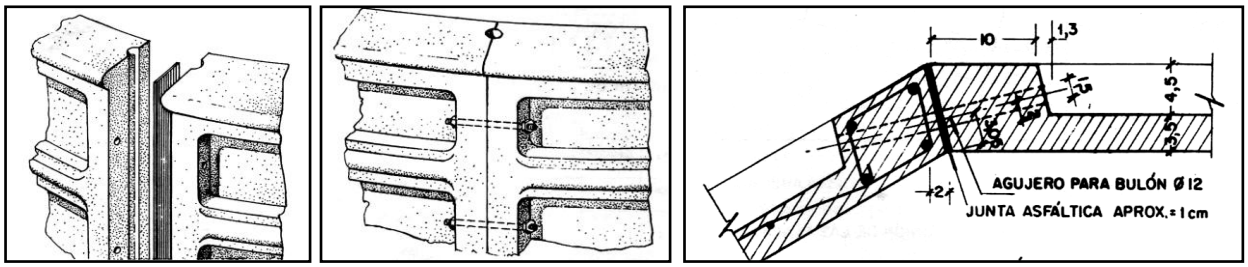
Todo tanque australiano debe tener un caño de desagote para su vaciado y limpieza. Una vez terminado el terraplén hay que darle caída hacia el extremo donde se instalará dicho caño.



Figuras 14-45.- Tanques australianos de chapas; a) Observar terraplén; b) Observar las juntas tomadas con brea.



Figuras 14-46.- a) Forma correcta de colocar las chapas; b) Esquema de la pared de chapa, piso y junta de dilatación de un tanque australiano.

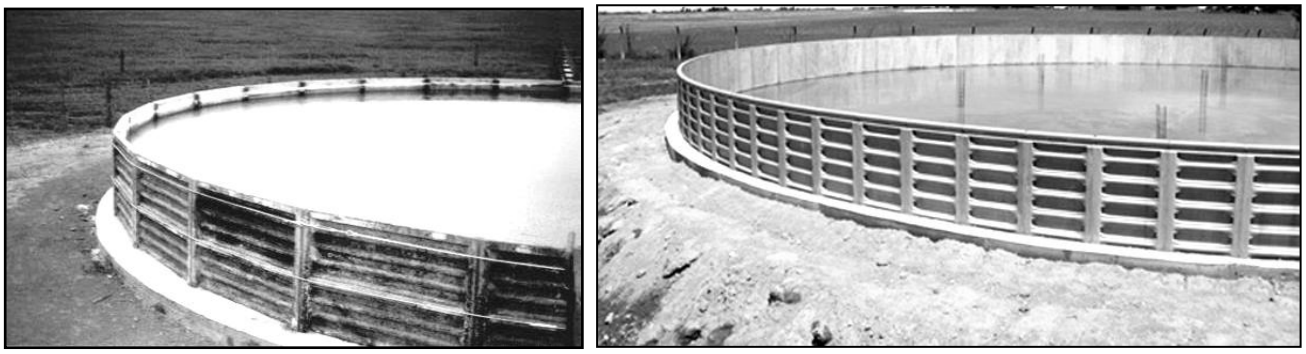


Figuras 14-47.- Detalle de la unión de las placas de fibrocemento.

El paso siguiente es el armado del tanque. Hallado el centro del terraplén se describe una circunferencia de igual radio que el tanque y se acercan las chapas a dicho trazado colocándolas acostadas sobre el piso. Con la ayuda de una barreta fijada al suelo se mantiene en posición vertical una de las chapas. A ella se abulona la siguiente, colocando entre los extremos, que se superponen en el caso de las de cinc o de asbesto cemento, una tira de fieltro alquitranado. Así se continúa en forma sucesiva hasta cerrar el círculo.

Es conveniente no apretar totalmente los tornillos hasta tanto no se haya cerrado el círculo. Luego se centra el tanque y se cava una zanja en el terraplén, de modo que las chapas queden enterradas unos 10 cm. Se rellena y apisona por dentro y por fuera a lo largo del perímetro.

Para contrarrestar la presión del agua sobre las chapas, se cubre por fuera a las mismas con tierra por lo menos hasta su mitad y se apisona, dejando una cresta ancha para poder circular a su alrededor. Si no se hace esto, se deben colocar varios sunchos o alambre doble con torniquete golondrina por fuera de la chapa para contrarrestar la presión del agua contenida en el tanque.



Figuras 14-48.- Tanques australianos de chapas de cemento premoldeado. Ver el muro, continuación del piso, que rodea el tanque y en el primero, los sunchos o alambres que contrarrestan la presión del agua y la toma de las juntas con brea.

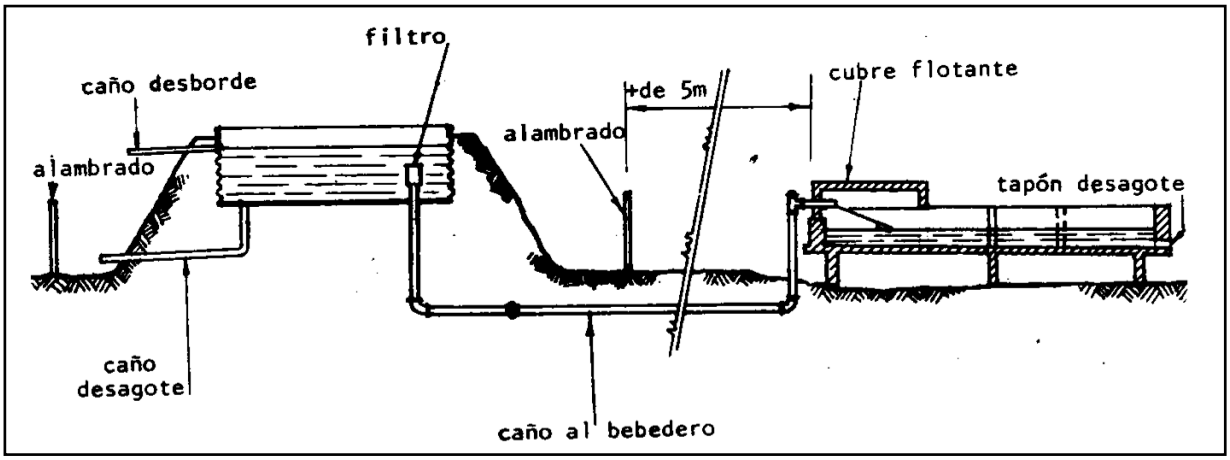


Figura 14-49.- Corte transversal de una instalación de tanque y bebedero.

Las tomas de los caños a las bebidas deben llevar filtro y pueden salir tanto del piso como en forma horizontal de la pared del tanque, pero siempre la salida debe estar a 10 cm como mínimo por encima del fondo del tanque y llevar un filtro.



Figura 14-50.- Filtro para caño de salida a los bebederos;

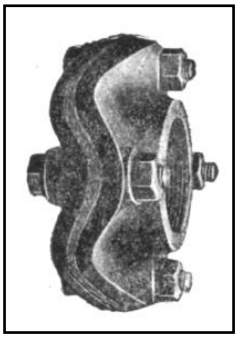


Figura 14-51.- Brida ondulada para chapa acanalada para fijar caños a la pared del tanque. Se agujerea la chapa; se fija con los tornillos la brida, una parte del lado interno y otra del externo con fieltro alquitranado entre ellas y la chapa; se enrosca el caño.

Como generalmente un tanque abastece a mas de un bebedero, un sistema que hemos empleado con buenos resultados es sacar una sola toma del tanque para todos los bebederos, pero con un caño de 4 pulgadas. Si bien este caño es caro, sólo se precisa normalmente menos de un metro en posición horizontal. Si se saca desde el piso del tanque será necesario agregar una curva de 4 pulgadas (nunca un codo) y sobre ella unos 15 cm de caño del mismo diámetro. Pasado el terraplén con la sección horizontal, se coloca una cruz también de 4", con lo que quedan tres salidas a bebederos. En estas tres salidas se colocan reducción a 2" o 2,5", según el caño que empleemos hasta el bebedero. Conviene colocar también en cada salida una llave esclusa, de manera que cuando se limpien los bebederos basta con cerrar la misma para trabajar en el bebedero. Si alguna de las salidas no se precisa por el momento, se le coloca una tapa (rosca interna) o un tapón (rosca externa).

Es también indispensable colocar un caño de rebalse, desborde, sobreflujo o fuga con su extremo que sobrepase el borde externo del terraplén, para evitar que los desbordes por sobre el borde superior de la chapa lo destruyan. En zonas de aguas escasas es conveniente que efectúe un retorno a la represa o al pozo de donde proviene el agua.

El caño de rebalse puede salir de la pared del tanque justo a la altura de máximo llenado o del caño que va del tanque al bebedero, en forma perpendicular al mismo y cuya altura debe ser el nivel máximo de agua que se desea en el tanque.

PISO

Es conveniente hacer piso de material en los tanques australianos. Los de tierra mantienen más clara y fresca el agua, y las filtraciones cesan en general al poco tiempo, pero permiten el desarrollo de plantas acuáticas que restan capacidad al tanque y agregan materia orgánica al agua. Además puede ocurrir que cuises, ratones, peludos u otros animales caven sus cuevas en el terraplén, y el tanque pierda en pocos momentos todo su contenido.

Los materiales más empleados para los pisos son ladrillos, escombros o piedras en zonas donde abundan estas últimas. Cuando se utilizan ladrillos, los mismos se colocan de plano sobre la tierra, formando sucesivos círculos concéntricos. Se echa abundante agua para humedecerlos y luego de cerciorarse que los mismos asientan bien sobre la tierra, se procede a colocar una capa de mezcla. Se debe dejar una junta de dilatación contra las paredes del tanque, la que, una vez fraguado el piso, se rellena con brea derretida.

También se puede construir con ladrillo armado, intercalando hierro redondo (ø 6) cada 50 cm y luego llenar con cemento.

Otro material es el hormigón armado (barras de hierro y cemento), formando una sola estructura el piso con el dado que rodea al tanque.

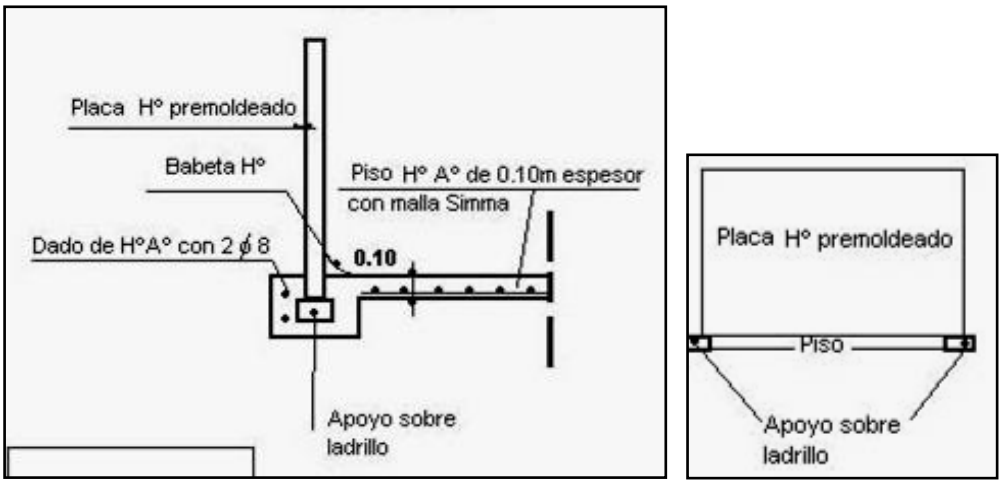


Figura 14-51.- Esquema de un piso de cemento armado. Bajo la placa premoldeada queda un espacio por estar apoyada sobre ladrillos, y por el mismo pasa el cemento para formar el dado de hormigón armado en una sola pieza con el piso.

El cemento se coloca en todo el piso de una sola vez. Luego que se oreó, se aplica una lechada de cemento distribuida con secador de piso para tapar los poros. Eso se repite al día siguiente.

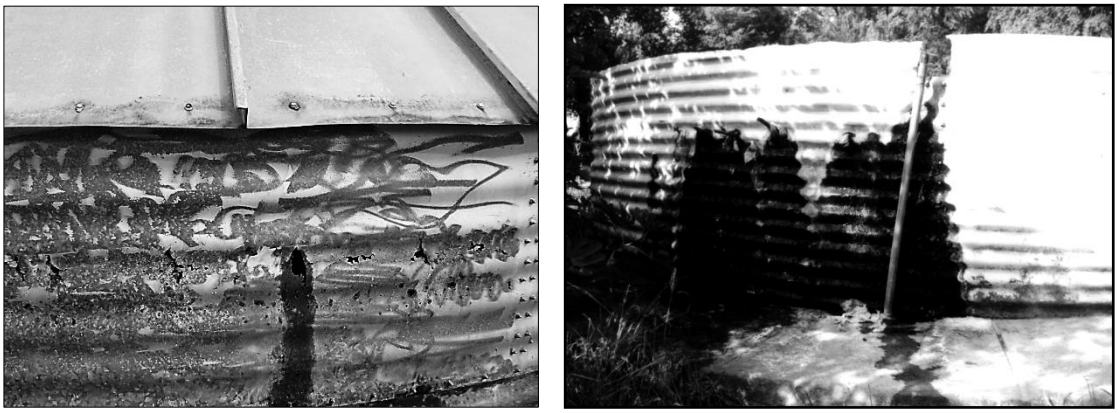
También se puede emplear suelo cemento revestido con una capa impermeable de mortero de 3 a 5 cm de espesor

Inmediatamente después de la terminación del piso, se inicia el curado del hormigón, lo que consistirá en mantenerlo permanentemente humedecido durante 7 a 10 días. El curado es importante para obtener resistencia y durabilidad (Ver: Curado del cemento o concreto).

Para evitar agrietamientos, los tanques con piso de material no deben quedar nunca completamente vacíos.

REVESTIMIENTO DE TANQUES DE CHAPA EN ZONAS DE AGUAS SALOBRES

En zonas de aguas salinas, se deben emplear tanques australianos de chapas de cemento premoldeado, asbesto cemento o de ladrillos. En casos de existir tanques de chapas de cinc, éstos se corroen con el transcurso de los años.



Figuras 14-52.- Tanques de chapa de cinc corroído por las sales, con agujeros y pérdida de agua. En el segundo los agujeros fueron tapados provisoriamente con palitos con trapos.

Un paso previo para su reparación es el rasqueteado de la chapa para eliminar el óxido y las incrustaciones de sales. Luego se puede emplear alguno de los siguientes sistemas:

- Se levanta una pared de ladrillos de canto, rellenando bien con mezcla el espacio entre los ladrillos y las canaletas de la chapa. Se revoca dicha pared, a la que una vez seca se le puede aplicar pintura asfáltica.

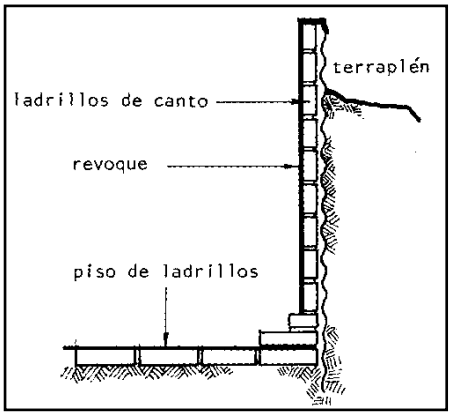


Figura 14-53.- Recubrimiento interior con una pared de ladrillos de canto.

- Se reviste el interior del tanque con material desplegado grueso, fijándolo en la chapa con alambre inoxidable a través de agujeros realizados con punzón. El material desplegado debe pasar el borde superior y caer unos 10 cm hacia fuera. Luego se recubre con cemento toda la parte interna y el borde superior, esto último para que no entre agua entre el cemento y la chapa.
- Si la destrucción de la pared de chapa no es muy grande, luego del rasqueteado se puede colocar membrana asfáltica con aluminio, lo más económico y rápido, siguiendo las instrucciones del punto siguiente.

SOLUCIONES A LAS PÉRDIDAS DE AGUA EN LOS TANQUES

Los tanques australianos, aún los mejor construidos, con el tiempo pueden tener pérdidas de agua. Las mismas pueden producirse en la unión piso-chapa (junta de dilatación), por rajaduras en el piso o en chapas de cemento o en uniones entre chapas.

Brea caliente:

Si se puede ubicar exactamente el lugar donde se encuentra la pérdida, se puede solucionar limpiando el lugar y colocando brea caliente.

Membrana asfáltica con aluminio:

Si no se ubica el exacto lugar de la pérdida, o el mismo es muy extenso o existen varios lugares de pérdida, una de las soluciones es colocar una membrana asfáltica con aluminio de 4 mm de espesor, para lo cual se cumplen los siguientes pasos:

1) Se limpian a fondo las incrustaciones de sales, el óxido y el verdín de las paredes y piso con cepillo de acero, con especial cuidado en uniones y grietas.
2) Se dan dos manos de imprimación con pintura asfáltica base acuosa tanto al piso como a las paredes de cualquier material que sean. La primera mano con la pintura diluida en partes iguales con agua y la segunda, más concentrada, diluida siete partes de pintura en tres de agua.
3) Se coloca una tira de 50 cm de ancho de membrana asfáltica con aluminio de 4 mm de espesor en toda la unión piso-paredes, 25 cm sobre el piso y 25 cm sobre la pared, controlando que quede muy bien pegada.
4) Se coloca la membrana sobre todo el piso, encimando sobre los 25 cm ya colocados sobre el piso. Controlar que quede perfectamente adherida.
5) Se coloca la membrana sobre las paredes. Debe pasar por sobre el borde superior y bajar unos 15 cm por el lado externo. En la parte inferior, debe cubrir los 25 cm de la tira colocada sobre la pared y bajar unos 20 cm por sobre la membrana colocada en el piso. Controlar que quede muy bien adherida.

6) Cuando se trata de paredes de chapa muy desgastadas, luego de la limpieza se dan también las dos manos de imprimación y luego se colocan todos los parches necesarios para obturar las zonas agujereadas y recién después se coloca la membrana como se indicó en el punto anterior. La membrana tiene que seguir fielmente las ondulaciones de la chapa. De existir orificios muy grandes, se puede colocar material desplegable y revoque con cemento sobre los mismos antes de adherir la membrana asfáltica.
7) Nunca se deben recubrir con membrana solamente el piso o las paredes. Siempre se debe recubrir la totalidad del tanque para hacer un trabajo que elimine las pérdidas y sea duradero.
8) Luego de colocada la membrana asfáltica, se puede llenar inmediatamente el tanque. La presión del agua ajusta aún más la membrana a las paredes y piso.

Este sistema es económico, rápido y muy duradero, pues la membrana no está sometida a las inclemencias del clima al quedar permanentemente bajo el agua. Se puede emplear en todo tipo de tanques.

Nivelantes cementicios o resinosos elásticos:

Los principales de estos impermeabilizantes pueden ser nivelantes cementicios elásticos, con resinas acrílicas o con polímeros. Generalmente son dos componentes que se deben mezclar y aplicar con espátula, fratacho o pincelar en dos o tres manos en forma cruzada.

Alisan el piso y las paredes, aún si tienen fisuras, con excelente adhesión a diversos materiales, los impermeabilizan muy efectivamente, inhiben la corrosión protegiendo al cemento de los efectos de la carbonatación y de los ataques de sulfatos y otras sales. Pueden ser aplicados sobre hierro o chapas limpias. Son elásticos o elongables, por lo que no se ven afectados por el movimiento de las losas o paredes debido a presión del agua o variación de temperatura. No son tóxicos ni inflamables y no requieren equipos especiales para su aplicación. Son muy durables, por lo que aunque su costo es algo elevado, en muchos casos puede ser la mejor solución.

Fundas plásticas:

Con una funda plástica se recubren paredes y fondo del tanque. Si bien es un sistema de cierto costo y duración limitada, tiene la ventaja de dar una solución inmediata.



Figura 14-54.- Funda plástica en un tanque con grandes pérdidas.

TANQUE DE LADRILLOS

La construcción de estos tanques es otra de las soluciones en zonas de aguas salobres. Se emplean ladrillos, unidos y revocados por dentro y por fuera con una mezcla fuerte de 2 cm de espesor. Apenas endurecida, se le hace un estucado de cemento o hidrófobo, y cuando se produce el primer fraguado se lo llena con 20 cm de agua. Con el fin de mantener húmedas las paredes, se colocan bolsas de arpillera mojadas colgadas por fuera y por dentro del tanque, que lleguen hasta el agua. Para un buen fraguado del cemento, es necesario que se mantenga la humedad durante 7 a 10 días.

La altura de estos tanques no tiene que ser mayor de 1 m. Para proporcionar resistencia a la presión del agua debe llevar debajo del revoque exterior varios sunchos de alambre grueso o de fleje, o colocar un encadenado de viguetas de hormigón armado al construir la pared.

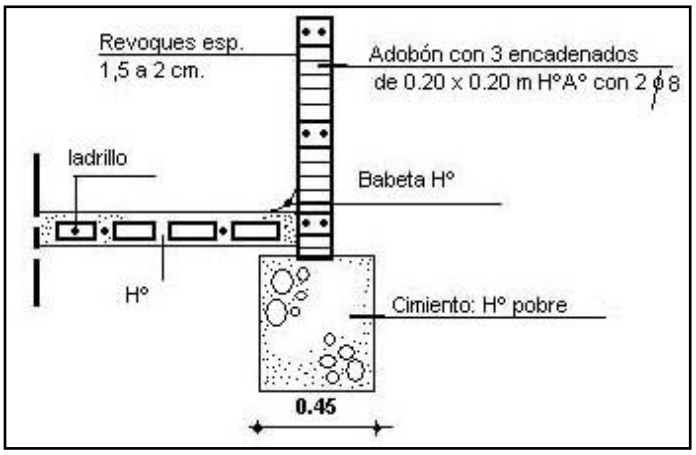


Figura 14-55.- Esquema de una pared de ladrillos de 15 cm con encadenado de tres viguetas y piso de ladrillos con cemento.

En zonas de sierra los hemos visto construidos con piedra en reemplazo de los ladrillos, con excelente resultado y muchísimos años de antigüedad. La pared es tipo pirca, ancha y asentada en cemento. Esto permite elevar su altura, habiéndolos visto hasta mas de 3 metros, con un buen terraplén a su alrededor.

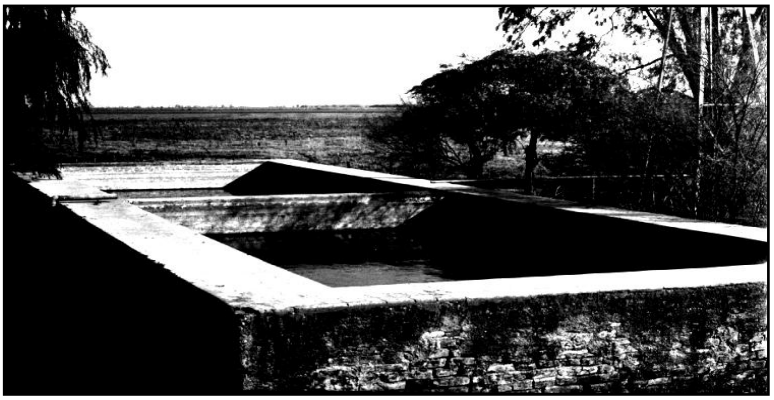




Figura 14-56.- Antiguo tanque de ladrillos, cuadrangular, con anchas paredes, sin encadenado. A la derecha el molino abastecedor (Est. Las Rosas, Sampacho, Cba.).

Figura 14-57.- Tanque construido con ancha pared de piedras y un gran terraplén. Posteriormente se aumentó la altura de las paredes con chapas premoldeadas de cemento. Se observan los torniquetes golondrina que tensan los alambres que las rodean. En esta forma se alcanzó los 3,5 m de profundidad, lo que fue necesario para llevar agua a bebederos que, en esa zona de sierra, se encontraban a cierta altura (Est. Los Jotes, Achiras, prov. de Córdoba).

TANQUE CON PAREDES DE TIERRA

En las primeras décadas del siglo XX, cuando los materiales para construir un tanque australiano eran onerosos y no estaban muy difundidos, se emplearon en algunas zonas tanques tipo australiano con paredes o bordes de tierra que se llenaban con molinos. Algunos aún se encuentran en uso.



Figura 14-58.- Corte de un tanque de bordes de tierra.



Figuras 14-59.- Tanques con bordes de tierra. a) Pcia. de Córdoba (Miatello, 1921); b) Cuenca del Salado, pcia. de Buenos Aires, 80.000 litros (Inchausti y Tagle, 1980).

Para su construcción, una vez elegido el lugar y comprobada una buena compacticidad del suelo, con un palo de eje y una soga de 5 a 6 metros de largo se traza una circunferencia de 10 a 12 metros de diámetro. Construyendo con pala hidráulica o de buey y tractor un terraplén circular de 1 a 1,20 metros de altura, se tiene una capacidad de unos 120.000 litros. El terraplén se asienta con el paso del mismo tractor sobre él. Antes de comenzar el terraplén, se colocan los caños a los bebederos, que deben ser de hierro.



Figuras 14-60.- Tanques con bordes de tierra de gran tamaño en provincia de Formosa, 2010.

TANQUE DE CEMENTO ARMADO O FERROCEMENTO CONSTRUIDO EN EL LUGAR

Un tanque de depósito de agua de cualquier tamaño tanto en su base como en altura, se puede construir económicamente en el mismo lugar donde se va a emplear. Los materiales necesarios son hierro de construcción en reja, material desplegado y cemento. Las figuras 14-61 muestran los pasos a seguir:

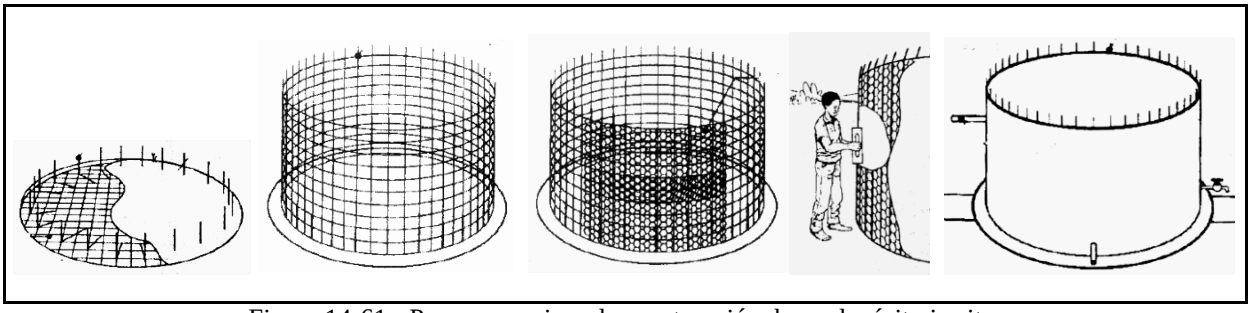


Figura 14-61.- Pasos a seguir en la construcción de un depósito in situ.



Figura 14-62.- Primera mano de revoque con cemento sobre el material desplegado en la parte interna de la pared de un tanque construido in situ. Se va aplicando en franjas.

TANQUE AUSTRALIANO CON BEBEDERO

Consiste en un tanque australiano construido sobre un terraplén muy bajo y amplio, que tiene en todo su perímetro un bebedero adosado.

Se construyen de ladrillos tanto tanque como bebedero, o de chapas de cemento premoldeado, empleándose una entera por el tanque y media para el bebedero. Es necesario construir piso alrededor del bebedero, para impedir la formación de pozos. Un flotante regula la entrada de agua del tanque al bebedero. El caño de desborde debe estar colocado en el bebedero ya que en caso de desbordar el tanque, el agua cae en él.

Se instalan en el medio de un potrero, o sobre un alambrado divisorio o en el cruce de dos de ellos. Como es lógico, no se debe cercar, construyéndose alambrado únicamente alrededor del molino, que debe estar algo alejado del tanque, para no restar capacidad al bebedero.

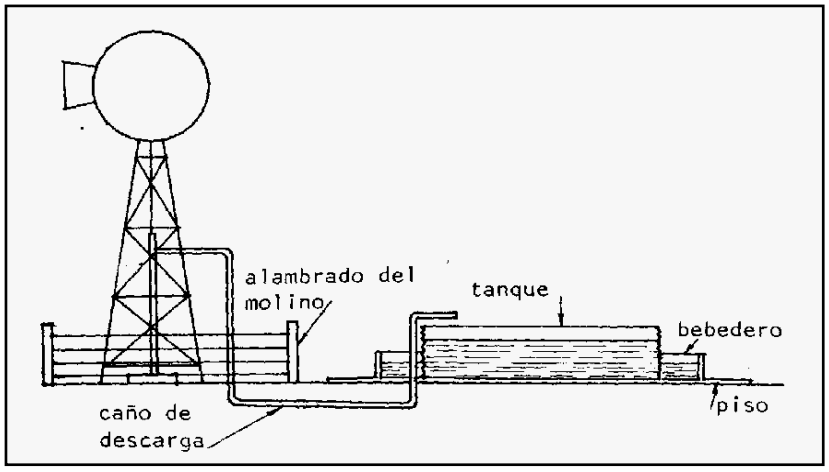


Figura 14-63.- Tanque australiano con bebedero; el caño de descarga puede también salir del de elevación directamente por debajo del nivel del suelo, con lo cual se ahorran varios metros de caño.

PEQUEÑO TANQUE BEBEDERO, BEBEDERO CIRCULAR GIGANTE O CHARCA

El tanque bebedero consiste en un tanque bajo, de solo unos 50 cm de altura, construido sin terraplén, de manera que los animales puedan beber directamente en el mismo.

Para evitar que la hacienda se introduzca en él, se construye con postes de cemento y alambre o caños un círculo dentro del tanque, separado unos 40-50 cm de la pared. También se pueden colocar los postes fuera del

tanque, adosados al mismo, y que sobrepasen su altura. De esta manera se coloca el alambre, dejando espacio entre el borde del tanque y el primer alambre para que solo pase la cabeza de los animales.

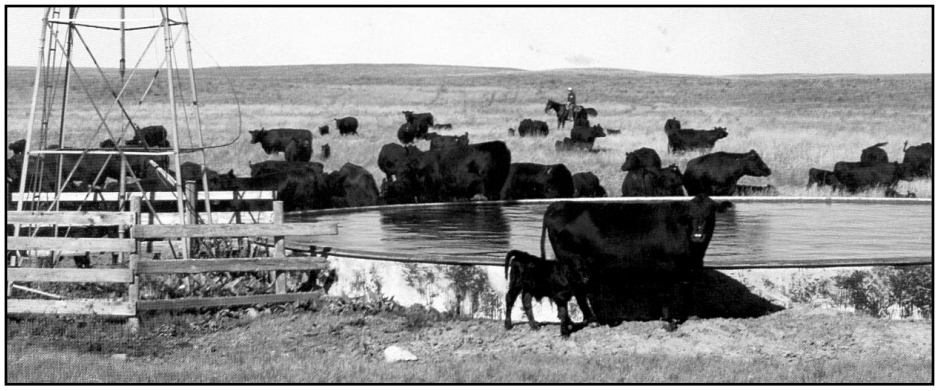


Figura 14-64.- Molino y tanque bebedero. Obsérvese su reducida capacidad ante imprevistos.





Figuras 14-65.- Dos tanques bebederos o charcas: reducida reserva, agua caliente y sucia.

Este sistema, si bien económico, no es recomendable porque la capacidad del tanque se ve muy reducida por la escasa altura de la pared, se calienta mucho el agua por su poca profundidad y se ensucia más, no pudiéndose lavar frecuentemente como se puede hacer con los bebederos.

Al no estar construidos sobre un terraplén y por su reducida capacidad, no permiten derivar agua hacia otras aguadas.

LOS ÁRBOLES Y LAS AGUADAS

Con respecto a las aguadas, los árboles en sus cercanías tienen aspectos positivos y negativos:

Positivos

Los árboles alrededor de la aguada, o por lo menos a barlovento de los vientos desecantes, pueden reducir la pérdida por evaporación entre un 15 y un 30 %.

Como la evaporación aumenta con la temperatura, que a su vez se incrementa con la incidencia directa de los rayos solares, un sombreado total o parcial de la aguada disminuye este efecto. Por otra parte el agua fresca baja la temperatura corporal del animal, aumentando su consumo y la eficiencia productiva del animal.

Las cortinas forestales implantadas en forma perpendicular a los vientos predominantes en la zona pueden disminuir hasta un 40 % la pérdida de agua por evaporación. Un tajamar clásico protegido por una cortina forestal podría evitar en un día la pérdida de unos 10.000 litros de agua, es decir, el agua que tomarían 250 vacunos ese día.

Las cortinas forestales se deben implantar a unos 20 metros del tajamar para disminuir al máximo el aporte de hojas y ramas al mismo.

En las provincias con monte, se debe cuidar el bosque porque la tala provoca consecuencias irreversibles. En unos casos, la desaparición de los árboles provoca que las lluvias erosionen los suelos, destruyendo el manto de tierra fértil y causando inundaciones. El agua no llega a filtrarse a la napa freática, provocando el agotamiento de las aguadas, la extinción de las especies y el incremento de la temperatura y de la velocidad de los vientos.

En otros casos, en áreas que antes estaban cubiertos por bosques, como ser de caldén, normalmente gran parte del agua de lluvia se evaporaba, ya que las plantas, a través de sus raíces, pueden aprovechar la totalidad del agua de lluvia que después es transpirada por la planta y evaporada. Todas las plantas realizan este proceso, pero las de este tipo son muy efectivas porque tiene raíces profundas que acceden a la humedad conservada en el suelo en las estaciones secas. La diferencia entre el sistema de bosque y el sistema agrícola lleva a que una fracción de agua que antes era evapotranspirada en su totalidad, ahora puede escapar del alcance de las raíces y empieza descender lentamente hacia la napa freática, que aún cuando sea profunda, recibe una recarga de agua que antes no acogía. Es un proceso acumulativo y de largo plazo, que paulatinamente hace que vaya ascendiendo el nivel freático, llegando a producir graves problemas en el campo y en las poblaciones (anegamientos, hundimiento de cimientos y pozos ciegos, etc.) (Jobbagy, 2008).

En algunos casos, que deben ser bien estudiados, donde la napa freática ha subido por excesivas lluvias e infiltración, la implantación de árboles puede mejorar la situación por el biodrenaje que efectúan. Galetti (cit. por Magliano y col., 2008) señala que el *Eucalyptus sp* de porte medio, con 100 m^2 de superficie foliar, la evapotranspiración media estimada puede ser de 0.5 m^3/día en primavera-verano, por lo que 10.000.000 plantas constituirían lo que puede llamarse un sistema natural de extracción que evaporaría 5 000 000 m^3/día de agua, cerca de 60 m^3/s, y cubrirían unas 10.000 ha.

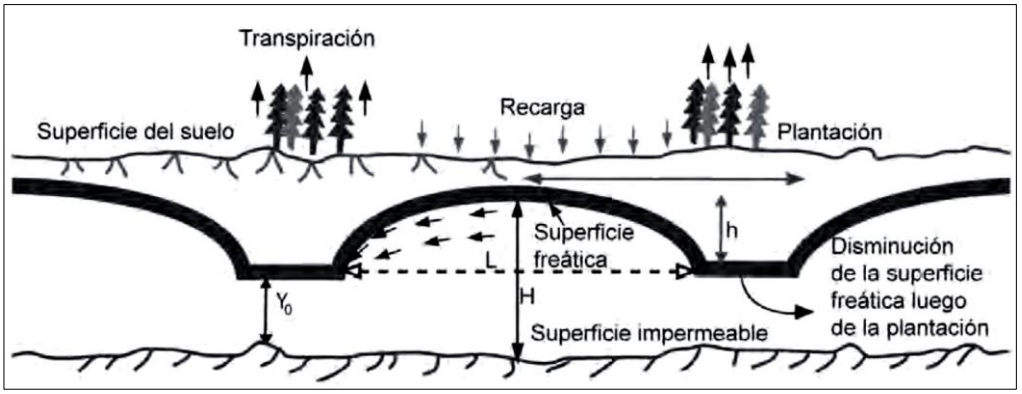


Fig. 14-66.- Esquema de funcionamiento del bio-drenaje (Adap. de Heuperman y col., 2002).

Negativos

El principal factor negativo de los árboles para las represas y tajamares es su consumo de agua. Algunas especies, como los eucaliptus, son de gran consumo al desarrollarse, y en algunas zonas han llegado a agotar napas de poco caudal al impedir su recarga por la gran extensión horizontal de sus raíces.

Para contrarrestar este efecto se deben elegir especies que consuman agua en profundidad (árboles freatímetros) y ubicarlos a cierta distancia de las aguadas (pozos, perforaciones, represas). Los algarrobos blancos (*Prosopis alba* y *Prosopis chilensis*) por su sistema radicular profundo que llega a la napa y buena altura, son ideales.

En el caso de trabajar con molinos, es necesario que la altura del árbol adulto, si se plantarán en un radio de 120 a 200 metros del molino, deberá ser por lo menos de 5 metros menor en altura que éste para no interferir en su funcionamiento.

Otro factor negativo es que la caída de hojas favorece la incorporación de materia orgánica al tajamar, represa o tanques australianos y al bebedero.

Conclusión

Los pro y contras de la presencia de árboles en las cercanías de las aguadas, deben ser evaluados en la disposición de isletas, montes, reparos y/o cortinas rompevientos alrededor de las mismas y en una cuidadosa elección de las especies a plantar.

TANQUE CUBIERTO

El tanque cubierto consiste en un tanque, australiano o de otro tipo, cubierto en su parte superior. Su empleo adquiere mayor trascendencia en zonas de climas cálidos, secos y/o de grandes vientos por la intensidad de la evaporación, y en zonas de escasez de agua o de aguas salinas, donde se debe preservar la misma de su pérdida o del aumento de la concentración de sales. Entre sus ventajas pueden citarse:

- Disminuyen las pérdidas de agua por evaporación.
- Cuando las aguas son de alta salinidad, al reducirse la evaporación se impide que aumente la concentración de sales.
- Al evitar la acción directa de los rayos solares sobre la masa de agua, la mantiene más fresca, con los beneficios ya señalados.
- Mantienen limpia el agua, disminuyendo los riesgos de contaminación y propagación de enfermedades. Se mantiene bajo o nulo el contenido de nitratos y nitritos provenientes de materia orgánica en descomposición en el tanque, al no existir ésta. No proliferan musgos, algas ni otras plantas acuáticas.
- Evita la eliminación de oxígeno por calentamiento solar (polución térmica), impidiendo la proliferación de bacterias anaerobias que no necesitan oxígeno y que transforman la materia orgánica en metano, amoníaco, sulfuro de hidrógeno y en algunos casos fosfina, responsables del olor a podrido y del aspecto desagradable del agua.
- Las cañerías no corren riesgo de obstruirse, por no entrar tierra ni existir plantas acuáticas.

No obstante las ventajas citadas, el uso de estos tanques está limitado por razones de costos a volúmenes relativamente reducidos, salvo donde es imprescindible construirlos por ser aguas muy salinas o escasas.

Se pueden emplear coberturas permanentes de cemento armado, losas, viguetas con ladrillos huecos, o de chapa de cinc pintada interiormente con productos anticorrosivos, en forma de cúpula, de cono o a una o dos aguas, debiendo dejarse una entrada con tapa para hombre para limpieza periódica y reparaciones.

En forma semipermanente se pueden emplear coberturas flotantes y en casos transitorios coberturas con película de polietileno opaco grueso sobre estructura portante tipo capilla de acero galvanizado ó de madera tratada, sobre un poste central.

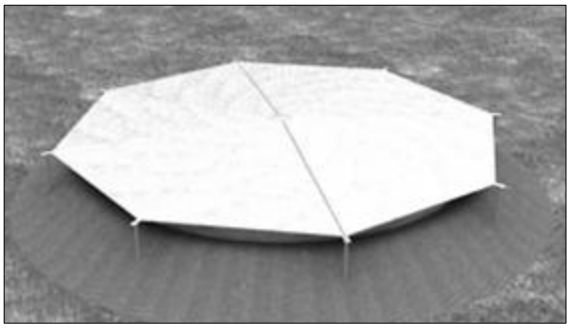


Figuras 14-67.- a) Tanque australiano con cubierta de cemento armado (Villa Cañada del Sauce, Córdoba); b) Curioso tanque cubierto, a nivel de suelo, de base rectangular, de ladrillos, con cubierta semicilíndrica de hormigón, construido en 1926 (Establ. Sr. Nereo Santini, Cnel. Moldes, Córdoba).




Figuras 14-68.- Tanques australianos con cobertura de chapa en cúpula con esqueleto de hierro interno.

.




Figuras. 14-69.- a) Cubre tanque australiano formado por paneles con aislante y patas que se fijan en el piso por fuera del depósito; b) Cubierta de lona con poste central, fijada por ojales a un alambre en el perímetro externo de la pared del tanque

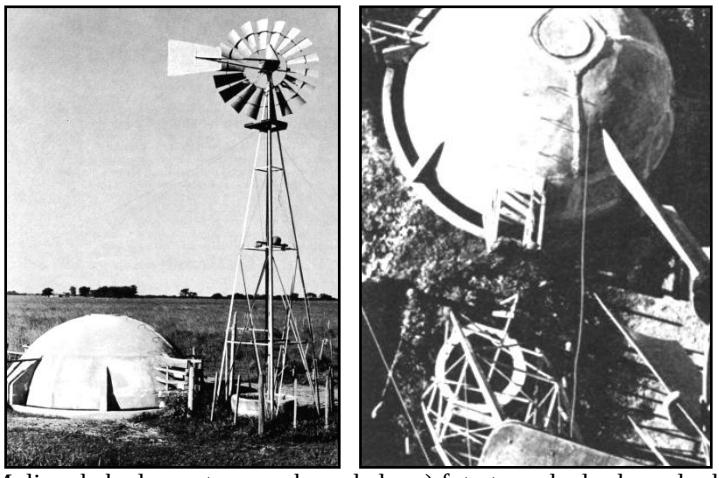
Un plástico que en algunos casos puede resultar económico es el de las bolsas para silos, terminada su vida útil para ese fin, colocando la cara blanca hacia fuera. Se circunda el tanque con un hilo de alambre tensado con torniquete tipo golondrina; afirmando en este alambre, se cruzan y tensan varios alambres sobre la superficie del tanque; se coloca sobre ellos la cubierta plástica y sobre la misma se vuelven a cruzar otros alambres para que el viento no la levante. Se le debe efectuar algunas perforaciones para que el agua de lluvia drene dentro del tanque y no haga excesivo peso sobre la cobertura.

Herrero y col. (2000) encontraron que la red de sombra 80 % fue eficaz para impedir el aumento de la concentración salina en aguas de alta salinidad y controlar la temperatura del agua, mejorando las condiciones del consumo de agua por parte de los bovinos. Martínez Álvarez y col. (2006) comprobaron una disminución de la tasa de evaporación diaria del 75 y 83 % para las coberturas de simple y doble malla respectivamente y un importante efecto de recuperación de agua por condensación, que alcanzó el 14 y 21 % de las pérdidas diarias por evaporación para las configuraciones de simple y doble malla respectivamente.

TANQUE CUBIERTO CON BÓVEDA Y BEBEDERO

El tanque cubierto con bóveda y bebedero se construye a nivel de suelo, mediante una losa circular de un diámetro mayor al requerido por el bebedero, de manera que un piso de cemento circunde al bebedero para impedir la formación de pozos y charcos.

Con centro en la circunferencia interna del futuro bebedero, se construye una bóveda esférica. Cada hilera de ladrillos queda sujeta con una vuelta de alambre de púa, que luego se recubre con revoque.



Figuras 14-70.- Molino, bebedero y tanque abovedado; a) foto tomada desde suelo; b) foto tomada desde la plataforma del molino; se ve la entrada de hombre en la bóveda y la escalera para subir. Estancia La Matilde, Malabrigo, prov. de Santa Fe (Capózzolo, 1971).

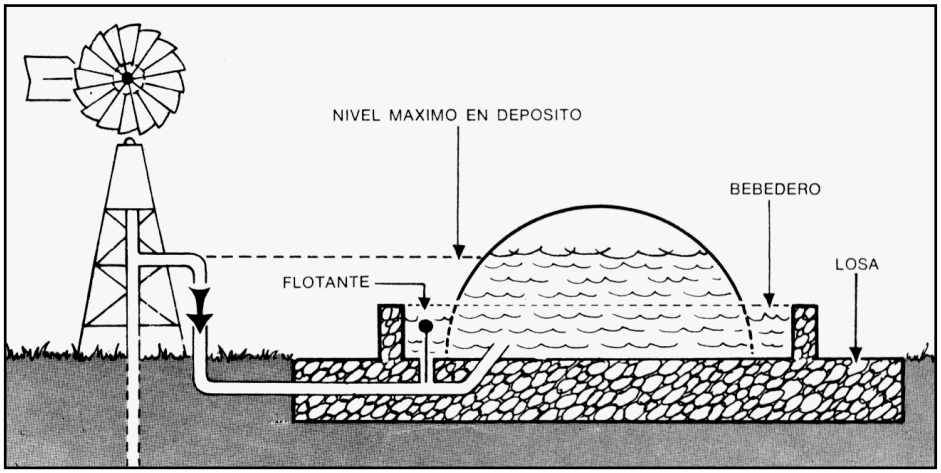


Figura 14-71.- Esquema del molino, bebedero y tanque cubierto de las fotos 14-55 (Capózzolo, 1971).

El único caño que conduce el agua desde el molino, colocado al hacer la losa, presenta dos salidas: una al bebedero y otra a la bóveda. Un flotante ubicado en el bebedero cierra la primera salida de agua al llenarse el mismo. Como se ve, el agua fresca recién bombeada va al bebedero hasta que se llena, y luego sigue circulando al tanque, hasta que llega a un nivel igual al del caño de descarga del molino. Cuando el molino no trabaja, el agua pasa del tanque, donde también se mantiene muy fresca y limpia, al bebedero.

El bebedero debe tener unos 20 cm de ancho por 40 cm de profundidad.

En el esquema se comprueba que se precisan muy pocos metros de cañería. También se puede construir, en una forma más simple, con un tanque australiano de paredes altas, que lleguen a la altura del caño de descarga del molino, y una cubierta convencional a una o dos aguas.

COBERTURAS FLOTANTES PARA TANQUES

Las coberturas flotantes reducen parcialmente (75 a 90 %) la evaporación, pero son muy económicas. Se emplean materiales de goma sintética de células cerradas, tipo espuma de goma, de baja densidad, de 3 a 12 mm de espesor, y que es altamente resistente a las condiciones de intemperie. Con esta goma sintética se cubre el 95 % de la superficie del tanque. Como esta espuma de goma flota, solo es necesario armar un circulo, algo más chico que el tanque, que también sea de material que flote, para tenerla tensa. La goma viene en ro-

llos, por lo que se debe recortar, armar y pegar sobre una superficie plana para darle la forma de la superficie del tanque.



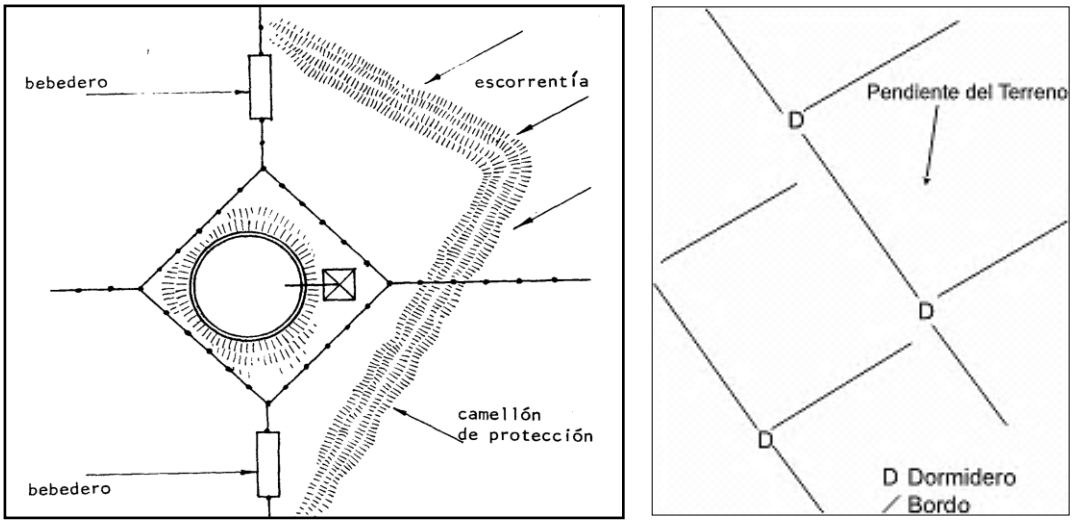
Figura 14-72.- Cobertura flotante en un tanque australiano de chapa.

A la goma se le hacen algunos agujeros de unos 12 mm de diámetro a un metro del centro, para permitir el desagote del agua de lluvia o nieve derretida que de otra forma se acumularía sobre la cubierta. Una capa de 6 mm de espesor y un tamaño suficiente para cubrir un tanque de 10 m de diámetro, puede pesar aproximadamente 50 kg, siendo fácilmente transportable.

La temperatura y la evaporación del agua también pueden disminuirse colocando planchas blancas de telgopor flotando en al superficie del depósito, ideando algún sistema práctico que impida su voladura por el viento (pesos, alambre, etc.).

PROTECCIÓN DE AGUADAS EN ZONAS DE ESCORRENTÍA Y CIRCULADORES DE HACIENDA

En algunas zonas, de campos muy parejos y poca pendiente, cuando se producen grandes lluvias, el agua corre buscando sus cauces naturales a veces durante varios días, en forma lenta, abarcando grandes extensiones y con pocos cm de profundidad. Si en el camino de estas correntadas hay alguna aguada, pueden ser socavados los terraplenes de los tanques e inundados y desmoronados los pozos de los molinos. Es por ello que se deben construir protecciones para las aguadas. Las mismas consisten en camellones o bordos de escasa altura en forma de V, con el ángulo dirigido hacia el lugar de donde proviene la escorrentía. Generalmente basta con un camellón de pocos centímetros, que se puede hacer con una máquina niveladora, una pala hidráulica o zanjadora (fig. 14-73).



Figuras 14-73.- a) Protección de una aguada de la acción de las escorrentías; b) Esquema de circuladores de hacienda y concentrador de agua en zona inundable con ubicación de dormideros (Pire y Lewis, 2005)

Estos camellones pueden emplearse también para desviar el agua hacia una represa, actuando como concentradores de aguas superficiales.

También, en zonas inundables, pueden servir como circuladores de hacienda desde lugares de pastoreo hasta la zona elevada y seca de dormidero, o actuando de por sí como dormideros. Durante los períodos de inundación el ganado puede pastar dentro del agua donde se encuentran recursos forrajeros, pero debe dormir y rumiar sobre terreno seco.

MÉTODOS DE IMPERMEABILIZACIÓN EN REPRESAS, ESTANQUES, TAJAMARES Y TANQUES CHACO

La impermeabilización de los depósitos se debe efectuar de acuerdo a las necesidades y al fin de los mismos. Las represas, estanques, tajamares y tanques chaco se pueden utilizar con piso y taludes originales cuando se desea recargar el acuífero, pero cuando hay que garantizar y conservar la mayor cantidad del agua de lluvia es imprescindible impermeabilizarlos.

En depósitos con varios años de uso puede esperarse una perdida por infiltración del 25 % del total del agua ingresada al año (en los nuevos la infiltración es mayor), por lo que es necesario proceder a su impermeabilización para evitar estas pérdidas. Como se trata de superficies muy extensas, los pisos de ladrillo o cemento armado son antieconómicos, empleándose alguno de los procedimientos que detallamos a continuación.

Para proteger y aprovechar correctamente la impermeabilización, es imprescindible un excelente cercado perimetral, no solo para evitar la entrada de los animales domésticos, sino también de los silvestres. La colocación de bebederos fuera del cerco contribuye a solucionar esta complicación, al disminuir la presión sobre el alambrado tanto de los animales domésticos como de los silvestres.

Con estos sistemas se pueden evitar pérdidas de hasta el 2 % diario sobre el volumen almacenado. También es importante tener en cuenta que los depósitos deben hacerse lo más profundo posible, de manera de requerir menos metros cuadrados de fondo por metro cúbico de agua almacenada, lo cual hace que la impermeabilización resulte más económica, y al mismo tiempo, reduce la evaporación por metro cúbico.

COMPACTACIÓN POR MAQUINARIA

Si se dispone de la misma, es aconsejable el uso de rodillos pesados pata de cabra, herramienta ideal para compactar e impermeabilizar el fondo de un depósito de agua.

PISOTEO POR HACIENDA

Es el sistema de menor eficacia para compactar e impermeabilizar, pero el más económico y muy utilizado en la práctica. Durante la construcción de la reserva de agua se hace entrar a los animales, haciendo que la zona se transforme en dormidero de los mismos, cuyas pezuñas actúan compactando en acción similar al rodillo pata de cabra.

El óptimo de humedad para compactar el suelo esta entre el 10 y 13 %, por lo que deberá evitarse la presencia de animales cuando la represa contenga agua o se pueda formar barro.

TIERRA ARCILLOSA

Un método económico es el agregado de tierra arcillosa, tipo bentonita, de la zona, en capas delgadas, en los primeros 20-30 cm del fondo del tajamar. La arcilla puede ser aflorante, por ejemplo, extraída del fondo de una laguna o del desbarre de otra represa, o subyacente a poca profundidad. Es más eficiente este tratamiento si se apisona con rodillos pata de cabra o con tractor de ruedas.

Cuando se efectúa un gran desbarre o una profundización de la represa, se deben depositar separadas las capas arcillo-limosas (las mas superficiales) de las más permeables, para que luego de darle la profundidad requerida, agregar al fondo una capa de este material fino.

El material limoso que arrastra el viento y el agua dentro de la reserva, una vez llena, es otro factor, que a largo plazo, va impermeabilizando el fondo.

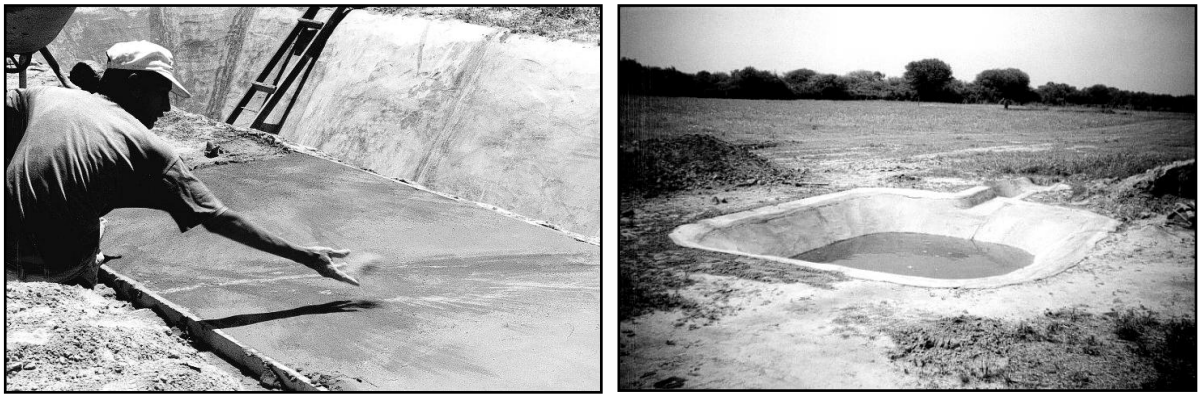
SUELO CEMENTO

Las ventajas del suelo cemento son las siguientes:

- Bajo costo.
- Soporta el pisoteo de los animales.
- Se repara fácilmente.
- No requiere encofrados ni mano de obra calificada.
- No son necesarias juntas de contracción y dilatación porque es plástico.

Los materiales a emplear y el método de construcción son los siguientes:

- Material: tierra, cemento y agua.
- Las proporciones son: 1 parte de cemento, 6 a 8 partes de suelo y 3 a 5 partes de agua.
- Es muy bueno el suelo franco limoso, con proporciones de 25 % de arena fina, 65 % de limo y 10 % de arcilla.
- No deben dejarse restos vegetales ni terrones de tierra sin disolver ya que son lugares de potenciales pérdidas de agua.
- Es necesario que el suelo cemento se coloque licuoso y durante las primeras horas es esencial que no le falte humedad.
- Se aplica en capas delgadas, hasta lograr un mínimo de espesor de 5 cm.
- Logrado los 5 cm, inmediatamente se debe espolvorear con cemento puro y alisarlo con fratacho, logrando una capa impermeable y protectora.
- El agua empleada debe ser limpia, con bajas sales totales, sin materia orgánica.
- Las uniones de paredes y piso deben hacerse con terminaciones redondeadas para lograr una mejor distribución de las presiones del agua.
- Los taludes de las paredes laterales se comportan bien con una relación 1:1, lo cual facilita la aplicación del material sin inconvenientes.



Figuras 14-74.- a) Espolvoreo con cemento para terminación final. b) Micro represa de suelo cemento terminada en Campo Experimental La María, INTA E.E.A Santiago del Estero.

GEOMEMBRANAS IMPERMEABLES (PLÁSTICOS)

Las geomembranas (o vinimantas) sintéticas o poliméricas son láminas impermeables, fabricadas a partir de diferentes resinas plásticas, que se aplican sobre el suelo para impermeabilizarlo, aislarlo o forrarlo. El término genérico geomembranas se acuñó como analogía a las capas de arcilla compactada que sirven como barrera impermeable en la construcción de embalses.

Las geomembranas son capas delgadas de 0.5 hasta 5.0 mm de espesor. Inicialmente se utilizó el hule butilo como materia prima para su fabricación, pero actualmente se fabrican de polietileno de alta densidad

(HDPE), de muy baja densidad (VLDPE), de PVC (Cloruro de polivinilo) y de polipropileno flexible (FPP). Se presentan en rollos. Sus características son:

VLDPE: El polietileno de muy baja densidad tiene la resistencia química del FPP y del HDPE, la flexibilidad del PVC, su termofusión es sencilla y su tiempo de vida es superior al de cualquier otra geomembrana. Son producidas por extrusión y pueden ser texturizadas en una o dos caras para crear superficies de mayor fricción cuando sea necesario para la impermeabilización de taludes y la instalación de capas de suelo de cobertura sobre ellas. Sus colores son el tradicional negro y el arena.

FPP: El Polipropileno Flexible (FPP) combina la resistencia química del HDPE y la flexibilidad del PVC.

PVC: Por sus rollos en general de dimensiones reducidas y su fácil instalación sigue siendo un producto muy popular para embalses y estanques. Tiene una gran resistencia a la deformación multiaxial, la cual le permite soportar grandes asentamientos y deformaciones. Pueden ser reforzadas con la incorporación de filamentos en forma de una malla entre dos capas de PVC

HDPE: El Polietileno de Alta Densidad o HDPE por sus siglas en inglés, es la geomembrana de más demanda en el mercado mundial, aunque no es ni el más moderno ni el mejor. Es el polímero que presenta mayor inercia química y resistencia a los rayos ultravioleta (UV).

Tabla 14-7.- Especificaciones técnicas del Polietileno de Alta Densidad (HDPE) color negro

Propiedades	Norma ASTM	Unidades	Espesores (mm)				
			0,5 mm	0,8 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
Físicas							
Peso		kg/m^2	0,46	0,74	0,92	1,38	1,66
Densidad	D 792/91	g/cm^2	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
Negro de humo	D 4218	%	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Mecánicas							
Resistencia a la tracción	D 638/91	Mpa	25	25	25	25	25
Alargamiento a la ruptura	D 638/91	%	700	700	700	700	700
Rasgamiento	D 1004/90	N	60	100	125	210	275
Resistencia a la perforación	D 4833	N	160	250	325	480	610
Otras							
Estabilidad dimensional	D 1204/84	%	2	2	2	2	2

La elección del material adecuado se realiza para cada aplicación específica. Pueden durar entre 2 y 7 años expuestas al sol. Si la geomembrana está enterrada, su durabilidad es muy alta, pudiendo llegar a más de 30 años. Cuando la geomembrana es reforzada con una malla de filamentos de poliéster, su durabilidad se incrementa, ya que en la práctica se restringe las deformaciones y se aumenta su resistencia a la fatiga por plegado y los sucesivos movimientos.

La instalación de las geomembranas es crítica y, por tanto, debe ser realizada por instaladores de probada experiencia e idoneidad. El tipo de unión (adhesivos, solventes, termofusión, grampas) dependerá de las características del material polimérico. En el caso de las grampas, se debe hacer un doblez triple para asegurar una unión estanca. Uno de los sistemas de unión más eficientes es la termofusión, que garantiza una total impermeabilización

Extendidas las bandas sobre el piso de la futura reserva, se procede a su unión. En zonas ventosas, las bandas se aseguran en forma provisoria con bolsas con tierra. Para contrarrestar las variaciones de tamaño por cambios de temperatura, deben dejarse arrugas en la manta plástica.



Figuras 14-75.- Unión de las láminas por termofusión.

En caso necesario, se pueden unir las láminas por medio de dobleces superpuestos y tierra que los mantiene en su lugar.

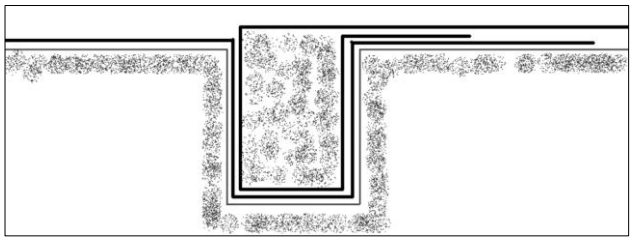


Figura 14-76.- Unión de dos mantas plásticas por dobleces y tierra.

En la construcción de la reserva es necesario tener en cuenta las dimensiones del talud interno, cuya pendiente hemos visto que debe guardar la relación 1:3 a 1:4. Esto permite que la capa de tierra o arena que se coloca para proteger la geomembrana de los rayos solares pueda mantenerse sobre esa superficie inclinada.

También se pueden recubrir los taludes con suelo cemento sobre la geomembrana, lo que protege al plástico de los rayos ultravioletas, de las pisadas de animales y de movimientos del material, con menores riesgos de que la geomembrana quede expuesta.

El borde de la manta se debe enterrar en una pequeña zanja o trinchera ubicada en la parte superior del talud, de 0,50 m de profundidad por 0,30 m de ancho, rellena con tierra compactada.

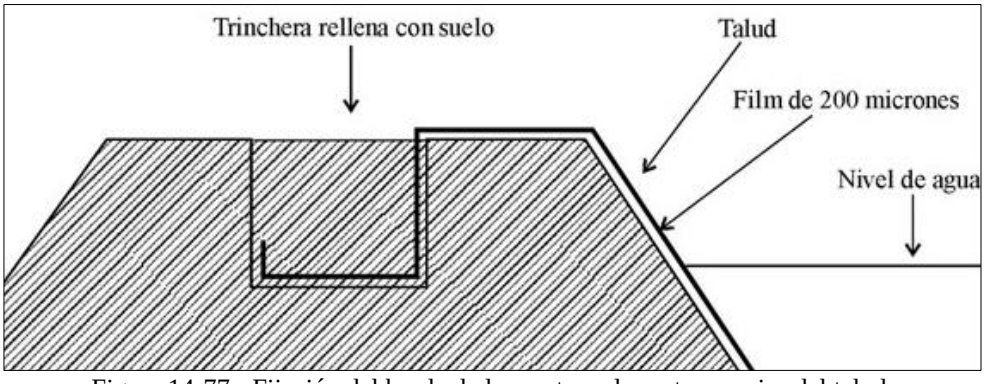
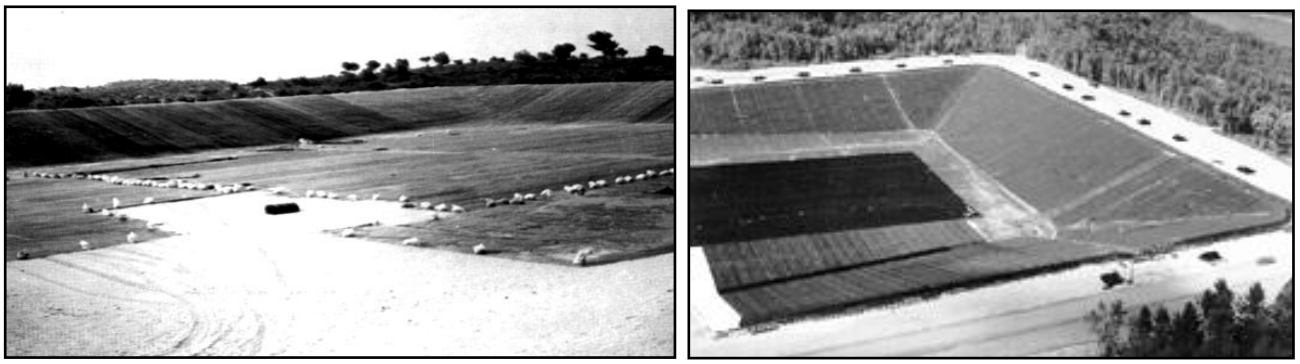
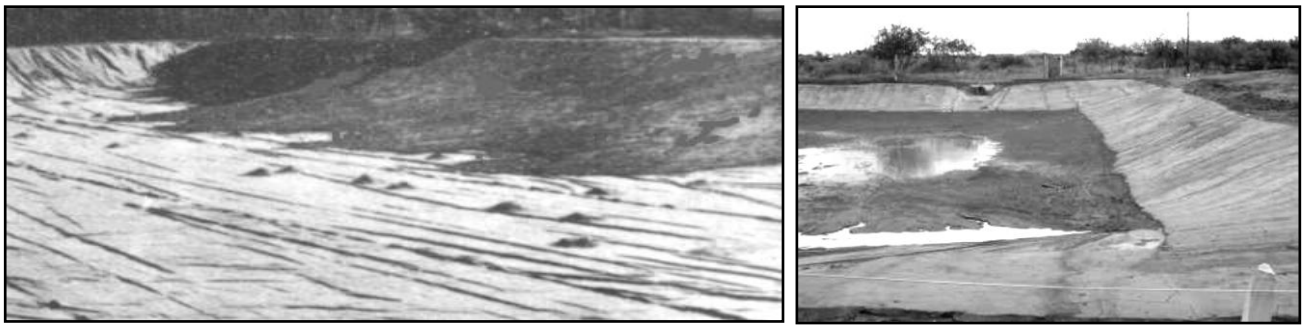


Figura 14-77.- Fijación del borde de la manta en la parte superior del talud.



Figuras 14-78.- a) Colocación de geomembrana en un tajamar. Por el viento, se sujeta con bolsas con tierra hasta que comience el llenado; ya se ha colocado arena sobre la geomembrana en parte de los taludes. b) Sujeción con bolsas con tierra del borde de la lámina sobre el talud hasta tanto se termine de enterrar en la zanja excavada a ese efecto.



Figuras 14-79.- a) Arena sobre la geomembrana colocada en el talud, para su protección.
b) Taludes con suelocemento sobre geomembrana y 10 cm de tierra sobre la del piso.



Figuras 14-80.- Represas impermeabilizadas con geomembranas de 200 micrones.
Quimilí, Santiago del Estero (José Manubens, 2000).

La impermeabilización por geomembranas es eficaz gracias a la integridad de los materiales y a una correcta instalación. Las perforaciones en la geomembrana son las que condicionan las fugas de agua.

Existe la posibilidad que ratas y otros roedores perforen la geomembrana. Las flexibles, tales como las de PVC y las de polietileno muy flexible, son más fáciles de roer puesto que son más factibles de doblar que una geomembrana de HDPE. Como las geomembranas no poseen ningún compuesto con valor nutricional para roedores, la razón para que la rompan se debe a que pretenden tener acceso al otro lado en busca de alimento, calor o pasaje. En resumen, no hay peligro si la geomembrana es instalada en la forma correcta.

Las estadísticas de los sistemas de impermeabilización por geomembranas muestran un promedio de 10 a 20 perforaciones por cada 10.000 m^2 (una ha) de geomembrana instalada. Las perforaciones que superan 1 cm de diámetro son causadas, en el 73 % de los casos, durante los trabajos de colocación de la geomembrana.

Algunas de las causas que generan las perforaciones son:

- Malas soldaduras.
- Utilización de elementos cortantes.
- Punzonamientos causados por piedras u otros elementos que se encuentran bajo la geomembrana.
- Mal manejo del material en su proceso de instalación.
- Mala calidad de la geomembrana.
- Empleo inadecuado de la superficie impermeabilizada.

De acuerdo a la zona y a las circunstancias será necesario proveer a la geomembrana de una protección mecánica contra alguna o algunas de las siguientes acciones:

- Viento: produce depresiones sobre la geomembrana y el levantamiento de la misma, originando tracciones importantes. Se atemperará mediante la orientación de la represa y su ancho, cortinas rompevientos, etc.
- Oleaje: da lugar al desprendimiento del soporte de la geomembrana y a su desplazamiento al pie del talud. Su protección es la misma que para el viento.
- Cuerpos flotantes: generalmente ramas o maderas que pueden provocar desgarraduras. Se deberá vigilar y retirar inmediatamente todo objeto flotante.
- Hielos: siempre que se prevea su formación por bajas temperaturas. En casos muy graves se deberá confeccionar una protección rígida.
- Radiación ultravioleta: modifica la estructura y el comportamiento de la geomembrana, especialmente en las de PVC. La protección, generalmente con arena, puede ser continua o local, limitándose a la parte superior del talud, donde las tensiones y la exposición al sol son mayores.
- Roedores: Se recomienda el cierre perimetral del embalse, la eliminación de broza y el corte periódico de la pastura dentro del cierre, y si es necesario, la incorporación de un geotextil que proteja la geomembrana.

ASFALTO

El asfalto es un residuo económico del petróleo que se puede emplear para estos casos en dos formas:

- Luego de nivelado y emparejado el contrapiso, se riega con 1,5 a 2,5 litros de asfalto calentado a 60º C por metro cuadrado. Luego de secada esta aplicación se repite nuevamente con la misma concentración, aplicándose a continuación una delgada capa de arena de 4 kg/m^2 la que debe apisonarse con un rodillo pesado.
- El otro método es esparcir asfalto disuelto en un solvente, como ser nafta. A medida que se infiltra la solución, el asfalto se deposita y fragua con la tierra, formando un pavimento poroso y razonablemente sólido. Para impermeabilizar esta superficie, se rocía nuevamente con asfalto.

LÁMINAS METÁLICAS

Las láminas de aluminio adheridas al suelo con asfalto han dado muy buenos resultados, sobre todo en los colectores pluviales.

SUSTANCIAS QUÍMICAS IMPERMEABILIZANTES

Ciertas sustancias químicas rociadas sobre la superficie del suelo impiden la infiltración del agua. Pocos kilos de algunos productos impermeabilizan extensiones importantes.

Uno de los más empleados es la bentonita (silicato de aluminio) sódica, una arcilla que se aplica en seco. Al llenarse la represa y contactar con el agua se expande, formado un gel que impermeabiliza el lugar. Es de buena eficiencia y más económica que la geomembrana.

Su espesor mínimo para las represas es de 10 cm mezclada con tierra en una proporción de 7 a 8 % de bentonita.

Pasos a seguir para aplicar bentonita sódica:

- Roturar el suelo un espesor de 10 cm lo más disgregado posible con rastra de disco excéntrica o rastrón. No deben quedar terrones grandes sin romper.
- Distribuir la bentonita manualmente por espolvoreo y homogéneamente en una proporción de 8 kg/m^2. Las bolsas comerciales contienen 40 kg, lo que implica que cada bolsa hay que esparcirla en 5 m^2.
- Se vuelve a pasar la rastra de disco para que la bentonita se mezcle homogéneamente con la tierra en el espesor de los 10 cm.
- Se riega a humedad Proctor y se compacta. Lo ideal es el rolo pata de cabra.

En los taludes únicamente se debe aplicar mezclada con cemento, por los efectos erosivos del agua, en la proporción de 33 % cemento y 66 % bentonita, con una pendiente del talud interno de 4:1.



Figuras 14-81.- a) Distribución de bentonita sódica en el fondo de una represa; b) humedecimiento y compactación.

Otros productos del tipo de los catalizadores son el acrilato de calcio y la acrilamida.

CURADO DEL CEMENTO O CONCRETO

El curado es un proceso que consiste en mantener un contenido satisfactorio de humedad y temperatura en el concreto o cemento de los pisos y paredes de los tanques, bebederos, pediluvios, brocales, etc. para que el mismo pueda desarrollar la resistencia y dureza requeridas.

Sin adecuado suministro de humedad el cemento no puede reaccionar para formar un buen producto. También son importantes la temperatura y las condiciones del viento, ya que contribuyen en forma directa a la variación en la pérdida de humedad del concreto.

Un concreto curado en ambiente seco puede perder hasta el 50 % de su resistencia potencial en comparación con un concreto curado en ambiente húmedo. El cemento colado bajo condiciones de temperatura elevada adquiere rápidamente una resistencia temprana, aunque la resistencia tardía puede verse reducida, mientras que el concreto colado en clima frío tarda más en adquirir resistencia.

El concreto bien curado adquiere una mayor dureza en la superficie, lo cual lo vuelve más impermeable y reduce el agrietamiento, el empolvamiento y el descascaramiento.

Para efectuar el curado, luego de la colada o colocación del concreto, su superficie debe conservarse continuamente mojada durante varios días para evitar la evaporación. Esto se puede hacer de varias maneras:

- Cubrir con arpillera, esteras u otras telas manteniéndolos mojados con mangueras o aspersores. No deben secarse las cubiertas para que no absorban agua del concreto. Sujetar los bordes con objetos pesados para que no lo vuele el viento.
- Cubrir con un espesor de paja de unos 15 cm y sujetarla con objetos pesados para que no la vuele el viento. Rociar regularmente con agua para que no se seque.
- Se puede emplear tierra, arena o aserrín mojados y mantenerlos así varios días.

- La aspersión continua es adecuada siempre que la temperatura del aire este por arriba del punto de congelación. Nunca se debe permitir que el concreto se seque entre una y otra aspersión, ya que el mojado y secado alternado durante el curado puede dañarlo.
- El encharcamiento de agua sobre una losa o unos centímetros de agua en el piso de un tanque es un excelente método de curado. El borde alrededor del encharcamiento debe estar a prueba de filtraciones.

DEPÓSITOS PARA ABASTECER A LA POBLACIÓN Y A LA HACIENDA CON UN SOLO EQUIPO

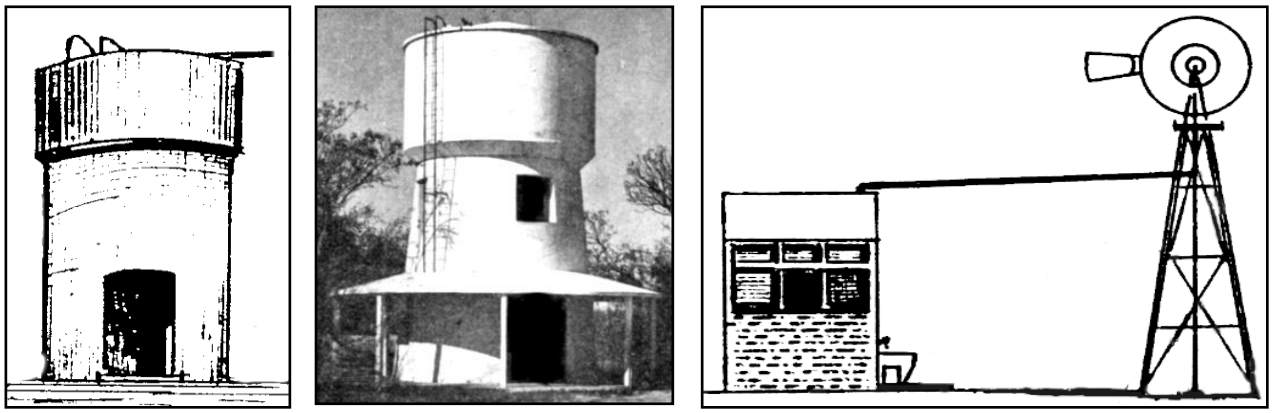
Cuando con el mismo molino o bomba se necesita abastecer a la población del campo (casco, puesto, tambo, etc.) y a la hacienda, se coloca un tanque elevado a suficiente altura para que el agua corriente a la población tenga la adecuada presión en las canillas y para hacer funcionar los artefactos domésticos (calefón, termotanque, lavarropas, etc.). Primero se llena el tanque elevado y su desborde provee el agua al tanque australiano.



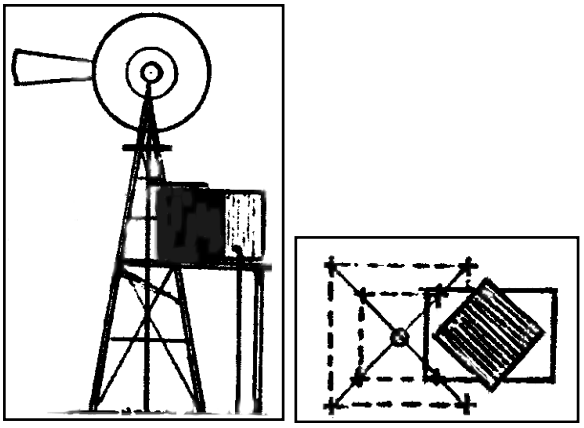
Figuras 14-82.- Dos fotos de un molino nuevo sobre un tanque depósito cilíndrico ubicados sobre una torre de columnas perpendiculares al suelo, con mirador con baranda y escalera. Estancia Las Lomas, Villa Valeria, Córdoba, 2006.



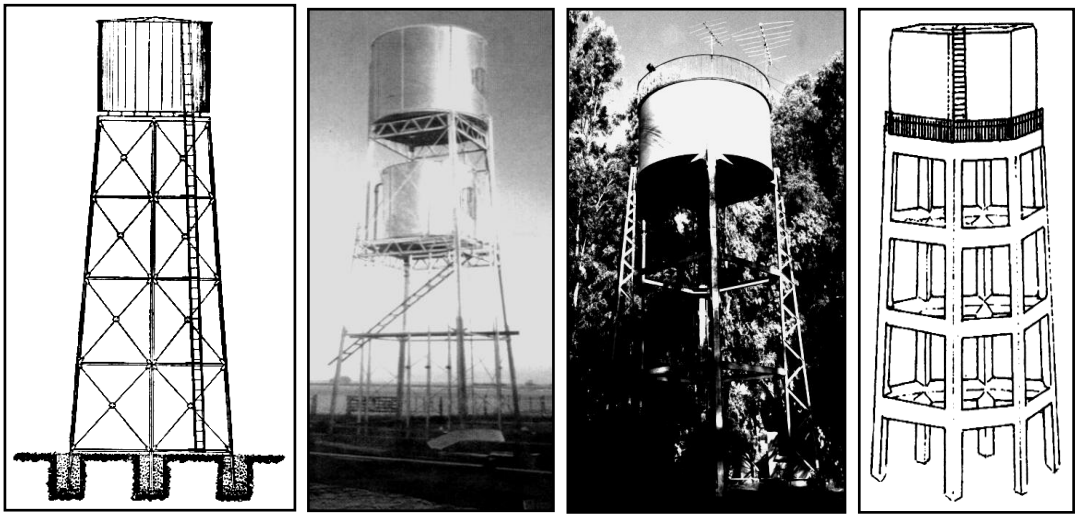
Figuras 14-83.- Molinos con tanque cónico de chapa dentro de la torre para abastecimiento de la población (casco) con buena presión del agua y tanque australiano para abastecer a la hacienda. a) Estancia "La Cuca", Lonquimay, La Pampa. b) Estancia El Refugio, de Pedro Augusto Bavera, Carhué, prov. de Bs. As., 1926.
En ambos casos, la rueda del molino supera la altura de los árboles circundantes.



Figuras 14-84.- a) Tanque elevado de chapa sobre torre de mampostería; b) Tanque elevado y torre de mampostería. El interior de la torre se puede emplear como baño, lavadero, carnicería, sala del bombeador, depósito, etc.; c) Tanque elevado de cemento sobre construcción de mampostería empleada para usos domésticos (baño, lavadero, etc.). Muy frecuente en algunas zonas. El rebalse vuelca en un tanque australiano.



Figuras 14-85.- a) Tanque de chapa grande cuadrangular colocado con medio apoyo en torre. b) Detalle en planta. Al ser muy grande el depósito o ser necesario colocarlo a una altura donde la torre no puede receptarlo en su interior, es necesario apoyarlo en la torre y en dos parantes externos a la misma.



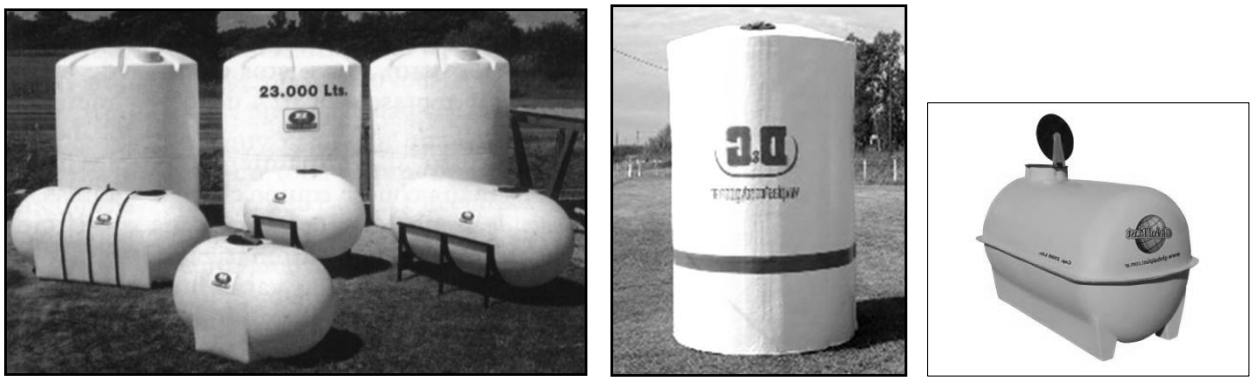
Figuras 14-86.- Tanques elevados de gran capacidad en torres de alto porte para llevar agua a presión y/o por desnivel a distancia para bebida de hacienda y/o para uso humano; a), b) y c) Tanques de chapa galvanizada ubicados en torres metálicas; c) Torre y tanque de cemento armado.

Considerando en estos casos que el agua es consumida tanto por los habitantes del establecimiento agropecuario como por la hacienda, será necesario extremar las precauciones en cuanto a la potabilidad de ese agua, evitando las contaminaciones y efectuando análisis, no solo para bebida de la hacienda, sino también para uso humano. Para uso humano, tener muy especialmente en cuenta en los análisis arsénico, flúor, nitratos y nitritos.

Estas precauciones deberán ser más severas cuanto mayor sea la subdivisión de la tierra y más intensivas sean las producciones de la zona (criaderos, feedlot, tambos, huertas, etc.), dado que en estas condiciones hay mayor contaminación de las napas y generalmente esos establecimientos agropecuarios trabajan con un solo pozo que abastece a todas las actividades que se desarrollan en el mismo. Cuando los campos de la zona tienen mayor extensión, hay menores posibilidades de contaminaciones de las napas y se comparten menor proporción de aguadas entre el hombre y los animales.

TANQUES DE PLÁSTICOS

Se fabrican tanques de distintos plásticos y resinas reforzados, aéreos, horizontales y verticales, con capacidades de 1.000 a 50.000 litros o más (fig. 14-87). Son económico, se pueden solicitar al fabricante a medida, colocar elevados, a nivel o sobre chasis para emplearlos como móviles (fig. 15-36).



Figuras 14-87.- Tanques plásticos y de resinas horizontales y verticales de distintas capacidades.

PECES EN LOS DEPÓSITOS DE AGUA

En algunas represas y tanques australianos se suele observar a menudo la presencia de peces para ornamentación y para controlar la vegetación que crece en los depósitos. El pez mas utilizado es la carpa koi o pez de estanque (*Cyprinus carpio*), variedad de la carpa común. Estos peces de distintos colores crecen y alcanzan su mayor tamaño según las características del agua y del alimento a su disposición, llegando a medir mas de 60 cm, reproduciéndose en muchos casos de manera natural en el lugar.



Figura 14-88.- Carpa koi o pez de estanque (*Cyprinus carpio*)

Fundamentalmente en los tanques australianos, si la densidad de peces es muy elevada y estos reciben alimentación externa, puede aumentar la concentración de algunos productos propios de la degradación de la materia orgánica (principalmente derivados del N). El grado de toxicidad del agua y por consecuencia el riesgo para el ganado, dependerá finalmente de la renovación de agua contenida en los depósitos y de ciertas características propias del agua como pH, temperatura y grado de oxigenación.

También se utilizan otras especies ícticas de mayor eficiencia en el control de diferentes tipos de vegetación acuática, pero la introducción de peces en reservorios de agua para la hacienda conlleva ventajas y desventajas propias del objetivo que se persiga, por lo que no es conveniente su introducción en los mismos sin antes consultar con especialistas en el tema (Mancini, 2008).

"...un estanciero de Córdoba ha hecho su reservoir de 130.000 litros con un costo de 637 pesos; y es sabido que un depósito de material de 10.000 litros cuesta de 800 a 1.000 pesos. El agua no es bebida ahí mismo, ya sea porque la pared de zinc cedería al empuje de los animales vacunos, ya porque estos ensucian el agua; de suerte que se le da salida a bebederos colocados en tierra, cercándose el depósito con alambre".

Anónimo. 1901. Ventajas del reservoir australiano. Anales de la Sociedad Rural Argentina, Bs.As., 35:352.

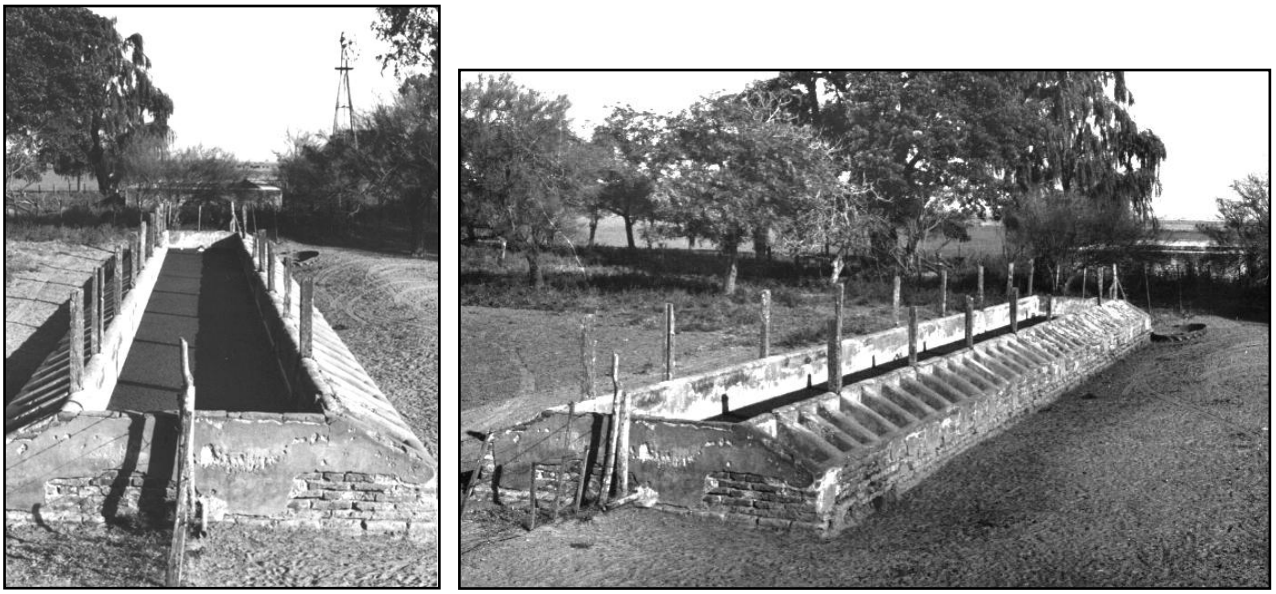
CAPÍTULO XV

BEBEDEROS, BEBIDAS O ABREVADEROS

Los bebederos, bebidas o abrevaderos son el complemento obligado de toda aguada, siendo el lugar donde los animales alcanzan el agua. Deben garantizar la provisión de agua abundante, permanente, limpia y fresca. Los más antiguos, algunos de los cuales aún se encuentran en uso, fueron de madera o de cal y canto (ladrillos o piedra).



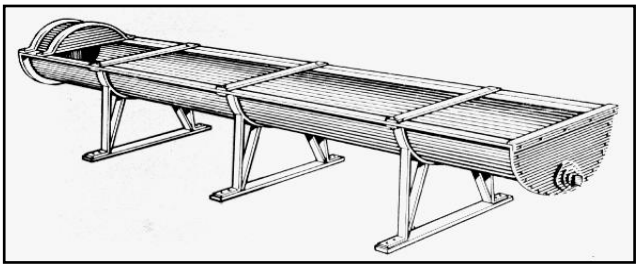
Figura 15-1.- Bebedero para ganado construido en un tronco ahuecado a fuego. Los indios usaban este tipo de bebedero y los criollos los siguieron utilizando (Apuntes del P. Grenón S.J.)



Figuras 15-1.- Antiguo bebedero de ladrillos aún en uso, con un depósito central y el lugar para beber los animales a cada costado dividido en celdas individuales. Da agua a dos potreros. Al fondo se ve el molino y el tanque también antiguo y de ladrillos (Fig. 14-56). Estancia Las Rosas, Sampacho, Cba.

Actualmente los hay de distintos materiales: hierro galvanizado, cemento premoldeado, cemento armado en el lugar, fibra de vidrio, plástico virgen con protección para rayos ultravioletas, polietileno negro de mediana densidad, ladrillos, etcétera.

Los de chapa o hierro galvanizado fueron introducidos en el país en 1863. Son más caros con respecto a los de cemento armado. No obstante, su instalación requiere menos mano de obra, son más livianos y el agua se enfría más rápidamente al caer el sol. No son aconsejables en zonas de aguas salobres.





Figuras 15-2.- Bebederos de chapa lisa galvanizada en una sola pieza, tipo media caña; observar el cubreflotante de chapa, los soportes o patas con travesaños, el desagote, el marco perimetral de perfil ángulo galvanizado. Algunos tipos son de chapa Nº 18 en diferentes anchos: 0.40, 0.50, 0.65, 0.80 metros y largos desde 2.50 a 6 metros

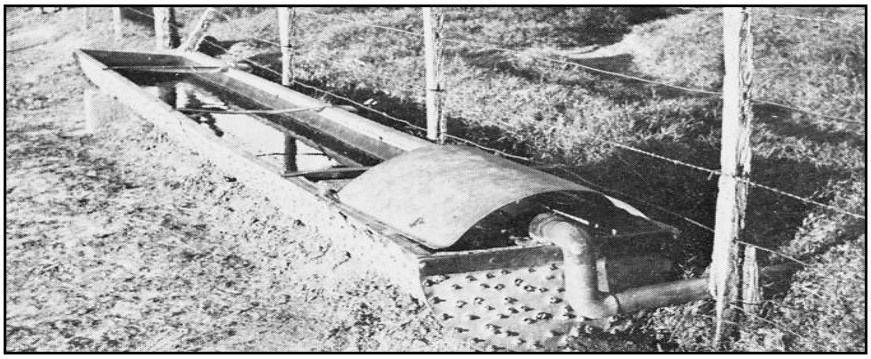


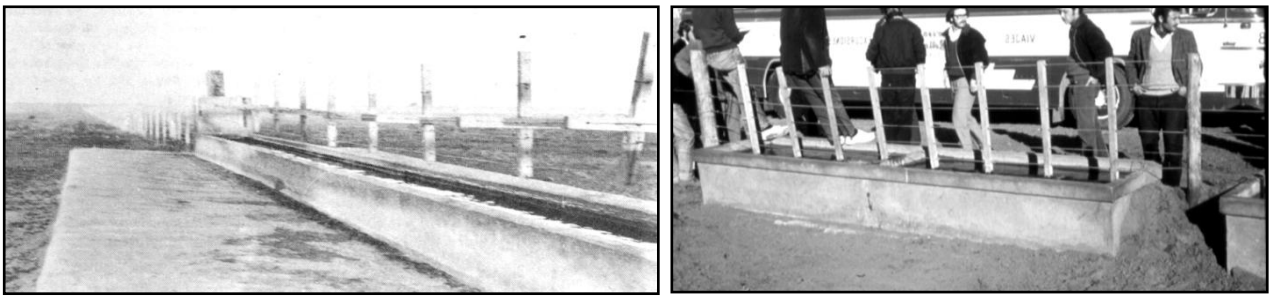
Figura 15-3.- Antigua bebida de chapa, corroída por las sales, que se reparó recubriéndola con cemento por su parte interna. Obsérvense los agujeros efectuados con punzón para permitir la fijación del cemento. Establecimiento Sres. V. N. y A. Cardinale, Cnel. Moldes, Cba.

Por su menor costo los más usados son los de cemento, los cuales pueden construirse en el mismo lugar de uso. Los prearmados se venden en el comercio por cuerpos, que una vez instalados se comunican entre sí, siendo el largo más común de cada cuerpo entre 1,5 y 2 metros.

Tabla 15-1.- Medidas más comunes de bebederos prearmados

Ancho x largo Metros	Profundidad Metros	Capacidad Litros
0,80 x 1,70	0,35	370
0,65 x 2,10	0,32	340
0,50 x 2,30	0,29	250
0,58 x 1,50	0,27	200

Como características favorables del hormigón se destaca su larga vida y la no necesidad de realizar mantenimiento en las estructuras construidas con este material. Al ser inerte, el hormigón resulta el material preferido para la construcción de tanques y bebederos.



Figuras 15-4.- Bebederos de cemento excesivamente profundos, construidos en el lugar. Obsérvese en el primero el piso de cemento con correcta caída hacia el bebedero, la ausencia de pozos o barro a su alrededor y el tipo de alambre sobre el bebedero (a) Est. El Estribo, Toay, La Pampa y b) Est. Santo Tomas, Laguna Oscura, Cba.).



Figuras 15-5.- a) Bebedero de cemento premoldeado instalado sin patas; b) Bebedero de cemento armado en el lugar. Ambos muy bajos, se ensucian en demasía, y sin alambre divisor sobre el mismo, los animales se meten dentro.

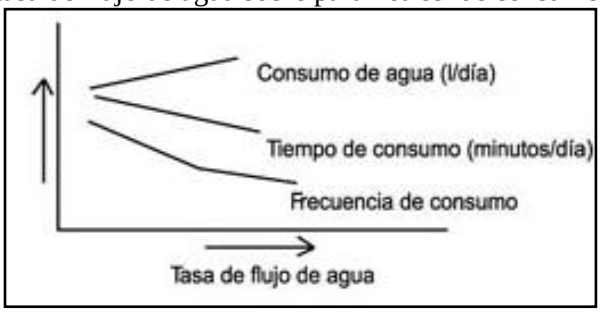
Los bebederos deben tener suficiente longitud y velocidad de llenado como para evitar una ocupación prolongada por parte de las vacas dominantes que puedan reducir el consumo de los animales de menor rango social.

No deben ser muy profundos, muy largos ni de gran volumen, ya que el agua retenida por mucho tiempo se afecta por una mayor acumulación de suciedad, porque se calienta o enfría según la temperatura ambiente, y porque demora más en revertir su temperatura. Es decir, el agua debe estar poco tiempo dentro del bebedero renovándose seguido.

Lo importante es la velocidad de llenado, dada por el diámetro del caño de entrada y la presión del agua, y no la capacidad, dada por su profundidad y por su largo.

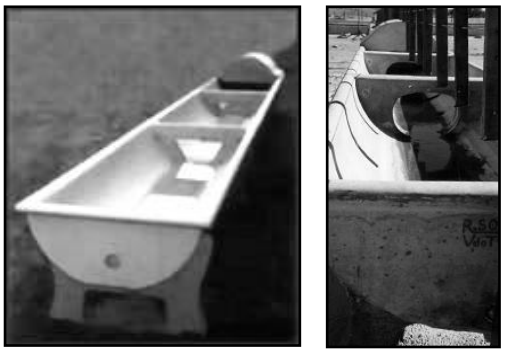
Un aumento en la tasa de entrada del agua al bebedero reduce el tiempo de bebida del animal, el número de veces que se traslada al bebedero y aumenta el consumo total de agua, lo que mejora la producción.

Figura 15-6.- Efecto de la tasa de flujo de agua sobre parámetros de consumo de agua (Beretta y col., 2004).



Los animales beben mejor de bebederos poco profundos con caudal de ingreso de agua alto que renueva la misma rápidamente. Por otra parte, los bebederos poco profundos son más fáciles de limpiar.

Para facilitar el rápido llenado del bebedero, es necesario que los cuerpos se comuniquen entre sí por una abertura muy amplia. Al primer cuerpo llega el caño de abastecimiento y en el último se coloca el tapón de desagote.



Figuras 15-7.- Bebederos media caña premoldeado, con amplia comunicación entre cuerpos; observar el orificio de desagote, al fondo el cubreflotante, las patas o caballetes que sostienen los cuerpos, el borde redondeado para evitar lesiones a los animales y el alambre divisorio en el de la derecha.



Figura 15-8.- Armando un bebedero media caña de cemento premoldeado. Observar los orificios por los que se pasa un tornillo para unir dos cuerpos y las patas sobre las que se apoyan los dos cuerpos adyacentes.

Los cuerpos de cemento premoldeado se sostienen por medio de patas o caballetes del mismo material, en tanto que los de chapa tienen patas de planchuelas de hierro asentadas sobre travesaños de madera. Los de fibra de vidrio o plástico tienen las patas incluidas en el moldeado.

Al colocar el bebedero, darle un desnivel hacia el orificio de desagote de 3 mm por metro de longitud para facilitar el desagote y limpieza.

El bebedero debe contener agua con una profundidad de 30 cm como máximo, y su nivel de llenado debe ser de 5 a 6 cm más bajo que la parte superior del bebedero. Cuando esté regulado a su nivel, la boya deberá quedar en forma horizontal.

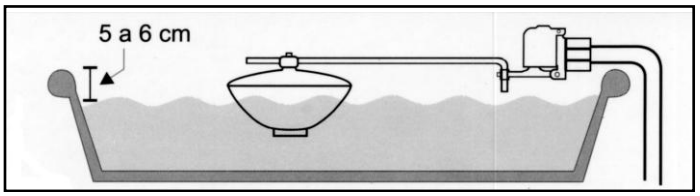


Figura 15-9.- Nivel de llenado y posición de la boya (Ind. Crossio)

Un bebedero puede colocarse para que abastezca a dos potreros, colocándolo bajo un alambrado divisorio. El compartir el bebedero entre dos potreros no influye en el contagio de enfermedades, ya que aquellas que podrían contagiarse por el agua de bebida también se pueden transmitir a través del aire o por contacto entre los animales a través del alambre.

En el caso de estar fuera de la línea de alambre divisorio, abasteciendo a un solo potrero, se deberá colocar sobre el bebedero, en forma longitudinal, un alambrado de varios hilos lisos o un caño o madera, de manera de impedir que algún animal pase sobre el bebedero o caiga en él, sin poder salir por sus propios medios, además de ensuciar el agua y hasta romper el bebedero.

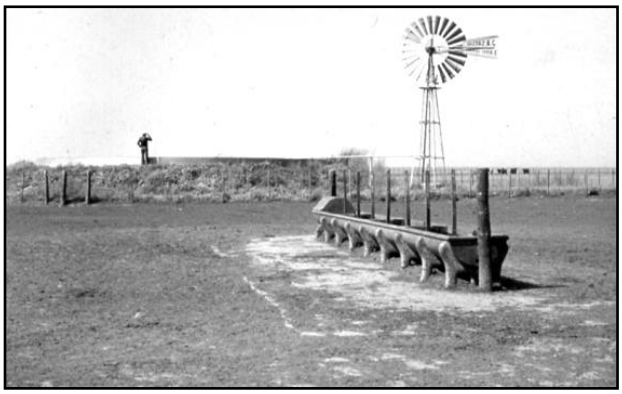


Figura 15-10.- Aguada completa ubicada entre dos potreros, con molino, tanque australiano de chapa y un bebedero para cada potrero. Ver el alto terraplén del tanque que permite una buena presión en la cañería a los bebederos, el bebedero de cuatro cuerpos con cubreflotante de cemento, buen alambre divisorio sobre el mismo y piso de cemento a su alrededor. El molino se encuentra cerrado.

Generalmente, los que se colocan bajo un alambre divisorio para abastecer a dos potreros tienen un ancho de unos 80 cm, mientras los que abastecen a un solo potrero tienen un ancho de 65 cm.

Nunca deben colocarse bebederos en corrales de aparte, ni aún bajo el alambre, por las lesiones que pueden sufrir los animales al golpearse en ellos. Si es necesario dar agua a un corral de trabajo, el bebedero se coloca totalmente del otro lado del alambre y se abren los hilos de alambre necesarios para que los animales puedan tomar agua. Si se considera conveniente, el espacio que se abrió en el alambre se puede cerrar con una puerta de madera que abra hacia un costado, hacia arriba o que se saque y ponga.

Los bebederos no deben instalarse en áreas que sirven de captación o de paso del agua de lluvia hacia una represa. Si es imprescindible colocarlos cerca de las instalaciones de represas, deben ubicarse donde la pendiente del terreno, natural o artificial, no provoque que el escurrimiento superficial cercano al bebedero ingrese a la represa.

El largo de los bebederos a emplear, o el número de cuerpos, se debe calcular de acuerdo a la cantidad de ganado que deberá abrevar. Esto está íntimamente vinculado a la receptividad de los potreros y se verá en detalle en "cálculo de aguadas" (capítulo XXI), pero insistimos, porque es un error frecuente, en que más importante que el largo, forma, y/o profundidad del bebedero es la rapidez de llenado del mismo, es decir, el caudal de agua que entra por minuto, lo que estará dado por el grosor del caño de alimentación y la altura y distancia del depósito de agua. Esta rapidez de llenado debe permitir que el bebedero siempre tenga agua suficiente aunque esté rodeado de animales tomando agua.



Figura 15-11.- Caño de 4" de entrada al bebedero.

Hemos visto algunos campos y en revistas, incluso con fotos, como supuesta idea novedosa y práctica, el empleo de pequeños tanques tipo australiano como bebederos gigantes circulares para evitar que los animales queden sin agua cuando otros que han bebido antes la han agotado. Sus inconvenientes son los mismos que los de los tanques bebedero y de los bebederos muy profundos, largos y de gran volumen (suciedad, agua caliente, poca reserva, etc.).



Figuras 15-12.- Bebederos circulares gigantes o pequeños tanques bebedero, también llamados bebederos circulares tipo charco o fuente. Observar los postes y alambre colocados dentro del tanque para evitar que los animales se introduzcan. Agua caliente y sucia. Difíciles de limpiar. No son aconsejables

Generalmente la altura más adecuada del bebedero es de 50 a 65 cm, medidos desde la superficie del piso de cemento que lo rodea al borde superior. Con esta altura los terneros pueden tener fácil acceso al agua. Es muy importante que los terneros beban en el mismo bebedero que los animales adultos, de manera que la flora ruminoreticular que estos últimos dejan en el agua al beber, ayuda a que los terneros adquieran la propia.

Los bebederos nunca deben estar completamente llenos para impedir que el viento o los animales vuelquen el agua. El nivel óptimo se regula mediante un flotante o una válvula. De todos modos, aún con estas precauciones, es muy posible que alrededor del bebedero se formen charcos, ya que el pisoteo de la hacienda va formando un pozo. Por otra parte, al formarse este pozo, la altura relativa del bebedero aumenta, quedando fuera del alcance de los animales menores. Aunque parezca irreal, hemos visto hacienda muerta por sed por no poder alcanzar el bebedero ubicado en zona medanosa, y también vacas empantanadas en el barro que circundaba al bebedero. En ambos casos, lógicamente, con propietarios muy abandonados.

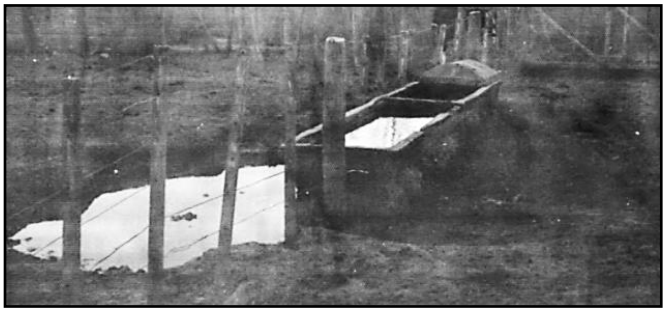
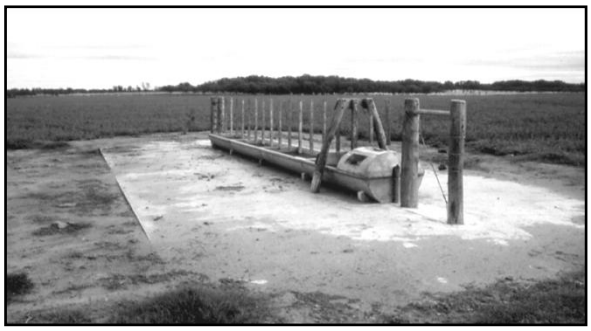
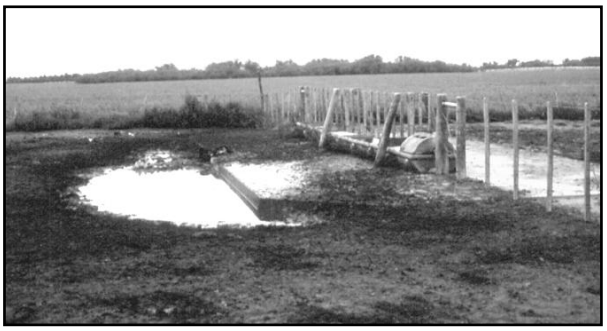


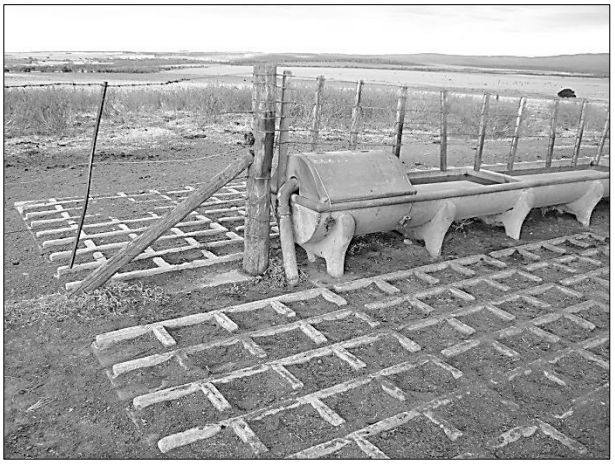
Figura 15-13.- Bebedero de dos cuerpos de cemento prearmado sin piso de cemento a su alrededor. Se ha formado un gran pozo a cada lado, uno de ellos lleno de agua y de tal profundidad que los animales no pueden beber.

Es por esto que es conveniente hacer un contrapiso por lo menos de escombros, y mejor de cemento, alrededor del bebedero. Conviene hacer en el borde del piso una vigueta de cemento armado para disminuir la facilidad con que las pezuñas de los animales rompen los bordes.

Si el contrapiso tiene caída hacia afuera, lo único que se logra es trasladar el charco desde el bebedero hacia el borde del piso, aunque la hacienda va a poder beber. Por ello es necesario que este piso tenga caída hacia el bebedero y hacia uno de los extremo del mismo. En el caso de que el bebedero esté instalado debajo del alambrado divisorio, puede cavarse una pequeña zanja bajo el mismo para conducir el agua hacia los lugares más bajos alejados, como puede ser el pozo de donde se sacó la tierra para hacer el terraplén del tanque, y que se debe encontrar dentro del perímetro alambrado del molino y tanque. En los bebederos que van en medio del potrero pero cerca del tanque australiano, también se debe hacer una zanja, en este caso ancha, hacia la zona baja.

Figuras 15-14.- Bebederos con piso de cemento pero con caída hacia fuera. En el segundo, ver el pozo con agua y barro que se formó en el borde del piso. Si bien esto se hubiera evitado al darle al piso inclinación hacia el bebedero y hacia uno de los extremos, es un adelanto pues la hacienda puede beber.

Figuras 15-15.- Bebederos con piso de cemento enrejado para evitar que los animales resbalen. Estancia Maglione, Las Albahacas, prov. de Córdoba.

Además de los bebederos alargados descriptos, también se pueden emplear bebederos circulares fijos. Se aplican los mismos conceptos que para los alargados con respecto a ubicación, altura, piso a su alrededor, llenado rápido, alambre sobre el mismo, etc.

Pinheiro Machado y col. (2000) compararon el efecto de la forma del bebedero en el comportamiento de bebida en un rodeo de 700 novillos. Los bebederos rectangular y circular tenían el mismo perímetro de 0,5 m para 25 novillos. Se comprobó que en el circular la frecuencia de interacciones agonísticas (peleas) fue menor y que la ingestión de agua fue un 35 % mayor que en el bebedero rectangular. Una posible explicación es que la forma circular del bebedero proyecta una separación de los cuerpos de los animales y la curvatura del bebedero puede constituir una protección para la cabeza de los animales subordinados.

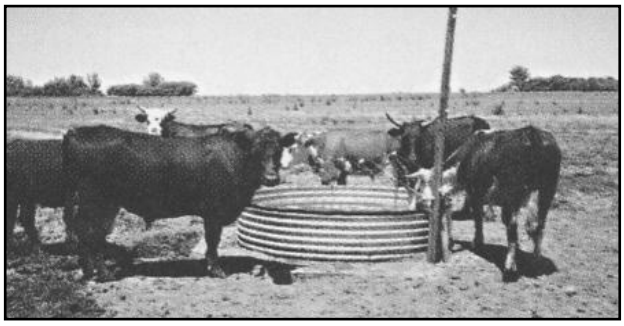
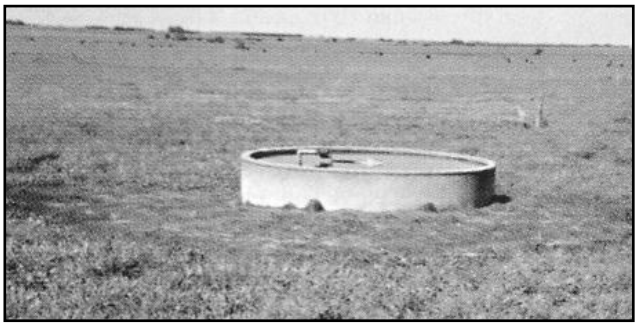



Figura 15-16.- Bebederos circulares de chapa galvanizada y de cemento instalados fijos en medio del potrero. En el de cemento se observa bien el flotante. En el de chapa se observa un pequeño piso a su alrededor, aunque muy reducido.

BEBEDEROS EN FEEDLOT

Dentro de cada corral con capacidad para 200-250 animales conviene instalar dos bebederos separados, con un frente de bebedero disponible por animal de al menos 3 cm de bebedero (3 x 200 = 600 ÷ 2 = 3 m de largo). Deberá localizarse en la mitad del corral más alejada del comedero, al menos a 10 metros del mismo, y no deberá ser compartido entre corrales para evitar presiones sobre los lados del corral y por razones sanitarias.

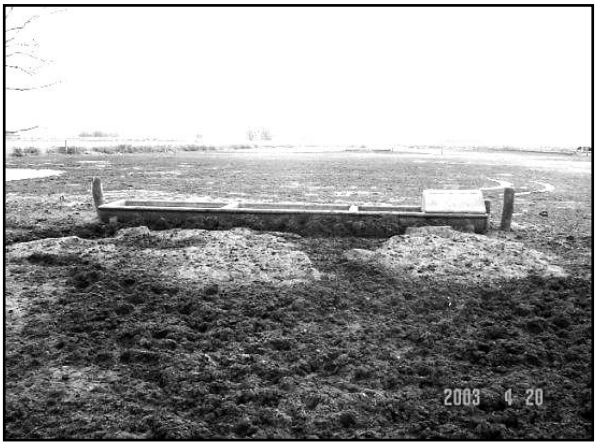
Esta ubicación reduce los contactos entre lotes, las posibilidades de agresiones y contagios y sirve para una mejor distribución de los animales en el corral, reduciendo la presión sobre los comederos, y evitando que los animales lleguen a abrevar con mucho alimento en la boca y ensucien en demasía el agua.

Los bebederos propios para cada corral contribuyen a evitar el contagio de algunas patologías entre lotes de distintos corrales y, en algunos casos, permite el tratamiento exclusivamente al lote infectado. Bagnis (2009) comenta el caso de un lote de 110 animales, donde el 25 % mostró síntomas de actinomicosis y actinobacilosis, no así los corrales vecinos. Se lavaron y desinfectaron los bebederos y sus pisos, efectuándose tratamiento en el agua de bebida únicamente al lote problema, con lo que se solucionó el caso clínico en forma económica.

Es conveniente construir un piso de cemento o suelo compactado, preparado para soportar la acción de las patas de los animales y la alta presión animal, cubriendo unos 2 m desde el bebedero.

Teniendo en cuenta que el alimento en el feedlot tiene poca humedad, se deberá tener capacidad para ofrecer con seguridad al menos 70 litros de agua por animal grande (vaca o novillo en terminación) y por día, en verano, y la mitad en invierno. Una referencia aproximada sería 7 litros de agua cada 50 kg de peso vivo.

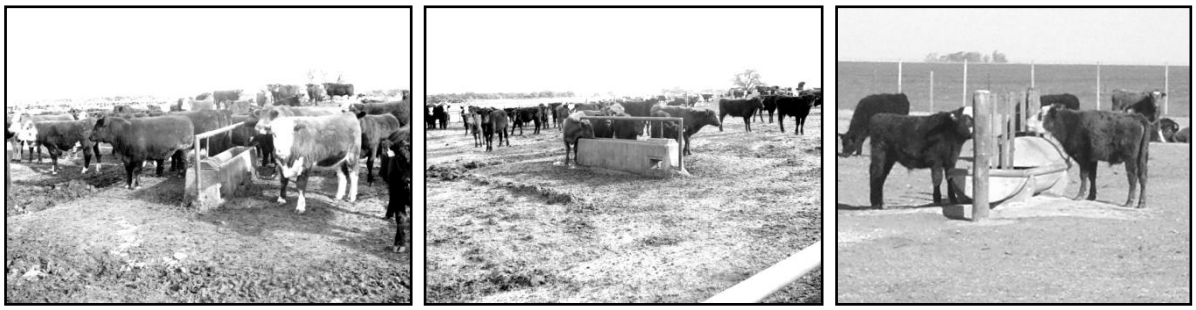
La reserva de agua y el caudal deberán preverse para ofrecer el agua demandada diariamente en un período máximo de 8 horas, período que generalmente se inicia con un alto consumo a la hora después de ofrecido el alimento de la mañana. En los sistemas que alimentan dos y tres veces por día, el consumo de agua sigue la curva de consumo de alimento, pero siempre se destaca el consumo de agua de la mañana luego del primer alimento ofrecido.



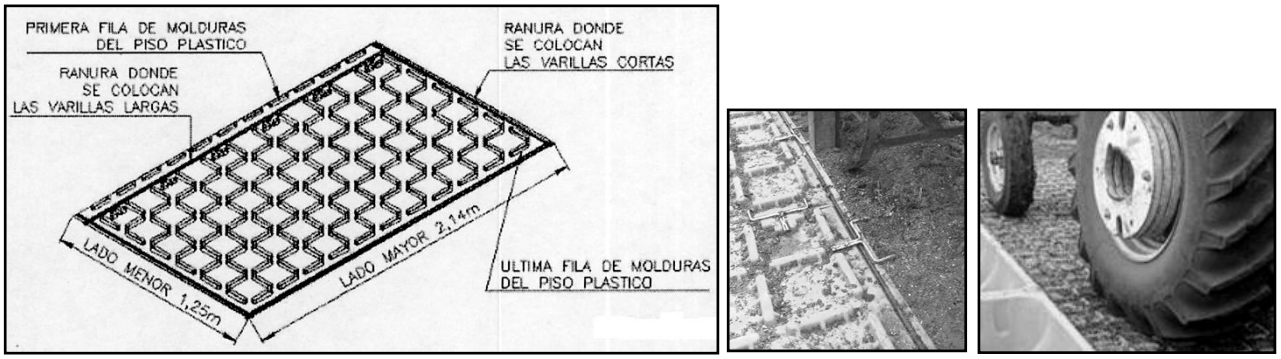


Figuras 15-17.- Lo que no debe existir en un feedlot

Los bebederos deberán estar cerca de las vías de drenaje del corral para evitar que el agua que rebalse o salpicaduras de los bebederos por los animales recorra o se distribuya en la superficie del corral incrementando los riesgos de deterioro del piso. En ese mismo sentido, los bebederos deben ser de materiales resistente a roturas y pérdidas frecuentes.



Figuras 15-18.- a y b) Otro tipo de bebedero en un feedlot industrial de 15.000 animales; 200 animales por corral con un bebedero. Observar la tranquilidad de los animales para beber, que el bebedero está lejos de los comederos y del alambrado y el piso de cemento alrededor del bebedero (Cactus, Villa Mercedes, San Luís); c) Bebedero premoldeado media caña con cubreflotante y piso cemento alrededor en un feedlot de campo (Estancia La Siberia, de la Flia. Bainotti, La Brianza, Cba.).





Figuras 15-19.- Piso plástico de alta resistencia a la presión y pisoteo por los animales. Muy práctico en feedlots de campo y en bebederos móviles o transitorios. Se fija al suelo mediante hierros provistos por el fabricante. (Estancia El Huesito, de Alberto Mouriño, Villa Rossi, Cba.).

BEBEDEROS EN TAMBOS

Es de gran importancia una bebida a la salida del tambo. El caudal y la superficie de los bebederos deberán abastecer simultáneamente a todas las vacas que caben en una mangada, ya que luego del ordeño la vaca toma el mayor volumen de agua. Para ello, será necesario que como mínimo tengan 60 cm lineales por vaca salida simultáneamente de la sala de ordeñe para que puedan beber al mismo tiempo con comodidad.

El agua en la parcela adquiere en los tambos una gran importancia, ya que el animal toma agua y vuelve a comer inmediatamente, se pueden utilizar bebidas chicas para gran cantidad de animales ya que son pocos los que toman por vez, tienen disponibilidad permanente de agua fresca y limpia, hay una mejor distribución de las deyecciones en el campo, mejora la sanidad y limpieza de ubres ya que la vaca se hecha a rumiar sobre la

pastura, hay una menor utilización de los callejones de acceso a las parcelas y se favorece el aprovechamiento del pasto, pudiendo pastorear dos rodeos separados en un mismo potrero.

El agua de bebida a la salida del tambo y en cada parcela produce un aumento de la producción de leche que en pocos meses cubre la inversión realizada en estas aguadas.

BRAZOS CON FLOTANTES Y VÁLVULAS

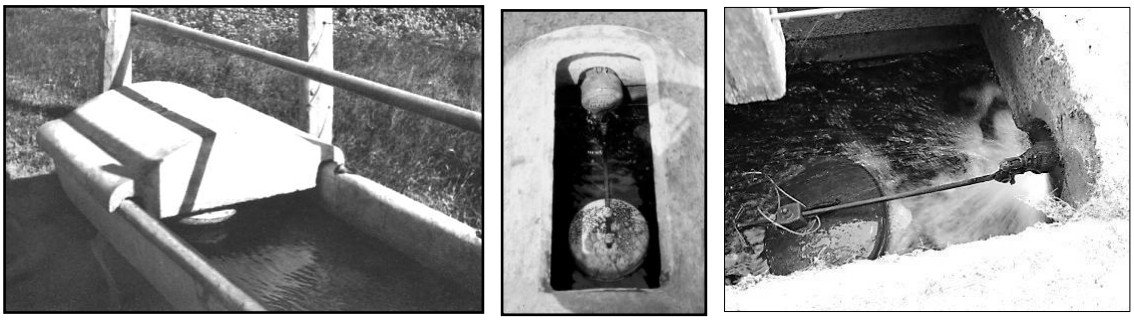
Para mantener el nivel constante de agua en los bebederos, se emplea un sistema automático en base a brazos con flotantes (fig. 15-20 y 15-21) o válvulas (fig. 15-22).

El flotante o la válvula pueden estar ubicados en el mismo bebedero, sobre el caño de salida del agua. En este caso, el flotante o boya debe estar cubierto por un cubreflotante, para impedir que la hacienda lo rompa, lo que hay que calcular en la capacidad del bebedero, pues resta superficie efectiva de abrevado.

En cambio, dada su construcción, la válvula puede estar al descubierto.

Los flotantes pueden ser de chapa galvanizada, de poca duración en zonas de aguas salinas, de vidrio, telgopor, plástico reforzado con fibra de vidrio o de resinas fenólicas. Este último material es el más resistente a los rayos solares, temperaturas extremas, sales del agua, roturas y desgaste.

El nivel de agua en el bebedero se regula corriendo hacia adelante o atrás el flotante sobre su varilla de sostén.



Figuras 15-20.- a) Cubreflotante de cemento premoldeado; b) Otro tipo de cubreflotante de cemento premoldeado, del que se ha retirado su tapa para ver la tapa cubreválvula, el brazo y el flotante de fibra de vidrio; c) Válvula permitiendo entrar agua al bebedero.

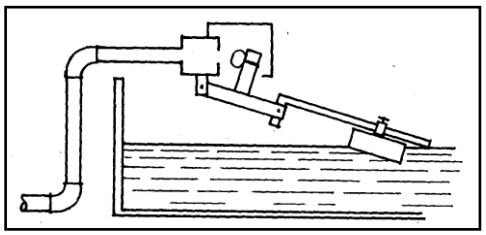


Figura 15-21.- Brazo con flotante.

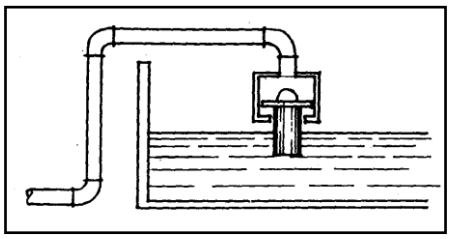
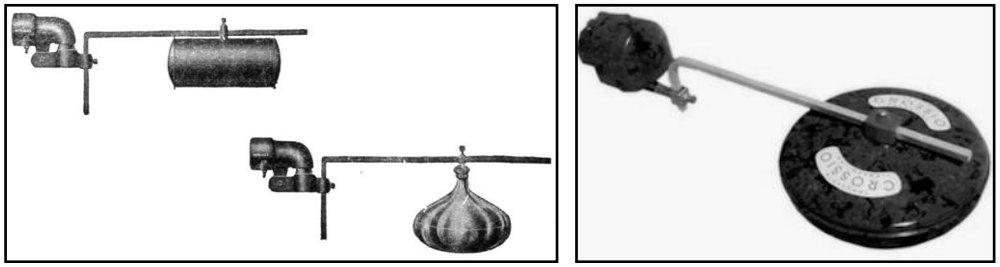


Figura 15-22.- Válvula.



Figuras 15-23.- Brazos con flotantes o boyas de a) chapa galvanizada o de plástico y de vidrio; b) de resina fenólica

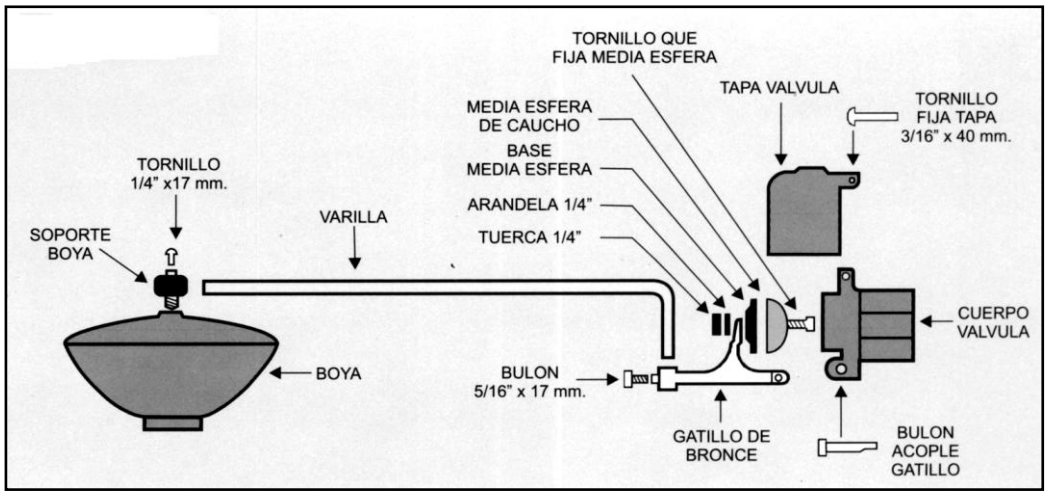


Figura 15-24.- Despiece de un conjunto de válvula y flotante (Válvulas y boyas Crossio)

Cuando los bebederos están ubicados en un nivel muy inferior al del tanque depósito, como la presión con que el agua llega al bebedero es muy grande, se deben emplear los flotantes para alta presión. Estos, en la salida del agua son semejantes a los comunes, pero el flotante en sí es mas grande y la varilla que lo sostiene mas larga, de manera que el efecto de palanca de la misma se ve aumentado y cierra la salida del agua al bebedero con mas firmeza. Este tipo de flotantes se emplean también en depósitos que tienen que ser llenados alternativamente por un mismo equipo extractor-impulsor, de manera que cuando el primero se cierra recién se llena el siguiente.

Otro lugar donde puede estar ubicado el sistema automático, es en un pequeño depósito llamado nivel regulador o cachimbo, que se encuentra dentro del perímetro de alambre que encierra al molino y tanque. A ese depósito llega el agua del tanque, y sobre el caño de llegada está el flotante o la válvula. De allí sale otro caño que comunica con el bebedero y mantiene el nivel por el sistema de vasos comunicantes. Un cachimbo puede mantener el nivel de uno o más bebederos, si éstos se encuentran a una misma altura entre sí. La ubicación de los bebederos al mismo nivel del regulador se realiza con una manguera de plástico transparente. Una vez llena de agua la manguera, mediante vasos comunicantes, se obtiene el nivel sin mayores dificultades.

El sistema de cachimbo se puede emplear cuando los bebederos están cerca del tanque. Los caños de entrada y salida del mismo deben ser de suficiente diámetro como para alimentar fácilmente las bebidas que regule, de acuerdo a lo que se verá en el capítulo XXI "Cálculo de aguadas".

El inconveniente de los cachimbos es que el agua que llega a los bebederos tiene una presión mínima, pues ambos se encuentran a un mismo nivel, lo que no ocurre cuando el agua proviene directamente del tanque, por lo que su empleo no es aconsejable dado que no hay suficiente caudal instantáneo en el bebedero (fig. 15-25).



Figura 15-25.- Nivel regulador o cachimbo. La tapa está retirada y se ve el brazo del flotante; atrás el tanque australiano. Establ. "Los Olmos" del Sr. Mateo Bocco, Cnel. Baigorria., Cba.

BEBEDEROS PORTÁTILES

EMPLEO EN POTREROS SIN AGUADAS O AGUADAS DE MALA CALIDAD:

Miles de hectáreas de praderas naturales en el mundo no se aprovechan adecuadamente debido a que las aguadas naturales, si existen, son transitorias, y las artificiales son difíciles sino imposibles de construir o proveen agua de alta salinidad.

Campos que no se pueden trabajar con bovinos por la mala calidad del agua de bebida o que sólo se pueden emplear con vacunos de cría a pesar de las buenas pasturas, pueden llegar a usarse con invernada acarreando agua de otros lugares.

En algunos de estos casos se emplea el acarreo del agua con cisternas con bebederos adosados, y en otros casos con cisternas que suministran el agua en bebederos portátiles debidamente espaciados para evitar las aglomeraciones del ganado.

En potreros extensos, el empleo de bebederos móviles puede ser útil para evitar el sobrepastoreo de zonas cercanas a la aguada y la mejor distribución de la fertilidad. Esto se logra cambiando periódicamente de lugar el bebedero móvil.

Es conveniente realizar un estudio del transporte diario (equipo necesario, distancia, caminos, transitabilidad permanente, personal, etc.) y de la rentabilidad de la explotación para tomar la decisión de emplear este sistema como norma.



Figura 15-26.- Tanque cisterna abasteciendo a dos bebederos provisorios ubicados en un potrero transitorio sin aguada, con cerco de alambrado eléctrico, empleado momentáneamente para terneros en destete precoz.

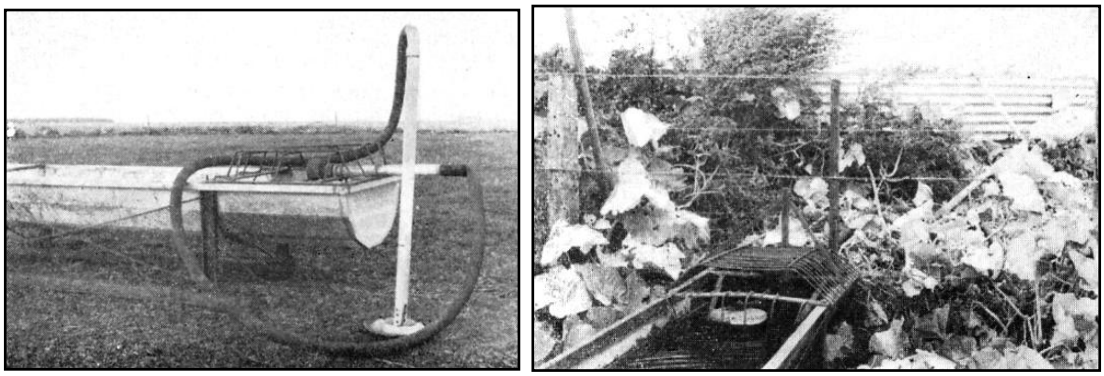
EMPLEO EN SITUACIONES DE EMERGENCIA:

En casos de roturas de molinos, bombas, cañerías, bebederos o tanques, el acarreo de agua es una alternativa para hacer frente a ese percance transitorio.

En otras situaciones, y no en forma permanente, puede ser necesario dar de beber a una cantidad muy grande de animales en lotes en los que las bebidas no están preparadas para ellos, como ser el caso de pastoreos rotativos con aguada por callejón, donde la carga aumenta, o en el caso de divisiones de potreros donde una de ellas quedó momentáneamente sin bebida u otras causas que pueden presentarse en un establecimiento ganadero.

En estos casos se puede emplear un bebedero portátil, que se construye con un bebedero de chapa. Normalmente, los caballetes que sostienen a estos bebederos se apoyan en maderas transversales. En este caso, dichas maderas transversales son reemplazadas por dos tirantes de madera longitudinales (2” x 3”), que actúan

como patines para el traslado del bebedero de un emplazamiento a otro, recubriéndose por debajo por una planchuela de hierro en toda su extensión. En otros casos se emplea solamente la planchuela de hierro.



Figuras 15-27.- A la izquierda, bebedero portátil de chapa para ser empleado con un sifón, y a la derecha, colocado perpendicular a un tanque australiano y al alambre que lo rodea con el sifón funcionando. Observar cubreflotante construido con varillas de hierro soldadas (Méndez et al, 1975).

El traslado, con el bebedero vacío se efectúa con el tiro de un tractor, camioneta o un equino. Colocado en el lugar de empleo, se nivela el terreno bajo los patines. Generalmente se coloca en forma perpendicular al alambrado que rodea el tanque australiano, con la parte por donde va a entrar el agua sobre dicho alambre.

El bebedero tiene un flotante protegido por un cubreflotante o una válvula del tipo de los bebederos fijos. El llenado del mismo se efectúa por el sistema de sifón, mediante una manguera o caño de paredes rígidas que, desde el flotante, pasa por sobre la pared del tanque y llega hasta el fondo del mismo. En este extremo, conviene colocar un filtro. También, de ser posible, la manguera se puede conectar a una salida existente del tanque.

EMPLEO RUTINARIO EN PASTOREO ROTATIVO:

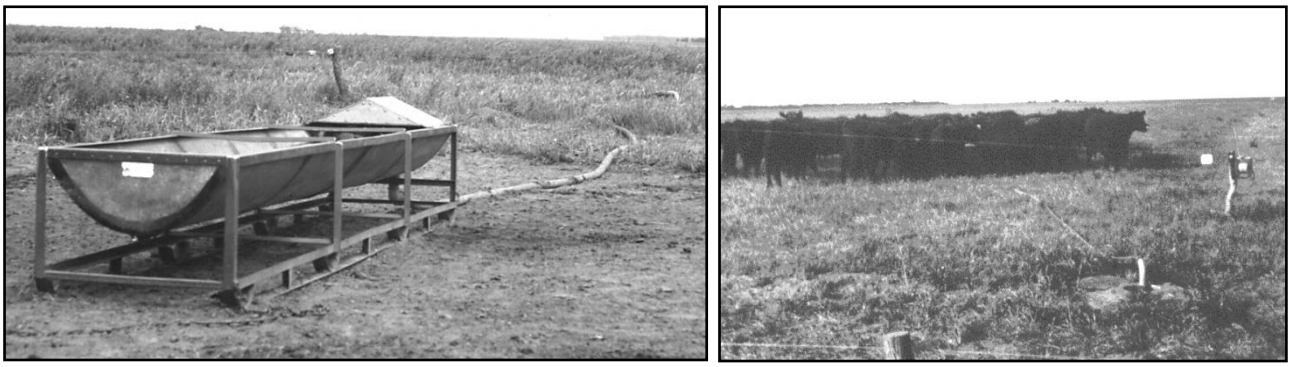
En pastoreo rotativo, con bajos tiempos de permanencia y altas cargas instantáneas, se genera una restricción en el acceso al agua por dos factores que se conjugan: falta de agua en la parcela y comportamiento animal. El primero hace que los animales se trasladen por callejones hasta la aguada, y el segundo determina el movimiento de animales en grupo, lo que aumenta la demanda instantánea de agua en el bebedero.

Los bebederos portátiles o móviles también se emplean cuando se desea dar agua a cada parcela de un pastoreo rotativo. Esto permite prescindir del uso del callejón que lleva a la aguada, aprovechando su superficie para pastoreo y mejorando la distribución de la fertilidad en el suelo.

A su vez, se cambian los hábitos de consumo de agua de los animales, ya que al tener el agua en el mismo lugar de la pastura toman agua un promedio de 6 o 7 veces a lo largo del día, es decir, menos agua por vez pero más veces y mejor distribuidas en el día. Esto tiene importancia pues mejora la eficacia de los tratamientos antiempaste que se efectúan por medio de un dosificador en los bebederos, ya que mantiene más constante la concentración de los mismos en el rumen. En verano ayuda a mantener más baja la temperatura del rumen, con lo cual se mejora la digestibilidad.

Cuando se realiza pastoreo rotativo y las vacas lecheras en ordeño, además de en los corrales, tienen bebederos en la misma parcela, aumenta el consumo de agua y la producción en alrededor del 5 %.

El callejón en un pastoreo rotativo generalmente deberá seguir existiendo para movilizar los animales, pero el eliminar el uso permanente de ese callejón para dar agua, permite que en el pastoreo rotativo circulen dos categorías de animales simultáneamente: la cabeza de la invernada despuntando la pastura y una segunda categoría después de la primera, de menores requerimientos, comiendo el remanente. Entre la entrada a una parcela de la primera categoría y la salida de esa parcela de la segunda categoría, no deben transcurrir más de siete días, tiempo después del cual comienza el rebrote de la pastura.

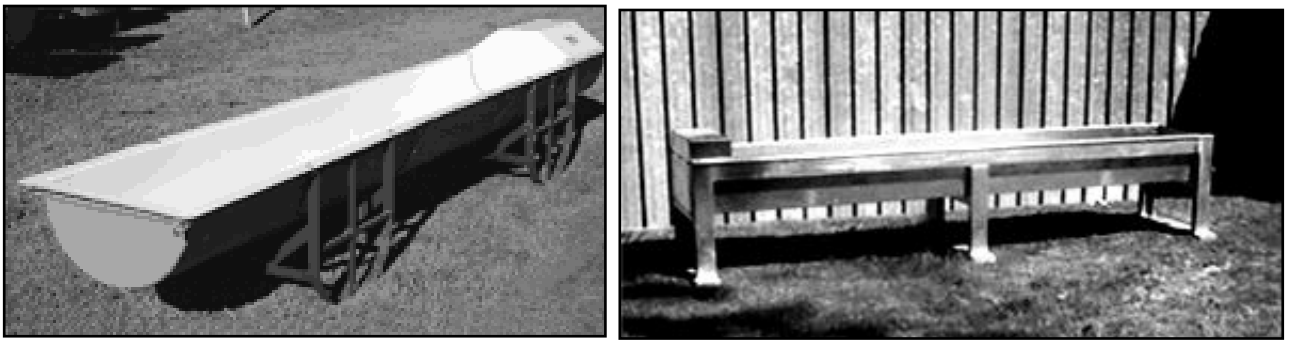


Figuras 15-28.- Bebedero de chapa móvil sobre patines conectado por manguera a una toma constituida por una Te inserta en un caño enterrado que corre por el callejón del pastoreo rotativo.

Se pueden emplear los bebederos de chapa montados sobre patines. En este caso se colocan bajo el alambre divisorio de dos parcelas del pastoreo rotativo, dando agua simultáneamente a ambas. Por lo tanto, solo es necesario trasladarlo luego que ambas parcelas fueron consumidas por los animales. Si se trabaja con dos categorías de animales, dará agua a las dos parcelas adyacentes ocupadas y habrá que trasladarlo con cada cambio de parcela.

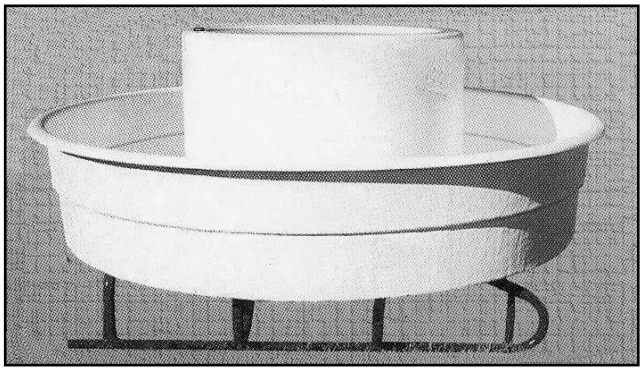


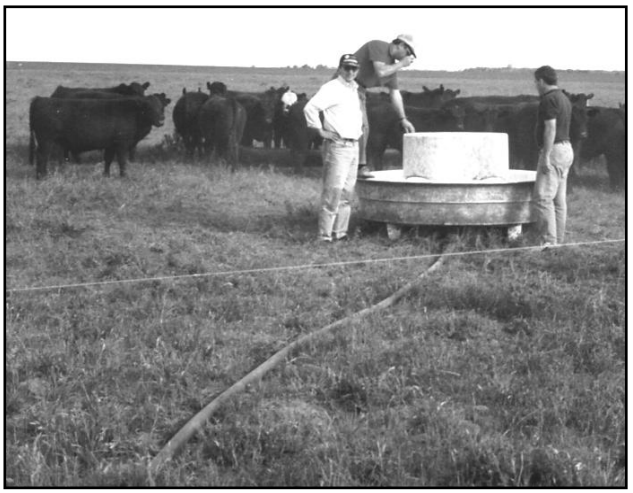
Figuras 15-29.- Bebedero de chapa móvil sobre patines empleado en un feedlot improvisado.



Figuras 15-30.- a) Bebedero móvil media caña de fibra de vidrio sobre patines; b) bebedero de chapa liviano trasladable.

Otro bebedero que se emplea es el de plástico redondo con flotante o válvula central. Se coloca a unos 10 metros del alambre del callejón o del que lleve cerca la cañería para proveer el agua, tratando que esté equidistante de los alambres eléctricos que dividen esa parcela. Se debe cambiar de parcela cada vez que se cambian los animales, lo que se efectúa a mano, pues vacío es muy liviano.





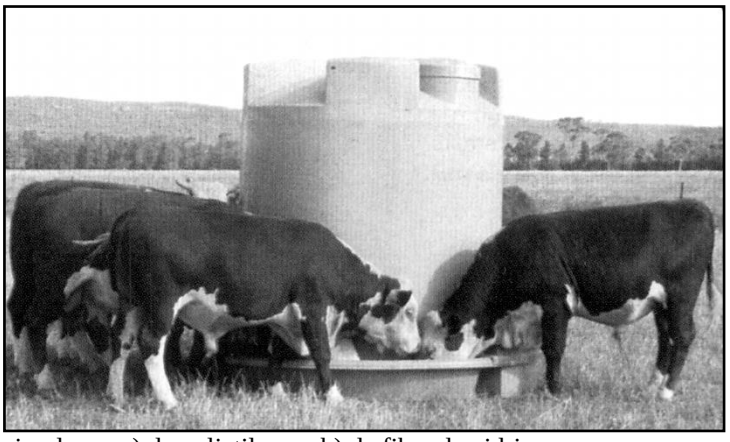
Figuras 15-31.- a) Bebedero móvil circular de fibra de vidrio con flotante en la cúpula del medio; b) El bebedero en funcionamiento en una parcela en pastoreo rotativo; en primer plano se observa el alambre eléctrico del callejón y la manguera de abastecimiento del agua.





Figuras 15-32.- a) Un bebedero circular móvil de chapa, con la válvula y flotante en el centro protegidos por un armazón de hierro; b) Bebedero circular móvil de plástico con flotante central protegido y gran barrial alrededor; atrás se ve un charco circular donde anteriormente estuvo el bebedero.





Figuras 15-33.- Bebederos tanque móviles circulares: a) de polietileno y b) de fibra de vidrio con gran depósito en el centro. Vacíos son muy livianos, lo que permite su fácil transporte.



Figuras 15-34.- Bebederos tanques móviles circulares con animales bebiendo. En la segunda foto, observar el flotante.



Figura 15-35.- Bebedero tolva. Este modelo tiene una capacidad de 1200 litros y se transporta por tres puntos.

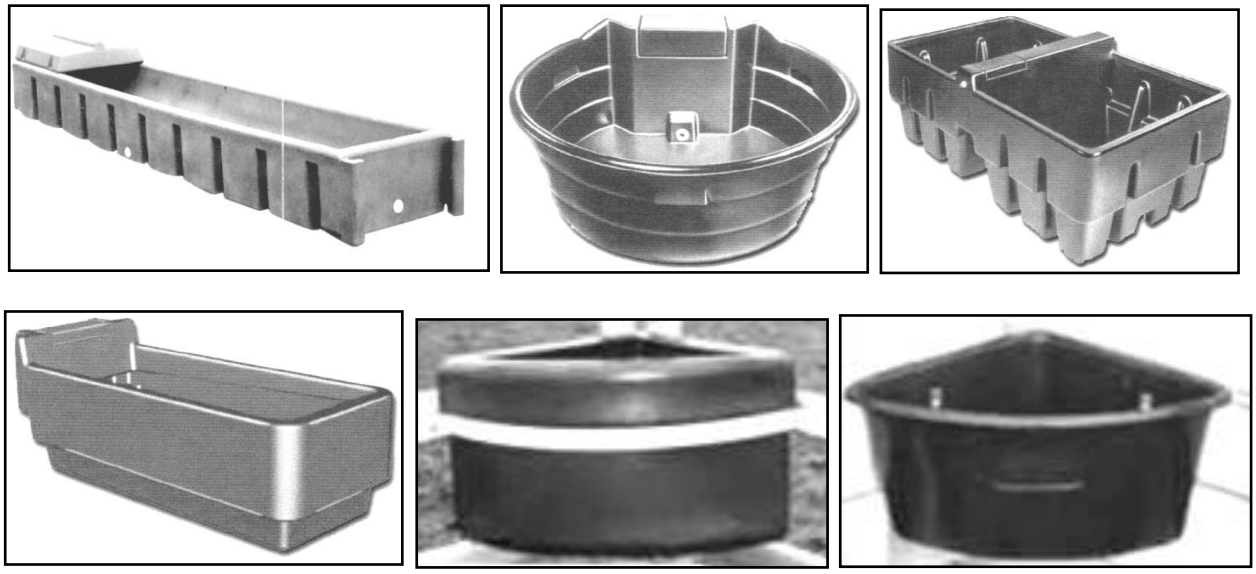


Figura 15-36.- Distintos modelos de bebederos portátiles de polietileno negro de media densidad, con capacidades de 130 a 2100 litros.

Los bebederos portátiles se proveen de agua por medio de:

- Cañerías fijas enterradas en el callejón con una Te para acople colocadas estratégicamente cada 25 - 30 m. En este acople se coloca una manguera de unos 15 m del mismo diámetro de la cañería. En esta forma se logra dar agua al bebedero portátil cuando se encuentra alternativamente en uso en dos o tres parcelas distintas.
- Cañerías móviles a nivel de suelo y mangueras, trabajándose como en el caso anterior.
- Tanques o cisternas montados en chasis con ruedas y traccionados por un tractor.

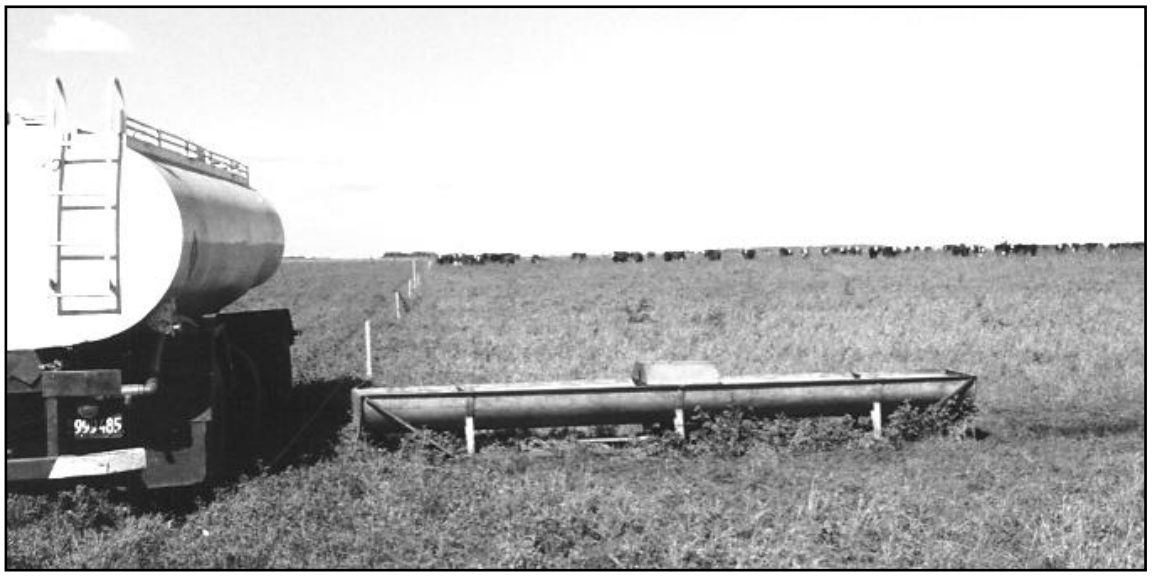


Figura 15-37.- Cisterna móvil en el callejón abasteciendo bebedero móvil entre dos parcelas de un pastoreo rotativo. Establ. María Isabel, de Alberto Mouriño, Laboulaye, pcia. de Córdoba.

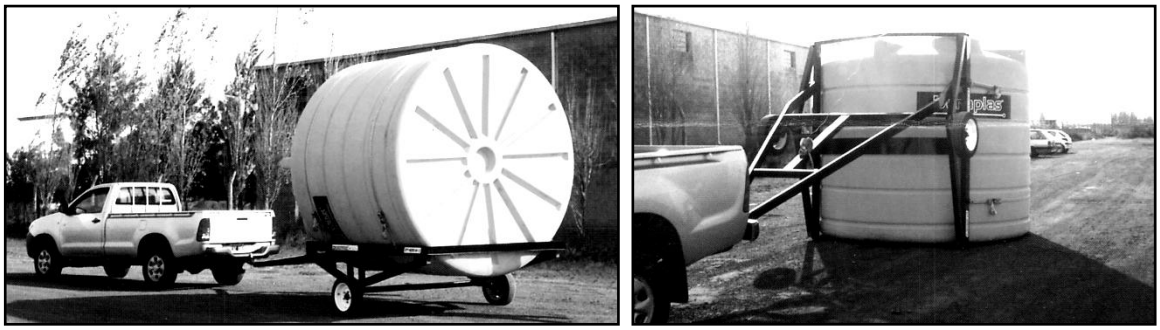


Figura 15-38.- Tanque de polietileno de una sola pieza sin costuras de 15.000 litros, con trailer para trasladarlo vacío, con válvula de 2” para acople rápido al caño del bebedero (Ind. Duraplas).



Figura 15-39.- Válvula de acople rápido.

TANQUE O CISTERNA CON BEBEDEROS MONTADOS SOBRE CHASIS CON RUEDAS

Para llevar agua a las parcelas de un pastoreo rotativo se puede emplear un tanque o cisterna de entre 10.000 y 25.000 litros de capacidad montado sobre un chasis con ruedas y traccionado por un tractor.

A los costados de la cisterna, entre las ruedas anteriores y posteriores y de ambos lados, se colocan bebederos de chapa a la altura del suelo de un bebedero común.



Figura 15-40.- Cisterna móvil con bebedero. Establ. El Piquete, de Horacio Frías, Las Acequias, pcia. de Córdoba.





Figuras 15-41.- a) Detalle de los bebederos adosados a la cisterna móvil de la fig. 15-40. Obsérvese el flotante colocado en una parte del bebedero anulada con una chapa para evitar roturas; b) Bajo esta otra cisternas móvil y entre los bebederos de ambos lados, se ve el cachimbo o recipiente con el flotante o válvula; se pueden observar que del mismo salen los dos caños que abastecen a ambos bebederos. (Establ. La María Teresa, de María Teresa Gioja, Chaján, pcia. Córdoba).

El flotante o la válvula para estos bebederos se puede colocar en los mismos (fig. 15-41a), pero para ahorrar espacio en los bebederos, lo mejor es colocarlo bajo la cisterna, entre ambos bebederos, en un pequeño recipiente, y nivelarlo con ellos (fig. 15-41b).

En estos tanques móviles con bebederos se puede dosificar fácilmente y en forma bastante exacta los productos antiempaste, dado que se puede conocer exactamente cuánta agua se agrega al tanque por día, y por lo tanto, cuánto producto antiempaste se debe agregar. Por otra parte, hemos dicho que los animales toman más veces y menos agua por vez que si tuvieran que ir hasta una aguada por un callejón. Por lo tanto, mantienen mejor la concentración en rumen. Otro sistema es instalar en el flotante o válvula un dosificador del producto antiempaste.

También, en la parte posterior de la cisterna conviene colocar el saladero con la suplementación mineral adecuada a los animales a los cuales se les suministrará agua.

Para cargar con agua la cisterna, se puede instalar sobre el mismo una bomba accionada por la toma de fuerza del tractor con los reductores necesarios. Esta bomba puede aspirar, con los correspondientes filtros, directamente de un tanque australiano. También puede llenarse por medio de una bomba de cualquier tipo, fija o no, externa a la cisterna, con agua de napa o de un tanque australiano.



Figura 15-42.- Cisterna móvil con bebedero y bomba para cargarla rápidamente desde un tanque australiano u otro depósito, accionada por la toma de potencia del tractor (Establ. La María Teresa, de María Teresa Gioja, Chaján, pcia. Cba.)

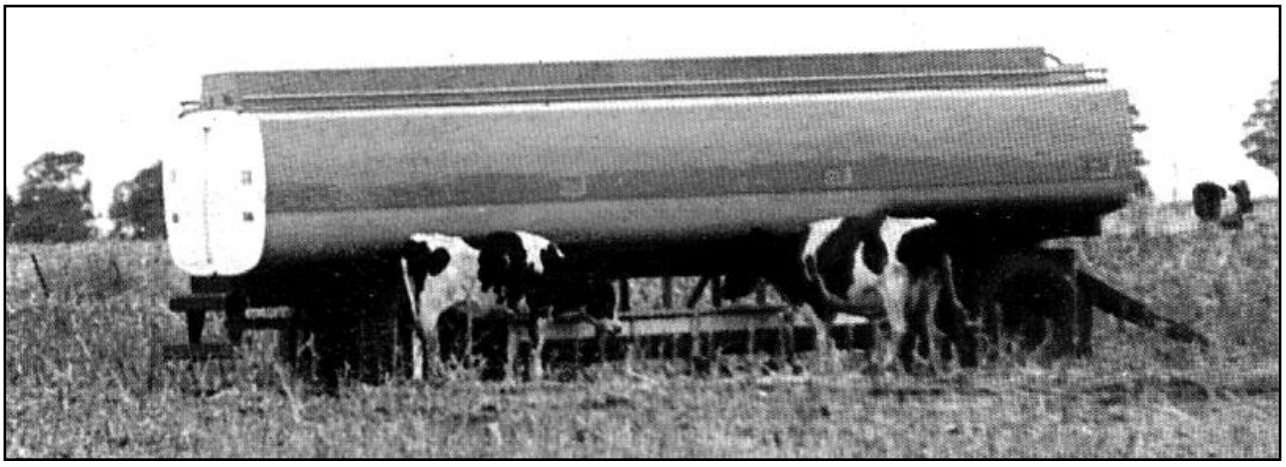


Figura 15-43.- Cisterna móvil con bebedero (Metalúrgica Praga, Río Cuarto, pcia. de Córdoba).

De acuerdo a la potencia del tractor que se emplee, muchas veces no podrá llenarse totalmente la cisterna, pues su peso llena puede ser exagerado para el tractor.

Un inconveniente de este sistema a tener en cuenta es que en días de lluvia o barro, en algunas zonas, por falta de piso no se puede emplear.



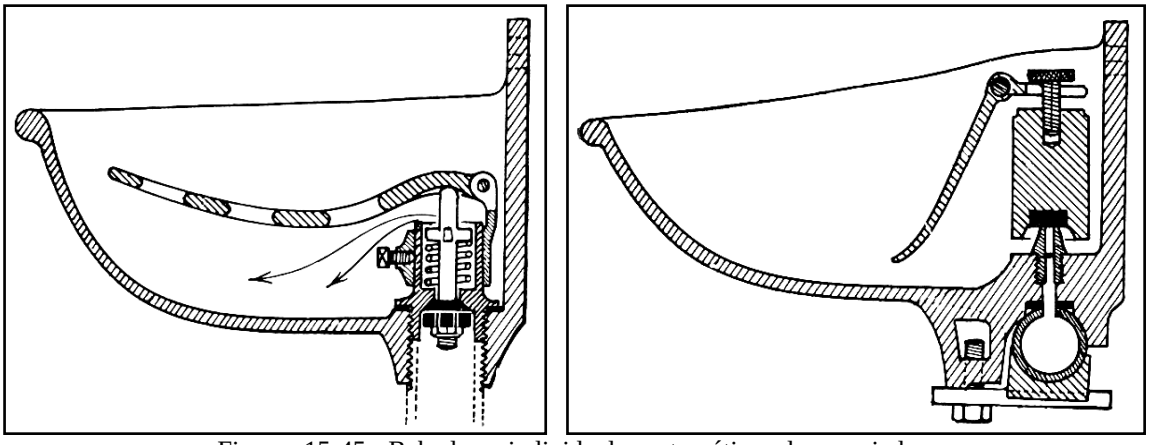
Figura 15-44.- Pequeña cisterna de dos ruedas con bebedero adosado.

BEBEDERO INDIVIDUAL AUTOMÁTICO

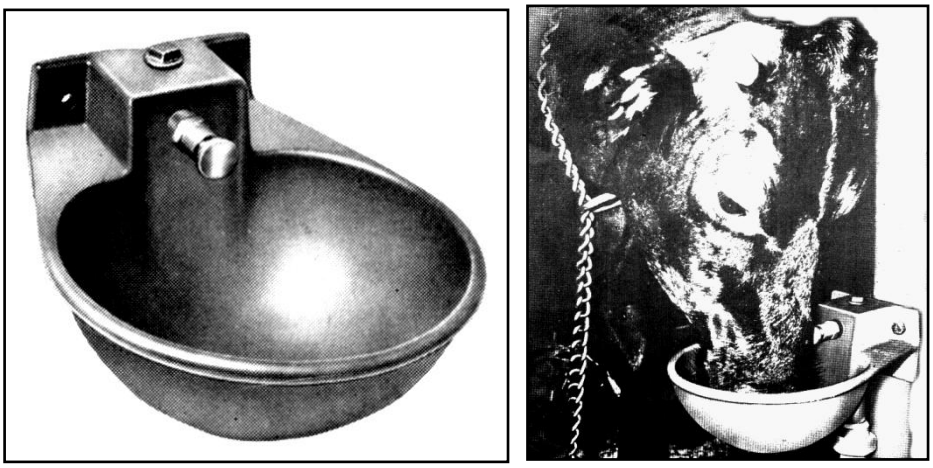
Si bien a campo es complicado el empleo de bebederos individuales automáticos, es posible que en algunos casos puedan ser de utilidad (reducido número de animales, tambos, cabañas, boxes, etc.). Las pilas o bachas de estos bebederos son de chapa o hierro fundido esmaltado, fáciles de limpiar, con una válvula de una sola pieza que se monta sobre el mismo, la cual se abre por presión efectuada por el animal sobre una palanca horizontal, vertical o un botón.

La ventaja de este tipo de bebederos es que mantienen el agua fresca y limpia. Su desventaja radica en el costo.





Figuras 15-45.- Bebederos individuales automáticos de empujador;
a y b) De palanca horizontal y válvula a resorte; c) De palanca vertical y válvula con contrapeso.



Figuras 15-46.- a) Bebedero individual automático con válvula a botón; ver tamaño de la pila y la válvula;
b)Vaca estabulada bebiendo en un bebedero individual automático con válvula a botón.

CONTROL DE LOS BEBEDEROS

Cualquiera sea el tipo de bebederos empleado, es necesario un control diario de los mismos por el recorredor. Es usual la rotura, traba o desajuste del flotante, el corrimiento por los animales del cubreflotante lo que traba la varilla del flotante, la falta de agua en el depósito, el desborde del bebedero, su rotura, la obstrucción o rotura de caños, la formación de barro a su alrededor que puede predisponer a afecciones de las pezuñas, o en los rodeos lecheros, también a mastitis.

Los rumiantes, por su forma de alimentación, contaminan el agua transformándola en ácida, pudiendo en casos extremos al ingerirla contribuir a producir acidosis ruminal y metabólica.

Se deben vaciar y limpiar los bebederos periódicamente y eliminar tierra, arena, excrementos y vegetales secos arrastrados por el viento, las algas y los restos de comida que el animal deja caer en el momento de abrevar, lo que se acumula en el fondo o está disuelto o en suspensión en el agua.

Es imprescindible vaciar y limpiar los bebederos antes de echar hacienda a un potrero, sobre todo cuando hace mucho tiempo que no se usa, dada la concentración de sales por la evaporación y la formación de nitratos y nitritos por la materia orgánica en descomposición. Animales que beben por primera vez en una bebida en esas condiciones pueden intoxicarse y hasta morir, agravándose el problema si en las pasturas también existen nitratos y nitritos.



Figura 15-47.- Hace varios meses que en los potreros que surte este bebedero no hay hacienda. Las algas que se han formado en el mismo pueden ser tóxicas. Limpiarlo antes de introducir hacienda.

BEBEDEROS PARA CIERVOS COLORADOS

No existen mediciones locales respecto del consumo de agua por el ciervo colorado, pero la experiencia de otros países indican que el ciervo consume cantidades similares a los ovinos. Los mayores consumos se registran en la estación de verano por las mayores demandas fisiológicas y para enfriamiento (Yerex y Spiers, 1987).

El ciervo abreva sin inconvenientes en bebederos comunes de bovinos, pero deben cuidarse los aspectos de calidad y ubicación del bebedero. La calidad del agua debe ser equivalente a la requerida para un tambo, ya que el ciervo tolera menos que el bovino de cría las aguas con alto contenido de sales totales, arsénico o flúor.

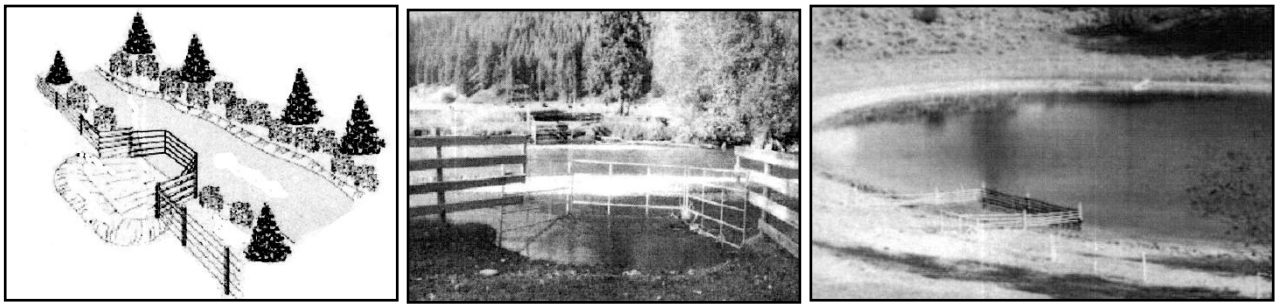
No debe restringirse su consumo a través de una ubicación inadecuada de los bebederos. Deben colocarse en áreas de fácil acceso por el animal, donde se sientan seguros y sin factores de estrés. Ubicaciones debajo de alambrados de bovinos, en la proximidad de rutas o caminos, de tranqueras y pasajes son poco apropiadas, generan obstáculos al libre movimiento y acceso de los animales e imponen una carga de estrés en el momento del abrevado. Como en el bovino, si se limita el consumo de agua se limitará rápidamente el consumo de alimento, y por lo tanto, la producción (Pordomingo, 2001).

INSTALACIÓN PARA ORDENAR EL ACCESO A UNA AGUADA NATURAL

En algunas aguadas naturales, y hasta tanto se implemente un equipamiento adecuado (molino o bombas, tanque australiano, bebederos, etc.) puede ser necesario limitar el acceso del ganado a solo una pequeña zona de la costa de la laguna o río. Esto puede ser necesario porque la aguada natural es el límite de la propiedad y no hay otra aguada en ese potrero o campo, porque varios potreros o distintos propietarios la emplean o porque las orillas del río o laguna son peligrosamente barrosas o pantanosas, con posibilidad que los animales queden varados en ellas.

El sistema consiste en un alambrado que impide el acceso a la laguna o curso de agua, y una manga que lleva a un pequeño corral bebedero que está dentro de la aguada. La manga puede ser muy corta o larga, según las variaciones de las crecidas del curso de agua o de la laguna. El piso de la manga y del corral bebedero se consolida con piedras, escombros o grava, de manera de evitar el empantanamiento de los animales y a su vez, disminuir el movimiento de la tierra del fondo por las patas, permitiendo que beban agua algo más limpia. También contribuye a que los animales no permanezcan mucho tiempo dentro del agua.

Este sistema no es lo ideal, pero es una mejora con respecto a que los animales entren a beber en cualquier parte de la aguada.



Figuras 15-48.- a) Esquema del alambrado, manga, corral bebedero y piso consolidado sobre un riacho; b) Corral bebedero sobre un arroyo; c) Corral bebedero sobre una laguna.

"La velocidad del agua en las cañerías, en tesis general, conviene que no exceda de tres metros, ni aun de dos, especialmente si hay llaves intermedias que puedan interrumpir bruscamente la circulación, ocasionando golpes de ariete, muy perjudiciales para las cañerías."

Diccionario Enciclopédico Hispano-Americano. 1912. Edit. Montaner y Simón, Barcelona. 4:500.

CAPÍTULO XVI

CAÑERÍAS

El transporte de agua desde la fuente de obtención hasta los depósitos y lugares de utilización se realiza generalmente por medio de cañerías. Se emplean distintos materiales para la construcción de las mismas, pero en todos los casos deben cumplir con un mínimo de características:

1. Resistencia estructural:
    a) Presión interna (por la piezométrica y la sobrepresión por golpe de ariete).
    b) Presión externa, para cargas externas permanentes y cargas accidentales.
    c) Golpes (transporte, colocación).
2. Durabilidad: en las de hormigón armado, pretensado, etc., el tiempo es considerable (100 años aproximadamente). Las de hierro galvanizado es de unos 30 años. Los plásticos y otros materiales actualmente en uso tienen larga duración, aunque aún no se tiene experiencia de su durabilidad extrema.
3. Impermeabilidad: las cañerías metálicas y plásticas son estancas, las de hormigón pueden perder por absorción del material. Todas las cañerías se deben probar antes de librarlas al servicio. Las pérdidas tienen que ser menores a las pérdidas admisibles especificadas por el fabricante.
4. Lisura interior: cuanto más lisas menor pérdida de carga por frotamiento. Las más lisas son las de acero, luego las plásticas y las de hierro galvanizado.
5. Facilidad de transporte y colocación: en los estudios previos para la elección del material a emplear tiene suma importancia estos factores por el costo que representa, sobre todo en zonas de difícil acceso. Hay que considerar la longitud de los caños y el peso.
6. Resistencia a la corrosión.
7. Resistencia a las heladas. Las de plástico flexible son las mas resistentes.

Se debe tomar la altimetría del terreno y en base a eso determinar el tipo y diámetro de los caños a colocar y con que presión se trabajará.

De acuerdo a los materiales empleados en su fabricación, podemos clasificar a las cañerías en metálicas y no metálicas.

METÁLICAS

ACERO GALVANIZADO

Entre los materiales metálicos, el más empleado en aguadas es el **acero galvanizado**, entendiéndose por acero la aleación hierro-carbono, con porcentaje de carbono inferior a 2,5 %. En el campo se los llama comúnmente **caños de hierro** o **caños galvanizados**, aunque en realidad no son de hierro ni galvanizados.

Los caños de acero pueden presentar o no costura, siendo los sin costura de mayor resistencia.

Para proteger al acero de la corrosión provocada por los elementos del suelo y el agua, se lo somete a un proceso de "galvanizado", que se obtiene por inmersión del caño en un baño caliente de cinc previo tratamiento de decapado. La calidad depende del espesor de la capa de zinc y de su proceso de decapado. La

capa de cinc resultante es la que protege al acero de los elementos corrosivos del subsuelo y del agua que conducen. El verdadero galvanizado se realiza mediante un proceso electrolítico, que prácticamente no se aplica en caños por su elevado costo.

Los lugares que se corroen con más facilidad son los que han sufrido golpes durante el transporte y las roscas que se hacen al instalarlos. Estos ataques son más notorios cuando la cañería está desprovista en su exterior de productos asfálticos, arpilleras o pinturas anticorrosivas.

La corrosión de los caños de hierro es una oxidación, siendo el producto final el óxido férrico (Fe_2O_3). El hierro se oxida con la presencia de agua y oxígeno, con o sin la intervención de ácidos. Pueden existir ataques corrosivos internos y externos:

- **Externos**: La intensidad del ataque exterior depende de la característica de las tierras de contacto, que varían de acuerdo a sus concentraciones de soluciones salinas.
- **Internos**: Son causadas por los mismos elementos que atacan al caño exteriormente. En primer lugar, se forma una película que, por su crecimiento, determina transformaciones en incrustaciones que son el primer paso hacia la corrosión. La película se forma pasivamente por el depósito de cationes y aniones (calcio, zinc, hierro, sodio, etc.) transportados por el agua, atraídos a la pared del caño por diferencia de potencial eléctrico. Un factor importante que acelera el proceso de corrosión es la colocación en la cañería de un accesorio (válvula, llave, etc.) de latón (cobre mas cinc) o bronce (cobre más estaño). Estas piezas desprenden iones de cobre que el agua deposita en el caño. Lo mismo pasa con los gases disueltos en el agua.

En todos aquellos lugares donde las cañerías estén expuestas a la acción solar, a golpes por parte de los animales o posibilidades que raíces de árboles los presionen o rodeen, el material a emplear es el acero galvanizado. Además por su resistencia a altas presiones hidrostáticas, resulta insustituible en los equipos de extracción de agua.

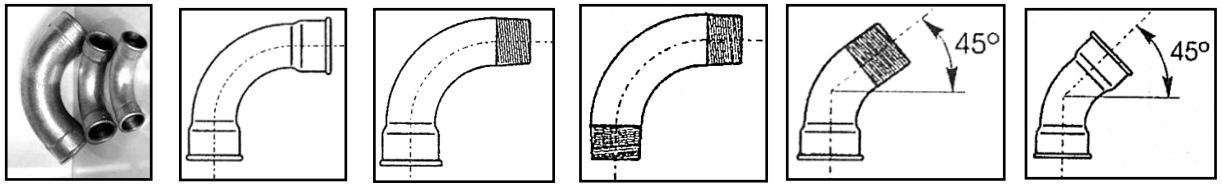
Los caños que quedan al aire libre en la época invernal se deben proteger de las heladas, recubriéndolos con arpillera, papel u otro material (fig. 13-65).

Su diámetro se determina por pulgadas según su diámetro interno. No se toma en cuenta el espesor de la pared del caño. Los diámetros normales son ½, ¾, 1, 1 ¼, 1 ½, 2, 2 ½, 3, 3 ½, 4, 5, 6, existiendo otros mayores de menor aplicación en aguadas.

Cuando el caño posee rosca interna al caño, se denomina rosca hembra (H) y cuando es externa al caño se denomina rosca macho (M).

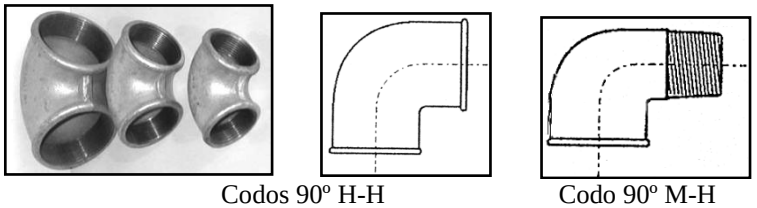
ACCESORIOS MÁS COMUNES:

Figuras 16-1.- **Curvas**



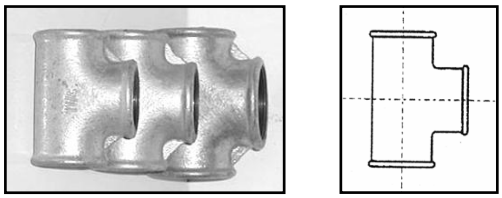
Curvas 90º H-H | Curva 90º M-H | Curva 90º M-M | Curva 45º M-H | Curva 45º H-H

Figuras 16-2.- **Codos**



Codos 90º H-H | Codo 90º M-H

Figuras 16-3.- **Tes**



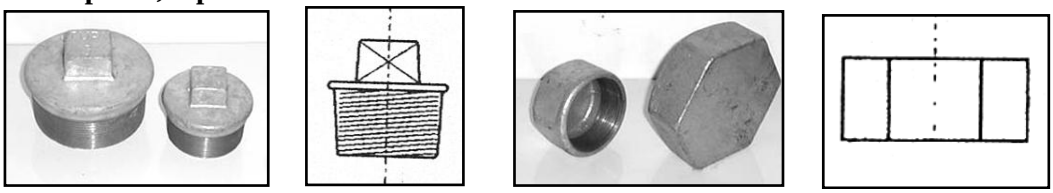
Tes H-H-H

Figuras 16-4.- **Cruces, cuplas, roscas**



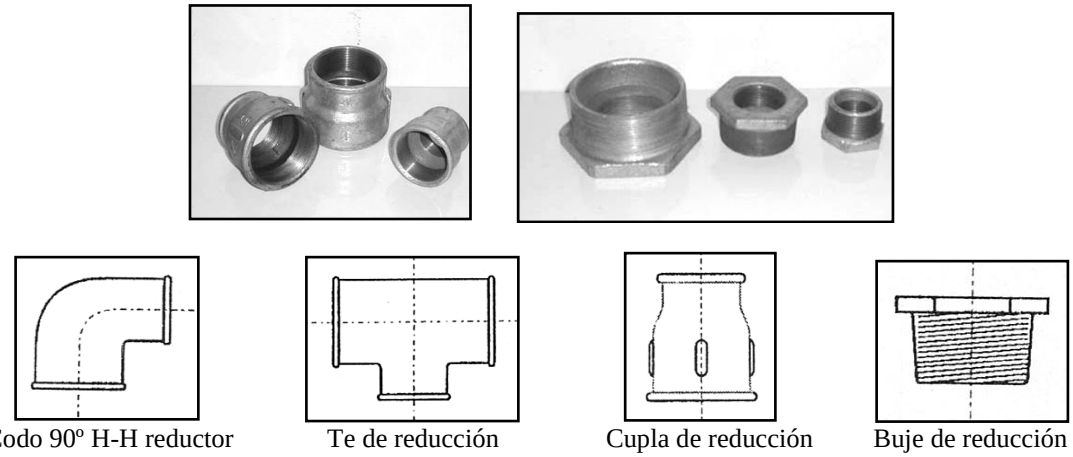
Cruz | Cupla con borde | Rosca con tuerca

Figuras 16-5.- **Tapones, tapas**



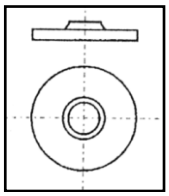
Tapón | Tapa

Figuras 16-6.- **Reducciones**



Codo 90º H-H reductor | Te de reducción | Cupla de reducción | Buje de reducción

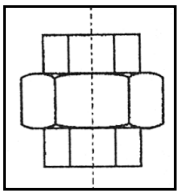
Figuras 16-7.- **Bridas, uniones**

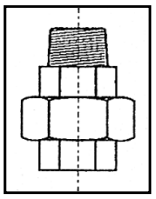


Brida



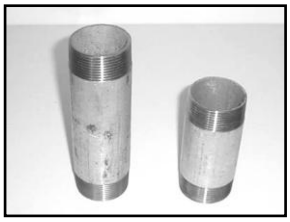
Unión doble cónica H-H





Unión doble cónica M-H

Figuras 16-8.- **Niples**



Niples distintas longitudes

Dentro de lo posible, no usar "T" ni codos para disminuir al mínimo las pérdidas de carga. Las “T” deben reemplazarse por un ramal en "Y" y los codos por curvas lo más largas factible.

Deben utilizarse llaves esclusas con dos prensa estopadas, porque las de una sola se aflojan rápidamente, aspirando aire por el vástago y entrando aire en las cañerías.

LATÓN O HIDROBRONZ

El latón, llamado comúnmente hidrobronz, está constituido por una aleación de 70 % de cobre y 30 % de cinc. No presenta irregularidades en sus paredes internas, por lo que no se obtura por el sarro, que es el principal responsable de la disminución del caudal. Soporta muy bien las tensiones de tracción y las radiaciones ultravioletas, lo que lo hace apto para instalaciones exteriores.

Hay diferentes espesores en las paredes de una cañería de latón. Las soldaduras con estaño pueden presentar imperfecciones, por lo que se consideran más convenientes las soldaduras realizadas con plata.

Su uso no es común en aguadas por ser más oneroso que otras cañerías.

NO METÁLICAS

FIBROCEMENTO

Los caños de fibrocemento no sufren prácticamente ataques por corrosión e incrustaciones. El deterioro de este material es producido por medios macro y microscópicos. Los primeros son causados por exceso de cargas externas, que producen fracturas y fisuras. Los deterioros microscópicos son provocados por la expansión de sales durante la cristalización de las mismas. Esto se debe a que el fibrocemento presenta una elevada absorción y en sus poros penetra agua con sales en solución. Al evaporarse el agua las sales cristalizan aumentando su volumen y ejerciendo una presión que puede llegar a destruir el caño.

PLÁSTICOS

Los caños plásticos son muy empleados en la actualidad para condiciones de baja presión. En estos casos reemplazan a los de acero galvanizado presentando las siguientes ventajas: menor costo, no se corroen, menor

resistencia a la circulación del agua, no se incrustan, son sumamente livianos y de colocación sencilla y rápida, pero presentan menor resistencia a la presión hidrostática que los metálicos y son afectados por temperaturas superiores a los 40º C si se encuentran al aire libre.

Aunque algunos son resistentes a la acción de los rayos ultravioletas, si quedan expuestos a ellos por no estar enterrados, es útil para su conservación pintarlos.

Existen dos tipos principales de caños plásticos: los de policloruro de vinilo (PVC, Poly Vinyl Chloride) que son rígidos, y los de polietileno negros, flexibles.

Su diámetro normal se toma en milímetros por el diámetro interno, externo o por ambos, según el tipo de caño. Las pulgadas no coinciden exactamente con el diámetro en milímetros, aunque comercialmente en la práctica se emplean las medidas aproximadas en pulgadas para denominar a estos caños.

Estos caños vienen en distintos espesores de pared, el que debe ser elegido correctamente para evitar que se aspiren o "chupen" por falta de espesor de la misma.

POLICLORURO DE VINILO O PVC:

El caño rígido de policloruro de vinilo o PVC en general se emplea en campos sin problemas de desnivel, ya que son rígidos. Sus principales cualidades son las siguientes:

- **Livianos:** Por su bajo peso específico, es varias veces más liviano que los caños de materiales convencionales a igualdad de caudal y presión, lo cual facilita su traslado, manipuleo y montaje.
- **Mínima pérdida de carga:** Su superficie interna lisa reduce el coeficiente de fricción, lo cual significa menor resistencia a la circulación del agua, permitiendo así la utilización de diámetros menores para un mismo caudal. No se forman incrustaciones y las uniones se mantienen limpias y abiertas, lo cual se traduce en economía de mantenimiento.
- Son **de diámetro interior uniforme**.
- Unido con cuplas **casi no hay roce en las uniones** (no hay pérdida de carga).
- **No se corroe:** Aún en las condiciones mas adversas rechaza toda posibilidad de corrosión, sin necesidad de pinturas protectoras. Es, en consecuencia, inoxidable, lo cual asegura una larga vida útil.
- **Incombustible y resistividad eléctrica:** Por ser autoextingible impide la propagación del fuego causado por incendios o cortocircuitos. Esto, unido a sus altas propiedades dieléctricas lo hacen sumamente apto para alojar cables conductores.
- **Resistividad química:** Es inerte a la mayoría de los reactivos que atacan los materiales de uso común.
- **Resistividad mecánica:** Cumple los requisitos de las normas en vigencia, lo cual asegura resistencia a la presión hidrostática y al impacto y buena estabilidad dimensional, o sea deformaciones mínimas durante su uso normal.
- **Distintas presiones internas:** para 4, 6 y 10 kg/cm^2 (K4, K6 y K10, respectivamente), según distancia y altura a llevar el agua.
- **Impermeabilidad:** Da la posibilidad que circulen por ella gases y vapores sin pérdidas.
- **Practicidad:** Por ser de un material termoplástico es fácilmente moldeable con solo ablandar por calentamiento la zona a curvar o deformar. Puede pegarse con la sola aplicación del correspondiente adhesivo, quedando las piezas unidas como si formaran un solo conjunto. Es soldable con aporte de material y ablandamiento con aire caliente. Se puede roscar, tornear, cortar, agujerear, etc. con las herramientas de uso común.
- **Atoxicidad:** Cumplen con los requisitos bromatológicos vigentes, y pueden ser usados para conducir agua potable. No transmiten sabor ni olor al agua.

Existen varios tipos de caños de PVC, entre los que se encuentran los siguientes:

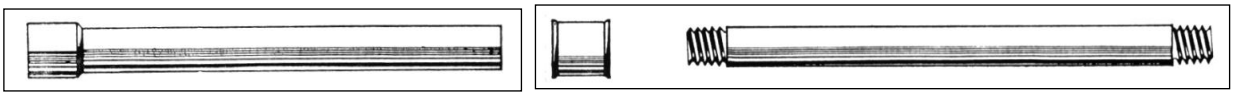


Figura 16-9.- a) Tipo de caño PVC liviano, estándar y reforzado; b) Caño PVC extrareforzado, con rosca y cupla.

Tablas 16-1.- Caños de PVC rígidos, color gris, aprobados por OSN

PVC Liviano	
Presión de trabajo = 4 kg/cm^2	
Ø exterior en mm	Espesor en mm
32	1,0
40	1,0
50	1,1
63	1,3
75	1,6
90	1,8
110	2,2
125	2,5
140	2,8
160	3,2
200	4,0

PVC Standard		PVC Reforzado	
Presión de trabajo = 6 kg/cm^2		Presión de trabajo = 10 kg cm^2	
Ø exterior en mm	Espesor en mm	Ø exterior en mm	Espesor en mm
		20	1,0
25	1,0	25	1,2
32	1,1	32	1,6
40	1,3	40	2,0
50	1,7	50	2,4
63	1,9	63	3,0
75	2,2	75	3,6
90	2,7	90	4,3
110	3,2	110	5,3
125	3,7	125	6,0
140	4,1	140	6,7
160	4,7	160	7,7
Se proveen en largos de 6 m, con espiga en un extremo y enchufe en el otro.			

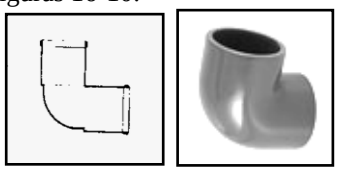
PVC Extrareforzado			
Presión de trabajo = 10 kg/cm^2			
Ø interno nominal en mm	Rosca Withworth Gas en pulgadas	Ø exterior en mm	Espesor en mm
13	½	20,7	2,4
19	¾	26,2	2,7
25	1	32,9	3,2
32	1 ¼	41,6	3,7
38	1 ½	47,5	4,1
50	2	59,6	5,5
Se proveen en largos de 6 metros con rosca en ambos extremos y cupla de unión.			

La rosca de los caños PVC Extrareforzados es similar a la de los caños de hierro galvanizado, lo que permite el intercambio con los mismos y sus accesorios. La rosca puede efectuarse de la misma manera que para los de hierro galvanizado y con las mismas herramientas. La unión roscada perfecciona su estanqueidad interponiendo cinta de teflón en el roscado. Cada caño está acompañado por la correspondiente cupla de unión.

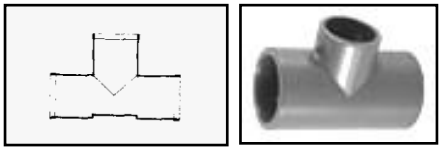
ACCESORIOS MÁS COMUNES:

Accesorios de PVC con enchufe liso para caños de PVC rígidos.

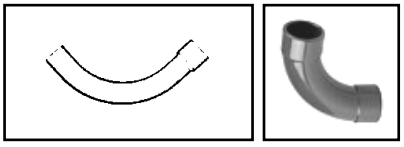
Figuras 16-10.-



Codo a 90º con enchufe liso

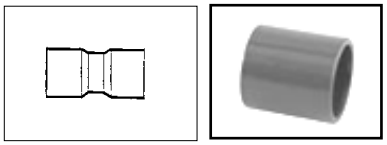


Te con enchufe liso

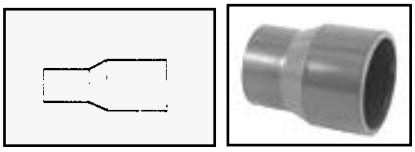


Curva a 90º con enchufe liso

Figuras 16-11.-



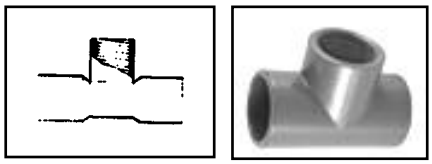
Enchufe doble liso



Reducción liso

Accesorios de PVC con enchufe liso y rosca para caños de PVC rígidos.

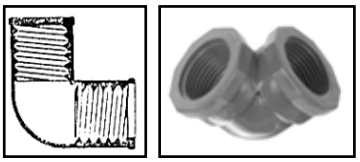
Figuras 16-12.-



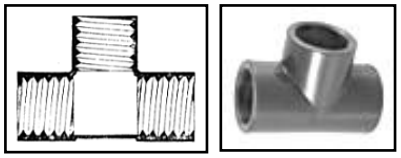
Unión Te con derivación roscada

Accesorios de PVC con rosca para caños de PVC rígido.

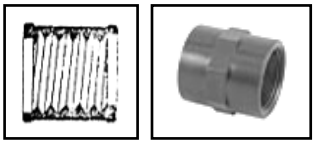
Figuras 16-13.-



Codo a 90º con rosca H-H

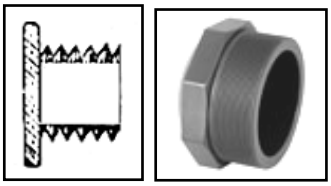


Te con rosca H-H

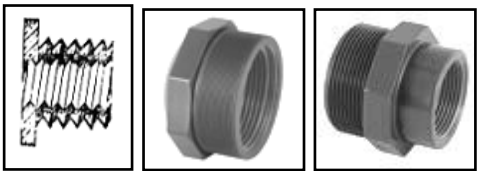


Cupla con rosca H-H

Figuras 16-14.-



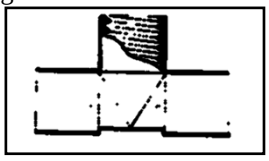
Tapón roscado M

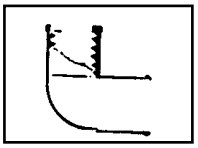


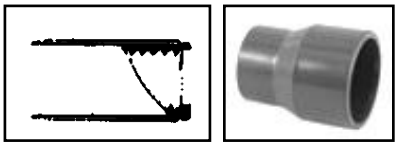
Bujes de reducción rosca M-H corto y largo

Uniones para caños de PVC rígido (enchufe y rosca):

Figuras 16-15.-


Te con dos enchufes lisos y uno con rosca H


Codo a 90º con enchufe liso y rosca M


Cupla lisa y rosca H

En los caños de PVC el diámetro nominal por el cual se designan corresponde al diámetro exterior del caño. La longitud de la tira de 6 metros es totalmente útil, ya que el largo del enchufe en uno de sus extremos no se computa.

Es fundamental tomar precauciones durante el transporte y almacenaje de los caños de PVC, de manera que en el momento de su instalación se disponga de caños sin rajaduras, deformaciones, rebabas, etc. que puedan impedir el correcto montaje de los caños entre sí o con sus accesorios.

Siendo el caño de PVC un material termoplástico, la influencia de la temperatura ambiente sobre el caño es grande, ya que, cuando aumenta ésta, la rigidez del caño disminuye, circunstancia que se acentúa cuando mayor sea la relación de diámetro a espesor.

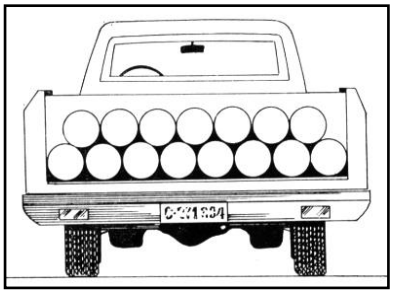


Figura 16-16.- Camioneta cargada con caños PVC bien estibados

El piso de los camiones destinados al transporte de estos caños de PVC debe ser plano, evitando posiciones forzadas a los caños, que no deben colocarse debajo o encima de otros objetos, siendo conveniente cubrirlos con lonas.

La resistencia a los impactos y golpes disminuye con la temperatura, siendo en consecuencia imprescindible el manipuleo cuidadoso. Conviene que los caños estén atados entre sí formando haces en el momento de su traslado, evitando daños y roturas en los extremos de los mismos.

Para el estibado debe prepararse un piso plano, liso, limpio y bien nivelado, libre de piedras, raíces, etc. La altura de la estiba no debe exceder de 1,50 m. Si no se dispone de techo adecuado, debe taparse la estiba con película plástica o lonas, asegurando suficiente circulación de aire.

Una exposición prolongada de caños de PVC al sol puede provocar deformaciones plásticas no recuperables e incluso, degradación del material por la acción de los rayos ultravioleta.

UNIÓN DE CAÑOS DE PVC RÍGIDO ENTRE SÍ Y CON SUS ACCESORIOS:

Existen diversas formas de unión, que pueden dividirse en fijas y desmontables.

La **unión fija** más divulgada y aceptada es la **cementada**, de espiga y enchufe, por su eficacia y rápida ejecución. El adhesivo es un cemento especial y exclusivo para la unión de los caños de PVC entre sí y con sus accesorios. Si el enchufe del caño tiene las dimensiones adecuadas y la espiga del mismo está libre de rebabas y deformaciones, puede lograrse mediante el adhesivo uniones casi perfectas e indisolubles. Para ello se deben cumplir los siguientes pasos:

- Verificar el estado de las partes a unir y constatar que el ajuste en seco entre los caños o entre caño y accesorio sea tal que al insertarlos se requiera cierta presión.

- Lijar el exterior de la espiga y el interior del enchufe.
- Humedecer ambas partes con algún solvente del PVC, tal como acetona, cloruro de metileno, etc. para desengrasar y facilitar la posterior acción del adhesivo.
- Aplicar en forma uniforme y sin excesos el adhesivo en el exterior de la espiga y en el interior del enchufe, mediante un pincel de tamaño adecuado y de cerda natural. No debe usarse cerda sintética.
- Insertar la espiga en el enchufe girando levemente para asegurar la correcta distribución del adhesivo, cerciorándose que la espiga haga tope en el fondo del enchufe.
- Limpiar el exceso de adhesivo y dejar secar la junta algunos minutos antes de manipular el conjunto pegado, y esperar 24 horas antes de librar al servicio la cañería.

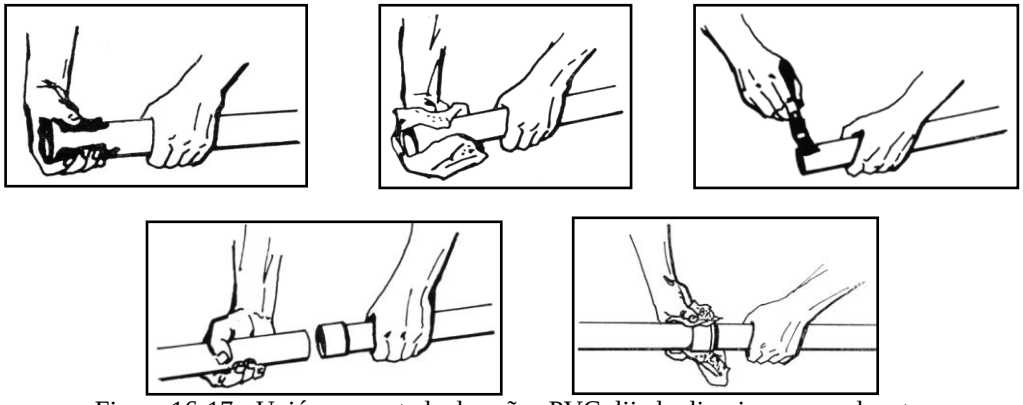


Figura 16-17.- Unión cementada de caños PVC: lijado, limpieza con solvente, aplicación adhesivo, enchufe de los caños y limpieza exceso de adhesivo

La velocidad del fraguado depende de la temperatura y humedad ambientes, y por lo tanto, también del tiempo disponible para efectuar la unión.

El adhesivo es inflamable y evaporable a temperatura normal, de modo que debe trabajarse lejos del fuego y tener la precaución de tapar el envase al terminar la tarea.

El otro tipo de **unión fija** es la **soldada.** Los caños de PVC pueden soldarse con aporte del material de una varilla cuya temperatura de ablandamiento generalmente es inferior a la del caño y de sección adecuada al cordón que se deba hacer. El ablandamiento de la varilla se logra mediante la acción de un soplete especial de aire caliente. La temperatura será de aproximadamente 200º C, medidos a 6 mm del pico, con un caudal de 15 litros/minuto a 1 o 2 kg/cm^2 de presión.

Para hacer una soldadura eficiente se requiere cierta habilidad y entrenamiento, y solamente es aconsejable cuando se requiera celeridad en la puesta en servicio o para reparar pérdidas ocasionales en juntas cementadas de alguna instalación. En este caso, es imprescindible quitar los restos del cemento y asegurarse que las superficies estén secas.

Para que no existan deformaciones por acción del aire caliente, el espesor del caño debe ser suficientemente grueso, tales como en las líneas de 6 y 10 kg/cm^2.

Dentro de las **uniones desmontables**, además de la **roscada** de los caños de PVC extrareforzados, se encuentra la **deslizante con guarnición de aro de goma.** Consiste en un enchufe o manguito con ranura para el alojamiento del aro de goma. Lubricado éste y la espiga del caño, por deslizamiento penetra ésta dentro del enchufe, y el aro de goma se ajusta sobre los extremos a unir y asegura la estanqueidad de la unión, permitiendo al mismo tiempo el desplazamiento de la cañería por dilatación o contracción. O sea, se trata de una junta elástica y de dilatación simultáneamente.

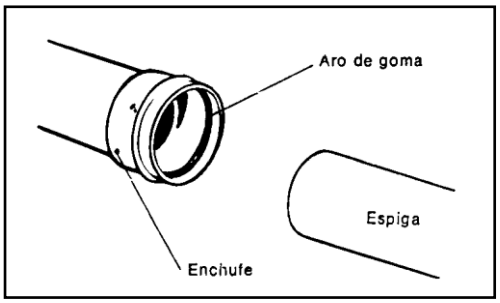


Figura 16-18.- Unión con aro de goma

UNIÓN DE CAÑOS DE PVC CON CAÑOS O ACCESORIOS DE ACERO GALVANIZADO:

La unión se efectúa mediante manguito de PVC con enchufe liso por un extremo y rosca macho por el otro, o con una cupla de PVC con un extremo liso y el otro roscado.

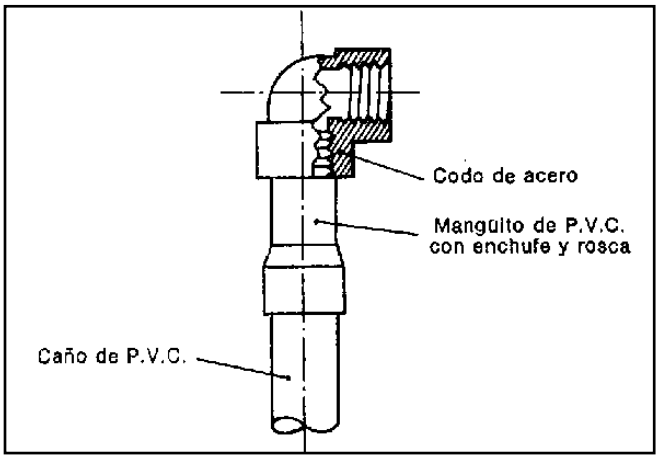


Figura 16-19.- Unión caños PVC con acero galvanizado

UNIÓN DE CAÑOS DE PVC CON CAÑOS DE ASBESTO CEMENTO:

La unión se logra mediante un manguito de PVC, uno de cuyos extremos monta sobre el caño de asbesto cemento y el otro se pega al caño de PVC. Para lograrlo, sobre la espiga de asbesto cemento se pegan con pintura asfáltica dos aros de goma de sección rectangular (1,5 mm x 10 mm), penetrando el conjunto en el enchufe del manguito de PVC que se ha dilatado previamente por temperatura, y que en ese mismo instante se moldea manualmente sobre la espiga de asbesto cemento. Al enfriarse el PVC comprime los aros de goma perfeccionando la junta.

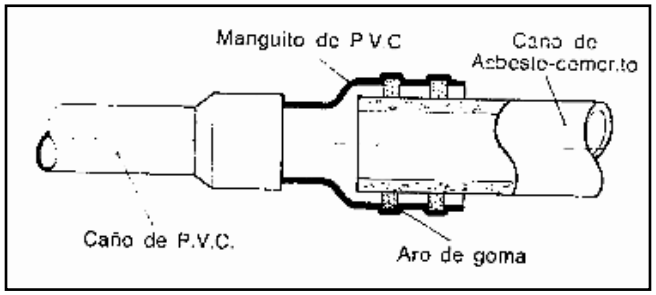


Figura 16-20.- Unión caños de PVC con caños de asbesto cemento

UNIÓN DE CAÑOS DE PVC CON TUBOS DE POLIETILENO:

La unión de un caño de PVC con un tubo de polietileno puede hacerse pegando al caño de PVC la cupla lisa con rosca hembra de PVC, sobre la cual se roscará el enchufe con rosca macho de polipropileno, y sobre éste el tubo de polietileno.

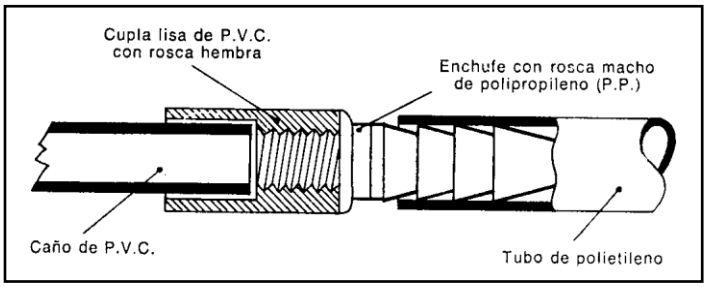
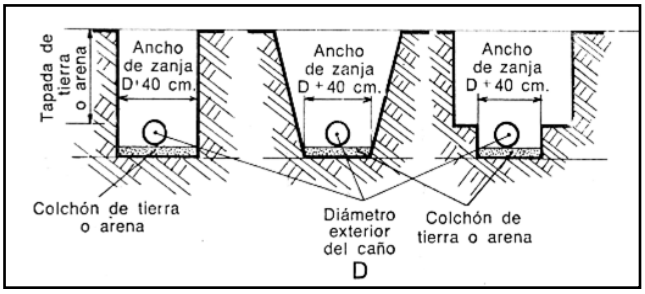
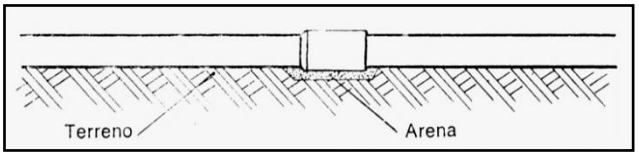


Figura 16-21.- Unión caños de PVC con tubos de polipropileno

INSTALACIÓN DE LOS CAÑOS DE PVC RÍGIDOS:

El ancho de la zanja será de unos 40 cm más el diámetro del caño, de manera que permita una cuidadosa compactación del material de relleno a los costados del caño. De ese modo, la deformación por el esfuerzo de compresión radial será menor.





Figuras 16-22.- Instalación de caños de PVC rígidos; zanjas y asentamiento.

La profundidad de la zanja debe ser tal que proteja la instalación contra las heladas y cargas ocasionadas por la presión del suelo y adicionales por tránsito de vehículos.

En zonas de nevadas frecuentes y bajas temperaturas es aconsejable que el caño se encuentre como mínimo a 50 cm debajo de la línea de congelación del suelo.

En instalaciones sobre las cuales habrá paso de vehículos, es necesaria una profundidad de 100 a 130 cm. En instalaciones en terrenos que no transmitan cargas externas bastará con una tapada mínima de 30 cm.

En caso de instalaciones a poca profundidad que deban cruzar caminos, el caño deberá ser protegido contra cargas y vibraciones mediante un encamisado con caño resistente de mayor diámetro o protección de algún otro tipo.

En terrenos pantanosos o con infiltraciones de agua subterránea, deberán tomarse los recaudos necesarios para evitar el arrastre del lecho de apoyo o descalce de la instalación.

El caño siempre debe apoyar sobre la base en toda su longitud.

POLIETILENO

Las principales cualidades de los tubos de polietileno negro son las mismas que las de los caños de PVC, diferenciándose en las siguientes:

- **Es combustible.**
- **Es permeable a los gases.**
- **No puede pegarse.**
- **En las uniones se achica el diámetro**, con pérdidas de presión.
- **No son de diámetro interior perfecto.**
- **Se incrustan fácilmente** por lo que se pueden tapar.
- **No soportan presiones elevadas** (2 a 4 kg/cm^2).
- **Flexible y elástico:** esto permite la fabricación de bobinas de largo metraje y el tendido de líneas de gran extensión sin elementos de unión, copiando la sinuosidad del terreno.
- **Antisísmico**
- **Mayor resistencia a los golpes de ariete** que otros caños por su flexibilidad.
- **Altamente tenaz:** asimila los golpes a bajas temperaturas y aún conduciendo líquidos bajo presión. No se deteriora aún en los casos de congelamiento del agua en su interior.
- **Atóxico.**
- **Muy liviano:** Su peso específico es menor que el del agua y el del PVC. Un rollo de 38 mm de diámetro interior y de 100 m de longitud pesa menos de 25 kg.
- **Económicos.**

Existen varios tipos de caños negros de polietileno, entre los que se encuentran los siguientes:

Tablas 16-2.- Caños de polietileno negro

Liviano o agro			
Ø comercial en pulgadas	Ø interno en mm	Espesor en mm	Presión nominal en kg/cm^2
½	13	1,8	4
¾	19	1,8	2,5
1	25	2,0	2,5
1 ¼	32	2,0	2,5
1 ½	38	2,0	2,5
2	50	2,6	2,5
2 ½	63	3,3	2,5
3	75	4,0	2,5
4	100	5,3	2,5

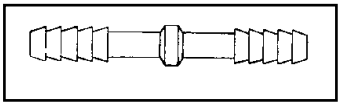
Mediano o sanitario			
Ø comercial en pulgadas	Ø interno en mm	Espesor en mm	Presión nominal kg/cm^2
½	13	2,0	6
¾	19	2,0	4
1	25	2,2	4
1 ¼	32	2,8	4
1 ½	38	3,3	4
2	50	4,4	4
2 ½	63	5,5	4
3	75	6,5	4
4	100	8,7	4

Especial			
Ø comercial en pulgadas	Ø interno en mm	Espesor en mm	Presión nominal kg/cm^2
½	13	2,5	8
¾	19	2,6	6
1	25	3,4	6
1 ¼	32	4,4	6
1 ½	38	5,2	6
2	50	6,9	6

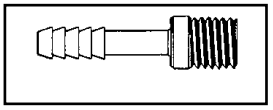
ACCESORIOS MÁS COMUNES DE POLIPROPILENO (PP) PARA TUBOS DE POLIETILENO:

Estos accesorios poseen en parte dientes circulares o espigados que permiten una unión estanca y una zona lisa, donde se puede colocar una abrazadera.

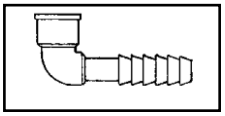
Figuras 16-23.-



Enchufe doble

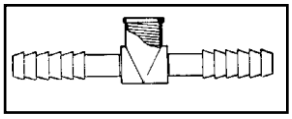


Enchufe con rosca macho

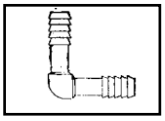


Enchufe con codo rosca hembra

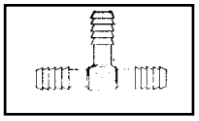
Figuras 16-24.-



Enchufe doble con Te roscada



Codo con dos enchufes



Te con tres enchufes

Suministro de los tubos de polietileno negro:

En los tubos de polietileno negro el diámetro nominal por el cual se designan corresponde al diámetro interior del caño. En sus tres clases, agro, sanitario y especial se entregan hasta el diámetro de 50 mm en rollos o bobinas de 25, 50 y 100 metros de longitud.



Figura 16-25.- Rollo de caño de polietileno de 100 m y 2,5 pulgadas.

Tabla 16-3.- Diámetros externos de las bovinas de caños polietileno negro.

Ø del tubo en mm	Ø del rollo en metros
13	1,30
19	1,30
25	1,60
32	1,60
38	1,90
50	2,20

Los tubos de mayores diámetros se entregan en tiras de 6 m de largo, dado que por su baja temperatura de ablandamiento y su importante relación de diámetro a espesor tienden a estrangular su sección en alguna o más partes del rollo al trasladarlo o transportarlo.

TRANSPORTE Y ESTIBADO DE LOS TUBOS DE POLIETILENO NEGRO:

Los rollos de polietileno es conveniente que se transporten acostados formando pilas de hasta 1,5 metros de altura. No es aconsejable transportarlos parados, sobre todo en épocas o zonas de intenso calor, pues al ablandarse, los rollos se deformarán por su propio peso, estrangulándose en algunas o todas las hileras de la bobina. Este inconveniente será tanto más grave cuanto mayor sea la relación diámetro a espesor.

Para el estibado es ventajoso armar una pequeña estructura consistente en 4 parantes de modo que sostengan a los rollos exteriormente en 4 puntos.

También debe evitarse sujetar los rollos cruzándolos con sogas, pues estas provocarán deformaciones. Es conveniente sujetarlos con lonas y cubrirlos.

UNIÓN DE TUBOS DE POLIETILENO ENTRE SÍ Y CON SUS ACCESORIOS DE POLIPROPILENO:

La unión cementada por medio de adhesivo o el roscado de los tubos es impracticable en polietileno. La unión por soldadura a tope es aplicable en tubos de gran diámetro y espesor, siendo necesarios equipos y dispositivos especiales.

La unión más sencilla y rápida consiste en enchufar el extremo en las piezas con espiga ranurada vistas anteriormente (Figs. 16-23 y 16-24). Todas estas piezas están inyectadas en polipropileno, lo cual les confiere alta tenacidad y excelente resistencia al impacto. Además son livianas y totalmente atóxicas y sus dimensiones son tales que prácticamente no reducen la sección de pasaje en la unión.

Para enchufar el tubo es necesario ablandar el extremo de éste. Lo más aconsejable es sumergirlo en agua hirviendo, pues 100º C es la temperatura ideal de ablandamiento, permitiendo insertar la espiga ranurada en forma rápida y con poco esfuerzo. Una vez insertada la espiga se deja enfriar a temperatura ambiente y al contraerse abraza fuertemente las ranuras.

No se debe usar fuego directo para ablandar el caño, pues se calienta desparejo y no se logra un buen sellado.

Para mayor seguridad es aconsejable montar una abrazadera, o en último caso, un alambre blando, en la zona lisa posterior a las ranuras.

UNIÓN DE LOS TUBOS DE POLIETILENO NEGRO CON OTROS CAÑOS USUALES:

Tubos de polietileno con caños o accesorios de acero:

La unión se logrará mediante el uso del **enchufe con rosca macho** de polipropileno, que irá roscado con el correspondiente accesorio de acero o cupla del caño del mismo material.

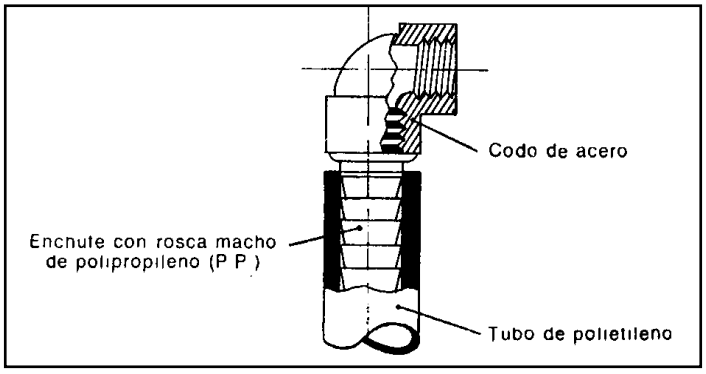


Figura 16-26.- Unión polietileno con caño hierro

Si fuera necesario efectuar una derivación, puede utilizarse un **enchufe doble con te roscada** de polipropileno. Para cambios bruscos de dirección en la línea, puede utilizarse el **enchufe con codo con rosca hembra** de polipropileno.

Tubos de polietileno con caños de asbesto cemento:

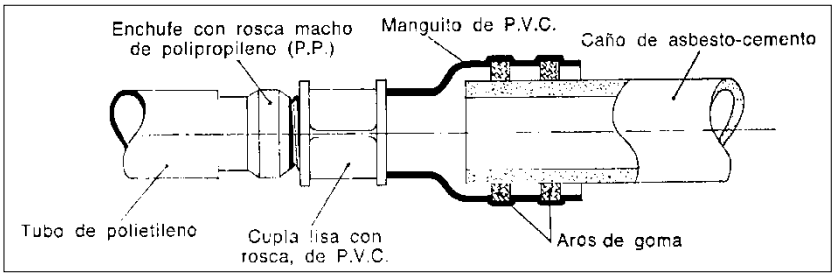


Figura 16-27.- Unión polietileno con caño de asbesto cemento

El enlace puede lograrse mediante un manguito de PVC, uno de cuyos extremos monta sobre el caño de asbesto cemento, y por el otro se pega a una cupla lisa con rosca.

Sobre la espiga de asbesto cemento se pegan con pintura asfáltica dos aros de goma de sección rectangular (1,5 x 10 mm), penetrando el conjunto en el enchufe del manguito de PVC que se ha dilatado previamente por temperatura, y en ese mismo instante se moldea manualmente sobre la espiga de asbesto cemento. Al enfriarse el PVC, comprime los aros de goma, perfeccionando la junta.

Pegada la cupla lisa con rosca de PVC en el otro extremo del manguito, sobre la misma se rosca un enchufe con rosca macho de polipropileno, donde va montado el caño de polietileno.

Una variante de este sistema lo constituye el manguito de la misma cañería de asbesto cemento, que por un extremo montará sobre la cañería de asbesto cemento en forma habitual, y por el otro, sobre una pieza de transición de PVC, que a su vez se pegará a una cupla lisa con rosca de PVC, sobre la cual irá roscado el enchufe con rosca macho de polipropileno, donde montará el tubo de polietileno.

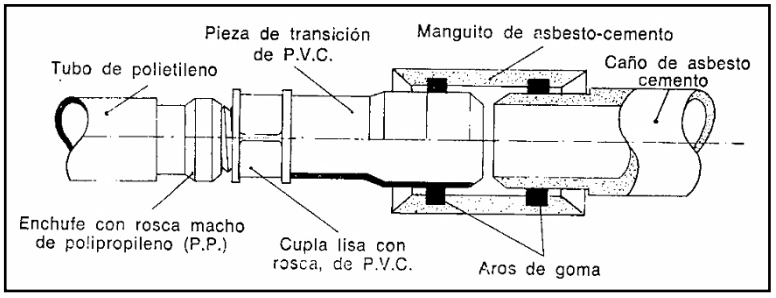


Figura 16-28.- Variante unión caño polietileno con asbesto cemento

Una tercera variante la constituye la unión mediante **Junta Gibault**, provista de una brida tapa con agujero roscado, donde puede roscarse el enchufe con rosca macho de polipropileno, y sobre éste montarse el tubo de polietileno.

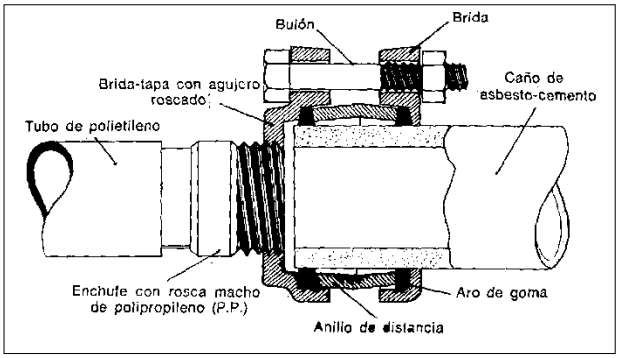


Figura 16-29.- Variante unión caño polietileno con asbesto cemento mediante junta Gibault.

Tubos de polietileno con caños de PVC:

La unión de un tubo de polietileno con un caño de PVC puede lograrse pegando al caño de PVC la cupla lisa con rosca hembra de PVC, sobre la cual se roscará el enchufe con rosca macho de polipropileno y sobre éste, el tubo de polietileno.

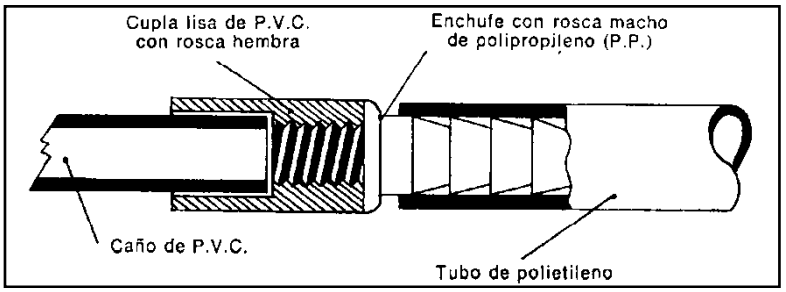


Figura 16-30.- Unión tubos de polietileno con PVC

OTRO TIPO DE TUBOS DE POLIETILENO

Son caños de polietileno PE 80 y PE 100, en color azul, amarillo, naranja o el clásico negro, fabricados bajo las normas para conducción de agua DIN 8074, ISO 4427 e IRAM 13485.

Combinan las ventajas clásicas de los tubos de polietileno negro con mejores propiedades mecánicas, físicas y una mayor resistencia que otros caños de polietileno (30 % mas) a la presión interna en el largo plazo por su alta densidad molecular.

Posibilitan un aplastamiento total, por lo que se pueden efectuar derivaciones y reparaciones cortando el agua en el lugar de trabajo. Son resistentes a los roedores y microorganismos. Resisten a la intemperie, ya que están protegidos contra la degradación producida por los rayos ultravioletas. Soporta congelamientos y resiste a las heladas debido a su mínima conductividad térmica y alta flexibilidad. Se asegura un mínimo de 50 años de vida útil, y hasta 100 años a pedido, sin alterar sus características por agentes externos.

Se presentan en rollos de diámetros exteriores desde 20 mm hasta 180 mm y en los largos que el usuario requiera.

Las uniones se pueden efectuar por tres métodos:

- **Termofusión**: Posibilita la unión de los tubos rápidamente con maquinaria especializada, a través del calentamiento de los extremos a fusionar, con una temperatura determinada para el tipo de diámetro exterior y pared de cada tubo (SDR). Una vez alcanzada la temperatura, se lo somete a una presión constante predeterminada durante un tiempo definido, resultando una unión fundida, molecularmente homogénea, conformando un solo cuerpo los tubos unidos. Este sistema puede ser realizado por la técnica de unión por enchufe, por tope o por montura.
- **Electrofusión**: Posibilita realizar la unión de los tubos en muy corto tiempo, a través de la utilización de un accesorio en el que se insertan los dos extremos de los tubos, ingresando calor por un conductor eléctrico, que genera la fusión con iguales características que por termofusión.
- **Compresión**: Las uniones pueden ser realizadas a través de accesorios denominados fitting, los que posibilitan la unión de los tubos a través de un sistema con rosca. Por medio de los fitting se puede unir un extremo de un tubo con otro de igual o diferente diámetro o el tubo con un accesorio. Con este sistema se pueden unir tubos de hasta 110 mm de diámetro exterior. La unión entre el fitting y la tubería es realizada a través de un o-ring que produce el sello, una garra que actúa como sujeción de la tubería y un cono que se fija al fitting y presiona la garra hacia el tubo.

Tabla 16-4.- Presiones nominales de trabajo en kg/cm^2 (bar), con factor de seguridad C = 1,25 según SDR (índice de la relación entre diámetro exterior y espesor del caño, es decir, diámetro exterior/espesor)

Factor C: 1,25	SDR 41	SDR 33	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11
Tubos en PE 80	---	4,0 bar	5,0 bar	6,3 bar	8,0 bar	10,0 bar	12,5 bar
Tubos en PE 100	4,0 bar	5,0 bar	6,3 bar	8,0 bar	10,0 bar	12,5 bar	16 bar

Tabla 16-5.- Diámetros exteriores e interiores, espesor de pared y peso por metro para distintos SDR.

	SDR 41			SDR 26			SDR 17			SDR 13,6			SDR 11		
Ø Exterior mm	Espesor mm	Ø Interno mm	Peso kg/m	Espesor mm	Ø Interno mm	Peso kg/m	Espesor mm	Ø Interno mm	Peso kg/m	Espesor mm	Ø Interno mm	Peso kg/m	Espesor mm	Ø Interno mm	Peso kg/m
20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1,8	16,4	0,107	1,9	16,2	0,112
25	--	--	--	--	--	--	1,8	21,4	0,137	1,9	21,2	0,144	2,3	20,4	0,171
32	--	--	--	--	--	--	1,9	28,2	0,187	2,4	27,2	0,232	3,0	26,0	0,272
40	--	--	--	1,8	36,4	0,227	2,4	35,2	0,295	3,0	34,0	0,356	3,7	32,6	0,430
50	--	--	--	2,0	46,0	0,314	3,0	44,0	0,453	3,8	42,4	0,549	4,6	40,8	0,666
63	--	--	--	2,5	58,0	0,50	3,8	55,4	0,721	4,7	53,6	0,873	5,8	51,4	1,05
75	--	--	--	2,9	69,2	0,60	4,5	66,0	1,02	5,6	63,8	1,24	6,8	61,4	1,47
90	--	--	--	3,5	83,0	0,90	5,4	79,2	1,46	6,7	76,6	1,77	8,2	73,6	2,12
110	--	--	--	4,2	101,6	1,40	6,6	96,8	2,17	8,1	93,8	2,62	10,0	90,0	3,14
125	--	--	--	4,8	115,4	1,80	7,4	110,2	2,76	9,2	106,6	3,37	11,4	102,2	4,08
160	4,0	152,0	2,00	6,2	147,6	2,90	9,5	141,0	4,52	11,8	136,4	5,50	14,6	130,8	6,67
180	4,4	171,2	2,49	6,9	166,2	3,70	10,7	158,6	5,71	13,3	153,4	6,98	16,4	147,2	8,42
200	4,9	190,2	3,05	7,7	184,6	4,60	11,9	176,2	7,05	14,7	170.6	8,56	18,2	163,6	10,40
225	5,5	214,0	3,86	8,6	207,8	5,70	13,4	198,2	8,93	16,6	191,8	10,90	20,5	184,0	13,10
250	6,2	237,6	4,83	9,6	230,8	7,10	14,8	220,4	11,00	18,4	213,2	13,40	22,7	204,6	16,20
280	6,9	266,2	5,98	10,7	258,6	8,90	16,6	246,8	13,70	20,6	238,8	16,80	25,4	229,2	20,30
315	7,7	299,6	7,52	12,1	290,8	11,30	18,7	277,6	17,4	23,2	268,6	21,20	28,6	257,8	25,60
355	8,7	337,6	9,55	13,6	327,8	14,30	21,1	312,8	22,10	26,1	302,8	26,90	32,2	290,6	32,50
400	9,8	380,4	12,1	15,3	369,4	18,10	23,7	352,6	28,00	29,4	341,2	34,10	36,3	327,4	41,30
450	11,0	428,0	15,3	17,2	415,6	22,90	26,7	396,6	35,4	33,1	383,8	43,20	40,9	368,2	52,30
560	13,7	532,6	23,6	21,4	517,2	35,50	33,2	493,6	54,80	41,2	477,6	66,90	50,8	458,4	80,80
630	15,4	599,2	29,9	24,1	581,8	44,90	37,4	555,2	69,40	46,3	537,4	84,60	57,2	515,6	102,0

Tabla 16-6.- Filtros y encamisados para perforaciones con unión a través de sistema de rosca.

Diámetro exterior mm	Diámetro interior mm	Caudal por metro lineal Ranuras 1 mm Velocidad: 3 cm/seg
125	110,2	3.593 l/h
160	141,0	4.781 l/h
180	158,6	5.459 l/h
200	176,2	6.138 l/h
225	198,2	6.770 l/h
250	226,2	7.618 l/h
280	253,2	8.204 l/h
315	290,8	9.392 l/h
355	327,8	10.101 l/h
400	369,8	11.412 l/h
Alternativas de ranuras en mm: 0,75 – 1 - 1,5 – 2 – 2,4		

INSTALACIÓN DE LOS TUBOS DE POLIETILENO

El polietileno es afectado por la temperatura aún más que el PVC. No es conveniente su uso bajo presión para temperaturas superiores a los 45º C, pero en cambio es muy usado en zonas frías donde absorbe sin inconvenientes el aumento de volumen que provoca el congelamiento del agua.

Su coeficiente de dilatación es mayor que el PVC: 0,2 mm por metro y por grado Centígrado de diferencia de temperatura. Pero en contraposición, es mucho más flexible y elástico, y esta característica permite encontrar soluciones fáciles en la instalación, pues todo se reduce en permitir la flexión del tubo.

En tendido de aguadas es suficiente colocar el tubo en la zanja en forma ligeramente serpenteada.

En instalaciones aéreas o sitios de cruce deberá apoyar sobre bandejas o canaletas de fibrocemento u otro material.

Aprovechando su flexibilidad relativa, ya que puede ser doblado en frío con un radio de curvatura no menor de 15 veces el diámetro externo, se ha ideado un sistema muy económico de tendido de cañerías a través de grandes extensiones de campo.

Para su colocación puede utilizarse un subsolador, al que se acopla un tubo metálico de diámetro ligeramente superior al caño de polietileno, cuya boca de entrada debe ser de bordes redondeados para no dañar el caño. Esta máquina efectúa la zanja y entierra el caño simultáneamente, avanzando a unos 5 km/h a fin de evitar estiramientos y roturas del caño. Es conveniente realizar una subsolada previa al tendido, a fin de lograr la profundidad correcta, que al menos debe ser de 40 - 50 cm y lo más cerca posible de alambrados.

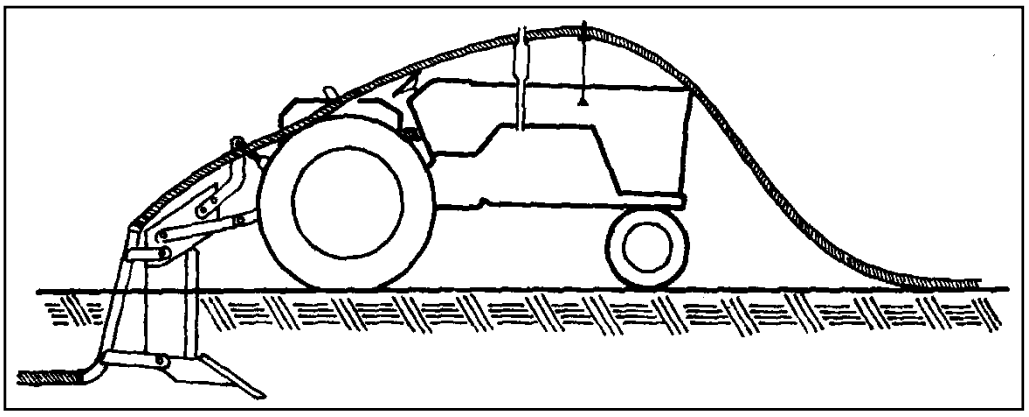


Figura 16-31.- Tractor y subsolador adaptado para colocar cañería plástica.

En el caso de cavar la zanja a pala, los caños se depositan en el fondo de la misma sin estirarlos. Al seguir las pequeñas sinuosidades que pueda tener la zanja, el caño tiene la posibilidad de contraerse y dilatarse en cierta medida, evitándose roturas.

En zonas donde exista tránsito de vehículos (salida de potreros, cruce de calles o callejones, etc.) conviene colocar sobre el caño una capa de escombros y cemento de unos 20 cm de espesor y 40 cm de ancho

En el caso de cañerías colocadas en terrenos con ondulaciones pronunciadas, se deben colocar caños respiraderos o válvulas de aire para que salga el aire que queda en la parte superior de la ondulación.

Las cañerías deben colocarse, dentro de lo posible, a más de 20 m de árboles, especialmente olmos y otros cuyas raíces son muy invasoras o que por su crecimiento pueden presionar el caño y quebrarlo si es rígido o aplastarlo y cerrar su luz si es flexible. Hemos tenido casos de obturación de cañerías por raíces de olmos, que penetraron por pequeñas fisuras y terminaron cerrando totalmente la luz del caño de PVC. En otro caso, las raíces de olmos situados a más de 20 m de una casa y a 10 m del pozo ciego, con caños de fibrocemento, aparecieron por los sanitarios del baño, tapando las cloacas.

Una precaución importante es que antes de rellenar la zanja con tierra, se debe llenar completamente la cañería con agua para evitar que en algún lugar sufra un aplastamiento por el peso de la tierra.

GOLPE DE ARIETE

Se conoce como golpe de ariete, golpe de ariete hidráulico o golpe de martillo al aumento de la presión en las cañerías debido a variaciones bruscas en la velocidad del agua, que producen un choque violento contra las paredes de la misma. Este fenómeno puede ser motivado por el cierre brusco de válvulas en la terminación de la cañería o por la presencia de aire acumulado en instalaciones desprovistas de válvulas de aire o de pulmones. Al producirse dicho cierre rápido, se detiene bruscamente el movimiento del líquido, lo que origina un incremento de la carga aguas arriba de la válvula, iniciándose un pulso de sobrepresión u onda de choque que se propaga a casi la velocidad del sonido en el agua en dirección contraria a la del escurrimiento. Esta onda rebota hasta que el agua golpea un punto de impacto y la energía proveniente de la onda de agua se distribuye más uniformemente en el sistema de tuberías. El punto de impacto, que puede estar en la conexión entre dos caños o en una junta, provoca el sonido estrepitoso que a veces se oye en los caños.

Esta onda provoca sobrepresiones (expande la cañería) y depresiones (vacío que contrae la cañería), las que provocan golpes que deforman las paredes de la cañería, aflojan las uniones y eventualmente pueden provocar roturas. El golpe será tanto más fuerte y más destructor cuanto más larga sea la cañería.

Desde el punto de vista energético, puede considerarse que se transforma la energía cinética del agua en energía potencial elástica (cambios de presión) y viceversa. El movimiento permanente del caudal y la velocidad media alcanzada en la cañería, se transforma, durante el momento del cierre de la válvula en otro no permanente, y la fuerza viva de la masa de agua se convierte en un trabajo que produce dichas sobrepresiones.

Si el cierre de la válvula es lento, utilizando válvulas de rosca, como ser una canilla común, la sobrepresión es menor.

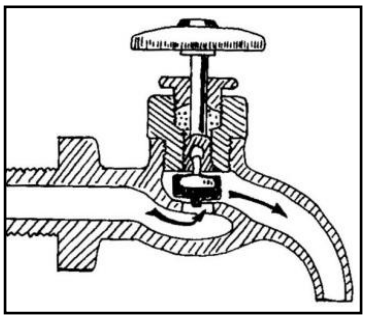


Figura 16-32.- Corte de una canilla común, mostrando el sistema de cierre a rosca que disminuye el efecto del ariete hidráulico.

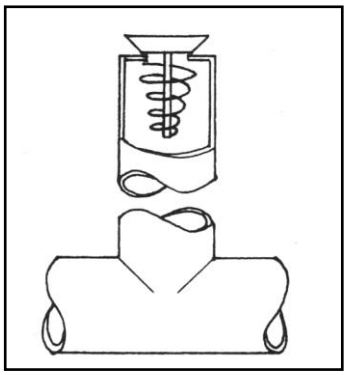
Si la tubería no es rígida, la sobrepresión del fluido es menor, ya que parte de la presión es absorbida por la cañería.

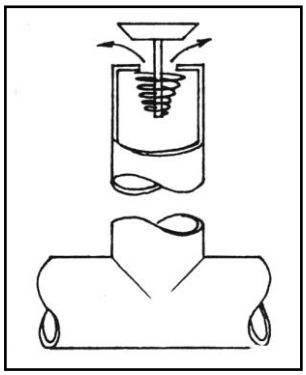
Para evitar este inconveniente, se debe recurrir a la instalación de chimeneas (caños verticales), válvulas de alivio o tanques de membrana. Unidas perpendicularmente a la cañería, las dos primeras permiten la salida de una cierta cantidad de agua durante el golpe de ariete, aliviando así la presión a la que están sometidas las paredes de las cañerías, mientras que el tercero trabaja mediante un diafragma y cámara de aire que amortigua el golpe sin pérdida de agua.

Cualquiera sea el material que se emplea en las cañerías, cuando se lleva agua a bebederos muy distantes provistos de flotante o válvula (que cierran bruscamente), se debe colocar alguno de estos sistemas.

La chimenea o caño vertical de alivio debe tener una altura mayor que la del tanque de alimentación de la cañería. Se le debe colocar un tejido mosquitero en su extremo para impedir la entrada de insectos o cuerpos extraños a la cañería.

Si la fuente de agua se encuentra a una altura muy superior a la de los bebederos, no es conveniente la instalación de un caño de alivio de gran altura. En estos casos se recurre a la válvula de alivio (fig. 16-33) o al tanque de membrana (fig. 16-34), que se coloca en el extremo de un corto caño vertical.





Figuras 16-33.- Válvula de alivio a) cerrada y b) abierta;

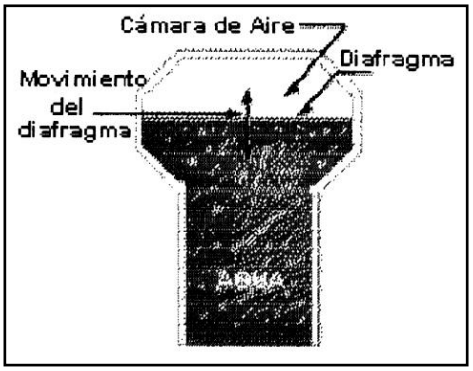


Figura 16-34.- Tanque de membrana o diafragma.

Cuando la bebida se encuentra a gran distancia del tanque, se hace imprescindible la instalación de uno o más caños o válvulas de alivio, siendo necesario acortar las distancias entre ellos en los últimos tramos cercanos al bebedero.

Otro caso de golpe de ariete ocurre en las bombas cuando la tubería horizontal de descarga es larga y además de reducido diámetro, lo que lleva a un aumento de la velocidad del agua. En estos casos pueden producirse golpes de ariete al desconectar la bomba.

Al parar la bomba, el flujo de agua en los caños verticales se detendrá rápidamente debido a la gravedad, pero el agua en la tubería horizontal de descarga no se detiene inmediatamente, sino gradualmente, como consecuencia de la pérdida de carga en la tubería. Esto crea un vacío en la tubería vertical que hace que la columna de agua se deshaga y el agua se convierta en vapor. Cuando el agua en la tubería horizontal perdió velocidad, el vacío creado en la tubería vertical hará que el agua retorne al pozo. Al encontrarse el agua que retorna con el agua en la tubería vertical se producirán golpes de ariete, con mucho ruido, que pueden ser tan graves que la instalación se dañe.

La solución a este problema será instalar un tanque de membrana de 50 litros donde la tubería vertical y la de descarga se encuentran. Al desconectar la bomba sale agua del tanque y de este modo se evita la aparición de vacío en la tubería. El tanque es llenado nuevamente cuando el agua de la tubería horizontal empieza a retroceder.

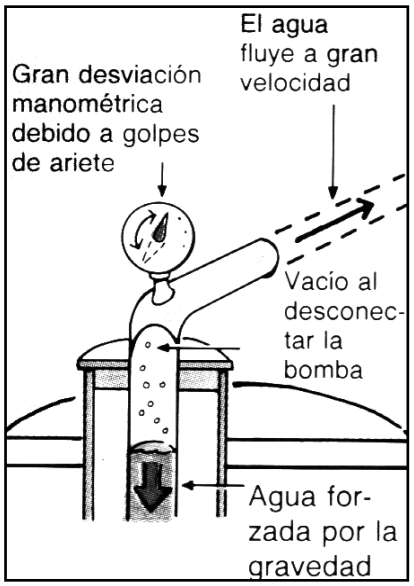


Fig. 16-35.- Golpe de ariete en una bomba;

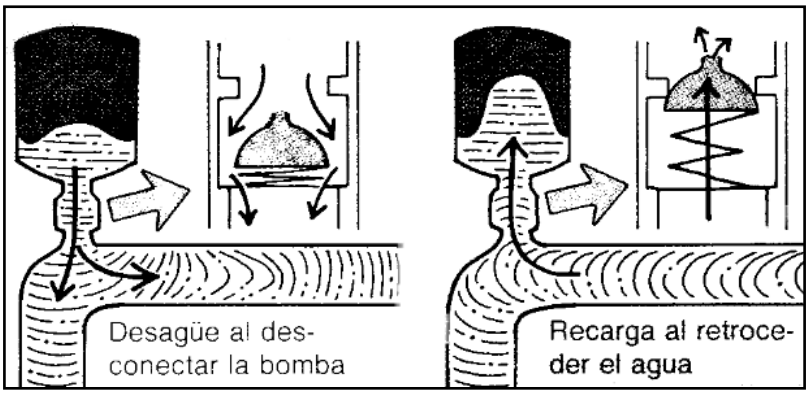


Fig. 16-36.- Tanque de membrana para evitar el golpe de ariete.

GOLPE DE ARIETE INVERSO

Cuando se trabaja con cañerías con gran desnivel, con la corriente de agua desde el nivel superior hacia el inferior, se puede producir un efecto inverso al golpe de ariete cuando se cierra bruscamente la entrada de agua a la cañería. El vacío inducido por el cierre brusco del caudal produce el aplastamiento o colapso de la tubería por la aspiración que provoca la energía de gravitación del agua existente dentro de la cañería.

Para evitar este problema, siempre que se coloca una válvula de cierre en la parte superior de la cañería, será necesario instalar inmediatamente después (abajo) una pequeña tubería de aireación o entrada de aire a la tubería o un pulmón.

SISTEMA PRESURIZADO O HIDRONEUMÁTICO

Básicamente es un sistema que trabaja mediante un tanque hidroneumático o de aire cautivo que mantiene el agua presurizada en la cañería y la entrega de acuerdo a la demanda.

La ventaja con respecto a los métodos gravitatorios es que evita la colocación de un tanque elevado, toma el agua directamente de un depósito cerrado o abierto a nivel de suelo o bajo el mismo o de una napa freática superficial, mantiene la cañería con una presión superior a la que tendría con un tanque elevado por lo que se dispone de mayor caudal en los bebederos y los mismos pueden estar a mayor altura que el tanque.

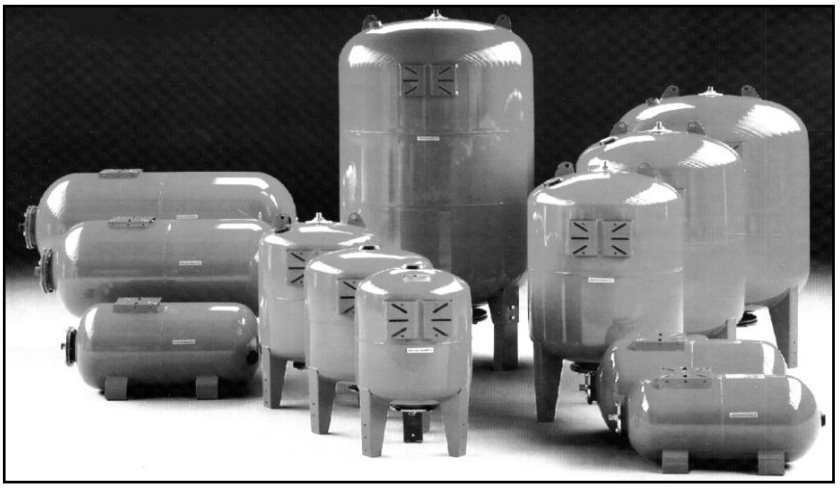
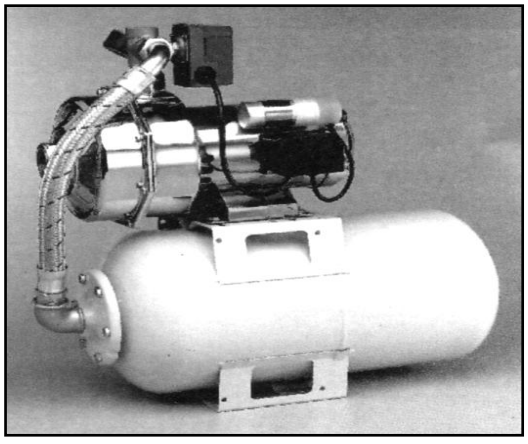
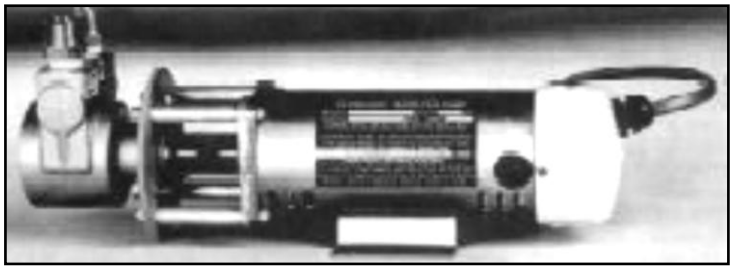


Figura 16-37.- Tanques hidroneumáticos o de aire cautivo horizontales y verticales de distinta capacidad.

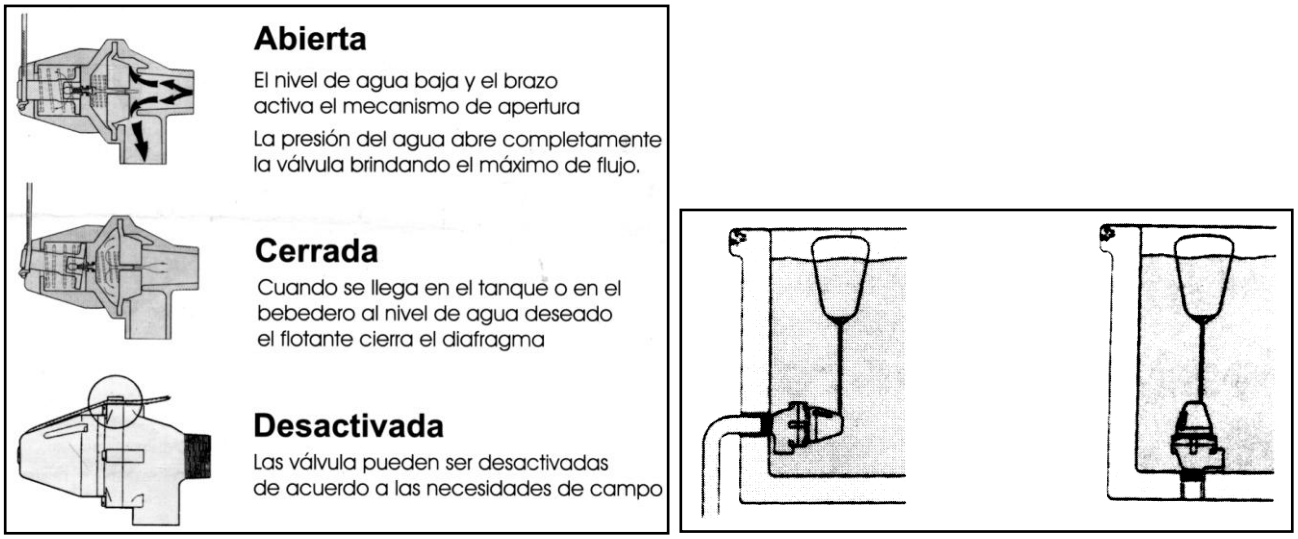




Figuras 16-38.- a) Grupo hidroneumático**.** Consta de tanque de 700 litros con membrana, electrobomba centrífuga, manómetro, presostato y válvula de retención en la boca de descarga; b) Bomba de presurización

El equipo necesario consiste en:

- una unidad de presión constituida por una bomba;
- un tanque hidroneumático almacenador de agua a presión, equipado con una membrana intercambiable de goma natural o butílica (la butílica soporta temperaturas de hasta 110º C). La membrana divide al tanque herméticamente en una cámara con el agua que entra y otra con aire. Al entrar el agua a presión (por la bomba), se comprime el aire de la otra cámara. Cuando la bomba cesa en su funcionamiento, el aire comprimido mantiene la presión del agua, no solo en el tanque, sino en toda la cañería
- Válvula de retención en la boca de descarga para evitar que la presión a la cual se somete la red se ejerza sobre la electrobomba cuando esta no trabaja.
- Instrumental para detectar el estado de presión en la cañería y que de acuerdo a la misma, detiene o hace funcionar automáticamente la bomba (manómetro y presostato).
- Un depósito de agua de reserva
- Las válvulas especiales diseñadas para operar con presión en los bebederos, las que trabajan entre los 3 y 100 m de carga.



Figuras 16-39.- a) Funcionamiento de la válvula especial para operar a presión, de material plástico estabilizado para rayos ultravioletas y aceros inoxidables anticorrosivos; b) Posiciones posibles de la válvula para operar a presión.



Figura 16-40.- Válvula de apertura y cierre para sistema presurizado.

Tabla 16-7.- Características de algunos tanques hidroneumáticos comerciales.

	Tanques hidroneumáticos horizontales			Tanques hidroneumáticos verticales		
Capacidad litros	Racord (salida) pulgadas	Presión Max Bar	Precarga Bar	Racord (salida) pulgadas	Presión Max Bar	Precarga Bar
40	1	8	2	1	8	2
60	1	8	2	1	8	2
80	1	8	2,5	1	8	2,5
100	1	10	2,5	1	10	2,5
200	1 ½	10	2,5	1 ½	10	2,5
300	1 ½	10	2,5	1 ½	10	2,5
500	---	---	---	1 ½	10	2,5
700	---	---	---	1 ½	10	2,5
1000	---	---	---	2	10	2,5

Solo una parte de la capacidad del tanque hidroneumático se puede aprovechar. Por ejemplo, cuando la presión del tanque es de 40 libras, el tanque tiene ¾ partes llenas de agua y el resto es aire comprimido. La cantidad de agua que fluye cuando la presión está entre 20 y 40 libras es de solo aproximadamente el 20 % de la capacidad. Suponiendo que el agua sea suministrada hasta que el tanque baje su presión hasta 10 libras, el suministro será del 35 % de la capacidad del tanque. Antes de llegar a este punto, la bomba tendrá que ponerse en actividad.

Es un sistema confiable y de bajo costo de instalación y mantenimiento, con un consumo eléctrico controlado, ya que no mantiene a la bomba continuamente funcionando cuando se está consumiendo agua, como ocurre con los equipos de acción directa (waterpres, prescontrol, fluomac, equipos de presión H.B., etc.).

También se puede emplear para reforzar la presión gravitacional de tanques elevados preexistentes.

Este sistema permite transportar el agua a los bebederos ubicados a grandes distancias sin necesidad de contar con la pendiente del terreno, es decir, puede llevar el agua contra la pendiente. Por la presión del agua, se pueden emplear cañerías de menor diámetro.

MEDICIÓN DEL CAUDAL DE UNA CAÑERÍA

AFORO VOLUMÉTRICO O MEDICIÓN DIRECTA:

La forma más sencilla de calcular caudales pequeños es el aforo volumétrico o medición directa del tiempo que tarda en llenarse un recipiente de volumen conocido.

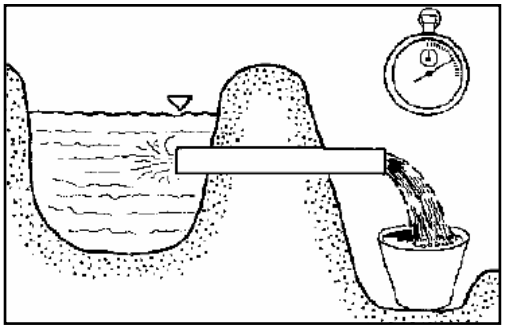


Figura 16-41.- Medición del caudal con recipiente de volumen conocido y cronómetro.

Dividiendo el volumen de agua recogido en el recipiente por el tiempo (en segundos) que demoró en llenarse, se obtiene el caudal en litros por segundo. La operación se repite varias veces y se promedia, con el fin de asegurar mayor exactitud.

Las limitaciones de este procedimiento son:

- Cuando la capacidad del depósito es pequeña y el caudal a aforar es considerable, el tiempo de llenado puede ser tan reducido que el dato obtenido carecerá de precisión. Un buen aforo por este sistema se obtiene a partir de los 20 segundos de tiempo de llenado.
- Si la capacidad del depósito utilizado es muy grande se plantean problemas de transporte y manipulación.

AFORO POR TRAYECTORIA:

Existen formulas que proporcionan el caudal que circula por una cañería que permiten una rápida estimación pero no son exactos. La formula a usar es la siguiente:

$$Q = 2{,}216 \times \frac{D \times S}{K}$$

Donde:
2,216 = Factor corrección.
Q = caudal en metros cúbicos por segundo.
D = distancia en metros, desde la salida del agua de la cañería hasta su punto de contacto con el suelo.
S = área del diámetro de la tubería en metros cuadrados.
K= altura en metros desde el suelo hasta el centro de la tubería de descarga.

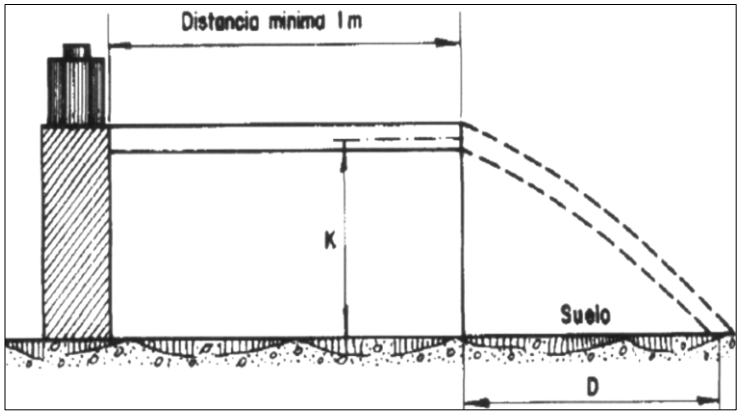


Figura 16-42.- Esquema del aforo por trayectoria.

AFORO POR REGLA:

Otro sistema simple y de una exactitud suficiente para nuestros propósitos es el **de la regla o escuadra**, que puede emplearse para caños con salida llena o no, usándose en este último caso una tabla de corrección.

Se prepara una regla que en el extremo del cero tiene una pequeña plomada con punta. Esta punta de la plomada tiene que estar a una distancia exacta de la regla de 30,5 cm (un pie) más el espesor del caño.

Se adosa la regla sobre el caño de descarga, esté el mismo horizontal o inclinado, pero cuidando que la boca del caño esté a 90º con respecto a la misma, y se desliza hasta que la punta de la plomada toque el chorro de agua (fig. 16-43).

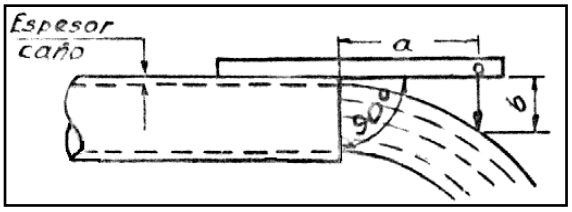


Figura 16-43.- Sistema de la regla para medir caudales.

La distancia que se ha deslizado al regla (en la figura 16-43, la distancia a), se multiplica por la constante K de la tabla 16-8 según la medida del caño, producto que nos dará el caudal en litros por minuto.

Tabla 16-8.- Constantes K para la medición de caudales con el sistema de la regla.

Ø diámetro interior del caño	K	Ø diámetro interior del caño	K
2 ” - 5,1 cm	4,92	5 ” – 12,7 cm	30,40
2 ¼ ” – 5,7 cm	6,11	6 ” – 15,2 cm	43,81
2 ½ ” - 6,3 cm	7,60	7 ” – 17,8 cm	59,61
3 ” – 7,6 cm	10,88	8 ” – 20,3 cm	77,94
3 ½ ” - 8,9 cm	14,90	9 ” – 22,8 cm	98,65
4 ” - 10,2 cm	19,52	10 ” – 25,4 cm	121,75
		12 ” – 30,5 cm	175,20

Ejemplo:

Para un caño de 5” y una distancia a de 41 cm, el caudal será:

(a) 41 cm x (K) 30,40 = 1.246 litros/minuto
1.246 litros/minuto x 60 minutos = 74.760 litros/hora

En caso que el agua en el caño no fluya llenándolo completamente, se procede de la siguiente manera:

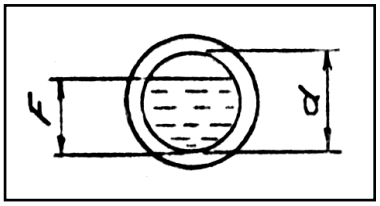


Figura 16-44.- Sistema de la regla para medir caudales cuando el caño no fluye lleno.

1) Se obtiene la medida a como en el caso anterior.
2) Luego dividimos F (altura que llena el agua en el caño) por d (diámetro interior del caño) (ver fig. 16-44).
3) Con esta cifra (F/d) elegimos en la tabla 16-9 el valor que más se aproxime, el que nos indica el factor de corrección.
4) Este factor de corrección se lo multiplica por la constante K, y a este resultado se lo multiplica por el valor a, con lo que obtenemos el caudal aproximado en litros por minuto.

Tabla 16-9.- Factores de corrección cuando el agua no fluye llenando el caño.

F/d	Factor de corrección	F/d	Factor de corrección
0,05	0,981	0,55	0,436
0,10	0,948	0,60	0,375
0,15	0,905	0,65	0,312
0,20	0,858	0,70	0,253
0,25	0,805	0,75	0,195
0,30	0,747	0,80	0,142
0,35	0,688	0,85	0,095
0,40	0,627	0,90	0,052
0,45	0,564	0,95	0,019
0,50	0,500	1,00	0,00

Ejemplo:

1) Tomando en el ejemplo anterior: a = 41 cm; K = 30,40.
2) Si F es 6 cm y el diámetro interior del caño d es 12,7 cm, tendremos 6/12,7 = 0,47.
3) En la tabla 16-9 el valor más próximo a 0,47 es 0,45.
4) A 0,45 le corresponde un valor de corrección de 0,564.
5) Multiplicamos el factor de corrección 0,564 por (K) 30,40 = 17,14.
6) Multiplicamos (a) 41 cm por 17,14 = 702,74 litros/minuto.

702,74 x 60 minutos = 42.164 litros/hora.

CAUDALÍMETRO ULTRASÓNICO

Miden el caudal del flujo mediante transductores externos al caño sujetables al mismo, y cuya lectura se efectúa en una pantalla.



16-45.- Un tipo de caudalímetro ultrasónico

ACEQUIAS O CANALES

En zonas de sierra o con cierta pendiente, un método sencillo de transportar el agua desde la fuente a otros lugares, es el empleo de acequias.

La acequia es una pequeña zanja o canal, que puede estar o no revestida de cemento, que por simple diferencia de nivel conduce el agua a sus lugares de empleo.

En el inicio de la acequia suele instalarse una compuerta para graduar a voluntad el caudal.

En las acequias revestidas con hormigón, los gastos de conservación son de escasa significación. Por otra parte, al disminuir las pérdidas por infiltración, aumenta la capacidad de conducción del canal, lo que representa una importante economía de agua. En acequias no revestidas, se ha llegado a perder hasta el 60 % del agua conducida.

Cuando el agua proviene de pozos, las acequias revestidas han reducido, en muchos casos, a la mitad el costo del bombeo. Por otra parte, las acequias revestidas permiten trazados de mayor pendiente y más directos sin peligros de erosión.

AFORO EN AGUA CORRIENTE

En agua corriente se mide el caudal, es decir, cuantos litros por segundo bajan por la corriente de agua.

Para su determinación es necesario buscar un trayecto del arroyo o acequia que no tenga demasiadas piedras y, de ser posible, tenga una zona en línea recta de unos 20 metros (l).

a) Marcamos un punto inicial (0 m), un punto intermedio (10 m) y un punto final (20 m). Medimos el ancho de la corriente en cada uno de estos puntos, y sacamos un promedio de las tres medidas en metros (a).
b) En cada ancho de estos puntos tomamos cuatro medidas de las profundidades (dos a un metro de cada orilla y dos intermedios). Con estas cuatro medidas sacamos un promedio que nos dará la profundidad en cada uno de los puntos seleccionados. De estas tres mediciones sacamos un nuevo promedio que nos dará la profundidad promedio de toda el área de la medición en metros (h).

c) Luego de tener las mediciones del largo (20 m) y la profundidad (h) procedemos a llenar una botella de agua hasta la mitad, la sujetamos con un hilo de más de 20 m, la soltamos en el agua desde el punto inicial y cronometramos el tiempo que demora en recorrer los 20 metros. Repetimos esta toma del tiempo tres veces y sacamos un promedio que nos dará el tiempo en segundos (t).
d) Con estas datos procedemos a calcular el caudal en metros cúbicos por segundo:

$$\text{Caudal} = \frac{\text{longitud (l) x ancho (a) x profundidad (h)}}{\text{tiempo (t)}} = m^3/s$$



Figura 16-44.- a) Acequia para transportar el agua de una vertiente. Uquía, Jujuy; b) Acequia que toma agua del río Cuarto y transcurre por los campos del oeste de la ciudad de la Concepción del Río Cuarto. La foto ha sido tomada en una zona de campos que se encuentran en una hondonada, por lo que la acequia corre en esta zona sobre un terraplén. Campo Nora y Alejandro Massa, Concepción del Río Cuarto, provincia de Córdoba.

"Digo y declaro yo, el general Juan de Garay, que ha sido y es siempre mi voluntad en el señalamiento de todas estas tierras, que entre cada dos suertes quede siempre un camino que vaya corriendo desde el camino principal hasta los ríos y aguadas. Y así mando que se cumpla; y el camino ha de tener doce varas de medir, de ancho. Por mandato del señor General, Pedro Fernández, Escribano Público."

Juan de Garay, 24 de octubre de 1580.

CAPÍTULO XVII

UBICACIÓN Y MANEJO DE AGUADAS Y PASTURAS

AGUADAS Y EFECTOS COLATERALES

Los efectos colaterales que las aguadas producen sobre el sistema de producción deben ser considerados cuando se evalúa la ubicación de las mismas y sus prácticas de manejo. Los principales efectos colaterales son:

Costo energético y eficiencia de conversión

Los animales en pastoreo presentan un gasto energético extra asociado al trabajo de cosechar el alimento, dependiendo del tipo de pastura, su estado y distancia a caminar. La distribución del agua, el clima, el tamaño del potrero y su topografía interaccionan con estos factores, fijando la eficiencia de conversión del alimento.

Eficiencia de cosecha del forraje

La aguada es el punto a partir del cual el pastoreo se irradia en anillos concéntricos. La eficiencia de cosecha del forraje disminuye a medida que aumenta la distancia a la aguada, generándose áreas de sobre y subpastoreo.

Fertilidad de los suelos

La ubicación de la aguada afecta la distribución de las deyecciones animales en el potrero.

Aumento de la producción

La correcta ubicación y manejo de las aguadas, al influir sobre los tres ítems anteriores, permiten un aumento de la producción, tanto en cría, tambo, inverne pastoril o engorde a corral.

Asentamiento humano y ganadería

Para la utilización ganadera de las áreas alejadas de ríos y aguadas naturales, el desarrollo de aguadas es fundamental y prioritario. El pozo de agua ha sido siempre un factor determinante del asentamiento humano en las zonas áridas y semiáridas (el "puesto").

AGUADAS Y COSTO ENERGÉTICO DEL CAMINAR

El caminar en el bovino tiene muy bajo costo energético y entre las posibles causas que lo explican, Di Marco (1998) y otros autores enumeran las siguientes:

Se transfiere 65 % de la energía cinética del cuerpo de un paso a otro, de forma tal que solamente el 35 % restante de la energía que utiliza el músculo proviene de la movilización de grasas, lo que aumenta la eficiencia de utilización de la energía del alimento.

El ejercicio modifica las fibras del músculo, pues se reemplaza un tipo de proteína por otro, y esto hace que la fibrilla muscular sea más eficiente.

Si bien la tasa metabólica aumenta con la actividad, disminuye posteriormente de forma tal que el gasto de energía baja rápidamente después del ejercicio. Ello hace que el efecto proporcional sea de poca incidencia en el gasto total que se calcula para un período de 24 hs.

El principal efecto de la actividad es debido al costo energético del pastoreo a altas tasas de bocados (baja disponibilidad de la pastura), ya que la caminata en el llano y en la pendiente, así como el pastoreo a moderadas tasas de bocado, tienen una baja incidencia en el costo de mantenimiento de los animales en pastoreo. Por ejemplo, en un vacuno que pastorea a mediana frecuencia de bocado y camina 6 kilómetros en el llano, el costo de mantenimiento aumentaría un 6,5 %, y si caminara en pendiente, un 8,1 %. En cambio, pastoreando a alta tasa de bocados, dichos aumentos serían del 17,1 y 18,4 % respectivamente.

En pasturas de buena disponibilidad, el gasto extra de energía por actividad puede ser fácilmente compensado por un ligero aumento en el consumo. Por ejemplo, en el caso anterior, el animal tuvo un costo energético extra de entre 582 a 726 kcal pastoreando a moderada frecuencia de bocado, que puede compensarse con un aumento del consumo de 260 a 360 gramos de materia seca de mediana digestibilidad. Por lo tanto, no es de esperar que la actividad tenga un efecto detectable en la producción en las condiciones mencionadas. En estos casos las prácticas de manejo destinadas a reducir la caminata no producirían un ahorro de energía suficiente para mejorar la producción.

En pasturas de baja disponibilidad, donde hay severas limitaciones al consumo de forraje, el costo extra de la actividad se triplica llegando a unas 1500 a 1700 kcal, principalmente debido al costo de cosecha. No obstante el gran aumento relativo, el mayor consumo para compensar dicho gasto extra sería de 700 a 800 gramos de materia seca por día, en un animal que tiene un requerimiento de mantenimiento de 4 kilogramos de materia seca por día (20 % más). Si los animales no puedan consumir lo mencionado, el gasto energético extra afectaría en gran medida a la producción.

CONCLUSIONES:

Según los resultados obtenidos, el pastoreo a alta tasa de bocados es el componente de la actividad de mayor costo energético, y es el que mayor incidencia tiene en el mantenimiento del animal en pastoreo (15 %), debido a que es una actividad costosa que los animales llevan a cabo durante varias horas del día.

El pastoreo a moderada tasa de bocado, así como la caminata en el llano y en pendiente son actividades de bajo costo energético y, en consecuencia, no afectan en gran medida al costo de mantenimiento (2 a 5 %).

El gasto extra de energía por caminar es bajo y puede ser compensado con un ligero aumento del consumo. Por lo tanto no debería afectar la producción, lo cual concuerda con los trabajos que han medido directamente el efecto de la actividad sobre la producción de carne o de leche.

Se calcula que en explotaciones extensivas, **la distancia máxima que debe recorrer** un bovino adulto para no perder peso es de unos 2.000 metros en terreno plano y de unos 800 metros en terreno ondulado. Por lo tanto, salvo que las aguadas estén sumamente alejadas de las zonas de pastoreo, la caminata hasta ellas no afecta la producción.

UBICACIÓN DE LAS AGUADAS

En algunos lugares de la zona árida, como por ejemplo, al sur de San Rafael, Mendoza, la carga animal promedio es inferior a la potencial. Sin embargo existen problemas de sobre pastoreo y degradación debido a la mala distribución de los animales en los campos, hecho provocado fundamentalmente por una deficiente ubicación de las aguadas.

En la patagonia, los lugares donde hay agua y pasto son los mallines, donde generalmente la pastura está más degradada al concentrarse en el mismo la presión de pastoreo. Al consumir el recurso pastura, el agua corre cada vez más rápido, profundizando la grieta y trasformando un mallín de muchas hectáreas en un hilo de agua que corre en el fondo de un canal de 4 o 5 metros de profundidad. De ahí la tremenda importancia de manejar correctamente al ganado sobre esta pastura y aguada.

Muchas veces no se comprende la importancia que un aporte constante y abundante de agua limpia y fresca tiene para la producción. Como principio fundamental en su ubicación, se puede enunciar que **el agua debe ir al animal y no el animal al agua**. Por lo tanto, se debe optar siempre por acercar lo más posible el agua al animal en su lugar de pastoreo. Esto permite disminuir el gasto energético de los animales, aprovechar más eficientemente los forrajes, en potreros extensos ampliar la superficie de pastoreo y contribuir a la mejor revisión del rodeo al concentrarse los animales en las aguadas. Si un rodeo no responde a las expectativas productivas uno de los factores a evaluar es la cantidad y calidad del agua de bebida disponible.

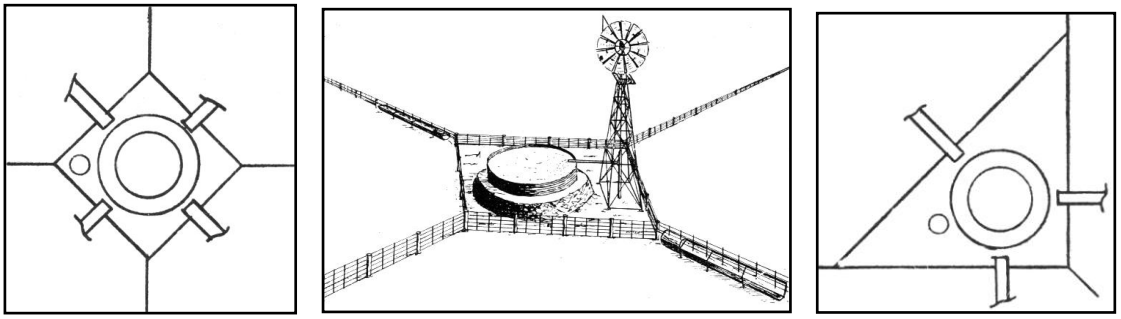
Para el adecuado manejo y utilización de las pasturas es esencial una buena subdivisión y buenas aguadas. Sin ellas la utilización de las pasturas se reduce a menos del 50 %, un nivel inaceptable productiva y empresarialmente.

En climas cálidos especialmente, los bebederos deberán encontrarse a la sombra y cerca de donde las vacas descansan durante las horas más cálidas del día con el objetivo de estimular el consumo, evitando a los animales la molestia de desplazarse hasta los bebederos exponiéndose a la radiación solar directa.

En el caso de los tambos, debe existir una aguada en el corral de espera y otra a la salida de la manga de ordeño, ya que las vacas concurren al lugar dos veces por día, y también en cada potrero, en cada parcela o donde puedan beber a toda hora. Las vacas lecheras con acceso continuo a agua abundante y de calidad producen considerablemente más leche con más sólidos que vacas con acceso a agua únicamente dos veces al día durante el ordeñe.

En campos no muy extensos, donde se justifica tener sólo una aguada, ésta se debe ubicar en el centro del mismo para evitar a la hacienda recorridos superfluos, servir a varios potreros a la vez, evitar gastos de cañerías y abastecer la casa y demás instalaciones.

Si el tamaño del campo justifica tener más de una aguada, se deberán colocar, en lo posible, coincidiendo con la división de varios potreros o donde se hayan planificado futuras divisiones.



Figuras 17-1.- Distintas formas de ubicación del cuadro de una aguada: a) En el cruce de 4 potreros, con una bebida para cada uno; b) En el cruce de 4 potreros, con dos bebidas bajo alambre para proveer agua a dos potreros cada una; c) En el cruce de 3 potreros, con una bebida para cada uno.

Cuando un potrero no tiene aguada resulta más económico abastecerlo por cañería y colocar un bebedero, que hacer una calle de acceso a una aguada de otro potrero. Esto evita un gasto extra de energía por los animales, tener una fracción de tierra inutilizada, evitar problemas de erosión y el traslado y concentración de fertilidad por las deposiciones de los mismos.

Es decir, el ganado debe tener acceso al agua en cada potrero con el fin de que puedan abrevar a voluntad y con el mínimo gasto de energía.

Si bien lo ideal es no más de 2 km, en campos muy extensos los vacunos no deben caminar más de 5 km desde la zona de pastoreo hasta el lugar de abrevado. En casos extremos pueden recorren hasta 8 km. Obviamente, cuanto menor sea la distancia a recorrer utilizarán un mayor porcentaje de la energía que ingieren con

fines productivos, y será menor el pisoteo para llegar a los caminos o trazas (huella de vaca) que ellos mismos marcan y por las que van a la aguada.

Las vacas con cría al pie necesitan tener la aguada más cercana que las vacas secas y las vaquillonas.

En zonas ventosas, conviene ubicar las aguadas en el extremo del potrero opuesto al viento predominante, ya que los animales suelen pastorear de cara al mismo. De esta manera, se alejan de la aguada al pastorear y disminuye la congregación a su alrededor.

En zonas de erosión hídrica o eólica, la ubicación de las aguadas se hará en los lugares de menor peligro. Además, se deben evitar las concentraciones de animales, haciendo los reparos y colocando los suplementos minerales lo más lejanos posible de las aguadas.

Su ubicación debe ser a distancia de las tranqueras, de manera de evitar la excesiva concentración de hacienda en un solo lugar, con el consiguiente traslado de fertilidad al mismo.

En campos donde el agua sólo se obtiene a grandes profundidades, es conveniente mejorar las aguadas existentes, siempre que posean agua apta para el ganado. En estos casos hay que asegurarse buenas reservas de agua en tanques australianos y tener un doble sistema de extracción independiente, molino y bomba o dos bombas. El agua así obtenida se distribuirá por cañerías a los diferentes potreros o sectores de un mismo potrero, para mejorar el manejo de las pasturas.

En lotes con lomadas, los bebederos deben ubicarse en las partes altas para evitar la erosión hídrica por causa de las huellas que hace el bovino para ir a las mismas. Si tenemos una loma y la bebida en el bajo, los bovinos bajarán desde distintos lugares de la loma hacia el bajo, y por lo tanto, las huellas irán convergiendo desde lo alto hacia el bajo, por lo que las aguas de lluvias que bajen por esas huellas se irán concentrando a medida que se acercan al bebedero, causando una mayor erosión hídrica. Hemos visto en menos de dos años profundizarse estas huellas más de 70 cm, lo cual lleva a la producción de cárcavas. En cambio, si la bebida está en lo alto, los animales subirán desde distintos lugares del bajo convergiendo hacia el alto. Por lo tanto, cuando llueve, el agua que baja por las huellas se irá desconcentrando a medida que se acerca al bajo, con lo cual disminuye su caudal en cada huella y causa una menor erosión.

UBICACIÓN DE LOS MOLINOS

La ubicación de los molinos es uno de los puntos más importantes a tener en cuenta para que los mismos trabajen con la máxima eficiencia.

La instalación del molino en la cercanía de la población del campo permite la detección inmediata de roturas, roces, necesidad de cerrarlo por fallas o vientos muy fuertes, corte del freno, etc. Otra ventaja de este lugar de instalación reside en una mejor atención del auxiliar de molino durante los días de calma. La torre del molino, además, constituye un excelente pararrayos.

La desventaja de su instalación próxima a la población, consiste fundamentalmente en la posibilidad de contaminación de la napa de agua por la presencia de pozos negros o ciegos o lagunas de oxidación de tambos cercanos a la perforación. También existe el peligro de que por haberse ubicado mal respecto a los vientos predominantes, al producirse vendavales fuertes el molino pueda caer sobre las viviendas o galpones.

El eje de la rueda del molino se hallará a unos 5 m por sobre el techo más alto. Si el molino se instala demasiado cerca de alguna construcción, es necesario colocarle riendas para mayor seguridad y además en zonas de vientos muy fuertes, el tanque de abastecimiento a la población es conveniente que esté fuera de la torre para reducir al mínimo la presión que ejerce el viento. También en estas zonas resultan inconvenientes las plataformas con mucha barandilla o adornos, y las enredaderas que se acostumbran a dejar trepar en las torres (fig. 13-20).

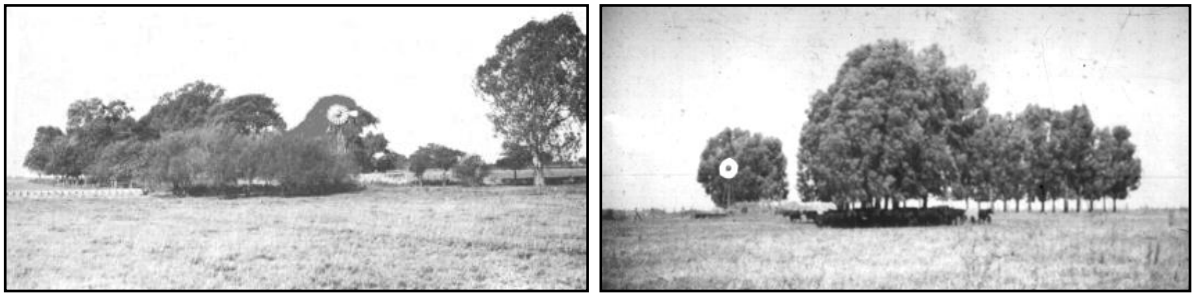
La instalación de los molinos debe hacerse, en lo posible, en lugares donde se carezca de vegetación arbórea, ya que la misma frena el viento, formando remolinos y zonas de calma, perjudiciales para su aprovechamiento eficiente. Para no tener este tipo de interferencias, los molinos se deben ubicar a 250 m de distancia de árboles de 30 m de altura, y las torres en estos casos deben tener como mínimo la mitad de la altura de los árboles más altos.

Teniendo en cuenta estas premisas, se podrá implantar alrededor de la población montes frutales o forestales bajos, tratando que el molino reciba sin obstáculos el viento predominante y que la base de la rueda sobrepase por lo menos 5 metros la copa de los árboles más altos.

La no observación de estas reglas y la falta de un plan de instalación produjeron el fenómeno de que infinidad de molinos se vean paralizados o trabajen a bajo rendimiento, cercados por los montes que ellos mismos irrigaron para su crecimiento.

Las montañas y sierras de escasa elevación deforman las corrientes de aire, creando disturbios invisibles pero muy grandes. En estas zonas se debe tener la precaución de instalar los molinos a por lo menos 500 m de distancia del pie de la elevación; la torre debe ser lo más alta posible y es conveniente efectuar un estudio previo del movimiento del aire.

En campo de llanura, los molinos se deben instalar en las lomas, evitándose así las interferencias en los vientos y facilitando el abastecimiento de los bebederos por gravedad.



Figuras 17-2 - Un grave error: montes de reparo anulan el funcionamiento de los molinos cuando el viento proviene de esa dirección. En la segunda foto se ve que los animales al mediodía están refugiados bajo el monte y que dos o tres vacas se dirigen al bebedero a beber para luego regresar bajo la sombra. Un claro traslado de fertilidad hacia la aguada.

AGUADAS Y MANEJO DE PASTURAS

Aguadas naturales

En alusión a la gran seca del 2008-2009, La Nación (2009) publicó el siguiente comentario, que muestra rotundamente la importancia de poseer aguadas seguras, aún en las circunstancias más difíciles: “Para dar una idea del impacto de la seca en la ganadería vale un dato: en Concepción, Corrientes, hay campos que debieron juntar y mezclar su hacienda porque en varios potreros se secaron lagunas y esteros. La hacienda permanece en las cercanías del agua, sobrepastoreando esas zonas y desaprovechando las áreas más alejadas, lo cual torna aún más ineficiente el uso del campo. Este problema de aguadas no permite realizar un correcto manejo de la hacienda, lo que reduce la producción, según la Sociedad Rural”.

Generalidades

Las aguadas y el tamaño del potrero definen la presión de pastoreo. Esto es así porque el aprovechamiento del forraje en potreros grandes es desuniforme y se produce una zona de sacrificio en la proximidad de la aguada, quedando en la zona más alejada forraje sin aprovechar. Por el abrevado se produce un efecto de sobrecarga provocando un pisoteo excesivo que trae aparejado la desaparición de la vegetación y la degradación del suelo en la cercanía de las aguadas. Además, por ser una zona donde se efectúan mayores deyecciones, hay un traslado de la fertilidad desde otras zonas del potrero hacia la aguada.

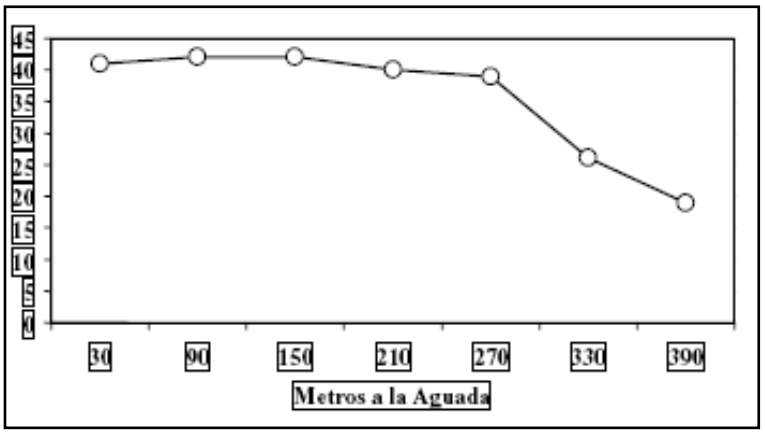


Figura 17-3.- Consumo de forraje según distancia a la aguada (Deregibus, 2005).

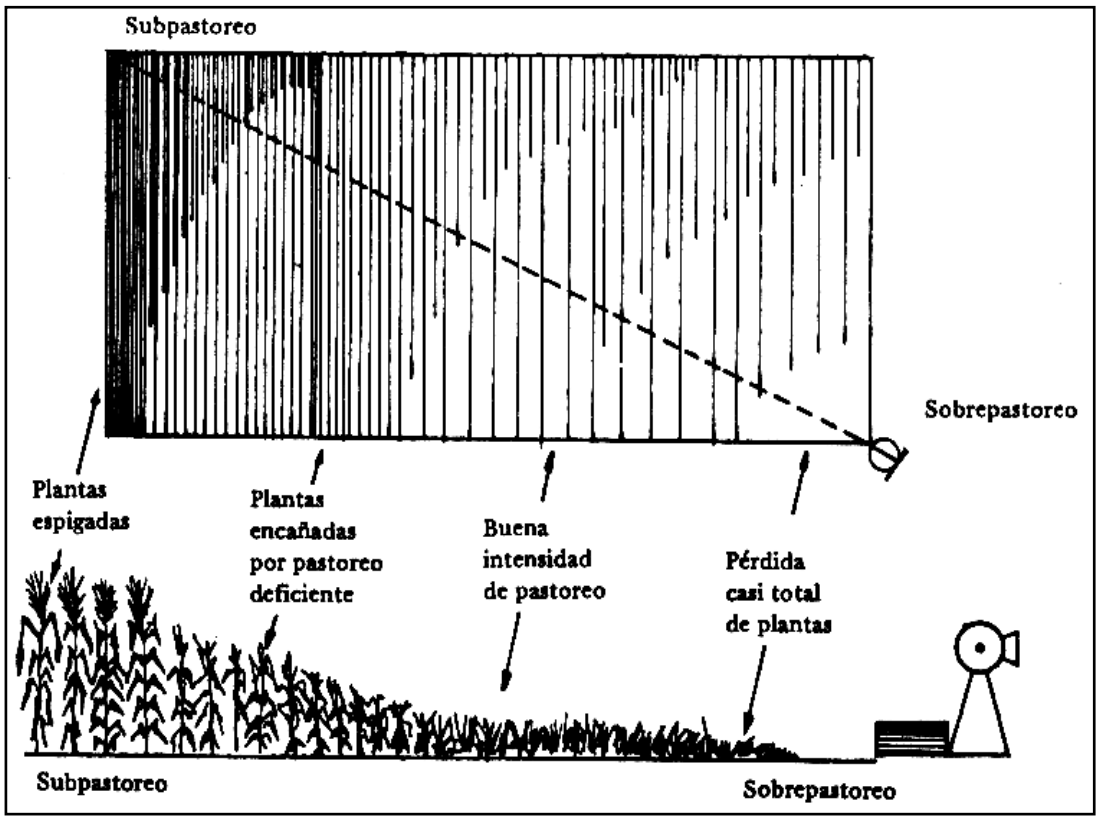


Figura 17-4.- Efecto de una aguada única en un potrero extenso sobre la presión de pastoreo en distintos lugares del mismo. La misma toma una forma concéntrica, disminuyendo desde la aguada hacia el ángulo opuesto del potrero (Adapt. de Malinarich, 1985).

Pasturas naturales y cultivadas en regiones áridas y semiáridas

En regiones áridas y semiáridas, en general los potreros de pastoreo son de grandes dimensiones y única o escasas aguadas, lo que limita la expansión de la actividad ganadera. Por lo tanto, el número y distribución de las aguadas es un aspecto fundamental que determina la intensidad y localización de los cambios en la estructura tanto a nivel horizontal como vertical y en la dinámica de las comunidades vegetales por el movimiento de los animales en relación a la distancia a un punto fijo que es la aguada.

Algunos trabajos indican cambios sustanciales en la composición florística que probablemente se relaciona a los impactos acumulados a largo plazo por el pastoreo en potreros con una sola fuente de agua (Landsberg y col., 2003; Morici y col., 2003).

Como la aguada es el centro del pastoreo, en potreros extensos la distancia máxima que recorre el animal desde la misma es el límite disponible de la pastura, aunque el potrero sea mucho mayor. Esto significa que el aumento del número de aguadas permanentes o temporales en este tipo de campos hace posible utilizar nuevas pasturas que en caso contrario se desaprovecharían.

Tabla 17-1.- Porcentaje de recolección de forraje a diferentes distancia de la aguada
(Adapt. de J. B. Nazar Anchorena, 1988).

Distancia a la aguada	0 - 100 m	500 m	750 m	1200 m	1500 m	1750 m	2300 m ó +
Forraje consumido	100 %	80/60 %	60/50 %	50/40 %	40/20 %	20 %	0 %
Forraje disponible	0 %	20/40 %	40/50 %	50/60 %	60/80 %	80 %	100 %

Estos valores de utilización del forraje dan una idea del beneficio que se logra con la instalación de nuevas aguadas. Es decir, una nueva aguada en un potrero extenso puede aumentar la receptividad del mismo. Ninguna parte del potrero debe estar a más de 1,5 - 2 km de una aguada, lo que significa contar, en zonas llanas, con potreros de 150 a 200 ha, y algo menos en zonas con pendientes.

El apotreramiento obliga a proveer nuevas aguadas, y estos dos hechos llevan a aumentar la producción, como ha mostrado un trabajo realizado en la provincia de Corrientes, donde la carga se aumentó en un 16 % y el índice de preñez en un 18 % en condiciones semejantes de pastoreo continuo.

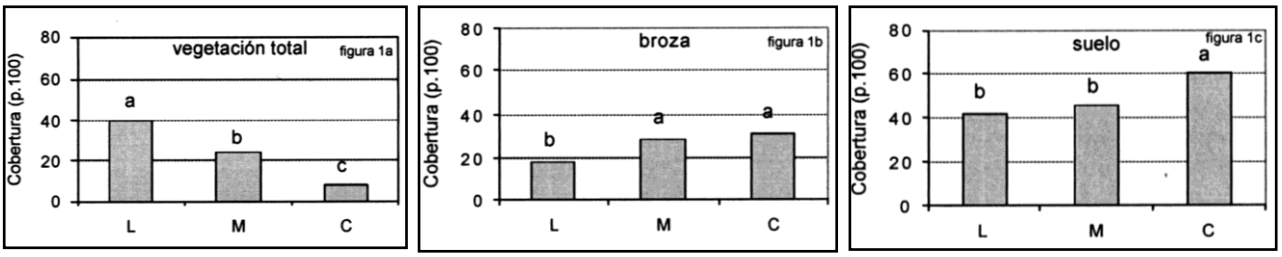
Tabla 17-2.- Evolución de la carga y preñez antes y después del apotreramiento con sus respectivas aguadas.
(E.E.A. INTA Mercedes, campo del Grupo CREA Curuzú Cuatiá) (AACREA, 1991)

Potrero	Año	Carga	Preñez
1 potrero de 400 ha	1979 a 1983	0,55	77,8
4 potreros de 100 ha	1984 a 1990	0,64	91,9

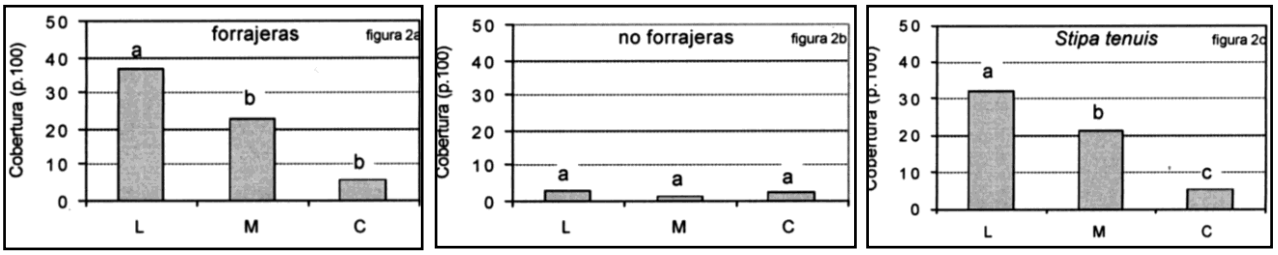
La menor diversidad en la pastura observada en el área de la aguada podría atribuirse, tanto a la defoliación excesiva como al pisoteo continuo que dificultarían la instalación y supervivencia de plántulas (Brits y col., 2002). En los sistemas áridos y semiáridos se produce un reemplazo de las especies con valor forrajero por arbustos (Bisigato, 2000) y/o gramíneas de menor calidad para el ganado (Cerqueira y col., 2000; Distel y col., 2000), lo que lleva a una modificación estructural importante de la comunidad vegetal, disminuyendo la cobertura de los pastos forrajeros (Jasic y Fuentes, 1991; Bisigato, 2000).

Tabla 17-3.- Cobertura de corona, broza y suelo desnudo (%) en relación con la distancia a la aguada
(Morici, E. y col., 2003)

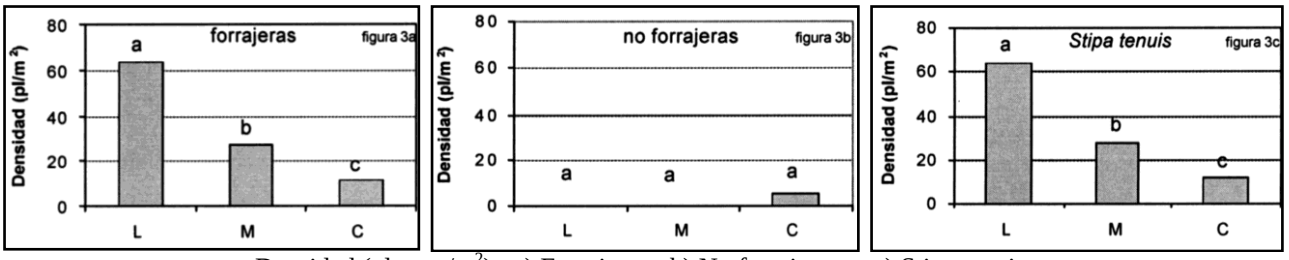
Cobertura	Distancia a la aguada		
	Próxima	Intermedia	Lejana
Coronas	16,3 a	21,9 b	25,3 b
Broza	78,4 a	68,4 b	64,6 b
Suelo desnudo	5,3 a	9,7 a	10,1 a
Forrajeras	7,0 a	14,6 b	19,5 b
No forrajeras	7,5 a	5,4 b	3,4 a
Gramíneas C_3	11,8 a	15,9 b	19,0 b
Gramíneas C_4	2,7 a	4,1 a	3,9 a
Comparaciones horizontales, letras distintas indican diferencias significativas $p<0,05$)			



Porcentaje de cobertura: a) total de vegetación; b) de broza; c) de suelo desnudo.



Porcentaje de cobertura: a) forrajeras; b) no forrajeras; c) Stipa tenuis.



Densidad (plantas/m^2): a) Forrajeras; b) No forrajeras y c) Stipa tenuis.

Figuras 17-5.- Distancia a la aguada: L) Lejana; M) Media y C) Cercana (Morici y col., 2006).
Letras distintas sobre cada columna indican diferencias significativas ($p<0,05$) entre las distancias.

La utilización de las áreas de pastizal natural con abrevadero único, provoca el uso ineficiente de los recursos forrajeros con sobrepastoreo en algunos sectores y subutilización en otros, pudiendo afectar en forma negativa la dinámica de las especies forrajeras a largo plazo (Morici, E. y col., 2003).

Estos autores encontraron que el área próxima a la aguada tenía similar cantidad de plantas forrajeras que las zonas más alejadas, pero con menor tamaño de corona. Esto se debe al efecto del pastoreo que afecta negativamente el área basal de las gramíneas. El aumento de densidad de forrajeras registradas en la zona intermedia se debe a que el pastoreo crea condiciones favorables para la germinación e instalación de nuevos individuos, pero este efecto beneficioso no se da en cercanías de la aguada por la gran presión ejercida en esa zona por los animales por la defoliación excesiva y el pisoteo continuo que dificultan la instalación y supervivencia de las plántulas, ya que las plantas pastoreadas intensa y continuamente presentan una menor disponibilidad de tejidos fotosintéticos, afectando esto a la corona de las gramíneas, lo que tiene como consecuencia la pérdida progresiva del vigor de las plantas, la disminución de la producción de semillas, un aumento de la probabilidad de muerte y una alteración en el proceso de colonización por plántulas. Todo esto tendría consecuencias a largo plazo para la persistencia de poblaciones.

Las gramíneas palatables decrecen cuando la presión de pastoreo se incrementa. Las especies resistentes al pastoreo y pisoteo tienden a incrementarse cerca de las aguadas. El suelo desnudo es mayor en áreas más cercanas al agua. Landsberg y col. (2003) indicaron que el suelo desnudo y la cobertura gramíneas fueron afectados significativamente por la distancia desde el agua, con suelo desnudo tendiendo a incrementarse y la cobertura de gramíneas a decrecer a medida que el sitio se aproximaba a la fuente de agua. Heshmatti y col. (2002) mostraron que la estrategia a largo plazo para potreros más pequeños (1.300 a 1.900 ha) con pastoreo moderado y un punto de agua simple puede conducir a cambios en la vegetación cerca del punto de agua, con especies de menor palatabilidad que eran menos comunes en los sitios próximos al agua.

Saba y col. (1995) también sostuvo que la cobertura total de especies palatables, particularmente gramíneas, se incrementó con la distancia desde el agua mientras que las especies arbustivas y no palatables decrecieron con la distancia al agua.

Beeskow y col. (1995) encontraron una relación negativa entre las coberturas de arbustos y gramíneas y una relación positiva entre suelo desnudo y cobertura de arbustos. Además, las áreas libres de vegetación fueron también más abundantes en sitios cercanos al agua. Los arbustos dominaron en las áreas muy pastoreadas cercanas al agua mientras que las gramíneas dominaron en los sitios levemente pastoreados en los extremos de los potreros. Perelman y col. (1997) indicó también que la cobertura relativa de arbustos estuvo positivamente correlacionada con la intensidad de pastoreo.

Para pastorear pasturas naturales en la zona semiárida de forma razonable, la presión de pastoreo no debe superar el 50-60 % del forraje disponible. Según esto, la presión de pastoreo será apropiada entre los 750 y 1.200 m lineales a la aguada. A distancias inferiores el pastoreo es excesivo afectando con el tiempo la condición del pastizal, haciendo desaparecer especies valiosas y aumentando por consiguiente especies menos valiosas o indeseables. A distancias superiores a 1.250 m el subpastoreo permitirá la producción de especies valiosas, pero sólo esporádicamente serán aprovechadas por el ganado cuando, por ejemplo, a causa de lluvias se formen fuentes de agua temporarias que permitirán un mayor alejamiento en el pastoreo de la fuente estable de agua.

Las pendientes en los potreros influyen en la distribución natural del ganado en función de la aguada, disminuyendo el radio de pastoreo desde la aguada según la pendiente sea más pronunciada. Cuando las pendientes exceden el 50 %, la hacienda rara vez se aleja más de 400 metros de la aguada, pero si se mejora el acceso se puede extender el radio de pastoreo a lomas y pampas ubicadas hasta a 1600 metros de la aguada.

Tabla 17-4.- Distancia de pastoreo en función de la pendiente y de la aguada

Inclinación de la pendiente	Desde la aguada, alcance del pastoreo cuesta arriba
10 %	1.207 m
30 %	644 m
60 %	161 m

Los alambradas, las aguadas y los saladeros (suplementos minerales) se deben utilizar para contrarrestar los diferentes hábitos de los animales con el fin de uniformar el pastoreo de los potreros.

IMPORTANCIA DE LA DENSIDAD DEL MONTE Y ARBUSTOS EN LA DISTANCIA A LA AGUADA

Es importante estimar cuál es la distancia real desde la aguada a las áreas de pastoreo en campos de monte. Para esto, se sugiere seguir a pie un sendero hecho por los animales hasta la aguada. Estos caminos serán más o menos sinuosos de acuerdo a la mayor o menor densidad de árboles, renuevos y arbustos. En casos de baja densidad de plantas o arbustos o por disponer de picadas, los caminos son casi rectos, y la distancia caminada real al agua será de 1,1 a 1 (10 % más que la distancia recta).

En potreros de monte muy denso o sucio se han medido distancias de 1,5 a 1 (50 % más que la distancia recta). En estos casos es común que los animales se desplacen por las picadas de los alambrados aumentando considerablemente la distancia caminada.

Esto se debe tener en cuenta especialmente durante el semestre cálido. Durante el semestre frío, el gasto extra de energía se reduce, ya que al necesitar menos agua diaria, el animal se desplaza menos veces a la aguada, frecuentemente cada varios días. En un trabajo de diagnóstico de preñez que debía realizar el autor en el norte de la provincia de San Luís, en un invierno muy frío y seco, en un campo de monte con potreros de 2000 hectáreas, donde se encerraban las vacas al bajar a la aguada, en cuatro días solo lo hicieron 360 de las casi 1000 hembras a tactar.

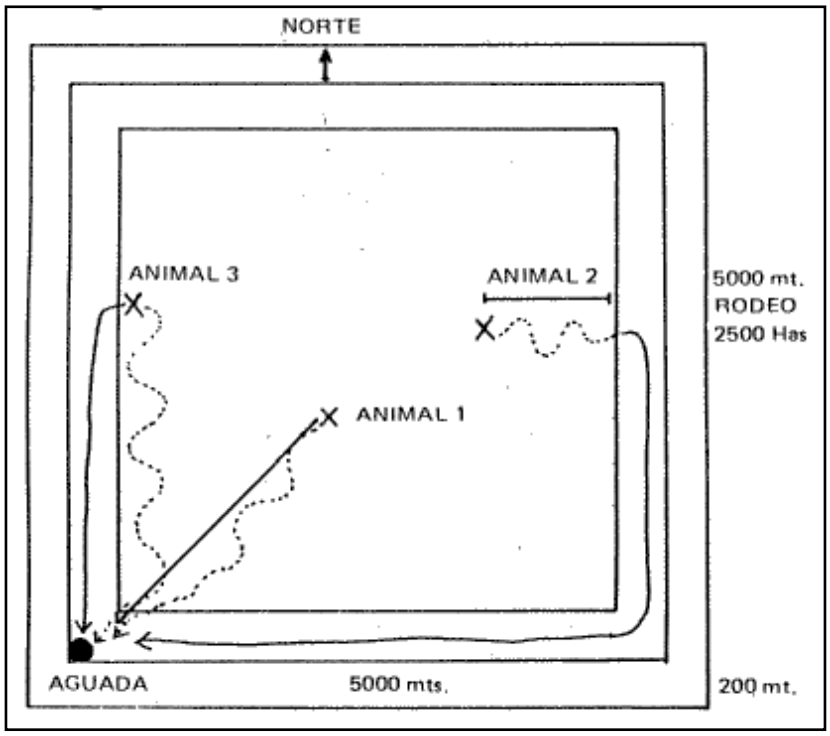


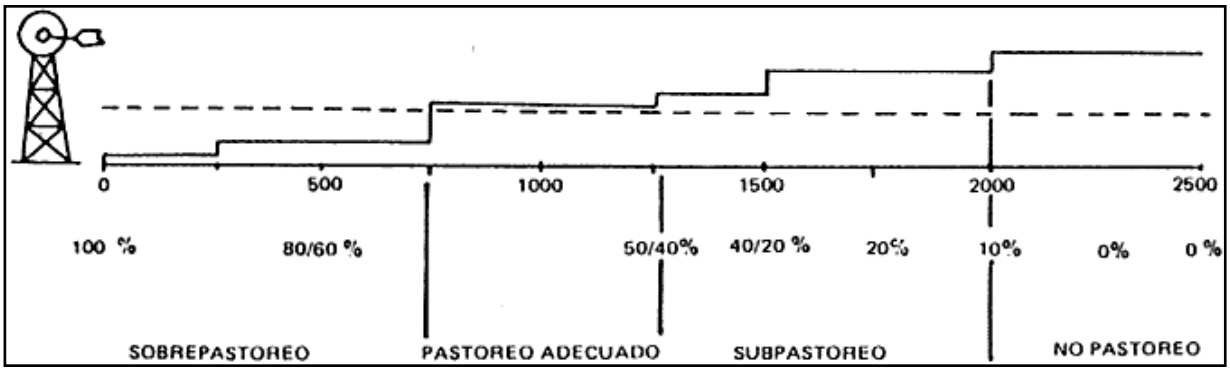
Figura 17-6.- Efecto de la densidad del monte y picadas en las distancias a la aguada (J. B. Nazar Anchorena, 1988).

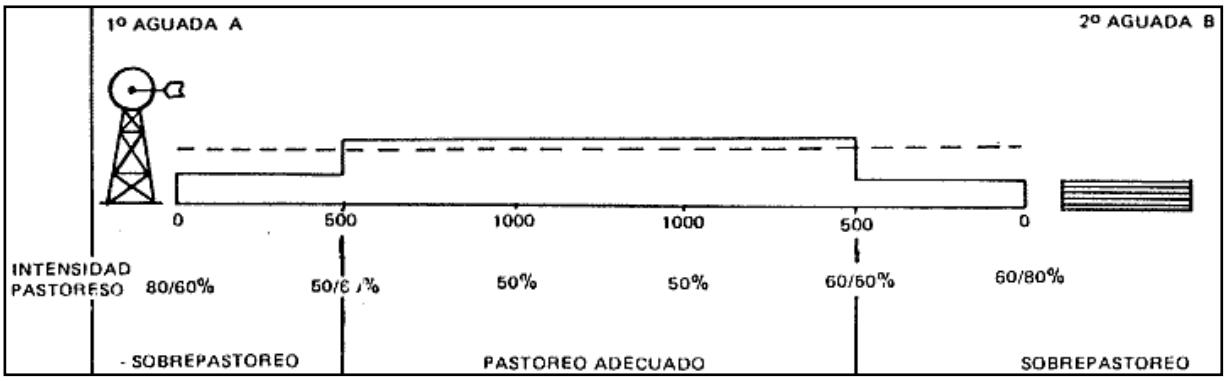
BENEFICIOS DE UNA SEGUNDA AGUADA

En potreros muy extensos, si existe una imposibilidad económica de subdividirlos, es conveniente ubicar más de una aguada en lugares extremos, cerrándolas alternativamente para aprovechar mejor el forraje.

En un potrero de 2.500 ha (una legua cuadrada), la segunda aguada será mucho más efectiva si a su alrededor existen otro u otros potreros. El efecto del beneficio será así multiplicado.

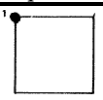
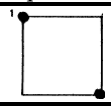
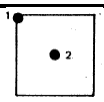
Para el caso en que no existan potreros alrededor del punto en donde emplazaremos la segunda aguada equidistante de la primera, es preferible colocar ésta en el medio de la legua porque allí su aprovechamiento será máximo.





Figuras 17-7.- Efecto de a) una aguada y b) dos aguadas en los extremos opuestos de un potrero extenso sobre la presión de pastoreo en distintos lugares del mismo. Con dos aguadas hay una disminución en el pastoreo en las áreas cercanas a la aguada (del 100 % se pasa al 60-80 %) y una presión de pastoreo razonable del 50 % en la mayoría de la superficie del potrero (J. B. Nazar Anchorena, 1988).

Cuadro 17-8.- Ejemplos del efecto sobre la carga de la distancia a la aguada en un potrero de una legua (2500 ha) con una o dos aguadas (Adapt. de J. B. Nazar Anchorena, 1988).

	1 aguada en esquinero	2 aguadas en esquineros	2 aguadas, una central
			
A - Superficie perdida para cubrir el gasto energético por traslado al agua	1.150 ha	500 ha	355 ha
B - Superficie subpastoreada o no pastoreada por distancia al agua > 2300 m	2.085 ha	1.700 ha	550 ha
Aumento carga animal esperado en razón de A	0 %	14 %	32 %
Aumento carga animal esperado en razón de B	0 %	15 %	48 %
Aumento carga animal total esperado (A + B)	0 %	29 %	80 %
Ejemplos:			
Carga media inicial = 1 vaca/10 ha = 205 vacas/legua	250	323 (+73 vacas)	450 (+200 vacas)
Carga media inicial = 1 vaca/5 ha = 500 vacas/legua	500	646 (+146 vacas)	900 (+400 vacas)

La aguada central nos permitirá a su vez dividir el potrero de 2.500 ha en 4 de 625 cada uno. En este caso a la ventaja de un menor desplazamiento a la aguada le sumamos una presión de pastoreo más equilibrada y la posibilidad de implementar alguno de los sistemas rotativos de pastoreo de pastizales naturales para respetar la floración, semillado, crecimiento, etc. de los pastos mas forrajeros.

Dividiendo un potrero en 4 y colocando una aguada en su centro aumentamos de tal forma la eficiencia de pastoreo que nos permitirá aumentar la carga animal y por consiguiente la producción en el orden del 60/70 %.

En la estancia El Centenario, prov. de San Luís, de antiguas Estancias Don Roberto S.A., para determinar la cantidad y separación de las aguadas se midió el pasto consumido por los vacunos a distintas distancias de la aguada, determinándose que a los 800 m consumía el 75 %, a los 1600 m el 55 % y a mayor distancia solo el 30 %. Esto permitió planificar adecuadamente la división de los lotes y colocar las aguadas de manera de lograr un alto impacto de consumo alrededor de las nuevas bebidas, pero por un período más corto de tiempo siguiendo un esquema de rotaciones que elimina el pastoreo continuo y que permite conservar las forrajeras de calidad.

El incremento y distribución adecuada en un potrero extenso de las aguadas produce un impacto positivo en la producción, resultando una inversión amortizable en poco tiempo. Con esto se logra rotar la carga y ajustarla en función de la distancia a la aguada. Pocas inversiones en un establecimiento de campo ganadero producen rédito más alto que aquellas que volcamos a la provisión de agua. En explotaciones ganaderas de la Zona Semiárida es la inversión de más rédito.

Guevara y Bertranou (1987) determinaron la posibilidad económica de incrementar la cantidad de aguadas, evaluando los costos de instalación y los beneficios esperados. Estos beneficios se fundan en el aumento de la carga animal a través del cambio en la disponibilidad hídrica y el mejor aprovechamiento de la disponibilidad forrajera. Mientras menor es la cantidad actual de aguadas en un establecimiento, más importante es el impacto de la incorporación de nuevas aguadas sobre el número de animales adicionales incorporados en la empresa y el mejor aprovechamiento del forraje.

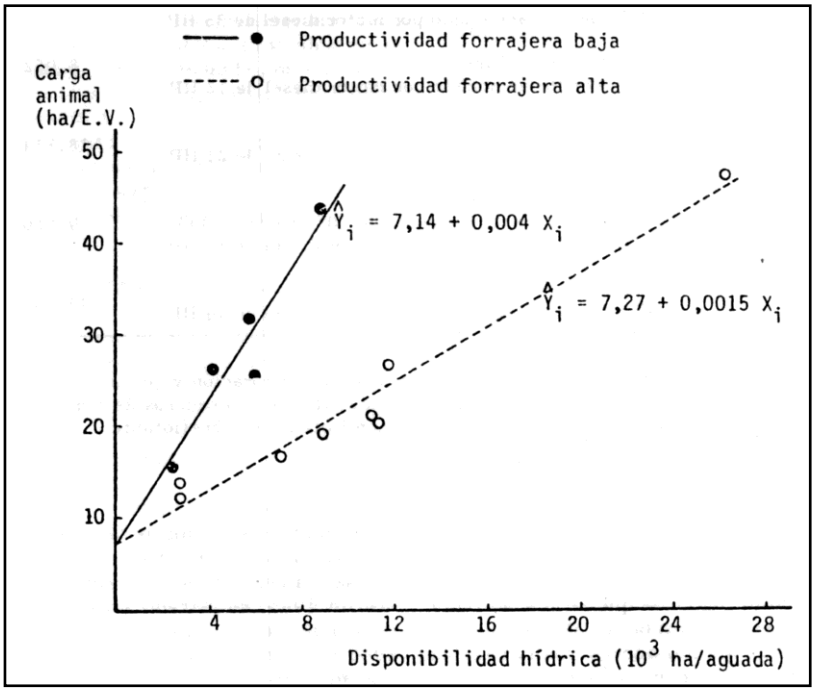


Figura 17-9.- Efecto de la disponibilidad hídrica sobre la carga animal para dos niveles de productividad forrajera (Guevara y Bertranou, 1987).

Cuando las posibilidades de alambrar para subdividir son muy onerosas para el tipo de campo, como son los del Chaco Seco, al menos en la etapa inicial de la producción, el planteo del manejo ganadero y del pastoreo se deberá basar en el manejo de las aguadas, abriendo y cerrando las mismas, las que, por lo tanto, deberán estar alambradas.

Conviene cercar las aguadas naturales que persisten en la época seca e instalar molinos para bombear el agua del centro de la represa a tanques australianos y bebederos. De esta manera se obtienen varios efectos, entre ellos:

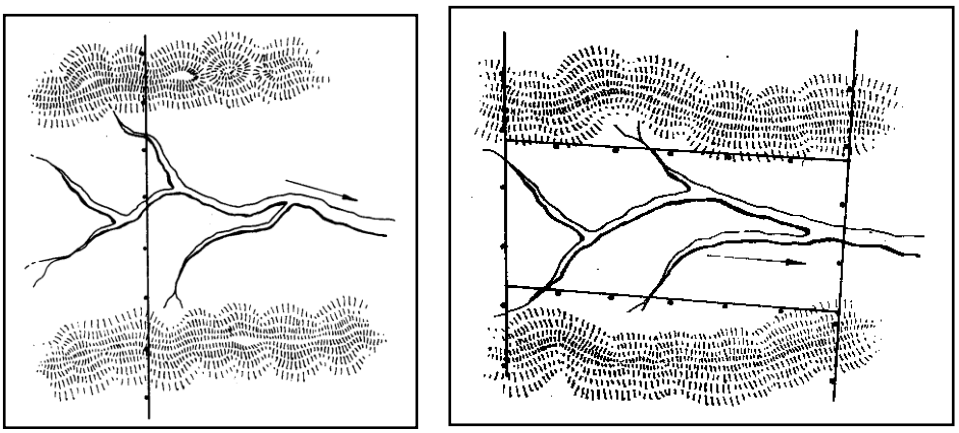
a) Al no entrar los animales al agua, se mantiene una mejor calidad de la misma y se reduce su contaminación con endoparásitos, reduciendo los gastos de tratamiento antiparasitario interno.
b) Cerrando y abriendo aguadas, se pueden hacer pastorear alternativamente distintos sectores del campo que no tienen alambrados divisorios.

AGUADAS EN ZONA DE SIERRA

La utilización en zonas de sierra de las pasturas lejanas al cauce de los arroyos o ríos, se puede lograr estableciendo aguadas pequeñas (represas, estanques, etc.) a lo largo de sus afluentes naturales, creando posibilidades de abrevado que permiten un uso más homogéneo del recurso.

Los valles por los que corren ríos o arroyos, entre dos cadenas de sierra, tienen diferente tipo de vegetación que la que se presenta en las laderas correspondientes.

Es un error muy común colocar los alambradas cruzando el valle.



Figuras 17-10.- Colocación de alambradas en una cuenca de río en zona de sierra: a) Incorrecta; b) **C**orrecta.

En la figura 17-10a se puede apreciar que el pastoreo va a ser más intenso en las partes bajas, ya que son las que rebrotan más temprano en primavera. De esta manera, se beneficia la vegetación de las partes altas. Aún usando cargas adecuadas, se producirá un sobrepastoreo en el bajo y un pastoreo liviano en las laderas.

En la figura 17-10b se indica cómo deben ser colocados los alambrados con el fin de separar los dos tipos de vegetación, y el tendido de otros alambrados para separar distintos potreros. Para los potreros de ladera, se deberán establecer aguadas en los afluentes o vertientes del curso principal. Sí esto no es posible, habrá que construir un acceso al río o arroyo. De esta forma, si bien la inversión en alambradas es mayor, se aprovecha correctamente el recurso alimenticio y se obtiene una distancia adecuada a las aguadas de cada potrero, lo que aumenta la receptividad y producción.

AGUADAS EN PASTOREOS ROTATIVOS

Para hacer pastoreo rotativo o alternativo con altas cargas, es imprescindible que las aguadas tengan capacidad suficiente para que la hacienda pueda abrevar cómoda y seguramente. Para ello, los mecanismos de extracción del agua y transmisión de energía, depósitos, bebederos y cañerías, deben estar de acuerdo con la máxima carga animal posible. Caso contrario, no se podrá hacer este tipo de manejo.

En pastoreos rotativos con callejón hasta la aguada se produce una disminución de la cobertura de la pastura en el ingreso a la parcela y en los sectores cercanos al mismo, lo que se profundiza en el callejón y en cercanías de la aguada.

Se debe empezar el pastoreo por la parcela más alejada de las mismas, a fin de disminuir el pisoteo y permitir cierto rebrote de la pastura en las zonas de las calles que van dejando de usarse, y que el animal, a medida que va ganando peso, camine lo menos posible.

PASTOREO CON CIERRE TEMPORAL DE LAS AGUADAS

Mc Cartor y Randel (1976), al cerrar el agua de bebida a vaquillonas que pastoreaban pasturas tiernas (aguachentas), comprobaron un incremento en la digestibilidad de la materia seca y en el consumo voluntario, con una disminución de la velocidad de pasaje del forraje por el tracto digestivo. Esto se debería a que los animales obtienen el agua que necesitan directamente de la pastura, y la necesidad de agua los lleva a un incremento en el consumo.

El contenido de agua de los verdeos aguachentos es mayor al 80 %, lo que es un principio fundamental para aplicar esta técnica. El corte del agua se puede efectuar únicamente en la primera comida o pastoreo de los verdeos invernales. Se debe estar atento a cada caso particular, ya que puede tener cierta utilidad cuando los verdeos no están sazonados y es peligrosa cuando lo están.

La finalización del período de cierre de la aguada no es fijo, sino que deben observarse a la hacienda y al pasto para realizarlo. Cuando los verdeos comienzan a sazonarse, disminuye el porcentaje de agua, y la hacienda comenzará a moverse inquieta buscando agua de bebida, ya que la del pasto no cubre sus necesidades.

Cuando hay heladas tempranas que afectan a los verdeos, estos pueden estar sazonados al momento de iniciar el pastoreo en la primera comida, por lo que no conviene cerrar las aguadas.

No se debe suprimir el agua a animales enfermos ni emplear esta práctica cuando la disponibilidad de forraje es baja.

Algunos trabajos publicados en nuestro país (Torroba, 1984), indicarían que con este procedimiento se logra un mayor aumento de peso diario en los novillos. Esta técnica tuvo su auge en la década de 1980. La duda existente era si la reducida cantidad de agua que los animales bebían cuando estaban en verdeos tiernos (solamente 3-4 litros por día), aún en casos de alta salinidad, podían tener un efecto tan marcado en la digestibilidad y aprovechamiento de los mismos como para que cortándoles el agua de bebida se lograran mejores aumentos de peso. Trabajos posteriores llevaron a la conclusión de que no es una técnica conveniente, ya que en nuevas y más exactas experiencias no presentó diferencias en la ganancia de peso diaria con el manejo tradicional, y que puede ser hasta peligrosa si se descuida el momento en que debe suministrarse nuevamente agua.

A pesar de esto, la citamos porque podría ser de utilidad en algún caso de potreros con verdeos invernales tiernos y transitoriamente sin aguada (roturas, en construcción, falta de viento, etc.), ya que la primera comida se podría hacer sin agua de bebida. Para el aprovechamiento total del verdeo en una segunda comida, se deberá implementar algún sistema para proveer agua de bebida, y si se provee agua pero de mala calidad para invernada, se podría comer el verdeo con animales mejor adaptados a la misma, como ser vacas de cría que no estén amamantando.

AGUADAS EN VACAS LECHERAS EN PRODUCCIÓN

Hemos visto (Cap. II) que una restricción reducida en el consumo de agua disminuye el consumo de materia seca en aproximadamente 0.45 a 0.90 kg/día, lo cual puede deprimir el pico de producción de leche en 1 a 3 kg/día y que es probable que una de las limitantes de la producción lechera nacional lo constituya un consumo de agua deficitario en cantidad y/o calidad, particularmente durante los meses cálidos con alto estrés térmico.

El NRC (1981) indica que entre otros factores que controlan el consumo de agua de las vacas lecheras se encuentra su disponibilidad, ya que se encontró un aumento del 50 % cuando el agua estaba disponible en el campo de pastoreo (21,2 hs/día) comparado con agua ofrecida solamente en la sala de ordeño (2,8 horas/día).

En los tambos, las vacas lecheras en producción deben tener agua tanto en el corral de espera antes del ordeño como inmediatamente a la salida de la sala de ordeño.

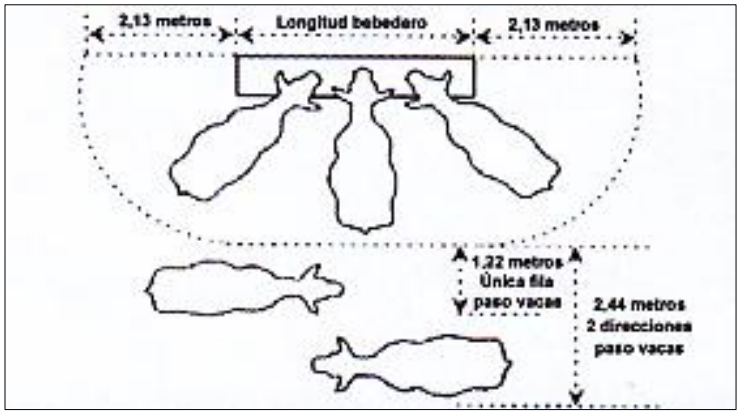


Figura 17-11.- El bebedero a la salida de la sala de ordeño debe tener un mínimo de 60-65 cm disponibles por vaca que sale de la mangada, o lo que es lo mismo, 60-65 cm por bajada. Si el bebedero está situado en un callejón, debe calcularse su ancho para que por detrás de las vacas bebiendo puedan pasar sin molestarlas dos vacas juntas, es decir, que queden libres unos 2,40-2,50 m.

Tanto en el corral d espera como en la salida de la manga de ordeño, la demanda de agua es muy concentrada en el tiempo, por lo que se debe disponer de bebederos y recarga de los mismos adecuados, incluso para evitar problemas de dominancia. Hay una dominancia de las vacas de varias lactancias frente a las de primer lactancia, lo que lleva a que estas últimas consuman un 7 % menos de agua y un 9 % menos de materia seca, reduciendo por lo tanto su producción.

Los problemas de dominancia desaparecen cuando el agua se encuentra en cada parcela del pastoreo rotativo o acompaña al ganado con bebederos móviles en su traslado a otra parcela, ya que los aspectos sociales del abrevado desaparecen pues solo una o pocas vacas beben al mismo tiempo, tomando poco agua por vez pero más veces, ya que saben que la tienen cerca y permanentemente. No hay acumulación de animales en el bebedero.

Cuando la aguada está lejos de su lugar de pastoreo, los animales permanecen más tiempo cerca de la misma, lo que sumado al tiempo de espera y ordeño, puede llegar a ser la mitad de las horas del día. Estas horas se restan al tiempo de consumo de alimentos, lo que repercute negativamente en la producción de leche.

Tabla 17-5.- Producción de leche, sólidos no grasos, grasa y proteína, promedio por vaca por día y por tratamiento, durante el período experimental (junio 2002- abril 2003) (Piaggio y García).

Producto		Sin agua en parcela, con agua en tambo	Con agua en parcela y en tambo
Leche (litros/vaca/día)		14.91	15.74
Sólidos no grasos	%	8.91	8.97
	kg	1.33	1.42
Grasa Butirométrica	%	3.72	3.79
	kg	0.552	0.596
Proteína	%	3.33	3.39
	kg	0.49	0.53

En esta experiencia de Piaggio y García, el aumento de producción en las vacas que disponían de agua en la pastura y en el tambo sobre las que la disponían solo en el tambo, representó un 5 % más de litros/vaca, con un 6,5 % más de sólidos no grasos y un 7 % más de grasa y proteína, diferencias altamente significativas.

Tabla 17-6.- Producción de leche (l/v/d) promedio por tratamiento por control lechero y agrupados por estación del año (Piaggio y García).

Estación del año	Sin agua en parcela, con agua en tambo	Con agua en parcela y en tambo
invierno	15.31	16.03
primavera	17.58	18.02
verano	12.42	13.70
otoño	12.94	14.00

Las respuestas estacionales variaron entre un 2 a un 10 % de diferencia de producción de leche, y claramente la mayor respuesta fue registrada durante el verano y el siguiente otoño, como era esperado. Los otros parámetros siguen el mismo padrón.

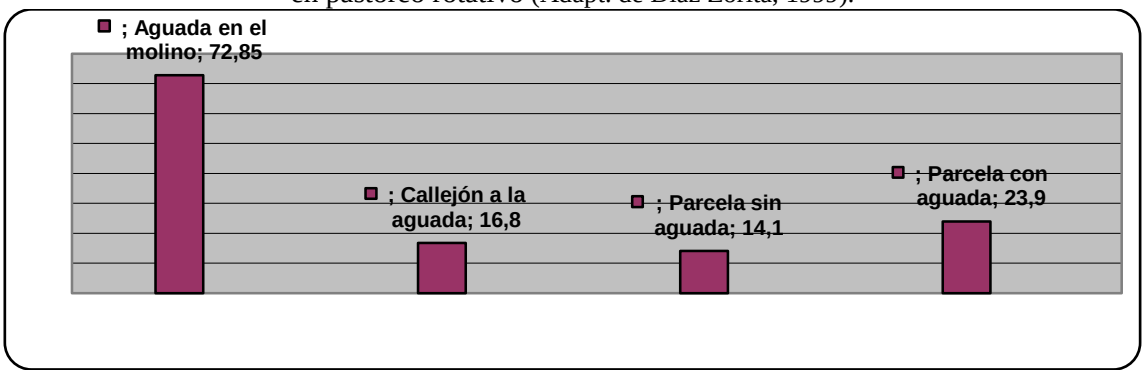
Otra ventaja del agua en las parcelas es que las vacas se echan a descansar y rumiar sobre pasto y no en tierra pelada y con heces como ocurre en una única aguada en un callejón. Esto trae aparejado mejor sanidad de la ubre y menor trabajo de limpieza antes del ordeño.

AGUADAS Y FERTILIDAD DE LOS SUELOS

La restitución de elementos fertilizantes a través de las heces no se realiza de forma uniforme en toda la pastura, sino que existen sectores de concentración de los mismos (proximidades de aguadas, callejones, comederos, saladeros, alambrados, rincones, sombra, etc.).

En el pastoreo rotativo, la incorporación de la aguada en cada parcela asegura una mejor distribución de las heces y reduce el traslado de nutrientes hacia sectores improductivos al asegurar una mayor permanencia de los animales en los sectores bajo pastoreo. Los animales permanecen en la pastura comiendo (y produciendo) y las altas cargas instantáneas facilitan la distribución de las heces, debido al estallido y desparramo de las mismas por el intenso pisoteo en un tiempo reducido, cuando las heces aún están frescas.

Cuadro 17-12.- Nivel de fósforo en el suelo según la ubicación de la aguada en pastoreo rotativo (Adapt. de Díaz Zorita, 1999).



Se observa en el cuadro 17-12 que en el pastoreo rotativo la parcela con aguada tiene un mayor recupero de fósforo frente a la sin aguada. Se ve también la importante cantidad de fósforo que se traslada a la cercanía de la aguada ubicada donde se encuentra el molino y al callejón que lleva a la misma. Es decir, que las aguadas distantes promueven la intensificación en los traslados de nutrientes y su acumulación en áreas no productivas, mientras que las aguadas en la parcela, aunque no producen un gran cambio en la distribución de los contenidos de materia orgánica, favorecen el mantenimiento de los niveles de fósforo disponible y reducen sus traslados hacia áreas no productivas.

Por otra parte, el exceso permanente de heces y orina en aguadas, corrales o callejones con arboledas puede llegar a secar a estos árboles.

AGUADAS Y MANEJO DE LA HACIENDA

Las aguadas pueden ser de utilidad, en algunos campos y casos, en el manejo de la hacienda. Los siguientes son algunos ejemplos:

BUITRONES

Se trata de corrales trampa que permiten el encierre automático de la hacienda. El nombre proviene de un artificio empleado en cierto tipo de caza, que consiste en setos o paredes de ramas que en forma de embudo se van estrechando hasta rematar en un cercado grande u hoya, para que la caza acosada sea encerrada en la misma.

El buitrón se emplea en zonas de monte y/o sierra para el encierre de la hacienda, y consiste esencialmente en un embudo con una corta manga, cuya terminación se efectúa con una elevación de 0,60-0,70 m sobre el nivel del terreno, y da a un corral amplio o a un potrero pequeño desmontado donde se encuentra la aguada.

Normalmente, cuando no se usa el buitrón la hacienda accede a la aguada por una tranquera cercana al embudo, la que se cierra cuando se desea emplear la trampa. De esta manera, el único acceso al corral donde se encuentra la aguada es por la manga con el salto, el que permite la entrada de los animales pero impide su salida.

En el caso de animales cebú, la altura del salto debe ser mayor que la indicada. En época de parición, este sistema se debe usar con mucha precaución, teniendo que revisarse dos veces por día y soltar nuevamente las vacas paridas cuyas crías no hayan quedado encerradas junto con la madre, para evitar que mueran o se "aguachen" terneros.

En los potreros donde existen varias aguadas naturales, que no se puedan clausurar, y donde el agua sea deficiente en sales, el buitrón se construye también en una de las aguadas, pero se emplean para atraer a la hacienda los suplementos minerales. Se trasladan todos los saladeros dentro del buitrón cuando se desea encerrar la hacienda. La hacienda percibe la sal a gran distancia cuando tiene necesidad de ella, por lo que entrará al buitrón para consumirla.

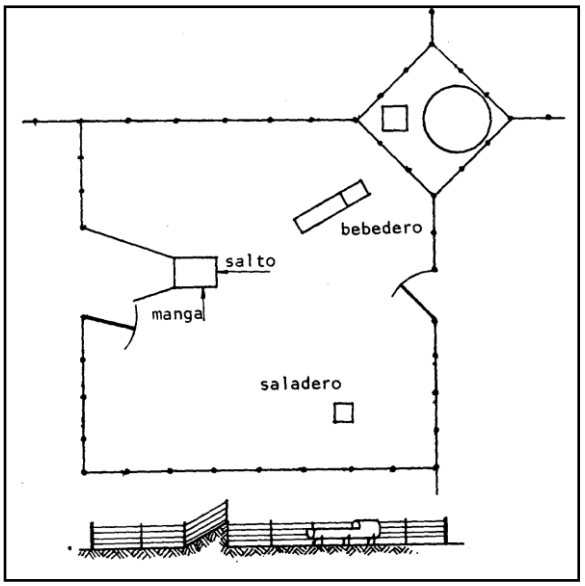


Figura 17-13 - Esquema de un buitrón.

Francisco Murray describe otro sistema de uso similar que consiste en la instalación de dos dispositivos en forma de embudo, colocados uno como entrada y otro como salida del corral de la aguada, que funcionan en forma permanente obligando a la circulación unidireccional de la hacienda (Figuras 17-14 y 17-15). Para en-

cerrar la hacienda basta con cerrar el dispositivo de salida (tranquera B), para que los animales que entran normalmente a tomar agua se vaya acumulando en el interior de los corrales.

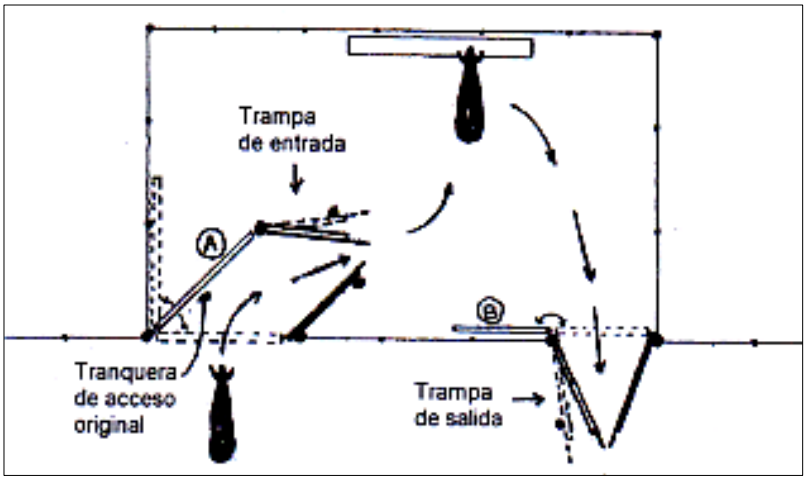
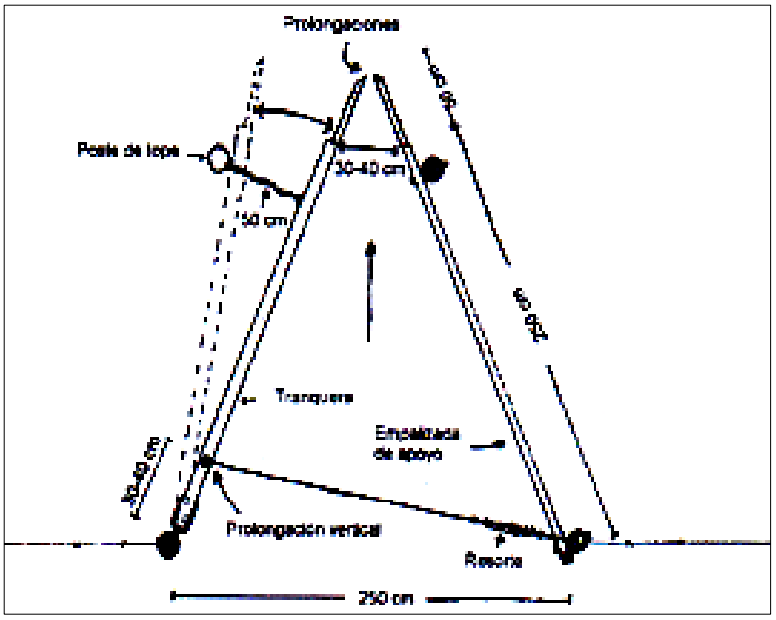
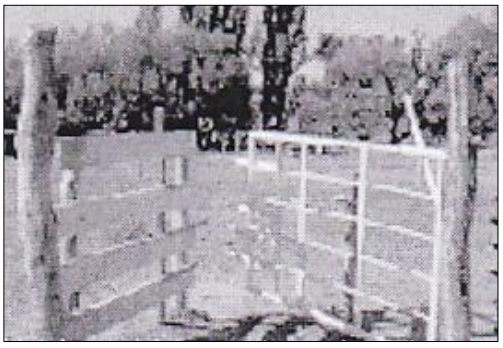


Figura 17-14.- Circulación habitual de los animales en la aguada a través de las tranqueras trampas de entrada y salida.





Figuras 17-15.- a) Esquema simplificado visto de arriba de la tranquera trampa con las medidas recomendadas. b) Tranquera trampa. Observar la abertura de paso, la ubicación de las prolongaciones con puntas aguzadas que impiden la salida en sentido inverso y la prolongación vertical desde donde se ata el elástico que cierra la tranquera.

REPUNTE

Cuando se desea juntar la hacienda de un potrero, sobre todo si es extenso, el trabajo se efectúa más fácilmente si se la arrea hacia el lugar de la aguada habitual. Por otra parte, también se facilita si se lo hace en las horas en que normalmente la hacienda va hacia la aguada.

PEDILUVIOS

Para tratar enfermedades del pie del bovino (pietín, problemas podales), se puede construir un pediluvio sobre el piso de cemento de los bebederos, de manera que la hacienda, al ir a beber agua, forzosamente tenga que penetrar en el mismo.

El nivel del líquido en el pediluvio debe tener como mínimo 10-12 cm. En tratamientos preventivos, se puede emplear el sulfato de cobre al 2 % y en curativos al 5 %, al cual se le puede agregar un 2 % de formol.

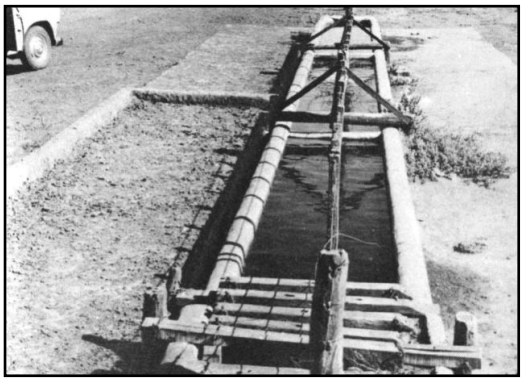


Figura 17-16.- Bebedero con piso de cemento, donde se aprovechó parte del mismo para construir un pediluvio. Como el bebedero está construido en secciones que se comunican por un orificio, cuando se usa el pediluvio se cierran las secciones que no dan sobre el mismo, obligando a la hacienda a entrar en el baño curativo para poder beber. Observar el cubreflotante construido con varillas y los travesaños con que se le da firmeza al alambrado sobre el bebedero. Estancia Las Lomas, de Suc. Elowson, Las Acequias, provincia de Córdoba.

TRATAMIENTOS

Algunos tratamientos orales se pueden administrar a los animales por medio del agua de bebida. Son aquellos cuyas dosis no es necesario que sean tan exactas, entre las cuales podemos citar a los carminativos, anticiánicos, tanino y en algunos casos excepcionales, ciertos antibióticos, vitaminas y minerales.

En los medicamentos que es norma administrarlos en el agua de bebida, la dosificación ya viene indicada por litro de agua; caso contrario, deberá estimarse la dilución a efectuar, teniendo en cuenta la dosis que se desea administrar por vacuno y el consumo de agua estimado para cada uno.

Hemos visto que el consumo de agua es variable de acuerdo a numerosos factores, por lo que la dilución del medicamento debe adaptarse dentro de lo posible a esas variaciones, debiendo tener en cuenta principalmente la temperatura, las lluvias y encharcamiento y el contenido de MS del alimento.

Los medicamentos a emplear en el agua de bebida deben reunir ciertas condiciones, tales como:

- Buena palatabilidad o que sea imperceptible en el agua a las dosis recomendadas.
- No afectar negativamente la función ruminal.

Siempre es conveniente efectuar la dilución en los bebederos, previamente limpios, y no en los tanques, y cerrar el flotante hasta que se consuma el agua medicada, para volver a repetir la operación, o emplear dosificadores.

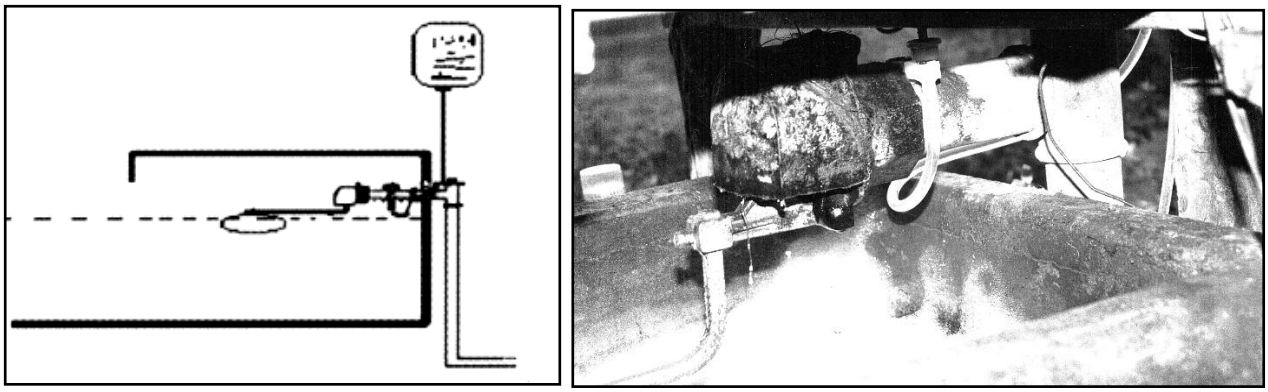
EMPLEO DE DOSIFICADORES

Dos son los sistemas de dosificadores para bebederos más empleados:

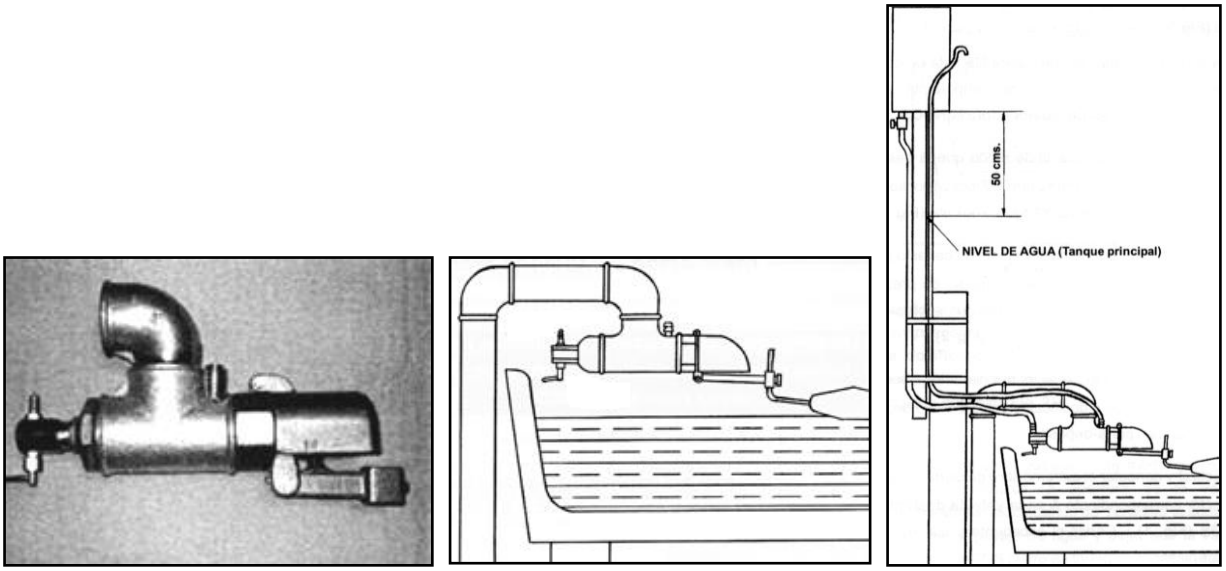
- Sistema hidráulico o de hidroeyector o tipo venturi: al abrirse el flotante, el agua que entra al bebedero aspira por la boquilla venturi el medicamento.
- Sistema mecánico o en paralelo al flotante: Cuando el flotante abre el paso del agua, también se abre la salida del dosificador calibrado de acuerdo a la salida de agua. Para mayor exactitud al emplear mayor vo-

lumen, en algunos casos se reemplaza el bidón del medicamento con un tambor de 200 litros donde se disuelve en agua el mismo.

Ambos sistemas permiten el ingreso de producto dosificado según varíe el caudal de agua que ingresa al bebedero, caudal que está determinado por el consumo que efectúan los animales, realizando tanto la dosificación como el mezclado del producto con el agua en el momento de ingresar a la bebida.



Figuras 17-17.- a) Esquema de un dosificador para bebedero hidráulico o de hidroeyector tipo venturi. b) Dosificador para bebedero con descarga tipo venturi.



Figuras 17-18.- Foto y esquemas de un dosificador para bebedero mecánico o en paralelo al flotante (Válvulas Mingos, Adelia María, prov. de Córdoba).



Figura 17-19.- Dosificadores para bebedero mecánicos o en paralelo conectados al flotante

Sistema para regular el nivel o presión de agua de la cañería

En el caso de existir un desnivel considerable entre el bebedero y el tanque que lo abastece, no puede colocarse directamente la válvula dosificadora en la cañería existente en el bebedero debido a que el nivel del agua que llega al bebedero superará la altura de instalación posible del depósito del producto a dosificar. Esto también ocurrirá cuando el agua llega a gran presión al bebedero por otras causas, como ser surgentes, bombas y molinos que abastezcan directamente al bebedero.

Para solucionar este problema de manera que el dosificador funcione correctamente, se recurre a un tanque intermediario o auxiliar de unos 300 litros para bajar el nivel o presión del agua entre el tanque principal y el bebedero. El tanque principal o el surgente o la bomba llenan al tanque intermedio, el cual cuenta con válvula y boya. La válvula dosificadora se instala en el bebedero y la cañería que la alimenta sale del tanque intermedio, preferentemente con un diámetro de 2 pulgadas o mayor.

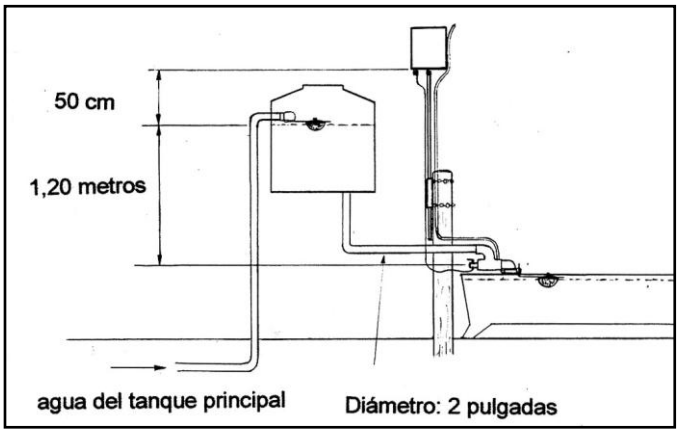


Figura 17-20.- Sistema para regular nivel de agua con tanque intermediario
(Válvulas Mingos, Adelia María, prov. de Córdoba).

Para el caso de bebederos móviles, si la cañería, y por lo tanto, la altura del nivel de agua, varían porque cambia la altura del terreno donde se coloca el bebedero, se puede proveer un tanque intermedio móvil con patines de arrastre y acoples de conexión rápida, tanto para el bebedero como para la toma de agua de la línea.



Figura 17-21.- Tanque intermediario móvil con patines y acoples de conexión rápida.

"Es oportuno decir aquí, que no en todas partes hay agua dulce ó salobre pero que la hacienda la beba sin repugnancia."
Hernández, José. 1882. Instrucción del Estanciero. Edit. Casavalle, Bs.As.,:118. "

CAPÍTULO XVIII

INSTALACIONES PARA EL MEJORAMIENTO Y/O MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

CHUPADOR ARAÑA O PATAS DE ARAÑA

Las napas freáticas por lo general son menos salinas que las siguientes, pero pueden ser de escaso rendimiento. El agua dulce es menos pesada que el agua salada (el peso específico del agua de mar es 1.025 y es 2,5 veces más densa que la dulce) y por lo tanto flotará encima del agua salada, y si se hace una gran extracción, en algunos casos se agota el agua dulce alrededor del chupador y se produce la intrusión de agua salina. Suelen existir en algunas zonas donde existen lomadas o médanos lentes de agua menos salina apoyados en agua más salina debido a la recarga por agua de lluvia.

La recuperación de estas napas dulces ante una fuerte extracción es lenta. Por lo tanto, se debe respetar la premisa de no extraer de una aguada mas de lo que ésta puede rendir sin peligro de salinización.

Si el chupador no se coloca muy profundo en la napa, se puede lograr mejor calidad de agua, pero el rendimiento diario será pobre.

Es importante conciliar calidad con espesor del manto acuífero, o sea, colocar chupadores en zonas de aguas no tan dulces, pero de rinde satisfactorio.

En base a este planteo, se emplean los chupadores araña o patas de araña, en napas cuya profundidad no supere los 6 m.

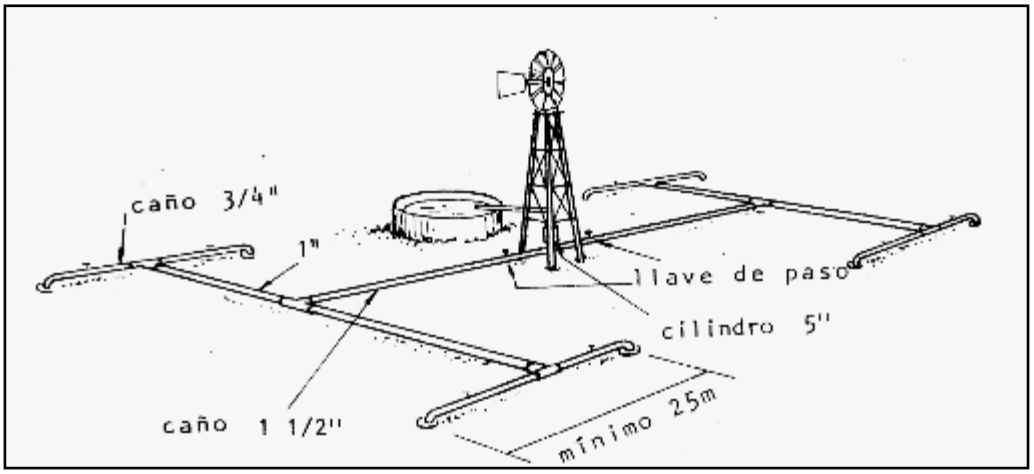


Figura 18-1.- Chupador araña o patas de araña

De un molino de 8-10 pies de diámetro de rueda, con cilindro de 5-6 pulgadas, parten dos caños horizontales en dirección opuestas a nivel de suelo que van derivando en otros dos y éstos a su vez en dos más. El diámetro de los caños se va reduciendo en cada derivación. Es conveniente colocar una llave de paso en cada ca-

ño terminal, para poder aislarlo en caso que por bajar o agotarse la napa aspirara aire. La distancia mínima entre terminales no debe ser inferior a los 25 m para evitar la superposición de las zonas de captación de las perforaciones.

Se puede tener de esta manera 4, 8 o más chupadores, los que deberán estar a la misma distancia del cilindro y a la misma profundidad. Los caños pueden estar a ras del suelo, en cuyo caso hay que alambrar el área, o enterrados.

Se coloca también una llave de paso en cada uno de los dos caños iniciales, de manera de poder usar las dos secciones en forma alternada cada 4 - 6 horas, de acuerdo al espesor de la napa y al viento reinante.

Con este sistema es factible abarcar una gran zona de captación, que puede llegar a mas de una hectárea, según sea el largo de los caños. Cada chupador, de diámetro reducido, extrae un caudal pequeño que se recupera perfectamente, evitando la intrusión del agua salina en la cual se encuentra apoyada la dulce.

MOLINOS MÚLTIPLES

Cuando nos encontramos con una primera napa a una profundidad mayor de 6 m, no es posible o es dificultoso aplicar el sistema de chupador araña, pero sí seguir sus mismos principios.

En estos casos, aunque a un costo mayor, es necesario colocar dos o más molinos chicos, en vez de uno grande, separados como mínimo unos 50 a 100 m uno de otro, y que lleven agua al mismo tanque.

No es conveniente que trabajen más de 5 o 6 hs continuas, y nunca cuando no es necesario. Por ello es de suma utilidad colocarles un sistema de cierre automático.

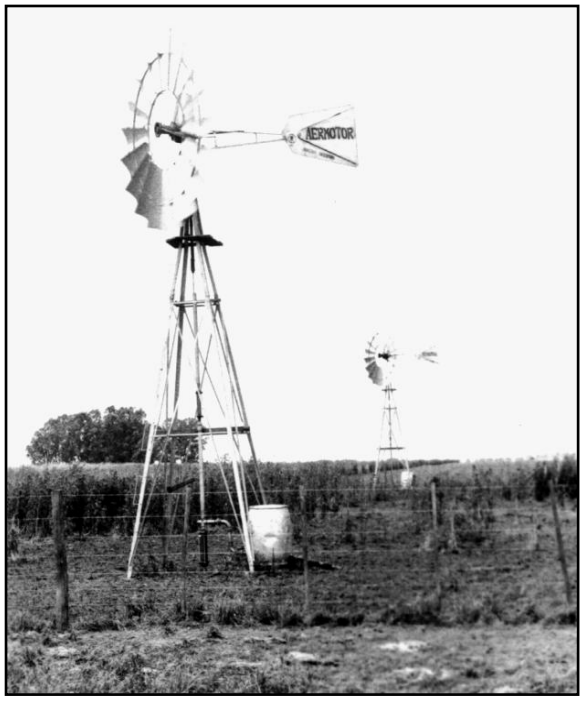


Figura 18-2.- Dos molinos que extraen agua de buena calidad de una napa muy superficial (cilindros a ras de suelo) y tienen instalados pulmones para llevar el agua a un tanque situado a distancia y a mayor altura a una zona del campo donde el agua es muy salina.

MOLINOS EN LOMAS ARENOSAS

La recarga de acuíferos freáticos se opera a tasas mayores en áreas de superficie arenosa (médanos, dunas, mantos de arena, etc.) con respecto a aquellas aledañas de carácter limoso o arcilloso. Ello se debe, entre otras

razones, a la buena capacidad de infiltración de las arenas, cobertura vegetal de bajo porte y baja densidad que crece sobre ellas, zonas sin cobertura vegetal, y a la escasa capacidad de retención de agua de los suelos originados en estos materiales. Por ser ambientes bien drenados, varias especies de animales cavan allí sus madrigueras, lo que determina la existencia de recarga localizada en micro escala.

Las formaciones medanosas con un espesor superior a 1,5 m, de acuerdo a la superficie que cubren, modifican las aguas aledañas a las mismas. Las aguas almacenadas en los médanos son de baja salinidad (200-500 mg/l), que al entrar en contacto con el agua circulante de la freática, bajan el tenor salino de éstas en forma proporcional a los volúmenes de la mezcla. Este mejoramiento de la calidad del agua alcanza su mayor distancia del centro medanoso en la orientación del gradiente hidráulico.

Generalmente, las áreas medanosas modifican localmente las curvas de nivel de agua (nivel isofreático) en razón de su mayor permeabilidad y menor capilaridad que los sedimentos adyacentes. La mayor permeabilidad permite una mayor recarga y la menor capilaridad una menor descarga por evaporación.

En campos donde hay agua salina, el agua de las zona medanosas es mejor. Por lo tanto, los molinos se colocan en estas lomas, con cañerías bajo tierra que llevan el agua buena a las zonas del campo con aguas salinas, ya sea directamente desde el molino, desde un tanque australiano o por intermedio de un pulmón si hay que llevarla a una altura mayor.

En la zona semiárida pampeana la situación es típica de la zona de médanos. El agua es generalmente de muy buena calidad y fácil de extraer, aunque el caudal tiende a ser bajo, por lo que es recomendable colocar molinos múltiples chicos o livianos por la facilidad para bombear el agua que está a poca profundidad.

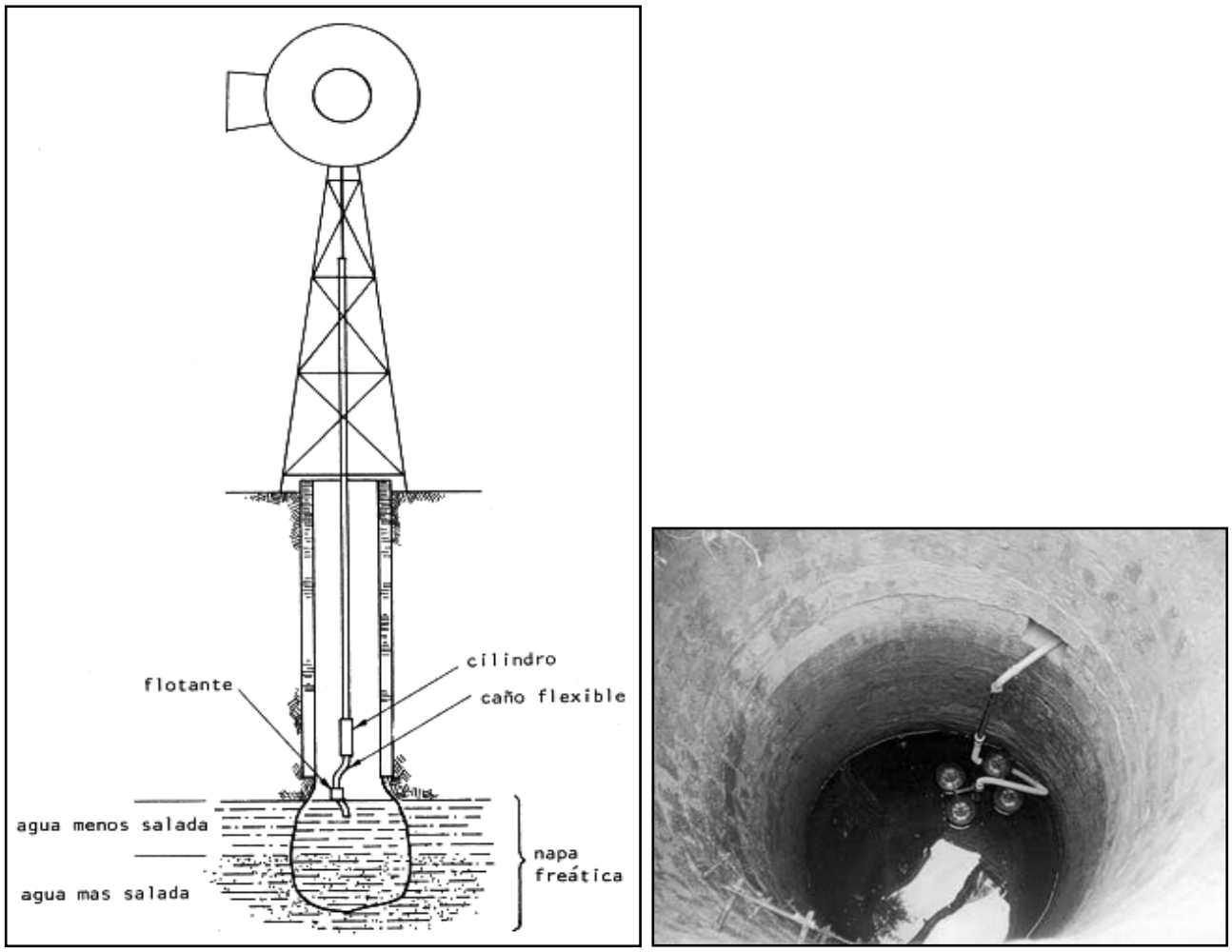


Figuras 18-3.- a) Tres molinos múltiples; el primero entrega el agua a un tanque colocado en la torre del segundo; al fondo, en el monte, se observan otros dos molinos múltiples; b) Dos molinos múltiples; En ambos casos en lomas arenosas.

POZO CON CHUPADOR FLOTANTE

Siguiendo el principio de los casos anteriores, si en un pozo, desde el cilindro, en vez de un caño chupador rígido sacamos una manguera flexible, la cual, sostenida por un flotador, chupa permanentemente el agua de la superficie de la napa aunque el nivel de la misma varíe, obtendremos una mejora en la calidad del agua extraída, la que dependerá del grado de salinidad, del caudal y del desplazamiento que tenga la napa freática.

Si la napa sube mucho, puede producirse el estrangulamiento del caño flexible, por lo que en ciertas épocas será necesario controlar esta posibilidad.



Figuras 18-4.- Pozo con chupador flotante**:** a) Esquema; b) Un tipo de chupador flotante (Basán Nickisch, M. 2003).

TANQUES CUBIERTOS

Hemos visto que en muchas zonas el promedio anual de evaporación puede estar entre los 600 y 2.000 mm, lo que en algunos casos representa mas que la precipitación anual (Cap. XIV: Evaporación). En los tanques australianos comunes, la concentración salina va aumentando con el correr de los días por evaporación, sobre todo si el consumo es bajo, y por lo tanto, la renovación del agua es lenta. Esto se agrava en zonas de aguas salinas o escasas, especialmente donde el agua es recogida en depósitos poco profundos, y donde debe almacenarse durante largos períodos hasta su uso.

Cubrir el tanque en su parte superior no mejora la calidad del agua, pero impide que empeore al concentrarse por evaporación, la mantiene limpia e impide la formación de nitratos y nitritos provenientes de la materia orgánica en descomposición que se deposita por el viento y se produce por microorganismos en los tanques descubiertos, no proliferando musgos, algas y plantas acuáticas. Además, por evitar la acción directa de los rayos solares sobre la masa de agua, la mantiene mas fresca, con los beneficios ya explicados (Cap. XIV: Tanque cubierto y Coberturas flotantes para tanques).

De todo esto surge la importancia, especialmente en zonas de aguas salinas, de cubrir el tanque, ya que en muchos casos la hacienda bebe agua de mayores concentraciones salinas que la recién obtenida de la napa

BEBIDAS Y CAÑERÍAS REPARADAS DEL SOL Y HELADAS

En zonas calurosas conviene proteger las bebidas de los rayos solares, ya sea por medio de sombra de árboles, de una ramada, techo de chapa o plástico con aislación térmica o media sombra que cubra la zona del bebedero. Con esto se logra disminuir la evaporación, y por lo tanto no aumentar la concentración de sales en el agua, mantener el agua fresca en verano y disminuir el efecto de las heladas en invierno.

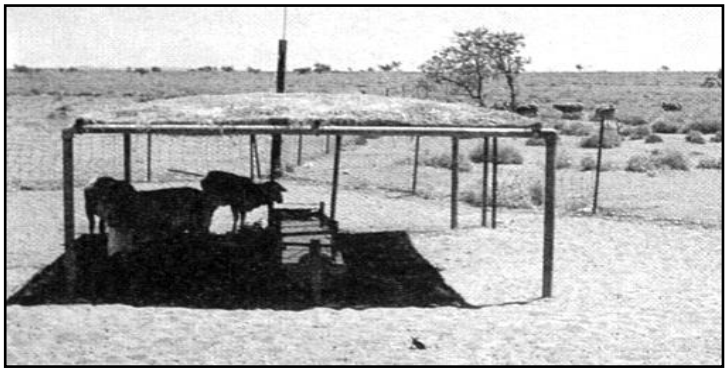




Figura 18-5.- Bebedero reparado del sol y de las heladas en la zona semiárida; armazón de caños en desuso y techo de paja sujeto con alambres. Con la lluvia, la paja se hace muy pesada, por lo que el armazón debe ser resistente.
Figura 18-6.- Bebida bajo techo en un corral de tambo (Gallardo y Valtorta, 2001).

La ramada, techo o media sombra debe estar a una altura superior a los 2,5 metros, tanto para que la hacienda no la muerda como para permitir una buena circulación del aire.

En los tambos es muy importante que la sombra sobre el bebedero tenga una extensión suficiente como para cubrir también a todas las vacas en ordeño, evitando que los animales tengan que elegir entre el agua y la sombra. Esto contribuye a evitar la disminución de la producción de leche por estrés calórico.

La media sombra o red de sombra es barata, y para que dure se debe colocar con broches cada unos 30 cm en todos sus bordes y con alambres que la crucen por debajo y por arriba para evitar que el viento la sacuda.

Las cañerías de hierro o de plástico que llevan el agua al bebedero deben estar enterradas en toda la extensión posible para evitar que dentro de ellas se caliente el agua en verano y se hiele en invierno. Las partes expuestas al aire deben taparse con paja o envolverse en arpillera, lo que es muy necesario cuando se emplean cañerías temporarias o desarmables de gran extensión.

TANQUES PROFUNDOS

En zonas de aguas salinas es conveniente construir los tanques australianos y otros depósitos de agua del menor diámetro posible y darles capacidad con mayor altura de sus paredes. La mayor profundidad del tanque lograda en esta forma lleva a una disminución de la superficie del agua que permite la evaporación con respecto al volumen, disminuyendo por lo tanto el aumento de la concentración de sales en el mismo.

Muchas veces, por la altura del terraplén que rodea al tanque, no se detecta a simple vista la profundidad. Aunque parezca excesivo, es aconsejable colocar algún cartel advirtiendo la profundidad, dado que si el tanque no está totalmente lleno, una persona inadvertida que se bañe en el mismo corre el riesgo de ahogarse, pues no va a hacer pie en el fondo y tampoco puede alcanzar el borde.

Si además se deseara cubrir el tanque, como su diámetro es reducido comparado con su volumen, la cobertura resultará más económica.

DEPÓSITOS DE AGUA CON SALIDA FLOTANTE

En los depósitos con aguas salinas en reposo, la zona más profunda tiene generalmente mayor salinidad, incluso con ciertas sales precipitadas, además de tierra y materia orgánica que se va acumulando. Todos estos elementos pueden ser arrastrados por el agua que va a los bebederos, y si no transcurre el tiempo suficiente para que sedimenten antes que los animales beban el agua, éstos los ingerirán.

Siguiendo el mismo principio de los pozos con chupador flotante, desde las salidas a las bebidas ubicadas en el fondo del tanque o en las paredes cercanas al fondo, se coloca un caño o manguera flexible que un flotante permite mantener a pocos centímetros de la superficie, siguiendo las variaciones en el nivel del agua. En la entrada de esta manguera se coloca un filtro. De esta manera, el agua que pasa a las bebidas tiene algo menos de salinidad.

El tanque debe tener un buen desagote, ya que periódicamente hay que vaciarlo o por lo menos dejar salir gran parte del agua del fondo. Cuanto más profundo es el depósito, más efectivo es el método.

Es necesario que estos depósitos estén siempre bien llenos, para lo cual es conveniente colocarle al molino alguno de los sistemas automáticos de cierre y apertura que hemos visto.

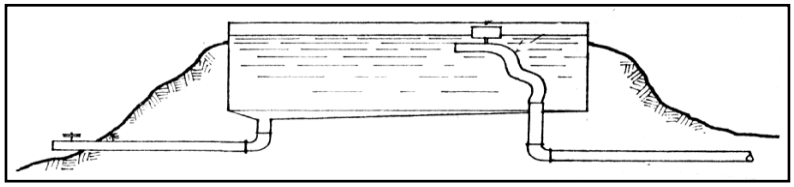


Figura 18-7.- Tanque australiano con salida flotante al bebedero.
Buen desnivel del piso para vaciado fácil y rápido.

RECARGA O ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL DE NAPAS POBRES Y/O SALINAS

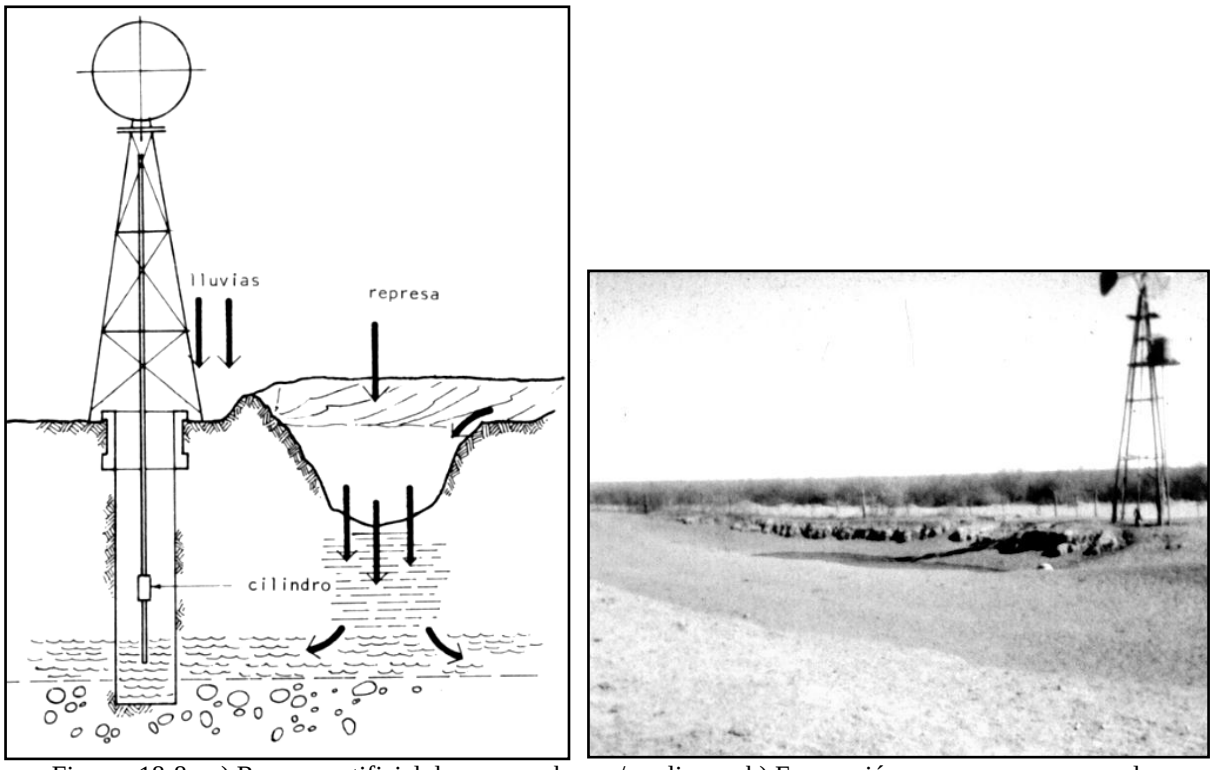
La recarga artificial de acuíferos se emplea para almacenamiento subterráneo de escorrentías superficiales, reducción o eliminación del descenso piezométrico del acuífero, reducción de costo de bombeo o transporte, disminución o corrección de intrusión marina y disolución del excesivo contenido en sales totales, nitratos u otros constituyentes químicos de las aguas.

En zonas con problemas de napas pobres y/o salinas, se puede trabajar recargando la napa freática con agua de lluvia cuando se encuentran a poca profundidad (hasta unos 10 m). Aunque este proceso se realiza en forma natural, es posible producir el aumento o conservación del caudal del agua subterránea o una disminución de su salinidad, por medio de construcciones especiales o bien por cambios artificiales en las condiciones naturales existentes, a la vez que se evita la pérdida del 70 al 80 % del agua de lluvia por evaporación y la salinización en su descenso a través de la tierra hasta la napa.

La recarga artificial puede mejorar la calidad del agua subterránea existente o bien del agua que se utilice para efectuar la recarga, como ser en el caso de la captación del agua deficiente en sales de un río para disminuir la salinidad del acuífero.

Para efectuar la recarga artificial, se hace una represa cerca de los pozos, hacia arriba de la dirección de donde viene la corriente de la napa, y se deriva hacia ella el agua de cunetas de caminos, las que si es posible conviene profundizar, o de partes altas del terreno. Este agua así conservada, se infiltra recargando la napa.

En zonas de aguas salinas es común ver molinos ubicados a la vera de las rutas, de manera de aprovechar la recarga que se hace naturalmente por las cunetas de las mismas. Estos molinos generalmente no tienen tanque australiano a su lado, sino que los mismos están ubicados a distancia en el cruce de alambrados que dividen potreros, de manera de poder ubicar las bebidas cerca. Desde el molino se envía el agua hacia esos tanques.

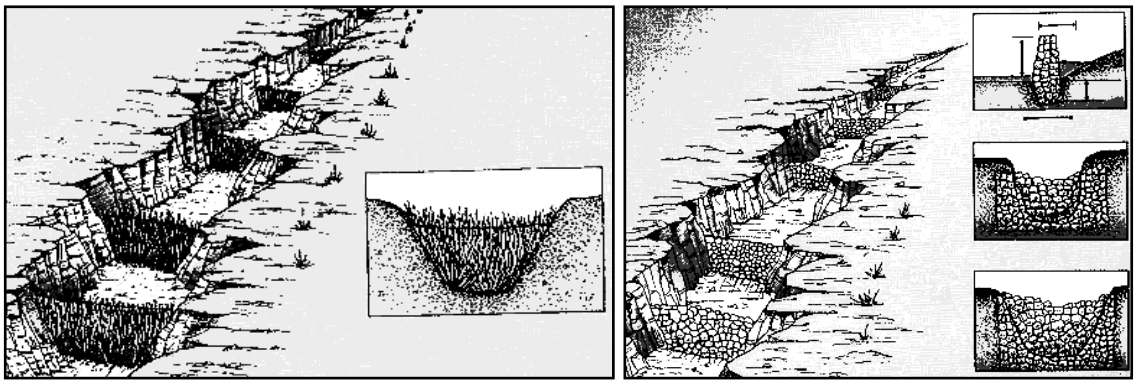


Figuras 18-8.- a) Recarga artificial de napas pobres y/o salinas; b) Excavación o represa para acumular agua de lluvia para recargar napa; el molino, por gravedad, lleva el agua a un tanque australiano distante.



Figura 18-9.- Represa de infiltración para recarga de 1ª napa, en este momento sin agua. Quimilí, Santiago del Estero (J. Manubens, 2000).

Los diques construidos en ríos, arroyos, cañadones, zanjones y cárcavas aumentan el tiempo y el área de contacto entre el agua y el lecho del cauce. Mejora su eficiencia si se escarifica el lecho, eliminando los materiales finos que cubren el fondo. El escarificado se debe realizar a poca profundidad y en el mismo sentido en que circula la corriente.



Figuras 18-10.- Pequeñas represas construidas en zanjones, cañadones o cárcavas: a) con madera; b) con rocas sueltas. Su objetivo es demorar el escurrimiento del agua de lluvia para permitir su infiltración a la napa freática, lo que también contribuye, en el caso de las cárcavas, a disminuir la actividad erosiva del agua.

Las balsas, campos de inundación y canales extienden el agua sobre el terreno para aumentar la superficie de infiltración. Las balsas son dispositivos alargados o de contorno irregular, en general poco profundas, donde la infiltración se produce por el fondo. Los campos de inundación son áreas laborables que, en determinadas épocas del año en que existen excedentes hídricos, se riegan, sin que se dañen los cultivos, con elevadas dotaciones. Los canales se construyen siguiendo la topografía del terreno y son dispositivos rectilíneos donde la infiltración se produce por el fondo y por las paredes laterales.

La recarga artificial durante las épocas de lluvias abundantes mediante la acumulación de grandes mantos de agua de poca profundidad (balsas, campos de inundación), se puede acrecentar al ponerlos en contacto con el terreno permeable mediante zanjas o pozos de recarga por los que se facilita la introducción del agua en los acuíferos.

Los tanques chaco, estanques, tajamares, embalses y represas en general contribuyen a la recarga de la napa freática, por lo que los pozos deben construirse hacia abajo de la dirección en que corren las napas.

Es conveniente barrenar el pozo en la dirección de la represa, de manera de facilitar más la entrada del agua hacia el pozo. El pozo del molino o bomba deberá estar entre 3 y 5 metros del borde de la represa. El caño chupador conviene que sea flexible y con flotante.

En lugares con napas muy pobres, pero no muy profundas, en vez de represas o tajamares se utilizan jagüeles y el agua de lluvia es directamente guiada a la napa. Este paso es más eficiente, pero el agua arrastra partículas finas en suspensión haciéndose necesario realizar desbarres periódicos para evitar que se tapen las vertientes.

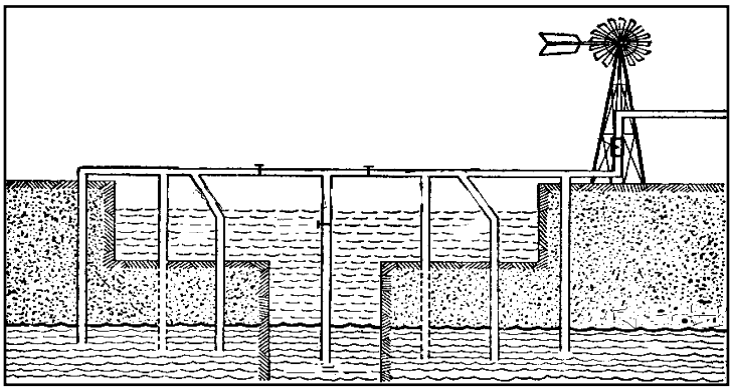
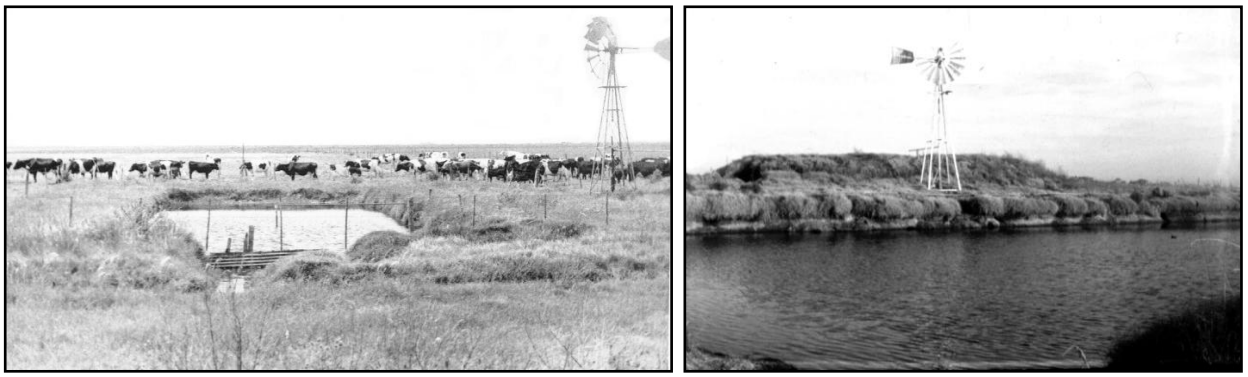


Figura 18-11.- Esquema de una **c**ombinación de represa y jagüel para recarga artificial de napa salina y/o pobre (Adapt. de Sbarra, 1973).



Figuras 18-12.- Recarga de napa salina. Napas salinas superficiales; jagüeles hasta la napa para recibir agua de lluvia, molino para extraer el agua. a) Se observa el caño chupador del molino en el centro del jagüel. La foto está tomada desde la ruta asfaltada. Se ve la comunicación con la cuneta de la ruta, por donde el agua de ésta pasa también hacia el jagüel. b) Jagüel, molino y tanque australiano.

Para utilizar las represas para mejorar la calidad de la napa freática, se pueden hacer perforaciones en su piso con pala-barreno, entubándolas con caño de PVC que sobresalgan del piso hasta la altura máxima del agua en la represa, ranurados y rellenos con grava, lo que facilita la recarga subterránea. El agua es inyectada de manera natural por la carga hidráulica propia y puede ser recuperada a través de un pozo si la conformación geológica imperante en el lugar permite su almacenamiento subterráneo. Entre las ventajas de esta metodología se encuentran que el agua no se evapora como en superficie, se produce su filtrado, la temperatura es más estable durante el año y el agua se contamina menos bacteriológicamente que en superficie.



Figuras 18-13.- Esquema y estructura de recarga en una represa en el Módulo Los Cerrillos, EEA INTA La Rioja. Perforación entubada de 8 pulgadas, con un caño filtro de igual diámetro, de ranura continua de 0,5 mm y de 2,00 m de largo adosado en el extremo superior, rodeado con grava fina (Basán Nickisch et al, 2008).

Martín y col. (2007), en la región chaqueña, observaron que el acuífero libre ubicado cerca de represas o a canales a cielo abierto, mantenía su carga hidráulica con bajo contenido de sales durante todo el periodo hidrológico, fenómeno asociado a la recarga inducida, que realimenta y mejora la calidad del agua. Este acuífero libre con recarga hidráulica (represa) contenía de 900 a 954 mg/l, predominando aguas bicarbonatadas sódicas, con un Nivel Estático de -1.65 m, mientras que el mismo acuífero sin recarga hidráulica, variaba desde 2.530 a 4.850 mg/l, con aguas del tipo cloruradas sódicas y un nivel piezométrico de -2.05 m. Estos autores confirmaron que mediante recarga en forma artificial es posible realimentar y mejorar en calidad y cantidad estos acuíferos, ya sea con agua proveniente de precipitaciones pluviales represadas o mediante canales a cielo abierto conducidos a represas.

En otros países, como México, los resultados obtenidos en los estudios llevados a cabo, en este caso por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, muestran que el experimento de recarga artificial vía embalses de infiltración es viable técnicamente (Gutiérrez Ojeda, C. y G. Ortíz Flores, 2007).

Dasso (1992) describe un trabajo realizado en el departamento Atamisqui, Pcia. de Santiago del Estero, zona de buenos pastizales y lluvias de 500 mm anuales, pero con agua subterránea salina. Se construyó una represa de 2.000 m^3 de capacidad en el cauce de un colector de aguas de una pequeña cuenca. A dicha represa se la dotó de un sistema de inyección, que consiste en perforaciones que alcanzan la primera napa, ubicada entre los 5 y 10 m de profundidad, más un sistema de filtros que evitan su taponado. El agua es inyectada en forma natural por gravedad y recuperada desde un pozo de bombeo de gran diámetro mediante un molino que la envía a un tanque australiano. La represa recibe un aporte anual promedio de agua de 8000 m^3, repartidos principalmente en los meses estivales. La capacidad de inyección se ha establecido en 2000 m^3 por mes, con lo que el volumen embalsado después de una lluvia se inyecta en la napa con la suficiente rapidez como para dejar en la represa capacidad para embalsar la próxima precipitación.

El resultado fue excelente, dado que el agua original de la napa tenía 80 g/litro de sales, pero ya durante el primer año de funcionamiento del sistema de inyección se comenzó a producir agua aceptable para el vacuno y también para consumo humano. El volumen de agua dulce recuperable almacenado por año triplica el volumen excavado para la represa y permanece y se realimenta, aumentando su caudal todos los años, por lo que es factible incrementar indefinidamente el volumen de la reserva. Y si los años secos son capaces de agotar las represas de superficie, el agua depositada en la napa, protegida por un techo de cinco metros de tierra, permanece sin concentrarse por evaporación y fresca para su uso.

El costo de construcción del sistema de inyección resultó similar al de la implantación de una aguada convencional completa.

El mayor problema de la recarga artificial de acuíferos es la colmatación, es decir, el proceso de acumulación de materiales sobre la superficie de infiltración del agua. Su efecto es la reducción de la capacidad de recarga. La colmatación puede deberse a efectos mecánicos, actividad biológica y procesos químicos. Por lo tanto, es necesario programar sistemas de limpieza y descolmatado periódico de las instalaciones. El escarificado de la zona colmatada puede restituir parte de la permeabilidad inicial, así como contribuir a la prolongación de la vida útil de las instalaciones.

En zonas de humedales, como ser los Bajos Submeridionales de la provincia de Santa Fe, que sufren alternativamente periódicas secas e inundaciones, la construcción de canales para desagotar rápidamente el agua de las inundaciones no permite una adecuada recarga de las napas con agua de buena calidad, por lo que ha disminuido la calidad y cantidad de agua disponible para las épocas de sequía.

Se ha encarado la construcción de represas para recarga de las napas, y con la tierra que se extrae de la excavación, se levantan dormideros, que son lomadas anchas en las que pueden descansar las animales cuando hay una inundación.

También se construyen bordos de contención, que son pequeños terraplenes de unos 50 cm de altura, de forma semicircular alrededor de un estero, con los objetivos de retener más agua de lluvia y por más tiempo para que recargue la napa freática y mejore su calidad y cantidad y que los animales los usen como dormideros en las inundaciones. Es posible también que este trabajo contribuya a mejorar la calidad de las pasturas.

En lugares donde existan ríos o arroyos, permanentes o temporarios, con agua de buena calidad, es útil efectuar la captación del agua cerca de los mismos, ya que están efectuando una recarga natural de la napa.

No ya en un establecimiento agropecuario, sino a nivel regional, el uso del sistema de recarga artificial en unos puntos y aprovechamiento mediante captaciones del acuífero en otros, permite situar y adecuar los pozos en relación con la región a abastecer, reduciendo los costos de cañerías, transporte de agua y su explotación.

En zonas costeras, el agua salada de mar se introduce en forma de cuña por debajo del agua dulce de la napa debido a su mayor densidad. Entre el agua dulce y la salada se forma una zona de mezcla, de salinidad intermedia, la interfase. Cuando existe equilibrio natural, el agua marina permanece estacionaria, mientras que el agua dulce, alimentada por corrientes subterráneas, fluye hacia el mar. La penetración de la cuña salada en el acuífero es menor cuanto mayor es el flujo de agua dulce hacia el mar.

Cuando se produce tierra adentro una extracción intensa de agua dulce de la napa, el flujo de la misma hacia el mar disminuye, lo que provoca un avance de la cuña de agua salada, a la vez que se eleva el nivel de la interfase y se produce una depresión en el nivel del agua no salina. Si la extracción de agua dulce es excesiva, la elevación de la interfase alcanza la profundidad de los pozos, por lo que se comienza a captar agua salobre. Para solucionar este problema se han aplicado en otros países varios métodos, entre ellos la creación de barre-

ras impermeables y la recarga de los acuíferos mediante la inyección de agua dulce, pero la única medida económica y eficaz es la reducción de la extracción de agua del acuífero, equilibrándola con la recarga del mismo, de manera de prevenir su salinización.

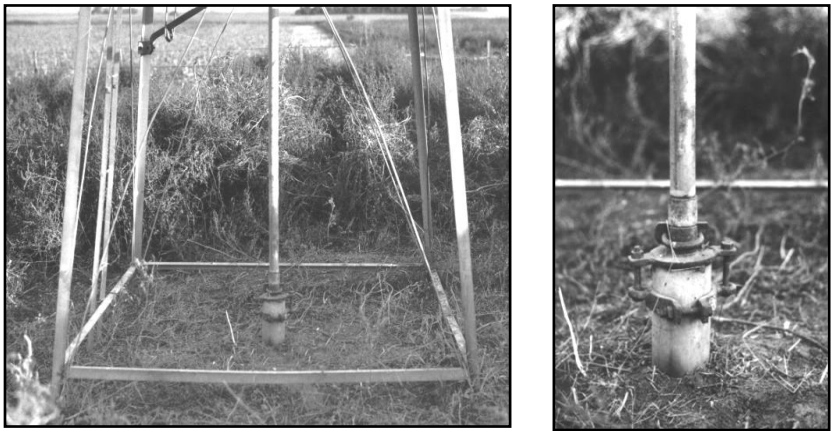
ENCAMISADO O ENTUBADO

Vimos (cap. XI) que cuando la primera napa es de agua salobre, puede suceder que otras más profundas sean de mejor calidad, y que en este caso, el encamisado tiene como finalidad, además de impedir que la tierra o arena obstruya la perforación, evitar la mezcla de aguas de las napas superiores con la de la napa a utilizar. El encamisado atraviesa la capa impermeable, afirmándose en ella, para tomar el agua de la napa que corre debajo. Estas capas impermeables que atraviesa el encamisado son las que evitan la mezcla de aguas de las distintas napas.

Cuando se efectúa la perforación desde la superficie del terreno, o sea sin pozo, la camisa debe sobresalir respecto del nivel del suelo para evitar penetración de agua de escorrentía en la misma, y debe colocársele una tapa para evitar la entrada de animales, tierra u otros materiales a la napa.

En el caso de hacerse la perforación en un pozo, debe sobresalir bastante con respecto al fondo del mismo por posible inundación del pozo provocada por ascenso de la napa o pérdidas en el cilindro, que contaminarían el acuífero.

Para evitar la entrada de elementos extraños a la napa, debe sellarse el espacio existente entre la camisa y el caño de elevación o aspiración, con arpillera alquitranada o goma, y con cemento el espacio que pueda quedar entre camisa y perforación. Estos sellados son muy importantes para evitar la contaminación de la napa por materia orgánica (nitratos, nitritos) (Cap. XI: Encamisado o entubado).



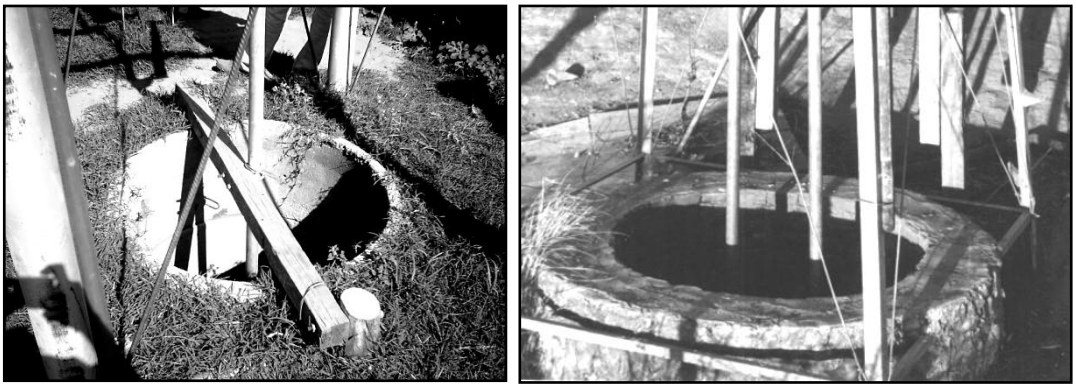
Figuras 18-14.- a) Cierre del encamisado, que sobresale del nivel del suelo; b) detalle.
(Establ. Sr. Manuel Demo, Las Acequias, provincia de Córdoba).

BROCAL Y TAPA DEL POZO

La contaminación bacteriana de los pozos ocurre principalmente por la parte superior de los mismos. El brocal y los dos metros superiores del revestimiento del pozo constituyen la parte más vulnerable, siendo un indicador directo de la calidad bacteriana del agua el estado del brocal y de la tapa.

El brocal debe superar por lo menos los 50 cm por sobre el nivel del suelo. Se debe controlar que no exista posibilidad que el agua, tierra, materia fecal y otros elementos externos penetren al pozo a través de hendiduras o agujeros; que no se deposite agua alrededor y que la misma penetre entre la tierra y el brocal; examinar el estado de la tapa del pozo y si asienta bien sobre la parte superior del brocal y si el pasaje de los caños a través de la tapa y de la pared del pozo están bien sellados; etc.

Sería ideal construir una losa de uno a dos metros todo alrededor del brocal, con lo que se sellaría cualquier fisura.



Figuras 18-15.- a) Pozo de molino sin brocal ni tapa y a ras de suelo, y para empeorar el problema, ubicado en corrales donde vuela tierra y bosta cuando se trabaja con los animales. Una solución simple hubiera sido dejar sobresalir del suelo media calza y taparlo (Villa Valeria, Córdoba). b) Brocal correcto en un pozo de molino, pero sin tapa.



Figura 18-16.- Un interesante equipamiento dentro del cuadro del molino y tanque australiano: un brocal bien alto, aunque sin tapa; un motobombeador para emplear ante la falta de viento; el medio tambor de 200 litros está protegiendo el motor del motobombeador; un panel solar para cargar una batería de un alambrado eléctrico cuya descarga a tierra está conectada al caño de elevación del molino (excelente tierra); palanca de madera para el cierre del molino.

NUEVA PERFORACIÓN

En algunos casos puede ser útil realizar una nueva perforación a otra napa más profunda o más superficial a la que está proveyendo agua de mala calidad, si así lo determinan los estudios correspondientes.

En base a los mismos y al conocimiento de la zona, puede ser conveniente el cambio de lugar de la perforación, a veces a bastante distancia de la original.

PERFORACIONES ABANDONADAS

Un problema severo en materia de contaminación es el de las perforaciones en desuso o abandonadas, especialmente si están a ras de suelo, las cuales proporcionan una vía directa de ingreso a la napa a cualquier

objeto o líquido. Incluso, en perforaciones de grandes diámetros, al pasar desapercibidas en el terreno ocultas por malezas, broza, etc., el tema también pasa por la seguridad de las personas, que pueden caer en ellas, tal como ha ocurrido en algunas oportunidades.

Para solucionar el problema, es necesario cegar las perforaciones abandonadas inyectando cemento en forma líquida.

MEZCLA DE AGUAS

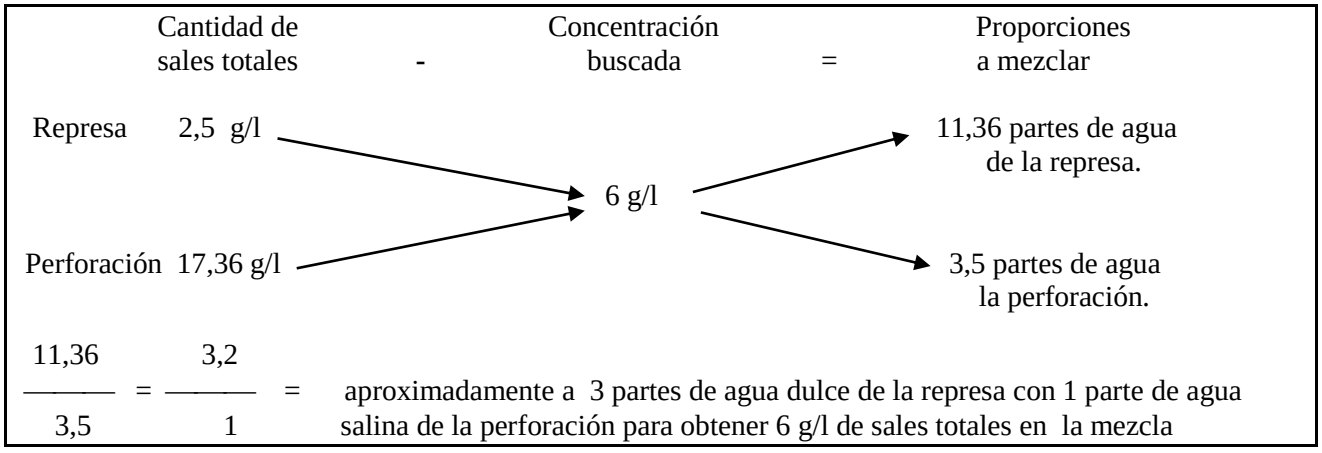
Es el mejor sistema para tratar aguas de alta salinidad, siempre y cuando se lo pueda realizar. Se emplea cuando existe abundante agua salina y reducida cantidad de agua de baja salinidad, con el fin de obtener la cantidad necesaria de agua apta para bebida de bovinos. Consiste en la mezcla, en tanques australianos, de las aguas salinas de los pozos o perforaciones con las provenientes de aguas de lluvia de tajamares, represas, tanques chaco, colectores pluviales, pozos de agua dulce pero de poco caudal, acueductos provinciales que suministran un caudal determinado insuficiente, ríos o arroyos lejanos, etc.

La proporción en que se deben mezclar, y por lo tanto su salinidad final, está indicada por la cantidad de sales que posee el agua salina, la que pueda tener el agua dulce y la cantidad que se pueda disponer de esta última. La mezcla se debe hacer en un tanque australiano.

Ejemplo:

Proveniente de una perforación, tenemos un agua que contiene 8 g/l de sulfatos y 6 g/l de cloruros, con un residuo seco a 105º C de 17,36 g/l (análisis correspondiente a zona sur de Soler, provincia de Córdoba.). Si este agua se puede mezclar con agua dulce proveniente de un tajamar o de napas superficiales de poco caudal, podemos disminuir el tenor salino a límites aceptables, permitiendo que las reservas de agua de la represa duren más tiempo.

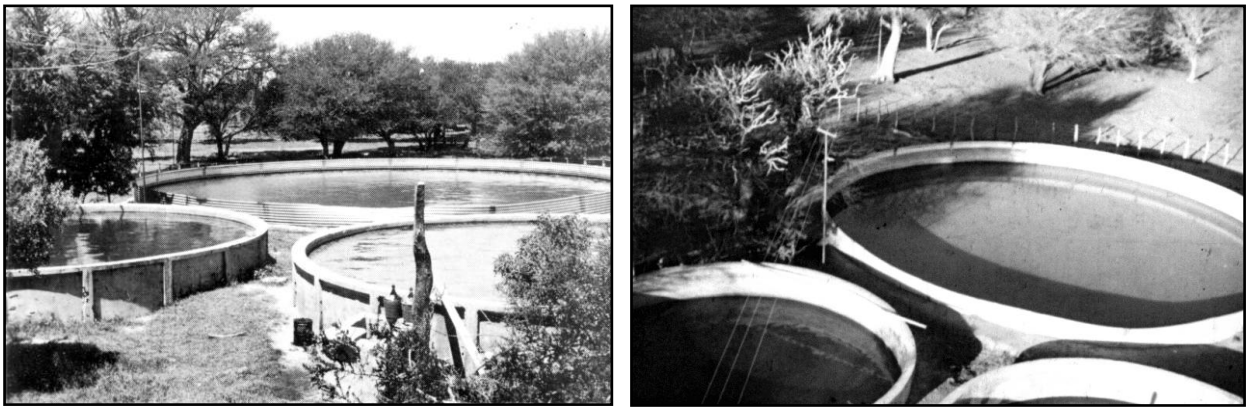
El cálculo se efectúa por el método del cuadrado de Pearson: si la perforación tiene 17,36 g/l y la represa 2,5 g/l de sales totales y queremos obtener un agua entre buena y aceptable para cría con unos 6 g/l de sales totales, procedemos de la siguiente manera, efectuando las restas en diagonal y en valores absolutos, es decir, sin importar el signo:



El presente es un caso extremo de alta salinidad. Generalmente la salinidad total está por debajo de los 10-15 g/l y en muchos casos solo es necesario hacer mezclas para reducir niveles máximos de alguna sal en especial, como ser los sulfatos.

Algunas veces solo es necesario hacer la mezcla de aguas en verano, época que por otra parte coincide generalmente con posibilidades de haber acumulado agua de lluvia. En estos casos, se tiene que tener la precaución al volver al agua salina, de hacerlo paulatinamente, reduciendo lentamente el porcentaje del agua dulce

de la mezcla. Este sistema también es aplicable, en el término de 2-3 meses, cuando se traen animales acostumbrados a aguas no salinas.



Figuras 18-17.- Tres tanques australianos empleados para mezcla de aguas. En este campo, ubicado entre Ingeniero Luiggi y La Maruja, provincia de La Pampa, hay agua abundante por perforación a 280 m, pero con una salinidad de 10,8 g/l, una primera napa con pozo a 150 m de poco caudal con salinidad inferior a los 2 g/l y un tajamar. El tanque de chapa (en la foto recientemente terminado) es el de agua salina, el de fibrocemento de la derecha el de agua dulce y en el de la izquierda se efectúa la mezcla. El tanque de chapa fue un error construirlo de ese material, ya que a los seis años fue necesario recubrirlo interiormente por la corrosión que sufrió.



Figura 18-18.- Perforación en la costa del río Quinto para captar agua de buena calidad del subálveo con bomba centrífuga. El agua se lleva a distancia para mezclarla con agua salina de otras perforaciones. Estancia La Escondida, Villa Sarmiento, provincia de Córdoba .



Figura 18-19.- Tanque para mezcla de aguas. Quimilí, Santiago del Estero (J. Manubens, 2000).

"En fin, Moisés sacó a los israelitas del mar Rojo, y fueron a salir al desierto del Sur, y anduvieron tres días por la soledad sin hallar agua. Llegaron después a Mara, y no podían beber las aguas de Mara por ser amargas. Por eso puso nombre apropiado al sitio, llamándole Mara, esto es, Amargura. Aquí murmuró el pueblo contra Moisés, diciendo: ¿Qué beberemos?. Más él clamó al Señor, el Cual le mostró un madero, y habiéndole echado en las aguas, se endulzaron."

Éxodo 15, 22-25.

CAPÍTULO XIX

TRATAMIENTOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA

La tecnología moderna permite realizar la extracción de sustancias del agua hasta llevarla a niveles máximos de pureza, pero la mayoría de estos métodos no son económicos para la producción bovina.

No existe un tratamiento universal para todo tipo de agua, sino que el mismo deber ser programado en particular para cada agua, de acuerdo a los resultados que arrojen los análisis del contenido salino.

Conocido el análisis de un agua problema, es imprescindible estudiar que ión o iones limitan su uso y programar un sistema que permita llevarla a niveles de tolerancia. Dentro de la variada gama de sistemas para tratamientos de aguas, detallamos a continuación los que más se podrían adaptar económicamente a la producción bovina.

De todos modos, si en el campo hay posibilidades de trasladar agua buena por cualquiera de los métodos que hemos visto a lugares donde el agua es de mala calidad, será el método de elección antes que cualquier tratamiento. Es decir, que los tratamientos del agua para bovinos se debe hacer en caso extremo, cuando no hay otro sistema para implementar una provisión de agua de bebida de calidad por lo menos aceptable.

SEDIMENTACIÓN DE SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN

Las causas de la turbiedad de un agua pueden ser los sólidos suspendidos de origen orgánico o inorgánico, microorganismos, arcilla, limo, etc. En otros casos, las aguas subterráneas que contienen hierro y/o manganeso suelen volverse turbias después de un tiempo de contactar con el aire, debido a la oxidación de los compuestos ferrosos y/o manganosos.

Las aguas de lagos y presas son sensiblemente poco turbias, debido a que los mismas funcionan naturalmente como cámaras de sedimentación. Por el contrario, los cursos de agua, excepto generalmente los que transcurren por cauces de piedra, son más turbios, situación que se acentúa en épocas de crecientes.

Las aguas subterráneas en general son límpidas, debido a la acción filtrante de los estratos a través de los que pasan para alcanzar la napa. Sin embargo, en algunos casos depende de las lluvias, la naturaleza del suelo que atraviesan y de la profundidad de la napa.

SEDIMENTACIÓN SIMPLE O NATURAL

La sedimentación simple es el método más antiguo para separar las impurezas de un agua por decantación. Consiste sencillamente en dejar estacionadas en depósitos las aguas, para que las partículas en suspensión se concentren en el fondo del mismo. Su limitación estriba en que las partículas coloidales se mantienen en suspensión y no decantan.

Es el método más empleado, conscientemente o no, para la eliminación de parte de las impurezas del agua en las explotaciones ganaderas, ya que la misma se efectúa en forma natural en los depósitos. Es una de las

razones por las que periódicamente hay que vaciar y limpiar tanques y bebederos y por la que debe existir un caño de desagote del tanque a ras del piso y otro para toma de agua para los bebederos por lo menos a 15 cm sobre el nivel del piso, de manera que lo decantado no pase a los mismos.

SEDIMENTACIÓN ARTIFICIAL O COAGULACIÓN

Consiste en tratar el agua con sustancias que forman precipitados floculantes gelatinosos, llamados grumos, que encierran las partículas en suspensión, arrastrándolas en su decantación.

El coagulante más empleado es el sulfato de aluminio, que al agregarse al agua por hidrólisis se transforma en hidróxido de aluminio, formándose también ácido sulfúrico. Este último debe ser neutralizado incorporando al agua hidróxido de calcio.

FILTRACIÓN

Este proceso puede complementar los dos anteriores o utilizarse en forma independiente, y como ellos, eliminan las sustancias en suspensión y no las disueltas en el agua.

Se emplean filtros, que pueden ser lentos o rápidos, y que funcionan a gravedad o a presión respectivamente, siendo el lento el más simple. En ambos tipos de filtros puede obtenerse agua muy limpia y transparente, similar a la extraída de la napa.

TRATAMIENTO A LA CAL Y SODA EN FRÍO

Es un método muy empleado para mejorar aguas con exceso de magnesio para bebida de ganado, ya que es económico y elimina por precipitación el magnesio. El procedimiento se basa en que por acción del hidróxido de calcio (cal apagada) y el carbonato de sodio (soda o sosa), precipitan como carbonatos insolubles las sales de calcio y magnesio que se encuentran en el agua como bicarbonatos, sulfatos y cloruros, quedando en el agua sulfato y cloruro de sodio, los cuales son menos tóxicos.

QUÍMICA DEL PROCESO

El bicarbonato de calcio y/o magnesio presentes en el agua reaccionan con el hidróxido de calcio agregado:

$$(CO_3H)_2Ca + (HO)_2Ca \rightarrow 2\ CO_3Ca \downarrow + 2\ H_2O$$

$$(CO_3H)_2Mg + (HO)_2Ca \rightarrow CO_3Ca \downarrow + CO_3Mg \downarrow + 2\ H_2O$$

Por otra parte, dentro de la mezcla del agua en tratamiento, el hidróxido de calcio y el carbonato de sodio reaccionan produciendo carbonato de calcio e hidróxido de sodio:

$$(HO)_2Ca + CO_3Na_2 \rightarrow CO_3Ca \downarrow + 2\ HONa$$

El hidróxido de sodio así formado, reacciona con los bicarbonatos de calcio y magnesio presentes en exceso, transformándolos en carbonatos que precipitan, produciéndose así la regeneración del carbonato de sodio en la masa del líquido:

$$2\ HONa + (CO_3H)_2Ca \rightarrow CO_3Ca \downarrow + CO_3Na_2 + 2\ H_2O$$

$$2\ HONa + (CO_3H)_2Mg \rightarrow CO_3Mg \downarrow + CO_3Na_2 + 2\ H_2O$$

El carbonato de sodio formado reacciona con el calcio y magnesio de los sulfatos y cloruros del agua, precipitándolos como carbonatos insolubles y dejando en el medio sales solubles de sodio:

$$CO_3Na_2 + SO_4Ca \rightarrow CO_3Ca \downarrow + SO_4Na_2$$

$$CO_3Na_2 + SO_4Mg \rightarrow CO_3Mg \downarrow + SO_4Na_2$$

$$CO_3Na_2 + Cl_2Ca \rightarrow CO_3Ca \downarrow + 2\ ClNa$$

$$CO_3Na_2 + Cl_2Mg \rightarrow CO_3Mg \downarrow + 2\ ClNa$$

Como se ve en estas últimas reacciones, se mantienen en el agua los sulfatos y cloruros, pero en forma de sales de sodio, menos nocivas para el bovino.

El método es de utilidad en aguas de alta salinidad total debida en gran parte a bicarbonato, cloruro y sulfato de magnesio.

INSTALACIONES

Para este tratamiento se requieren instalaciones muy simples, como son dos tanques australianos con un buen caño de desagote a ras del piso para evacuar las sales precipitadas.

La reacción química se realiza alternativamente en cada uno de ellos, por el simple agregado y removido de las sales, mientras el otro se emplea para abrevar la hacienda. Es importante que el caño que alimenta el bebedero tiene que tener su entrada como mínimo a 15 cm por sobre el fondo del tanque, o mejor aún, con salida flotante, para que tome el agua de cerca de la superficie.

Una vez calculada la cantidad de cal y soda a agregar, se coloca la misma en un tambor de 200 litros y se completa el volumen con agua, agitando hasta disolver, y esta solución, caminando alrededor del tanque, se vuelca en el mismo tratando de cubrir lo mejor posible toda la superficie del agua.

La reacción se completa en aproximadamente 24 horas, teniendo en cuenta que en tiempo cálido la misma puede finalizar a las 8 horas de comenzado el proceso.

CÁLCULO DE LOS REACTIVOS

Para calcular la cantidad de cal y soda a utilizar en este tratamiento, debemos basarnos en la alcalinidad y en la dureza total, permanente y temporaria del agua problema. Se nos presentan así dos casos diferentes, en los que se deben aplicar las siguientes fórmulas:

1º caso:

Las siguientes fórmulas se aplican cuando la dureza total es mayor que la alcalinidad. Como caso límite puede emplearse cuando la dureza total es igual a la alcalinidad.

$$\text{Cantidad de } Ca(OH)_2 \text{ en g/l} = \frac{\text{Dureza temporaria en mg/l}}{100} \times 0{,}045$$

$$\text{Cantidad de } CO_3Na_2 \text{ en g/l} = \frac{\text{Dureza permanente en mg/l}}{100} \times 0{,}095$$

2º caso:

En los casos donde la dureza total es menor que la alcalinidad, no es necesario el tratamiento con soda, ya que el exceso de alcalinidad, que se debe a la presencia de bicarbonato y/o carbonato de sodio, asegura la eliminación del magnesio:

$$2\ CO_3HNa + 2\ Ca(OH)_2 \rightarrow 2\ CO_2Ca \downarrow + 2\ NaOH + 2\ H_2O$$

Al producirse un aumento de alcalinidad por la formación de hidróxido de sodio:

$$(\text{anión})_2Mg + 2\ NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + 2\ (\text{anión})Na$$

En esta forma se elimina por precipitación el magnesio como hidróxido.

Debemos aplicar en este caso la siguiente fórmula:

$$Ca(OH)_2 \text{ en g/l} = \frac{\text{Dureza total en mg/l}}{100} \times 0{,}045 + (\text{alcalinidad g/l} \times 0{,}88)$$

Ejemplo 1º de cálculos de reactivos:

Análisis B:
Alcalinidad : 530 mg/l
Dureza total : 2.120 mg/l
Dureza permanente: 290 mg/l
Dureza temporaria : 1.820 mg/l

La capacidad del tanque donde se debe hacer el tratamiento es de 100.000 litros. Como la dureza total es mayor que la alcalinidad, debemos aplicar las fórmulas del caso 1º:

$$Ca(OH)_2 \text{ en g/l} = \frac{\text{Dureza temporaria en mg/l}}{100} \times 0{,}045 = \frac{1.820}{100} \times 0{,}045 = 0{,}819 \text{ g/l}$$

$$0{,}819 \text{ g/l} \times 100.000 \text{ litros} = 81.900 \text{ g/}100.000 \text{ l} \cong 82 \text{ Kg de cal c/}100.000 \text{ l}$$

$$CO_3Na_2 \text{ en g/l} = \frac{\text{Dureza permanente en g/l}}{100} \times 0{,}095 = \frac{290}{100} \times 0{,}095 = 0{,}2755 \text{ g/l}$$

$$0{,}2755 \text{ g/l} \times 100.000 \text{ litros} = 27.550 \text{ g/}100.000 \text{ l} \cong 27{,}5 \text{ kg de soda c/}100.000 \text{ litros}$$

Ejemplo 2º de cálculo de reactivos:

Análisis C:
Alcalinidad : 1.005 mg/l = 1,005 g/l
Dureza total : 420 mg/l
Dureza permanente: 405 mg/l
Dureza temporaria : 15 mg/l

La capacidad del tanque donde se debe hacer el tratamiento es de 100.000 litros. Como la dureza total es menor que la alcalinidad, debemos aplicar la fórmula del caso 2º:

$$Ca(OH)_2 \text{ en g/l} = \frac{\text{Dureza total en mg/l}}{100} \times 0{,}045 + (\text{Alcalinidad en g/l} \times 0{,}88) =$$

$$= \frac{420}{100} \times 0{,}045 + (1{,}005 \times 0{,}88) = 1{,}0734 \text{ g/l}$$

$$1{,}0734 \text{ g/l} \times 100.000 \text{ l} = 107.340 \text{ g}/100.000 \text{ l} \cong 107 \text{ kg de cal c}/100.000 \text{ l}$$

Si se realizara en calentamiento artificial del agua a tratarse, se acelerarían las reacciones químicas, tardando solo 1 a 2 horas en completarse, pero este calentamiento no es económico hacerlo en agua de bebida para hacienda y, además, no es imprescindible acelerar el proceso, ya que con dos tanques adecuados en capacidad se puede esperar el tiempo que demora la reacción. De todos modos, en verano, que es cuando mayor cantidad de agua de bebida se necesita, la acción de los rayos solares aceleran naturalmente el proceso.

PERMUTACIÓN IÓNICA

En estos tratamientos se emplean elementos de permutación iónica o intercambiadores de iones, que son compuestos orgánicos complejos, granulados e insolubles en agua.

Algunos son ácidos y otros alcalinos, y como son insolubles en el agua, se pueden mezclar con la misma y regenerar luego su composición química primitiva.

Los procesos de intercambio iónico son rápidos, y por lo tanto, se puede hacer pasar el agua por gravedad a una velocidad constante a través de una columna de permutación. No necesitan ningún tipo de energía para su funcionamiento.

Cuando el intercambiador iónico se va agotando, se hace necesaria su regeneración, lo que se logra económicamente con diversos compuestos (ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, cloruro de sodio, hidróxido de sodio, etc.) de acuerdo con la composición del permutador. La duración del mismo es sumamente prolongada, y según el permutador empleado, se obtienen aguas libres solamente de los iones más perjudiciales para el ganado hasta aguas de una pureza semejante a la destilada.

Estos métodos no son económicos en agua de bebida para ganado cuando la salinidad es elevada. Se pueden emplear únicamente en aguas de hasta 3-4 g/l de sales, para eliminar algún ión presente en concentraciones tóxicas (flúor, arsénico, etc.).

El inconveniente de este proceso es el costo de los productos químicos regenerantes, mas alto por litro de agua desionizada obtenida cuanto más alta es la salinidad total.

PROCESO POR ZEOLITA DE HIDRÓGENO

Este proceso de permutación iónica para mejoramiento de aguas elimina totalmente los iones calcio, magnesio y sodio existentes en el agua y los intercambia por una parte equivalente de hidrógeno:

$$Z\text{-}H + \text{Anión-Catión} \rightarrow Z\text{-Catión} + \text{ácido}$$

Los sulfatos, cloruros y bicarbonato de calcio, magnesio y sodio se desdoblan, quedando solamente en el agua los ácidos correspondientes.

La decisión de eliminar del agua estos ácidos debe tomarse solamente si se comprueba que los mismos afectan al ganado, ya que se requiere un proceso mas que aumenta los costos. Esta eliminación se puede efectuar con otra zeolita adecuada o con carbonato. Por otra parte, el ácido carbónico que se forma en el proceso se descompone naturalmente en el agua, dando como resultado dióxido de carbono y agua. Esto reduce sensiblemente la acidez total del agua ya tratada, dependiendo dicha reducción de la concentración de bicarbonatos existentes en el agua original.

Las zeolitas son materiales granulosos. El agua pasa entre los granos de este material, produciéndose los intercambios descriptos.

La zeolita de hidrógeno se regenera con ácido sulfúrico diluido, y el costo de funcionamiento es, en definitiva, el del ácido gastado en regenerarla. Las instalaciones para estos tratamientos son simples y de una larga vida útil, y las zeolitas de hidrógeno, luego de 600 procesos de carga y recarga, sólo pierden un 10 % de su capacidad de intercambio.

Como la pureza del agua obtenida excede en mucho los requerimientos de la hacienda, es conveniente almacenar la misma en tanques y proceder a su mezcla con el agua original antes de suministrarla a los animales, de manera de obtener un agua buena con menor costo. Por otra parte, así se reduce su acidez.

PROCESO POR ZEOLITA DE SODIO

La zeolita de sodio (silicoaluminato sódico), natural o sintética, cuya fórmula es SiO_4AlNa, tiene la propiedad de permutar, sin afectar su estructura, sus iones sodio por otros cationes presentes en las aguas salinas:

$$2\ Z\text{-}Na + \text{Anión-Ca} \rightarrow (Z)_2\text{-Ca} + 2\ \text{Anión-Na}$$

$$2\ Z\text{-}Na + \text{Anión-Mg} \rightarrow (Z)_2\text{-Mg} + 2\ \text{Anión-Na}$$

Estos permutadores intercambian su sodio por magnesio y calcio, dejando en el agua sales de sodio correspondientes a los cationes intercambiados. Es decir, que disminuyen la dureza y quedan en el agua sales menos perjudiciales para el ganado que las originales.

La regeneración de estos permutadores se efectúa por medio del cloruro de sodio:

$$(Z)_2\text{-Ca} + 2\ ClNa \rightarrow 2\ Z\text{-}Na + Cl_2Ca \downarrow$$
$$(Z)_2\text{-Mg} + 2\ ClNa \rightarrow 2\ Z\text{-}Na + Cl_2Mg \downarrow$$

O sea que la reacción es reversible. Según sea la dureza del agua, estos permutadores pierden más o menos rápido su eficacia (1 kg de zeolita ablanda entre 50 y 100 litros de agua), por lo que a través de un análisis de agua se podría calcular la capacidad de la instalación. Por otra parte, el momento en que debe regenerase la zeolita se determinar por un análisis de la dureza del agua que sale de la instalación, ya que a medida que la misma se satura, el agua comienza a salir más dura, hasta que la zeolita se inactiva totalmente.

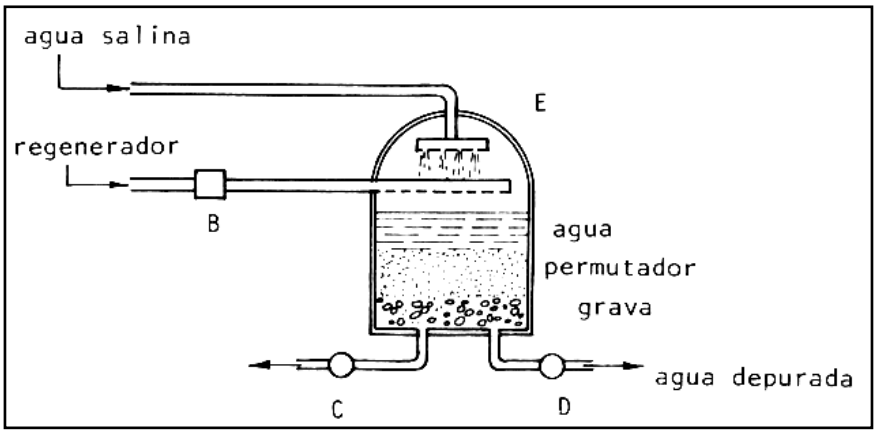


Figura 19-1.- Esquema de una instalación de permutación iónica. Cuando se depura el agua por gravedad llega al tanque E y pasa a través del permutador, efectuándose el intercambio iónico; se encuentra abierta la válvula D y cerrada la C. Para recargar la zeolita, la bomba B lleva el regenerador, cerrando D y abriendo C. Cubriendo las salidas deberá haber una capa de grava para impedir pérdidas del permutador.

RESINAS SINTÉTICAS INTERCAMBIADORAS DE IONES

La depuración total de sales del agua se puede efectuar por medio del uso de resinas sintéticas catiónicas y aniónicas de naturaleza orgánica (como por ejemplo, el poliestireno sulfonado) de alto poder de captación. El agua obtenida es mas desionizada que la destilada.

Se pueden emplear, según su tipo, en lechos de intercambio separados o mezclados.

En lechos separados el agua atraviesa sucesivamente un intercambiador de cationes ciclo H^+ (regenerado con ácido) o un intercambiador de aniones ciclo OH^- (regenerado con hidróxido). Los cationes son retenidos a su paso por el intercambiador ciclo H^+, permaneciendo en el agua los ácidos de las sales presentes en el agua original. El CO_2 presente es eliminado por desgasificación, previo al intercambiador ciclo OH^-, para reducir el consumo de reactivo de regeneración del mismo. Seguidamente, el agua atraviesa el intercambiador ciclo OH^-, que retiene los ácidos fuertes y débiles.

En el sistema por lecho mezclado, las dos resinas, catión y anión, se encuentran mezcladas en un mismo aparato, y se comportan como una infinidad de intercambiadores de aniones y cationes en serie.

ÓSMOSIS INVERSA O ULTRAFILTRACIÓN

Estos equipos permiten obtener aguas tratadas con una disminución del 90 % de las sales solubles totales, un 95 % de los materiales pesados disueltos y un 99 % de los microorganismos. El proceso también es muy efectivo en la reducción de contaminantes orgánicos como los trihalometanos, los productos químicos volátiles y los sintéticos.

La osmosis inversa es el proceso en que pasa una solución de mayor a menor concentración a través de una membrana semipermeable de acetato de celulosa, aramida, poliramida o composito del filme delgado. Se requiere alta presión para hacer posible este paso a través de la membrana. A mayor presión, mayor producción de agua.

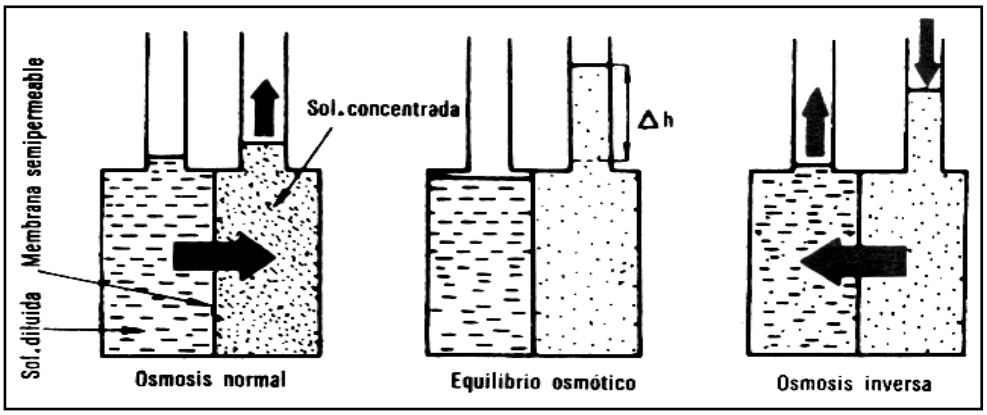


Figura 19-2.- Esquema de ósmosis normal, equilibrio osmótico y ósmosis inversa.

El principio que utiliza un tipo de equipo es el de la presión osmótica inversa a través de la filtración a alta presión utilizando membranas filtrantes con una porosidad de 0,5 micras. La capacidad de trabajo puede llegar hasta los 380.000 litros de agua tratados por día, según el equipo.

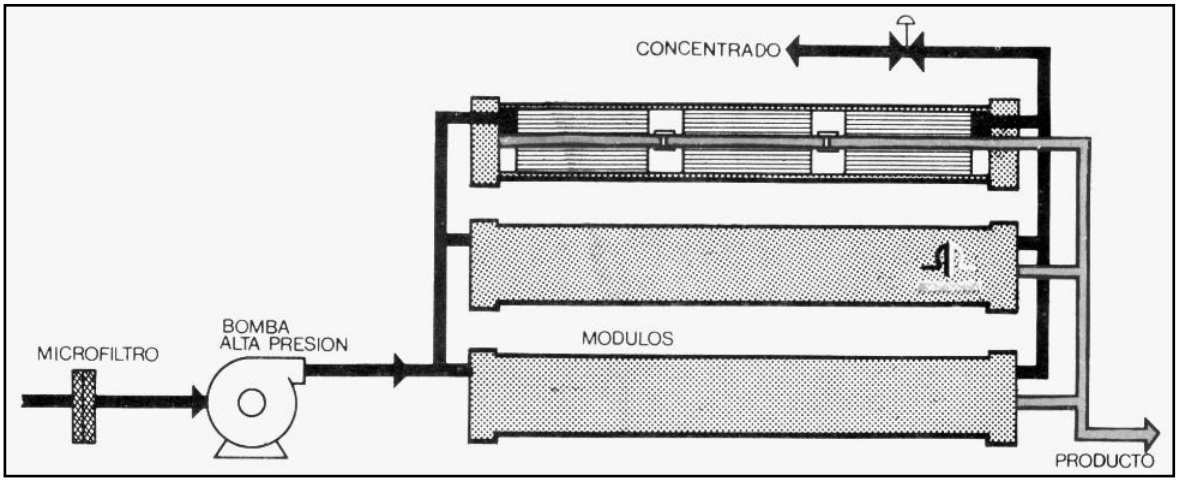


Figura 19-3.- Esquema de un equipo de ósmosis inversa.

Otro equipo es el llamado Permasep, que consiste en filtros cilíndricos con miles de finísimas fibras de nylon huecas, aplicadas en forma de membrana molecular. El agua se impulsa mediante bombas a alta presión por el exterior de las fibras, lo que hace que las moléculas de agua pasen al interior de las mismas, en tanto retiene las moléculas de sales, más grandes. Un solo filtro puede desalinizar 20.000 litros diarios.

El agua que pasa a través de las membranas recibe el nombre de "agua de producto" o "agua permeada". La porción de agua que no pasa a través de las membranas y que contiene la mayoría de las sales y otros contaminantes sale del sistema como "concentrado". Un restrictor de flujo o una válvula de concentrado puesta en la línea hace que la presión fuerce el permeado a través de la membrana. Al porcentaje de agua purificada sobre el total del agua alimentada se le da el nombre de "recuperación".

El concentrado eliminado del sistema contiene por lo menos un 50 % más de sales que el agua original, debiendo evaluarse en el campo el impacto ambiental que significa la eliminación de este agua.

El costo de estos sistemas es hoy en día muy elevado para aplicarlo en una explotación ganadera. Sí puede ser de utilidad un equipo chico para el agua de consumo humano en un campo.

DESTILACIÓN

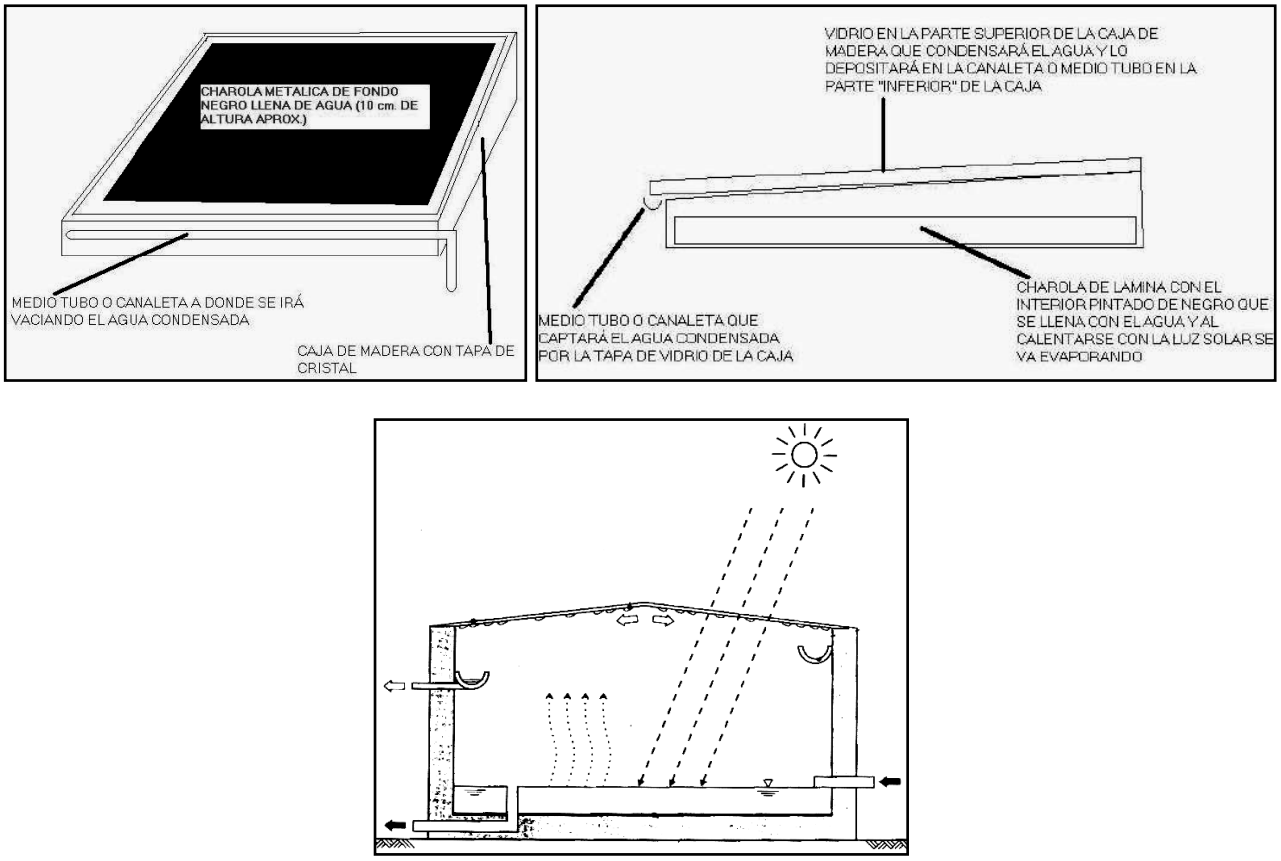
La destilación es un proceso que convierte un líquido en vapor y luego, por condensación, lo vuelve al estado líquido. Es el método más antiguo de desalinización o desalación del agua.

En casi todas las plantas de desalinización por destilación se emplean combustibles para obtener el calor necesario, lo que hace costosa el agua potable lograda, pero en la actualidad se están empleando plantas de destilación por energía solar.

El empleo de la energía solar para la desalinización del agua es un práctica muy antigua. El primer documento sobre este método data de 1551 y fue redactado por alquimistas árabes. En 1589, Della Porta describe un sistema de destilación de agua con energía solar. En 1862, Lavoisier experimenta estas técnicas mediante el uso de grandes lentes que concentran la radiación solar.

Actualmente en Grecia se hallan funcionando varias instalaciones de destiladores solares para el abastecimiento de agua potable. Según el tipo de instalación y las condiciones climáticas imperantes, con una superficie media de condensación de 2.500 m^2 (¼ ha) pueden obtenerse de 8.000 a 15.000 litros de agua potable por día.

Actualmente los costos se han reducido a raíz de las mejoras técnicas introducidas, las que a través de su perfeccionamiento en un futuro cercano podrán estar al alcance del productor ganadero.



Figuras 19-4.- Módulos de destilación por energía solar.

Un módulo destilador convencional por energía solar (sistema "depósito") está compuesto por un receptáculo en donde se coloca el agua que se va a destilar con una profundidad de 3 a 10 cm. Este receptáculo está cubierto totalmente por una tapa inclinada transparente de vidrio o de plástico a una o dos aguas. La radiación solar hace que el agua se caliente y evapore. El vapor de agua, al contacto con el vidrio o plástico, se condensa y escurre por estos hacia una canaleta de recolección, desde donde va a un depósito.

En épocas de lluvias el agua de la precipitación pluvial se recoge y se puede utilizar mezclada con la destilada.

El proceso de destilación solar reduce excesivamente el tenor de sales en el agua (ver tabla 4-1), por lo que es conveniente corregir esto mediante mezcla con el agua salina, siempre que esta última no contenga sales tóxicas.

TRATAMIENTO MAGNÉTICO

Estos equipos para tratamientos magnéticos del agua se colocan en un lugar determinado alrededor de la cañería. A medida que el agua atraviesa por la zona del magneto, se modifica la estructura mineral. Este efecto del magneto permanece durante 36 horas. Según la información disponible, se modifican los microcristales del calcio y del magnesio, cambiando su forma de dendrítica a oval. Esto produce que los cristales tengan mayor facilidad para atravesar las membranas del cuerpo animal. Forestano y col. (1996) sostienen que el efecto del campo magnético sería el de cambiar tanto el tamaño de las partículas como el tipo de cristal. Se alteran los cristales de carbonato de calcio transformando la calcita en aragonita, cuyo cristal es más pequeño. El sulfato de calcio tiene un comportamiento similar. También aumenta la solubilidad de otros minerales.

Alfonso Insua y col. (2009) en Cuba, comprobaron bio respuestas positivas en los parámetros de salud y producción en las diferentes categorías de ganado bovino investigadas (terneros, vacas lecheras, toros sementales y toros de ceba). El consumo del agua con tratamiento magnético puede constituir una alternativa viable y económicamente factible para la explotación de las diferentes categorías zootécnicas del ganado bovino, repercutiendo favorablemente sobre los mecanismos defensa de la salud y los parámetros productivos.

El tratamiento magnético del agua es útil para evitar o disminuir la corrosión y las incrustaciones en las cañerías de acero en forma más económica que con otros sistemas.

El único estudio efectuado sobre la influencia de este proceso en la producción animal en nuestro país es el de Etcheverry (2000) en la EEA Rafaela del INTA, sobre vacas Holando Argentino. Sus conclusiones fueron que el agua tratada por el sistema magnético no afectó la composición mineral de la leche, la producción, la persistencia de la lactancia ni el peso vivo de los animales, no demostrando aptitudes favorables para mejorar la producción de leche o la calidad de la misma.

"La tecnología necesaria para obtener agua y pasto ya está lo suficientemente desarrollada como para asegurar el desarrollo de cualquier plan de fomento ganadero en esta región, siempre que a su frente se coloquen personas experimentadas, que sepan lo que hay que hacer y cómo hacerlo sin dañar el ecosistema".

Molina, J. 1980. Una nueva conquista del desierto. Emecé Edit., Bs.As., 77.

CAPÍTULO XX

MANEJO DEL GANADO EN AGUAS SALINAS

MANEJO GENERAL DE LA HACIENDA Y DE LAS AGUADAS SALOBRES

El correcto manejo de la hacienda y de las aguadas de elevada salinidad es imprescindible para aumentar la eficiencia del ganado en esas condiciones. Las principales medidas a tomar son:

- En todo establecimiento ganadero, pero especialmente en zonas de agua límite, se debe tener la precaución de vaciar y limpiar los tanques y bebederos cuando ha pasado cierto tiempo sin usarse, antes que los animales accedan a ellos, y proceder a su llenado con agua recién extraída. Esta tarea es de suma importancia, ya que se evita de esta forma dar agua con mayor concentración de sales que la extraída de la napa como consecuencia de la evaporación y de la formación de nitratos.
- En aguas que manan o se extraen (surgentes, semisurgentes) a temperatura elevada (de acuerdo a la profundidad de la napa), será necesario dejarlas enfriar antes que la hacienda las beban, ya que al enfriarse, algunas sales precipitan en el depósito, disminuyendo la salinidad. De ser necesario, habrá que tener dos tanques para usarlos alternadamente, vaciando y limpiando el precipitado de uno mientras se emplea el agua del otro.
- Si no es posible cubrir los tanques, hay que tratar que los mismos tengan sombra de árboles para disminuir la evaporación y calentamiento del agua por los rayos solares.
- Es conveniente que los bebederos estén a la sombra, ya sea de árboles o construir sobre ellos un pequeño techo o enramada, de manera de disminuir la evaporación y evitar que los animales beban agua caliente.
- Los pozos y antepozos y los encamisados de las perforaciones deben tener un brocal que sobresalga del nivel del suelo y estar permanentemente tapados para evitar la entrada de materia orgánica, por el agua de lluvia por escorrentía o por los vientos, o pequeños animales, tales como búhos que anidan en el pozo y otras aves o roedores, peludos, reptiles, batracios, etc.
- Los estanques, represas, embalses, tajamares y jagüeles deben estar alambrados para que los animales no penetren en ellos, ya que, además de los problemas de embancamiento que producen, la materia orgánica que llevan o depositan por heces dentro de los mismos aumenta la cantidad de nitratos y nitritos del agua.
- Dentro de un mismo establecimiento, con aguadas de distinta calidad, y de no existir limitantes de suministro, se deberán colocar los animales con menores exigencias en los potreros de aguadas de peor calidad y viceversa. De esta forma disminuyen los problemas fisiológicos.
- Los cambios de aguadas de baja a alta salinidad deben hacerse en forma gradual.
- Con respecto al acostumbramiento de la hacienda a las aguas salobres, la mejor época para introducir animales a estas aguadas es la primavera. Conviene comenzar luego de una lluvia, ya que los pastos aumentan su contenido hídrico y el consumo de agua será menor. Es también importante comenzar en esa época para que los animales, ya acostumbrados, toleren bien el agua en verano, cuando hay mayor consumo.

- Si en el establecimiento existen aguadas con distintos tenores salinos, para acostumbrarlos conviene comenzar echando los animales en los potreros con mejores aguadas, para ir pasando paulatinamente a los peores. Si es posible, conviene hacer mezcla de aguas e ir disminuyendo paulatinamente la proporción de agua dulce en 2-3 meses.
- Los animales que abrevan en aguas deficientes en sales deberán tener permanentemente durante todo el año una suplementación mineral completa para consumo ad libitum (Bavera, 2006).
- Los animales que abrevan en aguas deficientes en sales y a los que no se les suministra suplementos minerales, al ser pasados a zonas de aguas salinas se pueden intoxicar al ingerir grandes cantidades de agua para satisfacer sus necesidades minerales. Este problema se agrava si los animales además están sedientos y/o deshidratados como consecuencia del transporte. Debe controlarse el consumo hídrico y el del suplemento mineral los primeros días hasta que la hacienda se normalice.

TRATAMIENTOS PREVENTIVOS Y MANEJO DEL GANADO PARA NITRATOS Y NITRITOS

La eliminación de los nitratos y nitritos del agua de bebida es en general dificultosa y cara.

Existe un equipo que remueve los iones nitritos por desplazamiento con aniones fuertemente básicos, pero es muy oneroso para emplearlo en aguas de bebida para ganado.

Existen métodos de neutralización que remueven los nitritos y los convierten en nitratos, que en ciertas cantidades hemos visto que no son tóxicos para el ganado. Esta reacción se efectúa por el agregado al agua de bebida de un exceso de cloro, es decir, la superclorinación, que también actúa como bactericida, lo cual es importante, ya que en definitiva son las bacterias las que transforman los nitratos en nitritos. La proporción de cloro puro a agregar es de 12 g/1.000 litros en aguas estancadas y de 4-8 g/1.000 litros en aguas corrientes.

Se deben limpiar los bebederos periódicamente. En su interior se acumula tierra, pastos y excrementos arrastrados por el viento, verdín y restos de materia verde y granos que el animal deja caer en el momento de abrevar. Con el tiempo se forman nitratos y nitritos por la descomposición de la materia orgánica y se concentran las sales por la evaporación.

Por producir materia orgánica que se descompone, no es conveniente colocar peces en los depósitos de agua para bebida de ganado sin antes consultar a un especialista en el tema, ya que en ciertos casos pueden ser de utilidad

Se puede recurrir a ciertas medidas alimenticias para neutralizar en parte los efectos de nitratos y nitritos:

- Adicionar azufre a la ración para mantener la relación N-S en niveles correctos, lo que no es necesario si el agua lo contiene en cantidades adecuadas.
- Incrementar los niveles de vitamina A, ya que aparentemente los nitratos interfieren su normal metabolismo y reserva.
- Agregar granos a la ración para incrementar el nivel calórico de la misma porque la reducción de nitratos a amonio requiere energía. De no incrementarse el nivel energético, esa energía se restaría de la destinada a producción.
- Existen evidencias de que los nitratos pueden producir hipotiroidismo. Por lo tanto, el agregado de iodo ayudaría a revertir esta situación.

TRATAMIENTOS PREVENTIVOS Y MANEJO DEL GANADO PARA EL ARSÉNICO

Existen diversas tecnologías disponibles para lograr la remoción de arsénico requerida para el consumo humano de agua. Con la información completa de caudales y calidades del agua cruda y tratada, se buscará identificar dos o más tecnologías para cada caso específico, a efectos de profundizar el análisis, si es posible con el soporte de estudios de laboratorio. Es recomendable contar con el apoyo de expertos para resolver el

proyecto con solvencia técnica. Por su costo de instalación y de funcionamiento, estos tratamientos únicamente se pueden utilizar en núcleos urbanos.

Para las personas que habitan en el campo, existen en plaza dispositivos económicos y efectivos para reducida pero suficiente cantidad de agua, que actúan sobre la forma metálica del arsénico (arsénico trivalente), que es el estado que más frecuentemente aparece en las aguas. Dichos dispositivos consisten en equipos que emplean resinas intercambiadoras sódicas:

$$Cl_3As + 3\ R\text{-}Na \rightarrow R_3\text{-}As + 3\ ClNa$$

Es decir, que la resina retiene el arsénico, liberando sodio al agua.

Su costo es muy elevado para agua de bebida para ganado. Si una aguada contiene arsénico en concentraciones elevadas, conviene utilizarla alternadamente con aguadas libres de estos elementos, rotándolas como máximo cada unos tres meses, para permitir que se elimine la acumulación de este mineral en el organismo sin llegar a causar efectos tóxicos (ver cap. VI: Arsénico).

TRATAMIENTOS PREVENTIVOS Y MANEJO DEL GANADO PARA EL FLÚOR

En ciertas aguadas, la aparición de casos esporádicos de fluorosis nos indica que las concentraciones de este mineral se encuentran en un punto límite, por lo que debemos controlar permanentemente el agua de bebida (ver cap. VI: Flúor). En las zonas de fluorosis endémica, si las aguas que contienen flúor son las únicas disponibles para los animales, es necesario tomar distintas medidas:

Reemplazos en el rodeo.

Los animales jóvenes son los más susceptibles, especialmente desde que comienzan a consumir agua en cantidad hasta la aparición de la dentición de adulto (año y medio a dos años) (ver cap. VI: Flúor).

Durante la vida intrauterina y lactación, las barreras placentaria y mamaria impiden el paso del flúor al feto o al ternero, por lo que solo después del destete son susceptibles a la fluorosis. Es por ello que en las zonas endémicas deberán venderse los terneros al destete y efectuar los reemplazos con vaquillonas y toros por medio de compra de animales mayores a dos años, o sacar de ese campo problema la reposición al destete, llevarla a otro campo sin problemas de flúor, propio o a pastaje, y volver con las vaquillonas ya preñadas.

Manejo de la hacienda y de las aguadas.

Si en un campo hay aguadas con distintas concentraciones de flúor, se deberán reservar para los animales jóvenes las de menor concentración.

Las aguas con flúor en exceso deberán protegerse de la evaporación empleando tanques cubiertos para evitar la concentración de las sales.

Cuando pueden obtenerse aguas libres de flúor, como ser por medio de tajamares, se puede lograr una protección parcial suministrando a los animales aguas pobres y ricas en flúor en forma alternada, como máximo cada tres meses, o bien reservando la libre de flúor para los animales jóvenes.

Administración de compuestos de aluminio.

Los compuestos de aluminio actúan disminuyendo la absorción de los fluoruros a nivel intestinal. Se puede emplear sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, óxido de aluminio (alúmina) o fosfato de aluminio. La cantidad de sulfato de aluminio administrada diariamente debe ser equivalente por lo menos a diez veces la cantidad de flúor ingerida por el animal. El sulfato o el cloruro de aluminio administrados en ración o en el agua son más eficaces que la alúmina, pero en ciertos casos, se prefiere ésta última si las aguas contienen ya sulfatos o cloruros en exceso. En general, estos compuestos son de sabor desagradable.

El agua se puede tratar hasta un pH de 6,25 a 7,5 con estos compuestos alumínicos. La absorción de flúor por el empleo de estos compuestos no se elimina completamente, pero disminuye a cifras compatibles con la vida y producción.

Administración de sales de calcio.

Las sales de calcio disminuyen la absorción de flúor a nivel intestinal. Por lo tanto, en zonas de fluorosis se deberá suministrar permanentemente una suplementación mineral completa ad libitum que contenga sales de calcio.

El empleo de hidróxido de calcio (cal) en el agua de bebida puede disminuir el contenido de flúor soluble hasta una décima parte del existente. La adición deberá ser de 1 g/l, dejando asentar durante 6 días, lo que significa el empleo de por lo menos dos tanques de capacidad suficiente.

Se bien se han comprobado algunas acciones positivas preventivas de los compuestos de aluminio y de calcio, ninguno tiene efecto curativo sobre la cronicidad del flúor sobre el organismo.

TRATAMIENTOS PREVENTIVOS Y MANEJO DEL GANADO PARA LOS SULFATOS

TANINO

El tanino es una sustancia astringente, con un peso molecular elevado (500 a 3.000) y que contienen un gran número de grupos hidroxil fenólicos que les permiten formar enlaces cruzados eficaces con proteínas y otras moléculas. Reducen el valor nutritivo de los vegetales al reducir tanto el consumo voluntario como la digestibilidad.

El problema más grave de su presencia en los vegetales radica en su capacidad para reaccionar con la proteína en el aparato digestivo. La reducción en el consumo de alimento se debe principalmente a la naturaleza astringente de los taninos. También convierten a los vegetales en poco palatables mediante la precipitación de las proteínas de la saliva, la reducción de la permeabilidad de la pared intestinal al reaccionar con la capa celular externa del intestino, de forma que disminuye el paso de nutrientes a través de la pared intestinal y la inhibición de las enzimas digestivas por su capacidad para fijarse a las proteínas enzimáticas y al sustrato.

El tanino tiene un efecto contrario a las cualidades purgantes que presentan las aguas con exceso de sulfato de magnesio y/o de sodio. Su empleo es factible por períodos no muy prolongados, pues puede llegar a provocar una fuerte irritación intestinal.

El procedimiento más simple consiste en colocar cristales de tanino o extracto de quebracho desmenuzado en una bolsa permeable bajo el caño de descarga del molino o bomba, antes que el agua ingrese al tanque.

También se puede incorporar directamente al tanque en proporciones tolerables por la hacienda. El extracto de quebracho contiene del 2 al 4 % de ácido tánico. La tolerancia del ácido tánico por los vacunos es de hasta 10 g por día por animal adulto. Con esta cantidad no se producen grandes irritaciones intestinales. Suponiendo un consumo de agua de 50 l/día/animal, habría que agregar hasta un máximo de 0,2 g/l de ácido tánico, y considerando un término medio de 3 % de dicho ácido en el extracto de quebracho, la proporción a agregar del mismo sería de hasta 7 g/l.

Hay productores que colocan en los tanques trozos de madera de quebracho, que van liberando lentamente tanino, con lo cual logran mejorar la aguada.

La suplementación de la hacienda con grano de sorgo molido contrarresta el efecto diarreico de las sales del agua, por su elevado contenido en tanino, sobre todo los oscuros y especialmente los conocidos como antipájaro. Los sorgos antipájaro contienen hasta un 8 % de tanino; los de endosperma amarillo, que son los de menor contenido en tanino, un 4 % .

Un 1 % más de tanino en la ingesta total (líquida y sólida) da una disminución de la digestibilidad de la materia seca de un 4 a 5 %, o sea que un 4 % de aumento en el contenido de tanino en la dieta total significa

hasta un 20 % de disminución en la digestibilidad. Por ello el empleo de tanino es un método que se debe emplear con suma precaución y por poco tiempo por el daño que produce a la producción.

El tanino se presenta también en forma abundante en los frutos de árboles forrajeros. En el Parque Chaqueño y en los Bosques y Médanos Pampeano Puntanos, los animales que abrevan aguas con alto tenor de sulfatos no presentan en ciertas épocas del año los cuadros diarreicos esperados. En esas regiones ganaderas los animales consumen chauchas de árboles forrajeros, como el algarrobo, caldén y otros cuyos frutos son ricos en tanino y también en hidratos de carbono.

ALMIDÓN

También el almidón actúa, aunque en forma más suave que el tanino, como astringente. En forma práctica, se pueden pastorear el maíz y el sorgo granados, soportando así la hacienda mejor las aguadas salobres. En el caso de los sorgos, se adicionan los efectos del contenido de tanino y almidón

SUPLEMENTACIÓN MINERAL

Para neutralizar en parte la acción desmineralizante del sulfato presente en el agua, se debe proporcionar una suplementación mineral completa, con calcio, fósforo, cobre y microelementos. Si mezclada con cloruro de sodio la hacienda no la consume, se deberá ir disminuyendo el cloruro de sodio, que actúa como regulador del consumo, y agregando grano hasta dar con el punto en donde los animales la consuman en la proporción requerida (Bavera, 2006).

"…debe tenerse mucho cuidado en el planteo de la capacidad de los tanques de reserva. Es necesario observar el régimen de vientos imperantes en la zona para hacer el cálculo de las necesidades de agua que debe almacenarse. Las estimaciones comunes realizadas para las zonas de clima templado -como se acostumbra hacer en la pampa húmeda, donde es común planear un depósito suficiente para siete días- deben ser exagerados en los países tropicales, por el motivo que no son raros períodos de calma superiores a los diez días."

Mauricio B. Helman. 1977. Ganadería tropical, Ed. El Ateneo, Bs. As., 185.

CAPÍTULO XXI

CÁLCULO DE AGUADAS

El objetivo de este capítulo es proporcionar los elementos necesarios para determinar las dimensiones de cada componente de una aguada, a los efectos de asegurar un suministro constante y suficiente de agua a los animales.

Los cálculos se deben realizar previendo las máximas cargas instantáneas de animales que puedan soportar simultáneamente los potreros abastecidos por esa aguada. Incluso, hay que tener en cuenta los mejoramientos factibles de las pasturas y el empleo de pastoreo rotativo, de feedlot y de suplementación que aumentan esas cargas instantáneas.

Hay establecimientos ganaderos o agrícolaganaderos con aguadas bien construidas hace 20, 50 o más años que hasta hace poco tiempo funcionaron sin ningún problema de abastecimiento, pero que actualmente comienzan a sufrir inconvenientes. La causa es la intensificación de la producción ganadera, con el aumento de las cargas totales e instantáneas, para las cuales esas aguadas no estaban preparadas. Por ello es necesario recalcular el suministro de agua y reformar las aguadas en donde sea conveniente. A veces basta con un simple recambio de cañerías por otras de mayor diámetro para que llegue mayor cantidad de agua por segundo al bebedero, pero otras veces habrá que aumentar la capacidad de los depósitos y/o su altura para obtener mayor presión, agregar nuevo equipamiento para extracción del agua de las napas o aún crear otras aguadas completas. En cada caso en particular será necesario estudiar la forma más económica de asegurar el suministro suficiente de agua a la hacienda ante el empleo de las nuevas tecnologías ganaderas.

CAPACIDAD DEL DEPÓSITO

Tajamares, colectores pluviales, embalses, estanques y represas: El cálculo de su capacidad ya ha sido visto al tratar a cada uno de ellos.

Tanque australiano, con bebedero, cubierto: Este cálculo depende, entre otros factores, del tipo de mecanismo de extracción y transmisión de energía que se utilicen.

Cuando se emplean molinos, se debe prever una reserva no inferior a diez días, para hacer frente a períodos de calma distribuidos en el mes, y de reparaciones de posibles roturas. En zonas tropicales, donde es frecuente que los períodos de calma superen ese margen y donde también influye la gran evaporación, deberá contemplarse un período mayor de reserva.

Otros datos a tener en cuenta son la receptividad máxima de todos los potreros abastecidos por esa aguada y el consumo diario por animal, calculado en la época de máximo consumo. Esto último varía, como se vio, de acuerdo a las categorías de vacunos que ocupen el o los potreros a abastecer. En promedio se considera un consumo de 50 litros por día por animal para rodeos de cría e inverne, y el doble para vacas lecheras en producción.

En el ejemplo que se da a continuación, supondremos que el tanque australiano abastecerá a 4 potreros de 50 ha con una carga máxima de 2 novillos de 400 kg/ha, que consumen cada uno 50 litros diarios de agua:

Capacidad = ha x carga x consumo/día/animal x 10 días

Capacidad = 200 ha x 2 anim/ha x 50 l día/anim x 10 días = 200.000 litros

Es decir, necesitaremos instalar un tanque de 200.000 litros de capacidad (ver tablas 14-5 y 14-6).

Es común el error de calcular una gran reserva pero con poca recarga de agua. No es ideal un tanque de 500.000 litros con un solo molino, ya que solo para llenarlo el molino deberá trabajar 15 - 20 días sin animales consumiendo el agua. Superados los 150.000 - 200.000 litros de capacidad del tanque, conviene que lo abastezca más de un molino o un molino y una bomba.

Cuando se emplean otros equipos de transmisión de energía, no condicionados por la presencia o ausencia de viento, ya sea solos o como auxiliares de molino, es suficiente considerar una reserva de 3 días como margen de seguridad para reparar posibles roturas. Por lo tanto, en la fórmula anterior, se deberá reemplazar el último término, 10 días, por 3 días, con lo que en el ejemplo la capacidad del tanque puede reducirse considerablemente, a 60.000 litros:

Capacidad = 200 ha x 2 anim/ha x 50 l/día/anim x 3 días = 60.000 litros.

CÁLCULO DEL MECANISMO DE EXTRACCIÓN Y ELEVACIÓN Y DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA

MOLINO

De acuerdo a la premisa indicada de 10 días de reserva, el molino deberá tener un rendimiento que le permita reponer, en los 20 días restantes del mes, la capacidad calculada del tanque, para afrontar una situación similar, más la cantidad de litros que se consumen diariamente. De esta manera, el consumo diario no disminuirá la cantidad de litros que debemos ir almacenando para llegar a un nuevo período sin viento con el tanque lleno. Destaquemos que esos diez días sin viento en el mes, pueden ser consecutivos o alternados con días con viento, pero para el cálculo esto es indiferente.

En primer lugar calculamos el rendimiento del molino necesario para la reposición de la capacidad del tanque. Debemos conocer el término medio de las horas/día de viento, lo que varía según la zona. Si a esa cantidad la multiplicamos por los 20 días con viento, tendremos:

Horas de trabajo en el mes = Promedio h/día de viento x 20 días

Al dividir la capacidad del tanque por las horas de trabajo en el mes, obtendremos el rendimiento horario necesario:

$$\text{Rendimiento horario necesario para cubrir la reserva en 20 días} = \frac{\text{Capacidad calculada del depósito}}{\text{Horas de trabajo en el mes}}$$

Este rendimiento es el requerido para llenar el tanque en 20 días, sin considerar el consumo diario. Para calcular el mismo, se efectúa la siguiente operación:

Consumo diario = ha x carga x consumo/día/animal

Para establecer el rendimiento horario necesario del molino para proveer al consumo diario, empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento horario necesario para cubrir el consumo diario} = \frac{\text{Consumo diario}}{\text{Horas de viento diarias}}$$

En consecuencia, el rendimiento total necesario resulta de la suma de:

Rendimiento horario total necesario	=	Rendimiento horario necesario para cubrir la reserva	+	Rendimiento necesario para cubrir consumo diario

En el ejemplo anterior, y considerando que hay 18 h de viento/día como término medio, tendremos:
Horas de trabajo en el mes = 18 h/día de viento x 20 días = 360 h

$$\text{Rendimiento horario necesario para cubrir la reserva} = \frac{200.000\ \text{l}}{360\ \text{h}} = 556\ \text{litros/hora}$$

Consumo diario = 200 ha x 2 anim/ha x 50 l/día/animal = 20.000 l

Rendimiento horario necesario para cubrir el consumo diario = 20.000 l/18 h = 1.111 l/h

Rendimiento horario total necesario = 556 l/h + 1.111 l/h = 1.667 l/h

Nuestro ejemplo no considera el caso de la existencia de un auxiliar de molino, pues de existir dicho mecanismo, se reduciría el requerimiento necesario para cubrir la reserva (556 l/h), al poder recurrir al mismo en los días sin viento o en caso de rotura de la máquina del molino.

Suponiendo que la altura total de elevación es de 30 m, la tabla 13-3 nos permite determinar cuál es el molino que satisface nuestras necesidades. Observamos, que podemos instalar un molino de 8 pies de rueda, con cilindro de 3½ pulgadas y caños de 1½ pulgadas, además de otros que también cumplen este rendimiento (ver cap. XIII: Elección del molino).

BOMBAS QUE NO DEPENDEN DEL VIENTO

En 8 horas de trabajo deberán extraer el consumo diario. En nuestro ejemplo:

$$\frac{20.000\ \text{l/día}}{8\ \text{h}} = 2.500\ \text{litros/hora}$$

De acuerdo con los cuadros incluidos al tratar cada una de ellas (cap. XII) y al último punto de este capítulo, se elige cuál instalar. Como no dependen del viento, si la reserva disminuye debido a detenciones del mecanismo por roturas, será necesario hacerlas funcionar unas horas más por día hasta cubrirla nuevamente.

CÁLCULO DEL BEBEDERO

Cualquiera sea el depósito (tanque australiano, cubierto, tajamar, represa, etc.) el cálculo del bebedero se efectúa de igual manera. Interesa en primer lugar determinar el largo correcto del bebedero, de modo que resulte suficiente de acuerdo al número de animales que ocupan el potrero.

Muchas veces se hacen cálculos de los que se obtienen exagerados largos de bebederos, y se olvida que lo más importante antes que el largo del bebedero, es la velocidad de llenado del mismo, es decir, el caudal instantáneo de agua que entra al bebedero.

Podemos tener un bebedero sumamente largo, en donde se acercan una decena de animales a beber al mismo tiempo que lo vacían en un minuto, y si el caudal de entrada de agua no es grande, los diez animales que se acerquen a beber en segundo lugar se encontrarán con el bebedero vacío o con muy poca agua, con lo que se molestarán entre sí al tratar de beber cerca del flotante, que es por donde entra y puede haber algo de agua, espectáculo muy común en muchos campos.

Hemos trabajado con 2 o 3 cuerpos de bebedero con flotante (3 a 4,5 m de largo) fuera del alambre divisorio, es decir, que toman agua de ambos lados, en potreros de 100 ha con 600 vacas de cría, sin que en ningún momento existiera aglomeración de vacas para beber. Estos bebederos tenían caño de 2 pulgadas que llevaban el agua de un tanque australiano de 3,5 metros de profundidad muy cercano y elevado sobre un terraplén de 2 metros. Esto hacía que hubiera una pérdida de carga mínima y una buena presión del agua por desnivel, con lo que el caudal de entrada de agua al bebedero era muy bueno y el mismo prácticamente siempre estaba lleno, aún en el momento en que los animales bebían agua. Además, la comunicación entre los cuerpos de bebida era amplia, de manera que el agua pasaba rápidamente sin dificultades hasta el último cuerpo, manteniendo un nivel de agua parejo en todo el bebedero.

Será suficiente, por lo tanto, trabajar con dos o tres cuerpos de bebedero, pero con caños del tanque al bebedero de 2 a 3 pulgadas y tener la precaución de que la salida por el flotante o válvula sea del mismo diámetro. En general los caños del tanque a las bebidas debe ser como mínimo de 2 pulgadas, aumentando a 2,5 pulgadas si el bebedero se instala lejos del tanque. Para distancias cercanas o mayores a los 1.000 metros deben ser de 3 pulgadas y una diferencia de altura entre el piso del tanque y la descarga del bebedero como mínimo de 1,5 metros.

Si el desnivel desde el piso del tanque es reducido, se deberá mantener siempre el tanque lleno o semilleno. En algunos casos es conveniente aumentar la altura de las paredes del tanque, dándole más profundidad, de manera que al estar lleno o semilleno aumenta la presión en el caño al bebedero.

Si los animales a abrevar son vacas de tambo, debe considerarse un 50 % más de longitud de bebedero, dado que por el manejo al que están sometidas se acercan a abrevar mayor cantidad al mismo tiempo, en muchos casos tienen cuernos (lo que aumenta el espacio requerido por animal) y además es común la existencia de vacas líderes que pueden entorpecer el abrevado de los otros animales.

Las burbujas de aire atrapadas en cañerías cuando su recorrido transcurre con ondulaciones importantes del relieve, son difíciles de expulsar aunque se coloque una bomba para hacerlo, constituyendo verdaderos tapones que impiden la libre circulación de agua en trayectos largos. Es importante en estos casos colocar purgadores o purgues para expulsar el aire de la cañería, colocando los mismos en las partes más altas atravesadas.

PÉRDIDAS DE CARGA

El agua conducida por una cañería, independientemente de la posición de esta última, sufre resistencias a su movimiento debidas al rozamiento, las que serán aumentadas por la presencia de codos, derivaciones, válvulas, etc. Asimismo, la rugosidad de la pared interna influye aumentando dicho rozamiento. Por lo tanto, la pérdida de carga depende de la elección de las cañerías y sus dimensiones.

La pérdida de carga significa pérdida de dinero. Una pérdida de carga doble significa gastos duplicados del bombeo de agua.

La figura 21-1 nos permite visualizar el concepto de pérdidas de carga.

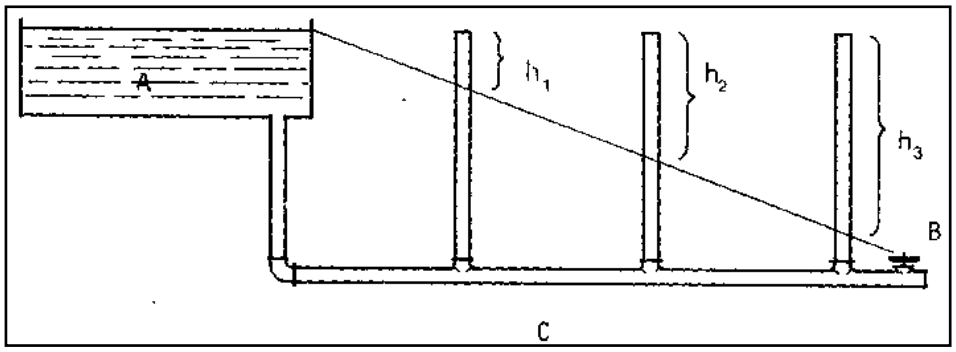


Figura 21-1.- Esquema teórico de pérdidas de carga.

Supongamos un depósito A que entrega agua a la cañería C, la que posee en distintos puntos de su recorrido tubos verticales de vidrio 1, 2 y 3 y una llave de cierre B.

Sí la llave permanece cerrada, el agua alcanzará, en los tubos de vidrio, una altura igual al nivel del depósito, por el principio de vasos comunicantes.

Cuando se abre dicha llave, los niveles en 1, 2 y 3 se reducirán debido al rozamiento del agua en movimiento y las nuevas alturas determinarán el nivel piezométrico. Las diferencias de nivel (h1 - h2 - h3) se denominan pérdidas de carga. Vemos que las mismas son mayores a medida que nos alejamos del depósito.

Cuanto más elevado esté el depósito, menores serán dichas pérdidas en un mismo punto de la cañería, las que también pueden reducirse empleando un mínimo de accesorios (codos, llaves, derivaciones, etc.), los que actúan modificando la circulación del agua en la cañería.

Para el cálculo de las pérdidas de carga, los accesorios pueden transformarse en longitudes ficticias equivalentes de caño recto, según figura en la tabla 21-1, la que es aplicable a caños galvanizados y plásticos.

Tabla 21-1.- Pérdidas de carga por fricción en distintos accesorios de hierro o plástico en metros (longitud equivalente de caño recto del mismo diámetro en metros).

Diámetro nominal de los accesorios		Codo 45º	Codo 90º	Codo 180º	Curva 90º	Te	Válvula retención o clapper	Válvula esclusa y válvulas de bebedero totalmente abiertas	Válvula globo totalmente abierta
mm	Pulg.								
12	½	0,24	0,46	1,09	0,30	1,00	1,22	0,12	5,18
19	¾	0,30	0,61	1,52	0,45	1,37	1,83	0,15	6,71
25	1	0,40	0,82	1,83	0,52	1,74	2,44	0,18	8,24
32	1 ¼	0,51	1,07	2,53	0,70	2,32	3,06	0,24	11,00
38	1 ½	0,61	1,31	3,05	0,82	2,74	4,27	0,30	13,12
51	2	0,76	1,68	3,98	1,07	3,66	5,80	0,36	16,78
63	2 ½	0,92	1,98	4,58	1,28	4,27	7,01	0,43	20,43
76	3	1,16	2,44	5,49	1,59	5,18	9,76	0,52	25,01
102	4	1,53	3,36	7,32	2,14	6,71	13,12	0,70	33,55
127	5	1,92	4,27	9,46	2,74	8,24	17,69	0,88	42,70
152	6	2,89	4,88	11,28	3,36	10,00	20,74	1,07	51,85
203	8	3,00	6,10	15,85	4,27	13,12	---	1,37	68,02
254	10	3,96	7,93	18,60	5,18	16,16	---	1,77	85,40
305	12	4,55	9,76	22,57	6,10	20,74	---	2,07	100,65
356	14	5,15	11,28	25,92	7,32	23,79	---	2,44	115,90
406	16	5,80	12,85	30,50	8,24	26,81	---	2,74	134,20

Tabla 21-2.- Pérdida de carga o de altura en cañerías de hierro nuevas

Caudal de agua (Q)			Diámetro nominal interno de la cañería en pulgadas y en mm (D)											
m^3/h	Litros/ minuto	Litros/ segundo	**½ "** 15,75	**¾ "** 21,25	**1"** 27,00	**1 ¼ "** 35,75	**1 ½ "** 41,25	**2 "** 52,50	**2 ½ "** 68,00	**3 "** 80,25	**3 ½ "** 92,50	**4 "** 105,0	**5 "** 130,0	**6 "** 155,5
1,2	20	0,33	1,710 33,53	0,940 8,035	0,584 2,588	0,331 0,677	0,249 0,346							
1,5	25	0,42	2,138 49,93	1,174 11,91	0,730 3,834	0,415 1,004	0,312 0,510			Las cifras en la parte superior de cada celda indican la velocidad (V) del agua en m/segundo. Las cifras en la parte inferior de cada celda indican la pérdida de carga o de altura (J) en metros por cada 100 metros de tubería.				
1,8	30	0,50	2,565 69,34	1,409 16,50	0,876 5,277	0,498 1,379	0,374 0,700	0,231 0,223						
2,1	35	0,58	2,983 91,54	1,644 21,75	1,022 6,949	0,581 1,811	0,436 0,914	0,269 0,291						
2,4	40	0,67		1,879 27,66	1,168 8,820	0,664 2,290	0,499 1,160	0,308 0,368						
3,0	50	0,83		2,349 41,40	1,460 13,14	0,830 3,403	0,623 1,719	0,385 0,544	0,229 0,159					
4,2	70	1,12		3,288 76,49	2,043 24,18	1,162 6,231	0,873 3,132	0,539 0,988	0,321 0,287	0,231 0,131				
5,4	90	1,50			2,627 38,30	1,494 9,828	1,122 4,927	0,693 1,551	0,413 0,449	0,269 0,203				
6,0	100	1,67			2,919 46,49	1,660 11,90	1,247 5,972	0,770 1,875	0,459 0,542	0,329 0,244	0,248 0,124			
7,5	125	2,08			3,649 70,41	2,075 17,93	1,558 8,967	0,962 2,802	0,574 0,809	0,412 0,365	0,310 0,185	0,241 0,101		
9,0	150	2,50				2,490 25,11	1,870 12,53	1,154 3,903	0,668 1,124	0,494 0,506	0,372 0,258	0,289 0,140		
12	200	3,33				3,319 42,75	2,493 21,36	1,539 6,624	0,918 1,901	0,659 0,855	0,496 0,431	0,385 0,234	0,251 0,084	
15	250	4,17				4,149 64,86	3,117 32,32	1,924 10,03	1,147 2,860	0,823 1,282	0,620 0,646	0,481 0,350	0,314 0,126	
18	300	5,00					3,740 45,52	2,309 14,04	1,377 4,009	0,988 1,792	0,744 0,903	0,577 0,488	0,377 0,175	0,263 0,074
24	400	6,67					4,987 78,17	3,078 24,04	1,836 6,828	1,317 3,053	0,992 1,530	0,770 0,829	0,502 0,294	0,351 0,124
30	500	8,33						3,848 36,71	2,295 10,40	1,647 4,622	1,240 2,315	0,962 1,254	0,628 0,445	0,439 0,187
36	600	10,0						4,618 51,84	2,753 14,62	1,976 6,505	1,488 3,261	1,155 1,757	0,753 0,623	0,526 0,260
42	700	11,7							3,212 19,52	2,306 8,693	1,736 4,356	1,347 2,345	0,879 0,831	0,614 0,347
48	800	13,3							3,671 25,20	2,635 11,18	1,984 5,582	1,540 3,009	1,005 1,066	0,702 0,445
54	900	15,0							4,130 31,51	2,964 13,97	2,232 6,983	1,732 3,762	1,130 1,328	0,790 0,555
60	1000	16,7							4,589 38,43	3,294 17,06	2,480 8,521	1,925 4,595	1,256 1,616	0,877 0,674
75	1250	20,8								4,117 26,10	3,100 13,00	2,406 7,010	1,570 2,458	1,097 1,027
90	1500	25,0								4,941 36,97	3,720 18,42	2,887 9,892	1,883 3,468	1,316 1,444
105	1750	29,2									4,340 24,76	3,368 13,30	2,197 4,665	1,535 1,934
120	2000	33,3									4,960 31,94	3,850 17,16	2,511 5,995	1,754 2,496
150	2500	41,7										4,812 26,26	3,139 9,216	2,193 3,807
240	4000	66,7											5,023 22,72	3,509 8,926
300	5000	83,3												4,386 14,42

En cañerías de hierro usadas, donde por el sarro depositado hay mayor pérdida de carga, se debe multiplicar la cifra de pérdida de carga cada 100 metros obtenida en la tabla por el factor de corrección 1,33.

Tabla 21-3.- Pérdidas de carga o de altura en tuberías de plástico.

(Q) Caudal de agua			(D) Diámetro aproximado empleado en comercio en pulgadas (cifra superior); Diámetros exactos externo (cifra media) e interno (cifra inferior) en mm.											
m^3/h	Litros/ minuto	Litros/ segundo	¾ ” 25 20,4	1 ” 32 26,2	1 ¼ ” 40 32,6	1 ½ ” 50 40,8	2 ” 63 51,4	2 ½ ” 75 61,4	3 ” 90 73,6	3 ½ ” 110 90,0	4 ” 125 102,2	4 ½ ” 140 114,6	5 ” 160 130,8	5 ½ ” 180 147,2
1,2	20	0,33	1,0 6,4	0,61 2,2	0,39 0,9	0,25 0,28	0,16 0,11			Las cifras en la parte superior de cada celda indican la velocidad (V) del agua en m/segundo. Las cifras en la parte inferior de cada celda indican la pérdida de carga o de altura (J) en metros por cada 100 metros de tubería.				
1,5	25	0,42	1,3 10,0	0,78 3,5	0,5 1,4	0,32 0,43	0,2 0,17	0,14 0,074						
1,8	30	0,50	1,53 13,0	0,93 4,6	0,6 1,9	0,38 0,57	0,24 0,22	0,17 0,092						
2,1	35	0,58	1,77 16,0	1,08 6,00	0,69 2,0	0,44 0,70	0,28 0,27	0,2 0,12						
3,0	50	0,83	2,54 37,0	1,54 11,0	0,99 4,8	0,63 1,40	0,4 0,50	0,28 0,22	0,2 0,09					
3,6	60	1,00	3,06 43,0	1,85 15,0	1,2 6,5	0,76 1,90	0,48 0,70	0,34 0,32	0,24 0,13	0,16 0,05				
4,2	70	1,12	3,43 50,0	2,08 18,0	1,34 8,0	0,86 2,50	0,54 0,83	0,38 0,38	0,26 0,17	0,18 0,068				
5,4	90	1,50		2,78 30,0	1,8 12,0	1,15 3,50	0,72 1,30	0,51 0,57	0,35 0,26	0,24 0,092	0,18 0,05			
6,0	100	1,67		3,1 39,0	2,0 16,0	1,28 4,6	0,8 1,80	0,56 0,73	0,39 0,30	0,26 0,12	0,2 0,07			
7,5	125	2,08		3,86 50,0	2,49 24,0	1,59 6,6	1,00 2,50	0,70 1,10	0,49 0,50	0,33 0,18	0,25 0,10	0,20 0,055		
9,0	150	2,50			3,00 33,0	1,91 8,6	1,20 3,5	0,84 1,40	0,59 0,63	0,39 0,24	0,30 0,13	0,24 0,075		
12	200	3,33			3,99 50,0	2,55 14,0	1,60 5,5	1,12 2,40	0,78 1,0	0,52 0,40	0,41 0,22	0,32 0,12	0,25 0,65	
15	250	4,17				3,79 21,0	2,01 8,0	1,41 3,70	0,98 1,50	0,66 0,57	0,51 0,34	0,40 0,18	0,31 0,105	0,25 0,06
18	300	5,00				3,82 28,0	2,41 10,5	1,69 4,60	1,18 1,95	0,78 0,77	0,61 0,45	0,48 0,25	0,37 0,13	0,29 0,085
24	400	6,67					3,21 19,0	2,25 8,0	1,57 3,60	1,05 1,40	0,81 0,78	0,65 0,44	0,50 0,23	0,39 0,15
30	500	8,33					4,01 28,0	2,81 11,5	1,96 5,0	1,1 2,0	1,02 1,20	0,81 0,63	0,62 0,33	0,49 0,21
36	600	10,0					4,82 37,0	3,38 15,0	2,35 6,6	1,57 2,60	1,22 1,50	0,97 0,82	0,74 0,45	0,59 0,28
42	700	11,7					5,64 47,0	3,95 24,0	2,75 8,0	1,84 3,50	1,43 1,90	1,13 1,10	0,87 0,60	0,69 0,40
48	800	13,3						4,49 26,0	3,13 11,0	2,09 4,5	1,62 2,60	1,29 1,40	0,99 0,81	0,78 0,48
54	900	15,0						5,07 33,0	3,53 13,5	2,36 5,5	1,83 3,20	1,45 1,70	1,12 0,95	0,80 0,58
60	1000	16,7						5,64 40,0	3,83 16,0	2,63 6,7	2,04 3,90	1,62 2,2	1,34 1,2	0,96 0,75
75	1250	20,8							4,89 25,0	3,27 9,0	2,54 5,0	2,02 3,0	1,56 1,6	1,22 0,95
90	1500	25,0							5,98 33,0	3,93 13,0	3,05 8,0	2,42 4,1	1,86 2,3	1,47 1,40
105	1750	29,2							6,86 44,0	4,59 17,5	3,56 9,7	2,83 5,7	2,17 3,2	1,72 1,9
120	2000	33,3								5,23 23,0	4,06 13,0	3,23 7,0	2,48 4,0	1,96 2,4
150	2500	41,7								6,55 34,0	5,08 18,0	4,04 10,5	3,10 6,0	2,45 3,5
240	4000	66,7									8,13 43,0	6,47 24,0	4,96 13,0	3,92 7,5
300	5000	83,3										8,08 33,0	6,2 18,0	4,89 11,0

En la instalación de toda aguada surge el problema del dimensionamiento de los distintos elementos que la componen, y las variables a tener en cuenta son: el caudal necesario, el diámetro de cañerías, la velocidad del agua y las pérdidas de carga.

Las tablas 21-2 y 21-3 permiten hallar rápidamente y con suficiente exactitud, dos valores cualesquiera conociendo los dos restantes. Disponiendo, por ejemplo, de los datos de Q (caudal) que necesitamos y D (diámetro) de los caños a emplear, podemos hallar los valores de V (velocidad) y J (pérdida de carga o de altura por cada 100 m de caño).

Algunas consideraciones ya citadas que pueden visualizarse a través de estas tablas son:
Las pérdidas de carga son mayores a medida que:

1) La velocidad es mayor
2) El diámetro es menor
3) Las paredes son más rugosas.
4) Hay mayor cantidad de sarro.

Comparando ambas tablas notamos que los caños de acero galvanizado presentan pérdidas de carga mayores (35-40 % más) que los de plástico y que las cañerías de acero galvanizado usadas, por el sarro tienen un 30-33 % más de pérdidas de carga que las nuevas.

Para un determinado caudal, un diámetro reducido aumenta las pérdidas de carga, porque la velocidad debe ser grande.

La velocidad del flujo en la tubería debe mantenerse proporcionalmente baja. Se considera que el margen de utilidad ideal es el comprendido entre 0,5 y 2 m/s. Velocidades menores a 0,5 llevarían al uso de caños de gran diámetro para un determinado caudal, lo que resultaría antieconómico. Velocidades mayores a 4 m/s pueden producir ruidos debidos a problemas de turbulencia en los codos, desviaciones y válvulas, así como golpes de ariete en tuberías muy largas.

Los cálculos que podemos efectuar de pérdidas de carga son siempre aproximados en aguadas. Esto se debe a que las tablas han sido confeccionadas para una temperatura constante del agua de 10º C, y en la práctica la temperatura al aire libre a campo sufre grandes variaciones, pero para nuestras necesidades esta aproximación es suficiente.

CÁLCULO DE LA CAÑERÍA AL BEBEDERO

La importancia de este cálculo radica en que es necesario que llegue al bebedero un caudal suficiente de agua para compensar el consumo por parte de la hacienda, asegurando un llenado permanente del bebedero.

Ejemplo:

Un bovino adulto puede beber en 2 minutos unos 20 litros (por vez que se acerca a la aguada), por lo que tendremos un consumo por minuto y por animal de 10 litros. Doce animales que puedan beber a la vez en un determinado bebedero (6 de cada lado) consumirán 120 litros por minuto. En consecuencia, el caudal necesario (Q) es de 120 litros/minuto.

Este es uno de los datos que nos permite elegir el diámetro de caño a instalar. Otros aspectos a considerar son las pérdidas de carga y la velocidad del agua en la cañería, ya que ha medida que aumenta la distancia del tanque al bebedero, aumentan las pérdidas de carga y por consiguiente, será necesaria una mayor altura del depósito. El desnivel del terreno natural interviene de manera importante en algunas zonas.

Apliquemos los conceptos de pérdidas de carga al ejemplo propuesto. Suponemos que la instalación responde a la figura 21-2.

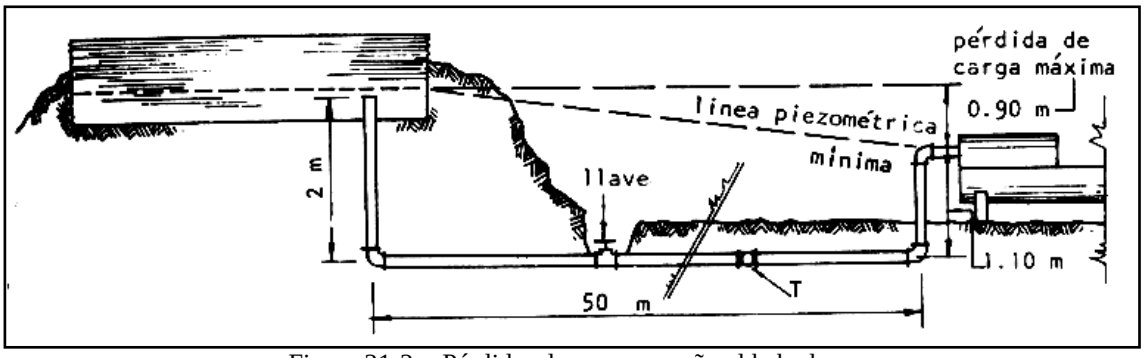


Figura 21-2. - Pérdidas de carga en caño al bebedero.

Partimos de la base que el tanque australiano tiene una pequeña cantidad de agua; de este modo, nos ubicamos en la situación más desfavorable.

Si la altura del caño de salida del tanque es 2 m y la salida en el bebedero está a 1,10 m del caño horizontal, nuestra pérdida de carga en el bebedero tendrá que ser inferior a 0,90 metros:

2,00 m - 1,10 m = 0,90 m

Es decir, la línea piezométrica deberá pasar por el orificio de salida en el bebedero como posibilidad extrema, pero nunca por debajo de ese punto.

Por razones de costo, partimos del supuesto que instalaremos caño plástico desde el tanque hasta el bebedero. En realidad, el último tramo de caño, que se encuentra a la intemperie, debe ser galvanizado; no obstante, a los efectos de facilitar el cálculo y dado que es un tramo muy reducido que casi no influye, supondremos que es plástico en toda su longitud.

La incógnita a dilucidar es, en este caso, la determinación del diámetro a instalar, ya que conocemos el caudal requerido.

En la tabla 21-3 ubicamos la cifra Q = 120 litros/minuto o la superior más cercana, que en este caso es 125 l/min. Si elegimos el diámetro interno 51,4 mm (2"), la pérdida de carga es 2,5 m/100 m. Esta cifra nos indica que para ese caudal y usando este diámetro de caño, tendremos una pérdida de 0,025 m por cada metro de cañería (2,5 m / 100). Verificamos si esa cifra es admisible para nuestra instalación:

El largo de la cañería es:

2 m + 50 m + 1,10 m = 53,10 m

Los accesorios representan una longitud extra de caño, que calculamos con el cuadro 20-1, de la siguiente manera:

3 curvas de 90º de 2" (1,07 x 3).....	3,21 m
paso a través de T de 2".....	3,66 m
llave esclusa de 2" totalmente abierta.....	0,36 m
válvula o válvula con flotante en el bebedero abierta.....	0,36 m
	7,59 m

El largo total ficticio de la cañería del ejemplo resulta:

53,10 m + 7,59 m = 60,69 m

Multiplicando el dato de pérdida de carga obtenido en la tabla (0,025 m/m) por el largo total ficticio de cañería, tenemos:

60,69 m x 0,025 m/m = 1,52 m de pérdida de carga

La pérdida de carga máxima no puede superar los 0,90 m, por lo cual no podremos utilizar caño de 51,4 mm (2"). Debemos seleccionar un caño de mayor diámetro (2,5" por ejemplo), para disminuir las pérdidas de carga.

Nuevamente, en la tabla 21-3 vemos que para un caudal de 125 l/minuto en un caño de 2,5" (61,4 mm de diámetro interno) tenemos una pérdida de 1,10 metros/100 metros, es decir, 0,011 metros por metro.

Debemos calcular nuevamente los largos equivalentes de accesorios de 2,5":

3 curvas de 90º de 2,5" (1,28 x 3).....	3,84 m
paso a través de T de 2,5".....	4,27 m
llave esclusa de 2,5" totalmente abierta.....	0,43 m
válvula o válvula con flotante en el bebedero abierta.....	0,43 m
	8,97 m

Sumando esta cifra al largo de cañería:

53,10 m + 8,97 m = 62,07 m

Nuestra pérdida de carga será, entonces:

62,07 m x 0,011 m/m = 0,683 m de pérdida de carga

Como esta pérdida de carga no supera los 0,90 m, podemos instalar caños de 2,5" para asegurar el caudal necesario en el bebedero. La velocidad del agua (tabla 21-3) es de 0,70 m/seg., lo que está dentro de los parámetros correctos.

SELECCIÓN DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

El rendimiento de una bomba depende casi exclusivamente de la correcta selección de la misma.

Es de fundamental importancia disponer de los datos siguientes: tipos de energía disponible, caudal necesario y altura manométrica total.

Con respecto al **tipo de energía**, cabe recordar que todas las bombas, excepto las electrobombas sumergibles, pueden ser accionadas por motores de explosión, aunque en determinadas circunstancias, como hemos visto, la instalación se ve facilitada al disponer de energía eléctrica.

En lo que hace al **caudal** necesario, el mismo resulta de los cálculos ya vistos.

La **altura manométrica total** es la suma de las alturas de aspiración, de impulsión y de las pérdidas de carga.

altura manométrica total = altura aspiración + altura impulsión + pérdidas de carga

Se entiende por altura de aspiración la existente entre el nivel dinámico o de bombeo y la bomba. Como hemos visto, esta altura nunca debe exceder de 6 metros para que la aspiración se realice. En los casos de bombas que se instalan sumergidas en la napa, este valor es cero.

La altura de impulsión o geométrica es la diferencia en metros desde la bomba hasta el caño de descarga al tanque.

Ejemplo 1:

Determinar las pérdidas de carga en una instalación de bombeo. Supongamos una electrobomba sumergible instalada en una perforación a 50 metros, que abastece a un tanque australiano, siendo el caudal requerido 5.000 l/hora.

No conocemos todavía la altura manométrica de nuestra instalación, pero sabemos que la misma será mayor de 50 metros, debido a las pérdidas de carga. Por lo tanto, en la tabla 12-7 ubicamos un modelo de electrobomba que proporcione ese caudal a una altura mayor de 50 metros. El modelo que figura en el séptimo renglón con caño de 2", responde a estas condiciones por suministrar ese caudal a una altura manométrica de

60 metros. En la práctica, debemos elegirla del manual del fabricante de la bomba a adquirir, ya que hay variaciones de una a otra marca.

Sí determinamos la altura manométrica de nuestra instalación, podremos saber si ese modelo satisface realmente nuestras necesidades.

La altura de impulsión o geométrica es, en el ejemplo, 53 metros (50 + 3).

La altura manométrica resulta de sumar a esa cifra las pérdidas de carga producidas no sólo en esos 53 metros, sino también las originadas en los caños horizontales y en los accesorios.

En la tabla 21-2 para caño galvanizado ubicamos el dato de caudal:

5.000 l/h / 60 minutos = 83,33 litros/minuto

La cifra más cercana superior es 90 l/min., la pérdida de carga para cañería de hierro de 2" será 1,551 m/100 m de cañería (1,551 / 100 = 0,01551 metro/metro) y la velocidad de 0,693 m/seg. está dentro de los rangos aceptados.

Las longitudes ficticias equivalentes de accesorios son:

3 curvas de 90º de 2" (1,07 x 3).....3,21 m
1 válvula de retención 2".....5,80 m
1 llave esclusa de 2" totalmente abierta..... 0,36 m

9,37 m

La longitud total de la cañería es:

50 m + 100 m + 3 m + 1 m + 9,37 m = 163,37 m

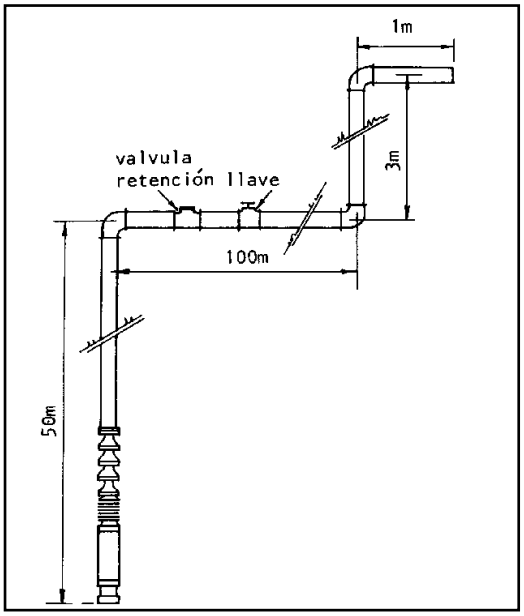


Figura 21-3.- Esquema de una instalación de bombeo para calcular las pérdidas de carga.

La pérdida de carga total resulta de multiplicar esta cifra por la pérdida unitaria:

163,37 m x 0,01551 m/m = 2,5339 m

En consecuencia, la altura manométrica totaliza:

53 m + 2,5339 m = 55,5339 m

Por lo tanto, la bomba elegida cubre nuestras necesidades, pues, según tablas, proporciona 5.000 l/h a una altura manométrica de 60 metros.

Ejemplo 2:

La instalación representada está compuesta por cañería y accesorios de hierro de 2 pulgadas y es necesario un caudal de 20 m^3/hora.

Se conoce o se estima que durante el bombeo el nivel dinámico desciende hasta que la distancia entre éste y la boca de impulsión de la bomba alcanza a 2 metros. Por consiguiente, la altura desde el nivel de bombeo hasta la descarga del agua es de 17 metros (altura de impulsión o geométrica).

Para la determinación de la altura que debe superar la bomba a instalar calculamos las pérdidas de carga:
1º) Mediante la tabla 21-1 se convierten todos los accesorios a su equivalencia en caño recto.
2º) Se suman estas equivalencias a la longitud del caño recto que posee la instalación.

Cañería de aspiración:

6 metros de caño de 2”.....	6	metros de caño de 2”
1 curva normal de 90º de 2” equivale a.....	1,07	metros de caño de 2”
1 entrada a la válvula de pie o de retención de 2” equivale a.....	5,80	metros de caño de 2”

Cañería de impulsión:

15 + 3 = 18 metros de caño de 2”.....	18	metros de caño de 2”
1 codo normal de 90º de 2” equivale a.....	1,68	metros de caño de 2”
1 válvula esclusa totalmente abierta de 2” equivale a.....	0,36	metros de caño de 2”
Total.....	32,91	metros de caño de 2”

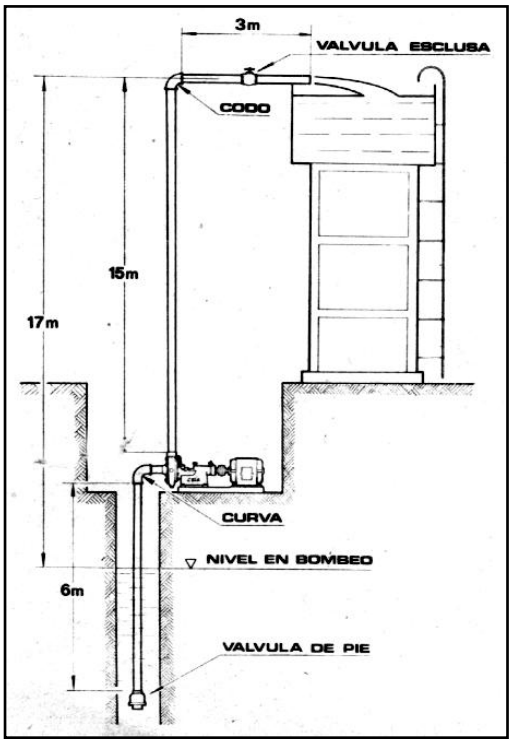


Figura 21-4.- Esquema de una instalación de bombeo para calcular la pérdida de carga.

3º) En la tabla 21-2, para un caudal de 20 m^3/hora tomamos la cifra superior de 24 m^3/hora y vemos que un caño recto de 2 pulgadas y 100 metros de longitud, origina pérdidas que representan 24,04 metros. Por consiguiente:

$$100\ m \text{ ---------- } 24{,}04\ m$$
$$32{,}91\ m \text{ ---------- } \frac{32{,}91 \times 24{,}04}{100} = 7{,}9115 \text{ metros}$$

4º) Si la altura de impulsión o geométrica de la instalación es de 17 metros y las pérdidas de carga representan 7,91 metros, la suma de ambas, 17 + 7,91 = 24,91 metros, nos proporciona la altura manométrica que debe cumplir la bomba.

Si la altura manométrica total existente en la instalación es mayor que la indicada en la tabla 12-7 o en el manual del fabricante para el modelo de bomba empleado o a adquirir, el rendimiento será menor que el consignado, e incluso puede darse el caso extremo que la bomba no alcance a impulsar el agua hasta el punto de descarga. De ahí la importancia del cálculo de la altura manométrica real de nuestra instalación como dato para la elección del equipo de bombeo.

BIBLIOGRAFÍA

ABMP, Asociación Brasilera de Preservación de Madera. 2008. EEA INTA Concordia, Novedades Forestales Nº 326.

Aganga, A.A., C. M. Tsopito y K. More. 1997. El agua como fuente de minerales para los rumiantes en pastoreo en Kweneng Oeste, Bostwana. Archivos de Zootecnia, 46(173):89-94.

Agricultural Research Council. 1968. Necesidades nutricionales de los animales domésticos. Academia, León, 2:21.

Aguado Sánchez, M. D., J. I. Romero Paredes Rubio y J. A. Cuarón Ibargüengoytia. 1996. Efecto sobre la estructura y composición ósea del conejo con diferentes niveles de flúor en la dieta. Tec. Pecu. Mex., 34(1):46-59.

Aguirre A. y P. M. Fuentes Godo. 1970. Regulación de las aguas superficiales - Revista CREA, Bs. As., 24(70):7-10.

Alconada Magliano, Margarita M., Adriana Bussoni, Raúl Rosa y José Joel Carrillo Rivera. 2009. El bio-drenaje para el control del exceso hídrico en la Pampa Arenosa, Buenos Aires, Argentina. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 68:50-72 y en www.produccion-animal.com.ar.

Alfonso Insua, Daniel, Pérez García, C., Pérez Montiel, I. y Silveira Prado, E. A. 2009. Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos. REDVET, Revista Electrónica de Veterinaria 10(4).

Allard, B. 1995. Trace elements in natural water. Groundwater. Salbu and Steinnes Ed.. CRC Press, Florida, 151-176.

Alliot, E.J. 1963. Mecanismo biembolar en pistones de molinos, IDIA, Buenos Aires, 3: 31-34.

Alonso, A. P. 1975. Metodología para hallar el valor de conversión de conductividad a concentración de las sales solubles totales expresadas en meq/l. Bibl. Central Fac. Agr. y Vet., U.B.A., Bs.As., 18 pág.

Alonso, Nesti de y Soto Bracho. 1974. Efectos tóxicos de las algas de agua dulce de los abrevaderos de ganado. Cs. Veterinarias, Venezuela. 4(2):88-106.

Alsop, D.H.; J.C. McGeer; D.G. McDonald and C.M. Wood. 1999. Costs of chronic waterborne zinc exposure and the consequences of zinc acclimation on the gill/zinc interactions of rainbow trout in hard and soft water. Environ. Toxicol. Chem. 18(5): 1014-1025.

American Public Health Association, Am. Water Works Assoc., Water Pol. Control Fed.. 1971. Standard Methods for the examination of water and wastewater. APHA, AWWA, WPCF, Washington. 13 th.:426-430.

American Water Works Association. 1975. Control de calidad y tratamiento del agua. Inst. de Estudios de Administración Local, Madrid, 349-424.

Annison, E. F. y M. A. Dyfed Lewis. 1966. El metabolismo en el rumen. UTEHA, México, :139;169;182.

Anónimo. 1901. Ventajas del reservoir australiano. Anales de la Sociedad Rural Argentina. 35:352.

Anónimo. 1960. Construcción de un ariete hidráulico. Hobby, Bs. As., 290:104-106.

Anónimo. 1964. Bomba sin motor: el ariete hidráulico. Agricultura de las Américas, 13(5):46-64.

Anónimo. 1969. Como localizar el agua subterránea. Agricultura de las Américas, 18(2):19-21.

Anónimo. 1969. El agua es riqueza que puede almacenarse, parte 1º. Agric. de las Américas, 18(6):17-19.

Anónimo. 1969. El agua es riqueza que puede almacenarse, parte 2º. Agric. de las Américas, 18(9):62-64.

Anónimo. 1972. Bombas sumergibles de turbina y helicoidales. Agric. de las Am., Facorro, Bs.As. 354 p.

Anónimo. 1976. Manual de bombas y sistemas de agua. Agricultura de las Américas.

Anónimo. 1977. Riego por energía solar: Arizona prueba la mayor instalación. Agric. de las Américas, Kansas, :88.

Anónimo. 1980. Más agua para las regiones áridas. Agricultura de las Américas, 29(2):22-44.

Anónimo. 1981. Menos evaporación con cubiertas flotantes. Agricultura de las Américas, 30(10):16.

Anónimo. 1982. Planee bien su estanque agrícola. Agricultura de las Américas, 31(2):20-32.

Anónimo. 1983. Algas: biología y control. Agricultura de las Américas, 32(2):28-49.

Anónimo. 1990. Mantenimiento de los embalses pequeños. Agricultura de las Américas, 6-7/90:26-32.

Anónimo. 1994. Los rabdomantes, según teoría de un investigador francés. Rev. de la Sociedad Rural de Jesús María, Jesús María, provincia de Córdoba. 82:54-55.

Anónimo. 1995. Una alternativa diferente en la extracción de agua subterránea en arroyo serrano. Rev. Sociedad Rural de Jesús María, Jesús María, Córdoba. 90:50.

Anónimo. 2011. Las cenizas, a largo plazo, favorecen las condiciones del suelo. Reportaje. Inta Informa N° 634, y en www.produccion-animal.com.ar.

APHA-AWWA-WEF. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed., Washington, D.C., American Public Health Association.

Arano, A. R. 1985. Nutrición mineral del ganado en el área de jurisdicción de la E.E.A. Marcos Juárez (Córdoba). Rev. Arg. Prod. Anim. 4(3):29-30.

Araya, O., F. Wittwer y A. Villa. 1994. Evolución de las concentraciones de fluoruro en vacunos y en el pasto luego de una erupción volcánica. Vet. Arg., 11(107):501.

Arbillaga, Marcelo. 2011. José Luis Cristofolini: el buscador de agua. Otro Punto, Río Cuarto, Cba., 294:10, y en www.produccion-animal.com.ar.
Asociación Argentina de Radiestesia. Azcuénaga 555, 2º piso "B", Buenos Aires.
Asociación de Radiestesistas de Barcelona. c/Alfarras 21/23 s/at 2º, Barcelona, España.
Asociación Uruguaya de Radiestesia y Geobiología. Canelones 1164, Salón 1, Montevideo.
Auge, Miguel. 2005. Perforaciones hidrogeológicas, Curso para perforistas. Secretaría de Medio Ambiente y Calidad de Vida, Municipalidad del Pilar.
Auge, Miguel. 2006. Agua subterránea deterioro de calidad y reserva. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Geológicas, Cátedra de Hidrogeologia.
Ayerza, Ricardo (h). 1991. Viabilidad de la producción animal en regiones áridas y semiáridas. Anais da XXVIII Reuniao anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Joao Pessoa, PB, Brasil, y en www.produccion-animal.com.ar.
Bade, F. 1922. Estudio sobre la purificación de las aguas. Sección Geológica, Ministerio de Agricultura de la Nación, Bs.As., 19 pág.
Bade, F. 1922. Estudios sobre análisis de agua. Sección Geológica, Ministerio de Agric. de la Nación, Bs.As., :20-45.
Bagnis, Eduardo. 2009. JTP Cátedra Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. Prod. agrop. Com. pers.
Balbuena, Osvaldo. 2003. Nutrición Mineral del Ganado, INTA E.E.A. Colonia Benítez, Chaco.
Banchero, Georgget, A. La Manna, E. Fernández, M. P. Tieri, J. Mieres, J. Pérez, J. J. Uzuca y E. Pérez. Pastoreo de verdeos de invierno y necesidades de consumo de agua, en terneros post destete. INIA La Estanzuela, Uruguay, y en www.produccion-animal.com.ar.
Barañao, T. V. y S. A. Chiesa. 1968. Molinos de viento. Biblioteca Central, Fac. de Agr. y Vet., Buenos Aires.
Bartaburu, Danilo. 2001. La vaca lechera en el verano: sombra, agua y manejo. Rev. Plan Agropecuario, Uruguay, 64.
Basán Nickisch, M. 2002. Sistemas de captación y manejo de agua. GTRecursos Naturales, INTA E.E.A. Sgo. del Estero.
Basán Nickisch, Mario. 2002. Micro represas con suelo cemento. INTA EEA Santiago del Estero.
Basán Nickisch, M. 2003. Sistemas de manejo de agua de lluvia multipropósito. Grupo Recursos Naturales, INTA E.E.A. Santiago del Estero.
Basán Nickisch, M. 2005. Aprovechamiento de agua de lluvia en zonas semiáridas y áridas con propósitos múltiples. Grupo Recursos Naturales, INTA E.E.A. Santiago del Estero.
Basán Nickisch, Mario. 2008. Manejo de los recursos hídricos en regiones semiáridas y áridas para áreas de secano. INTA EEA Santiago del Estero, 111 pág.
Basán Nickisch, M., A. Romero y D. Pereyra. 2008. Captación, recuperación y utilización de fuentes de agua con destinos múltiples y recuperación de efluentes y acuíferos degradados y/o contaminados. Proyecto Específico Nacional, AERN1611. Modulo de investigación "Campo Anexo Los Cerrillos, La Rioja". Informe anual de actividades 2007/2008. EEA INTA La Rioja.
Basán Nickisch, M. H. 2008. Captación y eficiencia del uso de aguas en el semiárido y árido. 31° Congreso Argentino de Producción Animal, San Luis, Argentina, 15 al 17 de octubre de 2008.
Basán Nickisch, M. H. 2008. Manejo del agua en campos ganaderos. 1° Seminario de Ganadería Santiagueña, 30 y 31 de octubre de 2008. Conferencia.
Basán Nickisch, M. H. 2010. Manejo de los recursos hídricos para áreas de secano. INTA EEA Santiago del Estero, 136 pág.
Bates, D. W. 1978. Baños podales con sulfato de cobre para la especie bovina. Gac. Vet., Buenos Aires, 40(327):53.
Baudelaire, J.P. 1972. Agua para el ganado en zonas semiáridas - Rev. Mundial de Zootecnia, FAO, Roma, 3:1-9.
Bavera, G. A. y O. A. Bocco. 1987. Suplementación mineral del bovino. Edit. Hemisferio Sur, Bs.As., 33-36;65-68.
Bavera, G. A. 2000. Suplementación mineral del bovino a pastoreo y referencias en engorde a corral. Edic. del Autor, Río Cuarto, Arg., 202 pág.
Bavera, G. A. 2006. Suplementación mineral y con nitrógeno no proteico del bovino a pastoreo. 3ª ed. Edic. del autor, Río Cuarto, Arg., 284 pág.
Bavera, G. A., E. E. Rodríguez, H. A. Beguet, O. A. Bocco y J. C. Sánchez. 1979. Aguas y Aguadas. Edit. Hemisferio Sur, Bs.As., 284 pág.
Bavera, G. A., H. A. Beguet, O. A. Bocco, J. C. Sánchez y E. E. Rodríguez. 1979b. Protocolo tipo para análisis de agua de bebida para ganado. IXº Congreso Nacional del Agua, San Luís.
Bavera, G. A., H. A. Beguet y O. A. Bocco. 1999. Aguas de bebida para bovinos; interpretación de análisis, manejo y mejoramiento de aguadas salinas. Edic. del autor, Río Cuarto, 113 pág.
Bavera, G. A. 2001. Manual de aguas y aguadas para el ganado. 2ª ed., Edic. del autor, Río Cuarto, 388 pág.
Bavera, G. A. 2009. Aguas y aguadas para el ganado. 3ª ed., Edic. del autor, Río Cuarto, 472 pág.
Beeskow, A.M., N.O. Elissalde y C.M. Rostagno, 1995. Ecosystem changes associated with grazing intensity on the Punta Ninfas rangelands of Patagonia, Argentina. Journal of Range Management 48:517-522.

Behr, R. 1954. Hidráulica agrícola - Ed. Salvat, Buenos Aires.

Bellino, N. O. 1979. Aspectos a contemplar en la captación de aguas subterráneas. Agua, Tecnología y Tratamiento. Bs.As., 192:49.

Benítez, A. 1972. Captación de aguas subterráneas, Ed. Dossat S.A., Madrid, 2da. Ed, 619.

Beretta, Virginia, M. de los A. Bruni y A. Simeone. 2004. Manejo del agua de bebida en sistemas lecheros y ganaderos. INIA, Uruguay, Ed. U.E.D.Y.

Bergonzi, H. F.. s.f.. Interpretación del análisis químico de agua. EERA Anguil.

Bertello, Fernando. 2008. Estrategia en el impenetrable chaqueño. La Nación, Secc. 5ª Campo, 25.10.08.

Berti, R. 1986. Provisión de agua para el ganado. Panorama Agropecuario INTA Salta-Jujuy, 8(32):8-12.

Besse, J. 1971. La alimentación del ganado. Mundi Prensa, Madrid, 143.

Bisigato, A. J. 2000. Dinámica de la vegetación en áreas pastoreadas del extremo austral de la Provincia Fitogeográfica del Monte. Tesis Doctoral en Ciencias Agropecuarias, UBA, 163 p.

Blarasin, M. 2003. Geohidrología ambiental del sur de Córdoba con énfasis en al ciudad de Río Cuarto y su entorno rural. Tesis doctoral, UNRC. Inédita.

Blarasin, M, S. Degiovanni, A. Cabrera y M. Villegas. 2005. Aguas superficiales y subterráneas en el sur de Córdoba; una perspectiva geoambiental. 1ª ed., Universidad Nacional de Río Cuarto.

Blarasin, M y A. Cabrera. 2005. Aguas subterráneas: hidrolitología, hidrodinámica e hidrogeoquímica regional. En: Aguas superficiales y subterráneas en el sur de Córdoba: una perspectiva geoambiental. UNRC, Río Cuarto, 41-52.

Blood, D. C., J. A. Henderson y O. M. Radostits. 1983. Medicina Veterinaria. Interamericana, México, 1190 pág.

Blood, D. C. y O. M. Radostits. 1992. Medicina Veterinaria. Edit. Interamericana, 7ª edic., México, II:1237; 1296-1300.

Boero, J. J. 1967. Parasitosis animales. Eudeba, Bs.As., 3:352-367.

Bombas Pivas, bombas sumergibles portátiles. 2008. Gualeguaychu, Entre Ríos. www.bombaspivas.com.ar

Bonel, J. A. y G. Ayub. 1985. Método para determinar la calidad del agua para bebida de bovinos y recomendaciones para el ganadero. Rev. Arg. Prod. Anim. 4(3):45-46.

Bontempo, Valentino y Giovanni Savoini. 2009. Calidad del agua para cerdos. Dept. de Ciencia Veterinaria y Tecnología para la Seguridad Alimentaria, Univ. de Milán, Italia y en www.produccion-animal.com.ar.

Botero, A. Luz, De La Ossa, V. Jaime, Espitia, P. Amado, De La Ossa-Lacayo, Alejandro. 2009. Importancia de los jagüeyes en las sabanas del caribe colombiano. Rev. Colombiana Cienc. Anim. 1(1):71-84, y en www.produccion-animal.com.ar.

Bouayad, M. 2000. El Proyecto Qanat. Lalji Mandalia, Regional Hydrologist, UNESCO (New Delhi) Office. Waterway 14. www.unesco.org.uy/phi/wateresp/wat14

Bridger, G. M. s.f.. Elevación de agua y extracción simultánea mediante molino de viento - CREA El Morro, San Luis.

Busetti, M. R., V. H. Suárez, M. A. Frecentese, G. L. Micheo, D. O. Bedotti y M. C. Fort. 1992. Concentraciones minerales en flechilla negra y niveles séricos en vacas de cría en el área del caldenal (Pcia. de La Pampa). Therios, 19(93):220-232.

Bussetti, C. M., W. Canto Vera, J. Cerda Osorio, A. Peña Cornejo, R. Medina Aguilera y J. Ossandon Díaz. 1993. Informe final: Coast Fog Application. IDRC Proyect 90-0202. Centro Internacional de Investig. para el Desarrollo. Chile.

Camberos, H. R., H. D. Figueras et al. 1966. Acción de las aguas salobres sobre el metabolismo mineral de los rumiantes. Gac. Vet., Bs. As.. XXIX (201): 148.

Camberos, H. R., N. A. Marcillese et al. 1965. Estudios preliminares sobre pluricarencia de oligoelementos. Gac. Vet., Bs. As., XXVII:3-76 y 99-117.

Campbell, J. R. y J. F. Lasley. 1969. The science of animals that serve mankind. McGraw-Hill Book C., N.Y.., 458.

Cantero Gutiérrez, A., M. P. Cantú, J. M. Cisneros, J. J. Cantero, M. Blasarín, A. Degioanni, J. González, V. Becerra, H. Gil, J. De Prada, S. Degiovanni, C. Cholaky, M. Villegas, A. Cabrera y C. Eric. 1998. Las tierras y aguas del sur de Córdoba, propuestas para un manejo sustentable. Edit. U.N.R.C., Río Cuarto, 120 pág.

Cantón, G.J., S. B. Cseh y J. R. Ameijeiras. 2006. Intoxicación de bovinos de engorde a corral por el consumo de agua de mala calidad en la provincia de Buenos Aires. XVIª Reunión Científico Técnica de la AAVLD, Mar del Plata, Libro Resúmenes: 141.

Capózzolo, M. 1971. Qué hay en las aguadas. El Surco, 76(4):20-21

Cardinali, O. 2001. Jefe Área Operativa de la Empresa Municipal de Obras Sanitarias (EMOS), Río Cuarto, prov. de Córdoba. Comunicación personal.

Carrazzoni, José Andrés. 1974. Ganadería subtropical argentina: experiencias con vacunos. Edit. Hemisferio Sur, Buenos Aires, :14.

Carrica, Jorge C. y E. René Albouy. 2003. Variaciones hidroquimicas en el agua subterránea en localidades del partido de Puán, provincia de Buenos Aires. Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur.

Carrillo, B. J., B. E. Ruksan e I. Colombo. 1978. IIIº Estudio de la relación de cobre, molibdeno y sulfatos en gramíneas y leguminosas en la región de Laprida. Prod. Anim., Bs.As. 6:573-583.
Casagrande, H. y R. L. Sager. 2000. Efecto de la composición salina del agua de bebida sobre la evolución de peso vivo de bovinos. Rev. Arg. de Prod. Anim, 20(1):86.
Casagrande, H. y R. L. Sager. 2000 b. Efecto de la composición salina del agua de bebida sobre el consumo y digestibilidad de forrajes. Rev. Arg. de Prod. Anim, 20(1):87.
Casaravilla, Norberto. 2008. Seminario de Intensificación. Universidad del Salvador, www.salvador.edu.ar/ua3-1-8agro.htm
Casaro, A. E. P., B. J. Carrillo et al. 1977. Deficiencia de cobre en bovinos y su relación con lesiones óseas en los bajos submeridionales de Santa Fe. Santa Gertrudis, Bs.As., 45:31.
Castaño, O., M. Mamani y A. Pollini. 1998. Tecnología para disminuir la evaporación, infiltración y embanques en represas de los llanos de La Rioja. Iº congreso de Desarrollo Regional. Catamarca, octubre de 1998.
Castaño, O., M. Mamani y A Pollini. 2000. Manejo de pequeños embalses de la región de La Rioja. Universidad Nacional de La Rioja. E-mail: secyt@unlar.edu.ar.
Catalán Lafuente, J. 1981. Química del Agua. 423 pp. Ed Alonso. Madrid.
Cena, M. 1975. Wasser und Tierproduktion, Veb Gustav Fischer Verlag, Jena.:56-58.
CEPIS-OPS. 2000. Calidad del agua. Guías OMS para la calidad del agua de bebida.
CEPIS-OPS. 2003. Galerías filtrantes: usos y clases. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural (UNATSABAR), HDT Nº 90.
Cerana, L. A. 1972. Análisis químico de aguas destinadas a usos agropecuarios. IDIA, INTA, Bs.As., 299:5.
Chamberlain, L. 1981. Arietes hidráulicos: Bombas accionadas por corriente de agua. Agric. de las Américc., 30(2):18-41.
Chahnazaroff, D. y D. Voznesenski. 1969. La Geoeléctrica en su rama: descubrimiento de aguas subterráneas sin perforaciones previas. Rev. Hereford, :396-397.
Chávez Muñoz, D. 2000. Bombeo de agua con energías no convencionales. CEPIS-OPS, HDT 51, www.cepis.org.pe.
Church, D. C. y W. G. Pond. 1977. Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos. Acribia, Zaragoza, :67-75.
Church, G. A. 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Acribia, Zaragoza, II:1-19.
Church, D. C. 1993. El rumiante; fisiología digestiva y nutrición. Acribia, Zaragoza, 153, 243-253, 323.
Ciari, Georgina. 2009. Funcionamiento hidrológico de los mallines y sus cuencas asociadas. Carpeta Técnica, Medio Ambiente Nº 13, EEA INTA Esquel, Chubut, y en www.produccion-animal.com.ar.
Claro, R.; Noste, J. y D'Espósito, R.. 2010. Intoxicación por algas verdeazuladas (macrocystis spp.) en bovinos del departamento Gral. Ortiz de Ocampo, de la zona de los llanos riojanos. Información Veterinaria, Córdoba, Argentina, 165:94-98 y en www.produccion-animal.com.ar.
Codd, G.A., Bell, S.G. y Brooks, W.P. 1989. Cyanobacterial toxins in water. Wat. Sci. Technol. 21:1-13.
Concannon, Alan. 1987. Aproveche las caídas de agua. Agricultura de las Américas. Mayo-Junio/87:38-42.
Conti, M. 1948. El agua en la agricultura. Tratado de hidrología agrícola. Bibl. Agr. y Vet., F.A.V. de la U.B.A., Buenos Aires, 542 pág.
Coppo, J. A., G. L. Sandoval, N. B. Coppo y A. L. Slanac. 1992. Deficiencias de minerales y oligoelementos detectadas en bovinos del nordeste argentino; panorama 1977-1992. Vet. Arg., IX (85):331-336.
Corbella, Hugo, D. Pérez, M. Lucero, M. E. Palacios, P. E. Tiberi, P. Rial, L. Barletta y R. Ruiz. 1991. Volcán Hudson, informe especial sobre los efectos agroecológicos de la erupción en la provincia de Santa Cruz. Anales de la SRA, 125(10-12):26-33.
Coria, M. L., J. P. Fay, S. B. Cseh y M. A. Brizuela. 2007. Efecto de concentraciones elevadas de sales totales y sulfatos en agua de bebida sobre la degradabilidad ruminal *in vitro* de *Thinopyrum ponticum.* Arch. Med. Vet. 39(3).
Correa-Urquiza, Alejandro, M. M. Miglierina e I. M. Lacau-Mengido. 2009. Evaluación del efecto productivo en el tambo de la provisión de agua de bebida en la parcela de pastoreo. Escuela MCML Inchausti (UNLP) - IBYME-CONICET, y en www.produccion-animal.com.ar.
Cotorruelo, J. E. 1966. Manejo de las aguas en zonas de aguas salobres. Agrovisión, Bs.As., 1(8):50-52.
Covas, G.. 1972. Criterios para juzgar la aptitud del agua para bebida de ganado. EERA Anguil, :3-4.
Craplet, C. 1968. El ternero. Gea, Barcelona, :67.
Crossio, válvulas y boyas. 2007. Folletos industria. Parque Industrial Venado Tuerto, Santa Fe.
Cseh, S.B., Yarrar, M. y Mottier, L. 2003. Calidad de agua para consumo animal en 26 partidos de la provincia de Buenos Aires. XXVIº Congreso Argentino de Producción Animal, Mendoza.
Cseh, S. B.; Cantón, G. J. y Nuñez, M. M.. 2006. Intoxicación natural de bovinos de cría por el consumo de agua de mala calidad en la provincia de Buenos Aires. 29º Congreso Argentino de Producción Animal, Mar del Plata (Poster).

Culot, J. P., A. Bolaño, N. E. Garcés, R. I. Petroni y E. F. Tuñon. 1967. Condiciones edáficas e hidrológicas relacionadas con desequilibrios minerales del ganado vacuno en la zona de cría del sudeste bonaerense. Actas del Congreso Argentino de la Producción Animal. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, II: 12-20.

María Cristina D'Ambrosio. 2005. Evaluación y selección de tecnologías disponibles para remoción de arsénico. IIº Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea y IVº Congreso Hidrogeológico Argentino. Río Cuarto.

Darder Pericas, B. 1961. Investigación de aguas subterráneas. Salvat, Barcelona. XXIII, 2ª ed., Colección Agrícola Salvat, 511 pág.

Dasso, L. J. 1992. Un método que supera la falta de agua dulce. La Nación, Sec. 4ª Campo, 28.11.92:4.

Dauzier, Louis. 1970. L'eau, les mineraux, les vitamines dans e'alimentation animales. Dunod Edit., Paris.

De Bedia, Gonzalo R. y P. E. Boletta. 2007. Implantación de cortinas forestales en represas. Sus beneficios en la economía del agua. Zona Rural, 3(13):28-29.

De Diego, A., E. J. Gimeno y H. J. Young. 1972. Ecología. Gac. Veterinaria, Bs.As., 34(270):643-662.

de Saint-Fouic, J. d'At.. 1968. El riego por aspersión. Ed. Técnicos Asociados S.A., Barcelona. 252 pág.

Dedrich, A.R.. 1973. Raintrap performance on the Fishiake National Forest. Journal of Range Management. January 1973, Vol. 26, 1: 9-12.

Dedrich, A.R.; T.D. Hansen, W.R. Williamson. 1973. Floating sheets of foam rubber for reducing stock tank evaporation. Journal of Range Management, Colorado, E.U.A., Nov. 1973, 26:404-406.

Degiovanni, S. y M. Blarasin. 2005. Hidrología superficial y morfodinámica de sistemas fluviales. En: Aguas superficiales y subterráneas en el sur de Córdoba: una perspectiva geoambiental. UNRC, Río Cuarto, 31-39.

Deregibus, V. A. 2005. Manejo de los recursos forrajeros. Presentación, FAUBA, Bs. As.

Díaz Zorita, M. 1999. Pastoreo intensivo y ubicación de aguadas. Marca Líquida, Córdoba, Arg., 9(80):18-20.

Di Marco, O. N. 1998. Gasto energético de los vacunos en pastoreo. Oeste Ganadero, 1:22-24.

Di Niro, Mauricio. 2007. CREA Semiárido Norte. Visita Colonia Menonita, Chaco Paraguayo. Com. pers. y en www.produccion-animal.com.ar.

Dirección Nacional de Saneamiento Ambiental. 1983. Técnicas de laboratorio de análisis de agua. Ministerio de Salud Pública y Medio Ambiente, Subsecretaría de Medio Ambiente. I:5-27; 109-120.

Dogi, Federico. 2008. Med. Vet. Act. Privada. Comunicación personal.

Duarte, Emilio y Daniel Silveira. s/f. Fuentes de agua para el abrevadero del ganado. Plan Agropecuario, Uruguay.

Dubbel, A.. 1975. Manual del constructor de máquinas - Tomo II, Edit. Labor S. A., Barcelona.

Duclout, J. 1947. Tratado Completo Teórico y Práctico de Radiestesia Ed. Jorge A. Duclout, Buenos Aires, 489 pág.

Dukes, H. H. 1962. Fisiología de los animales domésticos. Aguilar, Madrid.

Emiliani, M. O. de García y F. Emiliani. 1997. Mortandad de ganado y aves silvestres asociada con una floración de Anabaena spiroides Kleb. Natura Neotropicalis, 28(2):150-157.

Environment Canadá. 1999. Groundwater nature's hidden treasure. Cat. Nº En. 37-81/5-1999E. Actualizado el 29 de marzo de 2001. Disponible en www.ec.gc.ca/water/index.htm.

Estelrich, H. D., C.C. Chirino, B. C. Fernández y E. F. Morici. 1997. Cambios florísticos en los sistemas naturales de la Región Semiárida Pampeana por efecto del pastoreo. XVIII Reunión Argentina de Ecología. Bs. As., p. 43.

Etcheverry, F. 2000. Efecto de la calidad y concentración mineral del agua de bebida de vacas lecheras sobre la producción y composición química de la leche. Tesis. Biblioteca de la Univ. Nac. de Bs. As.; fetcheverry@yahoo.com

Facorro Ruiz, L. A.. 1975. Hidráulica y máquinas hidráulicas, 4ta. edic. Ediciones Melior, Buenos Aires, 354 pág.

Fay, D. J.. 1988. Calidad del agua: un factor a veces descuidado. Nutrición Animal Aplicada, Bs.As., 3:30-31.

Filgueiras, H. D., L. I. M. Nicollier et al. 1970. Acción de las aguas salobres sobre el metabolismo mineral de los rumiantes. Gac. Vet., Bs.As., XXXII (239):251.

Fiore, R. F. 1999. Deficiencia nutritiva de selenio en los rumiantes. Marca Líquida, IX(82):39-40.

Flinn, Weston, Bogert. 1952. Abastecimiento de aguas. 880 pág.

Forchkeimer, P. 1935. Elementos de hidráulica. Labor, Barcelona.

Forestano, E. J., J. M. Marchello y S. M. Bhat. 1999. Magnetic water treatment in lieu of chemicals. http:/www.exicom.org/cew/oct96/mag.htm.

Foro Cruceño Sobre Medio Ambiente y Desarrollo y Foro Boliviano Sobre Medio Ambiente y Desarrollo (FOBOMADE). 2000. Derrame de petróleo en El Salao, provincia San Andrés, Bolivia. www.relca.net/conflict/derrame.htm.

Francis, J. R. D.; Minton, P. 1968. Problemas de hidráulica y mecánica de fluidos. Ediciones URMO. Bilbao, Esp. 189.

Frenkiel, J. 1965. Evaporation. Physical and chemical principles and review of experiments. UNESCO.

Frers, Enrique R. M. 1991. Ensayo volcán Hudson; efectos de la erupción del volcán Hudson en la Patagonia austral. Anales de la SRA, 125(10-12):34-37.

Fuchslocher, Schulz. 1964. Bombas, funcionamiento, cálculo y construcción. Labor, Barcelona, 330 páginas.
Fundación José María Aragón. s.f.. Aguadas en la región de los bajos submeridionales santafesinos. La Fundación, Buenos Aires, 11 pág.
Fundación José María Aragón. 1975. Necesidades de investigación agropecuaria en los bajos submeridionales Chaco-Santafesinos - Edición del autor, Buenos Aires, 1-8.
Gallagher, R. 1972. Construcción y cuidado de tajamares; lo que no debe hacerse - Dinámica Rural, Bs. Aires, 48:56.
Gallagher, R. 1972. Represas y tajamares (Conferencia) - Relaciones Públicas de la Sociedad Rural Argentina, Bs. As.
Gallardo, S. 1992. El Agua: Peculiar por naturaleza. La Nación, World Media, Bs. As.:7.
Gallardo, S. 2000. Por primera vez se registró la evidencia de lluvia ácida en el país. La Nación, Ciencia-Salud 24.08.00, Bs. As.:10.
Gallardo, M. y S. Valtorta. 2001. Estrategias para mejorar la producción de leche en verano. Producir XXI, 9(110):23-29.
Galindo, G., M. A. Herrero, M. Flores y J. L. Fernández Turiel. 2000. Correlación de metales trazas en aguas subterráneas someras en la cuenca del río Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina.
Galindo, W. F. y N. Van Thu. 1996. Estudio del comportamiento de vacas y búfalas gestantes en la extracción de jugo de caña. Livestock Research for Rural Development, 8(2).
Galván, A. 1968. Importancia del agua subterránea en el desarrollo del norte. Cebú y derivados, Bs.As., 14(264):360-361.
Gálvez Morros, J. F. 1967. Obtención de permutitas para utilizar en la depuración de aguas de bebida de los animales. Bol. Inst. Nac. Invest. Agr., Madrid, España, XXVII(57):171-195.
García Petillo, Mario, Pancracio Cánepa y Carlos Ronzoni. 2008. Manual para el diseño y la construcción de tajamares de aguada. Proyecto Producción Responsable - MGAP. Montevideo, Uruguay, 67 pág.
García Torregrosa, M. D. 1991. Deficiencia de yodo en equinos de la provincia de Salta. Vet. Arg., VIII(71):21-23.
Gardner, R. J. y D. S. Papworth. 1970. Toxicología veterinaria. Acribia, Zaragoza.
Garrido, R. A. P. 1962. Manual gráfico completo. Aguas, bombas y molinos. Charla Rural Técnica. Bs. A., 267:25-44.
Garver, H. L. 1956. El agua en la hacienda. La Hacienda, N. York, 51:57-68.
Giai, Santiago B. y M A. Hernández. Aproximación de la curva recarga - precipitación en zonas medanosas. Cátedra de Hidrogeología UNLP-CONICET, UNLPam, Santa Rosa, La Pampa.
Gibson, U. y R. D. Singer. 1971. Manual de los pozos pequeños. Centro Regional de Ayuda Técnica (AlD), Méjico, 182 pág.
Glatzle, Albrecht. (s/f). Sistemas ganaderos en base a pasturas implantadas: ¿proveedores de servicios ecológicos o amenaza ambiental?. INTTAS, Loma Plata 1045, Chaco, C.d.c. 883 Asunción, Paraguay, aglatzle@inttas.org y en www.produccion-animal.com.ar.
Gobierno de Canarias. 2001. Los captadores de brumas, Medio Ambiente Canarias, Revista de la Conserjería de Política Territorial y Medio Ambiente Nº 22.
Godoy, Susmira, Claudio F. Chicco y Néstor E. Obispo. 2000. Fuentes de fósforo para la alimentación de bovinos. 1. Densidad del tejido óseo. Zootecnia Tropical 18(1):29-44.
Gonnet, Jorge M., Juan C. Guevara y Oscar R. Estévez. 2003. Perennial grass abundance along a grazing gradient in Mendoza, Argentina. Journal of Range Management, 56:364-369.
González Castelain, José. Arsénico en el agua de consumo humano y animal. Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA), UNCPBA - CIC PBA - Municipalidad de Azul.
González Pereyra, Ana Valeria, V. Maldonado May, C. G. Catracchia, M. A. Herrero, M. C. Flores y M. Mazzini. 2010. Influence of water temperature and heat stress on drinking water intake in dairy cows. Chilean Journal of Agricultural Research 70(2):328-336, y en www.produccion-animal.com.ar.
Gortari, Sebastián. 2006. Bomba de soga. SAGPyA.
Grande de Celis, J. A. 1969. Cañerías de plástico. SCRAL, Buenos Aires, 2(174):166.
Greifemberg, Marino. 1992. Entrevista. Rev. de la Soc. Rural de Jesús María, 64:46-49.
Griffibh-Jones, W.. 1977. Fluorosis in dairy cattle. The Vet. Record, 100:84-89.
Grimoldi, R. J.. 1979. Intoxicación crónica con nitratos y nitritos. Gaceta Veterinaria, XLI (342):455-456.
Guastavino, E.P. 1969. Provisión de agua con norias: un método siempre bueno - La Chacra, 39, Bs. As., 39:58-59.
Guevara, J. C. y Bertranou, A. V. 1987. Evaluación económica de la incorporación de aguadas en el área centro este de Mendoza. Rev. Arg. de Prod. Animal, 7(4):389-395.
Guevara, Juan C., Oscar R. Estévez, Carlos R. Stasi. 2006. Respuesta de la vegetación en un gradiente de intensidad de pastoreo en Mendoza, Argentina. Multequina 15:27-36.
Guichandut, J. J. 1969. Agua y Aguadas II, Dinámica Rural, Bs.As., 8:60.
Gutiérrez Ojeda, Carlos y G. Ortíz Flores. 2007. Proyectos de recarga artificial de acuíferos en la comarca Lagunera, México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Hafez, E.S.E. y I. A. Dyer. 1972. Desarrollo y nutrición animal. Acribia, Zaragoza.
Hammond, J. 1959. Avances en fisiología zootécnica. Acribia, Zaragoza.
Hellman, M. B. et al. 1977. Ganadería tropical. El Ateneo, Bs.As., 354 pág.
Hernández, José. 1882. Instrucción del estanciero. Tratado completo para la planteación y manejo de un establecimiento de campo destinado a la cría de hacienda vacuna, lanar y caballar. Ed. Carlos Casavalle, Bs.As.:116.
Herrera, H., B. Farías, R. Martín, J. Cortés, A. Storniolo y J. M. Thir. 2000. Origen y dinámica del arsénico en el agua subterránea del Dpto. Robles, provincia de Santiago del Estero. Univ. Nacional de Santiago del Estero, F.C.E. y T., Departamento de Geología y Geotécnia.
Herrero, M. A., G. M. I. Sardi, A. A. Orlando y V. Maldonado May. 1995. Calidad de agua para bebida animal en la mitad sur del partido de Roque Pérez (Provincia de Buenos Aires). Rev. Arg. Prod. Anim., 15(3-4):788-791.
Herrero, M. A., M. Pol, M. Corsetti y V. Maldonado May. 1996. Aguas para consumo animal en un área del departamento de Juárez Celman (Provincia de Córdoba). Rev. Arg. Prod. Anim., 16(Sup. 1):101-102.
Herrero, M. A., A. A. Orlando, J. J. Ormazabal, E. Uriarte, S. Korol y M. S. Fortunato. 2000. Evaluación y distribución de la calidad de agua subterránea para fines rurales en el partido de Exaltación de la Cruz (Buenos Aires, Argentina). Rev. Med. Vet., 81(5):355-359.
Herrero, M. A., G. Sardi, V. Maldonado May, M. Flores, A. Orlando, L. Carbó. 2000. Calidad y utilización del agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios bonaerenses. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Uruguay.
Herrero, M. A., V. Maldonado May, M. Flores, J. Villar, M. Mazzini y L. Carbó. 2000. Cambio de las condiciones físico-químicas del agua de bebida por efecto de la sombra. Rev. Arg. Prod. Anim., 20(1):317-318.
Herrero, M.A., Maldonado May, V., Sardi, G., Flores, M., Orlando, A. y Carbó, L. 2000. Distribución de la calidad del agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios bonaerenses. 1. Calidad físico-química y utilización del agua. Rev. Arg. Prod. Animal, 20(3-4):229-236.
Herrero, M.A., Maldonado May, V., Sardi, G., Flores, M., Orlando, A. y Carbó, L.. 2000. Distribución de la calidad del agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios bonaerenses. 2. Condiciones de manejo y grado de contaminación Rev.Arg.Prod.Anim. 20(3-4):237-245.
Herrero, M.A.; Sardi, G.; Maldonado May, V.; Flores, M.; Orlando, A.; Carbó, L. Calidad y utilización del agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios bonaerenses, Argentina.
Heshmatti, G.A., J.M. Facelli y J.G. Conran. 2002. The piosphere revisited: plant species patterns close to waterpoints in small, fenced paddocks in chenopod shrublands of South Australia. Journal of Arid Environments 51:547-560.
Heuperman, A. F., A. S. Kapoor y H. W. Denecke. 2002. Biodrainage. Principles, experiences and applications, International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage, Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO, Knowledge Synthesis Report Nº 6, www.iptrid.org.
Hicks, Tyler G. 1974. Bombas, su selección y aplicación - Comp. Ed. Continental S.A., México 530 páginas.
Holcombe, G.W. and R.W. Andrew. 1978. The acute toxicity of zinc to rainbow and brook trout, comparisons in hard and soft water. U.S. Environmental Agency, Duluth, Minnesota. EPA-600/3-78-094. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
Hütte. 1974. Manual del Ingeniero - Tomo IV, Edit. G. Gili, Barcelona.
Ibarra Luna, G. 1973. Un método sencillo de elevar agua sin gastos de mantenimiento - Tierra, Méjico, 28 (9): 690.
Inchauspe, P. O. 1965. Nociones de conservación de suelos y agricultura general. Espíndola, Bs.As., 477 p.
lnchauspe, A. 1960. Instrucciones para la colocación de molinos, tanques australianos y alambrados. Edic. autor, Bs. As.
Inchausti, D. y E. C. Tagle. 1980. Bovinotecnia. El Ateneo, Bs.As., 418-428.
Infante, A. L. 2001. Descripción de sistemas de cosecha y almacenaje de agua. CET, Chile, Rev. 5/6.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1974. Aguadas permanentes. Serie Instalaciones, Nº 2. Prog. Bovinos para carne. E.E.R.A. Sáenz Peña (Chaco). Feb. 74:3.
I.N.T.A. M.A.B. del Chaco. 1974. Aguadas permanentes. Proyección Rural, Buenos Aires, 7(80):10-11.
INTA EEA Bariloche R.N. AER Bariloche. s/f. Arietes hidráulicos.
INTA EEA Bariloche R.N. 2011. Recomendaciones para el sector ganadero tras la erupción del volcán Puyehue. E.E.A. Bariloche, 6 de junio de 2011, y en www.produccion-animal.com.ar.
Instituto Tecnológico Geo Minero de España. 1992. Las aguas subterráneas y los plaguicidas. Colección Informes agua subterránea. 150 pág.
Irazoqui, H. 1987. Los ovinos y su explotación. Ed. Hemisferio Sur, Bs.As., 52-55.
Jobbágy, E. G.; Vasallo, M.; Farley, K. A.; Piñeiro, G.; Garbulsky, M. F.; Nosetto, M. D.; Jackson, R. B. y Paruelo, J. M. 2006. Forestación en pastizales: hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. Agrociencia. 10(2):109-124 y en www.produccion-animal.com.ar.

Jobbágy, Esteban. 2008. Antecedentes erosión hídrica subcuenca de Juan Jorba. El problema está en la deforestación y la solución en forestar. Publicación On Line de la Universidad Nacional de San Luis, Contenidos Nº 5.
Jurato Couto, R. 1989. Toxicología Veterinaria. Salvat Editores, Barcelona, España.
Karpe, Claudio Rubén. 2005. Fuente protegida para aguas emergentes. EEA INTA San Vicente, Misiones.
Kogiso, M. y V. Schindler. 1979. Calidad de agua para bebida animal. Rev. CREA, Bs.As., 78:26-35.
Kohn, P. Z. Aguadas de PVC rígido en la zona pampeana. Plásticos, Buenos Aires, 106:146.
Kolb, E. 1971. Fisiología veterinaria. Acribia, Zaragoza.
Konzewitschs, N.. 1967. Estudio de las clasificaciones propuestas para aguas naturales según composición química. Secr. de Estado de Energía y Minera, Agua y Energía Eléctrica, Div. Rec. Hídricos, Bs.As.
Lagger, J. R., H. T. Mata, G. H. Pechin, A. T. Larrea, R. N. Otrosky, R. O. Cesán, A. G. Caimier y G. E. Meglia. 2000. La importancia de la calidad del agua en producción lechera. Vet. Arg., XVII(165):346-354.
Lamas, Verónica. El agua, ese elemento tan preciado. EEA INTA Cerro Azul, Misiones. Cartilla Nº 28.
La Nación. 2009. Cheppi citó a una mesa de emergencia. Diario La Nación, Bs. As., 24.01.09:17.
Landaburu, A. 1975. El exceso de sales en el agua para el ganado. Din. Rural, Bs. As., 97:46-50 y 98:66-71.
Landsberg, J., C.D. James, S.R. Morton, W.J. Müller & J. Stol. 2003. Abundance and composition of plant species along grazing gradients in Australian rangelands. Journal of Applied Ecology 40: 1008-1024.
Laporte, O. 1964. Tajamares. IDIA, Buenos Aires, 200:25.
Lauritizen, C. W. Y A. A. Thayer. 1977. Capture agua para el ganado. Agricultura de las Américas, 26(12):8-60.
Lavenir, P. 1922. Contribución al estudio de los suelos y aguas de la Gobernación de La Pampa. Ministerio de Agric. de la Nación, Bs.As., 54 pág.
Lazzaro, D.A.. Ovinos intoxicados con hipoclorito de sodio. Gaceta Veterinaria, 549-553.
Lemcoff, J.H. Impermeabilización de represas - Plásticos, Buenos Aires, 106:184.
Levy, N. 1964. Aplicaciones de la eolobomba "D 18". Perspectiva para su empleo en la Argentina. IDIA, Bs. As., 204:33-46.
Liebermann, J. 1971. La Argentina contra el desierto. Eudeba, Bs.As., 8-22.
Linsley, R.K., M. A. Kholer y J. C. H. Paulhus. 1967. Hidrología para ingenieros. Mc Graw Hill, New York, 350 p.
Lofgreen, G. P., R.L. Givens, S.R. Morrison y T.E. Bond. 1975. Effect of drinking water temperature on beef cattle perfomance. Journal of Animal Science, University of California, Imperial Valley Field Station, El Centro 92243, 40:223-230.
López, T. A., M. S. Cid, A. Escande, C. M. Campero, E. Viviani Rossi, M. L. de la Torre, C. Yagueddú y M. R. Bianchini. 1999. Avances en el estudio de problemas toxicológicos del ganado en el sudeste bonaerense, Argentina, en el período 1995-1998; 2ª parte. Rev. Med. Vet., 80(2):52-54.
Luchter, F. et al. 1973. Alteraciones en el equilibrio hidrosalino. Rev. Agr. y Vet., 6(2):4-14.
Lufriú Díaz, Leodegario. Ing. Geofísico. Tesis de Doctorado. Fundamentos físicos de los sensores biológicos http://www.radiestesiaargentina.netfirms.com/radmundo/lufriu.html#lufriu2
Luján, Juan Carlos. 2001. Un hidrogel de hidróxido de aluminio para eliminar el arsénico del agua. Rev. Panam. Salud Publica, Washington, 9(5).
Lupiani, R. 1950. Elevación de agua con bombas y norias. Manuales técnicos, Ministerio de Agricultura, serie C., Nº 9.
Mager, Henri. 1949. Los radiestesistas y sus procedimientos. La varilla y el péndulo - Ed. Jorge A. Duclout, Bs. As.
Malán, José Miguel y E. E. Mariño. Algunas evidencias de la ocurrencia de recarga indirecta en un sector del sureste pampeano. Dirección de Aguas de La Pampa y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales e Instituto del Agua y del Medio Ambiente, UNLPam, Santa Rosa, La Pampa.
Maldonado May, V., M. A. Herrero, G. Sardi, M. Flores, L. Carbó, A. Cyngiser y E. Martínez. 1999. Calidad del agua en tambos de la cuenca lechera oeste de la Provincia de Buenos Aires. Vet. Arg., XVI(157):506-513.
Malinarich, H. D. 1985. Manejo de la invernada. Prensa Veterinaria Argentina, Bs. As., 17-34.
Manazza, Jorge. 2006. Captación de agua de vertientes en zonas de cordillera y precordillera. AER INTA San Martín de los Andes. SAGPyA.
Mancini, Miguel A. 2008. Dr. M.V. MSc. Prof. Acuicultura, Fac. Agr. y Vet., UNRC. Com. pers.
Marchi, A. y J. A. Del Águila. 1970. El sulfato de sodio en la suplementación mineral. AAPA, Bs.As., 1:62-64.
Martín, Raúl A.; J. Castellano; A. Storniolo; J. Cortes; J. M. Thir y A. Ramírez. 2007. Recarga del acuífero libre en Selva. dpto. Rivadavia, Santiago del Estero, Argentina. Dpto. de Geología y Geotecnia, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
Martínez Álvarez, V., A. Baille, J. M. Molina Martínez y M. M. González-Real. 2006. Effect of black polyethylene shade covers on the evaporation rate of agricultural reservoirs. Spanish Journal of Agricultural Research, 4(4):280-288.
Martínez Marín Andrés L. y Juan F. Sánchez Cárdenas. 2006. Necesidades de agua en el ganado vacuno de leche. Andalucía, España.

Martínez Prieto, J. M.. 1988. El problema del flúor en las aguas de consumo desde la perspectiva de la ingeniería sanitaria. Bol. de la Academia Nacional de Medicina, Supl., IX Simposio sobre Ambiente y Salud, 31-46.

Maubecín, R. A.. 1967. Agua de bebida para ganado. Información Técnica Nº 9, INTA, Manfredi, 7 pág.

Maubecín. 1976. Agua de bebida para ganado. Boletinta Jesús María, 109:11-20.

Manubens, José. 2000 y 2009. Represas y tanques chaco. Com. personal. josemanubens@yahoo.com.ar.

Maynard, L.A. 1968. Nutrición animal. Uteha, México, :180.

Mc Cartor, M. M. y R. D. Randel. 1976. Water restriction on digestibility of winter pasture. J. An. Sci. 75:262.

Mc Donald, P. et al. 1969. Nutrición animal. Acribia, Zaragoza.

Mc Dowell, L.R., K.R. Fick, C.B. Ammerman, S. M. Miller, R. H. Houser y C. M. Campabadal. 1978. Los nuevos elementos esenciales y elementos tóxicos en la nutrición de los rumiantes. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Univ. de Florida, :134-145.

Melgratti de Inalbon, María Rosa y Valenzuela, Analía Marisel. 2005. Procedimientos analíticos para aguas de riego y consumo animal. Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña, Chaco, Argentina. Laboratorio de Suelos y Agua

Mello Garcías, C. y Rocha Freitas, A. F. de. 2000. Potabilización de agua de mar por destilación solar. Hojas de Divulgación Técnica, CEPIS-OPS, HDT30

Méndez, E. F., J. C. Buron, E. O. Buron y L. Buron. 1975. Implementos simples y útiles que ahorran tiempo facilitando la intensificación ganadera. Anales, 63-64.

Méndez Duhau, F. y E. Gassiebayle. 1974. Cálculo de aguadas. Boletinta, Ag. Coop. de Ext. Jesús María E.E.R.A. Manfredi (Córdoba). 91:444-450

Miatello, H. 1921. Descripción agrológica de la prov. de Córdoba. Ministerio de Agric. de la Nación, Bs.As., 225 pág.

Ministerio de Agricultura y Pesca. 1976. Plan Agropecuario, Anuario 1976, Montevideo, :17.

Mizuno, I. 1965. Análisis agrícolo-ganaderos; Introducción a la interpretación de los resultados analíticos, II parte. Inagro, Bs. As., 3:13-33.

MO.CA.S.E. Movimiento Campesino de Santiago del Estero. Grupo de Cooperación del Campus de Terrassa. s/f. Aerobomba de tipo Savonius para bombeo de agua.

Molina, J. S. 1980. Una nueva conquista del desierto. Emecé Edit., Bs.As. :37-38; 45; 133-134.

Molina, Jorge S. 1986. Tranqueras Abiertas (Entre el campo y el laboratorio). El Ateneo, Bs.As, 71.

Monroe, J.S. and R. Wicander. 1994. The changing earth: Exploring geology and evolution. West/Wadsworth, Belmont, CA.

Mora, S., Orozco, A. y Terenti, O. Evaluación del pastizal natural a diferentes distancias a la aguada en la región del monte (Mendoza). INTA EEA, Rama Caída, Mendoza. INTA EEA, San Luis.

Morel, H. V. 1996. Radiestesia; cuestionario integral. Ed. Kier S.A., Bs.As., 157 pág.

Morici, E., R. Ernst, A. Kin, D. Estelrich, M. Mazzola y S. Poey. 2003. Efecto del pastoreo en un pastizal semiárido de Argentina según la distancia a la aguada. Arch. Zootec. 52:59-66.

Morici, E., W. Muiño, R. Ernst y S. Poey. 2006. Efecto de la distancia a la aguada sobre la estructura del estrato herbáceo en matorrales de Larrea sp. pastoreados por bovinos en zonas áridas de la Argentina. Archivos de Zootecnia, Córdoba, España, 55(210):149-159.

Morici E., M. Mazzola, A. Kin, M. Poey, R. Ernst, B. Fernández, M. Berrueta y D. Estelrich. Variaciones estacionales en el banco de semillas de Piptochaetium napostaense en un gradiente de pastoreo. Fac. de Cs. Ex. y Naturales y Fac. de Agronomía, UNLPam., Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

Morrison, F. B.. 1963. Compendio de alimentación del ganado. Uteha, México.

Morros Sardá. 1961. Elementos de fisiología. Científico Médica, Barcelona.

Mount, D.I. 1966. The effect of total hardness and pH on acute toxicity of zinc to fish. Air Water Pollut. 10: 49-56. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.

Mufarrege, D. J., G. Somma de Fere y C. A. Ben. 1983. Contenido de fósforo, sodio y potasio de pasturas naturales de la provincia de Corrientes. Prod. Animal, Bs.As., 10:281-288.

Müller, H. 1997. Radiestesia. Ed. De Vecchi, Barcelona, 125 pág.

Müller Defradás, R. 1956. Bovinotecnia Argentina. Ed. Agro, Bs. As., 243-265.

Muñoz, N. 1971. Perspectivas de aprovechamiento de fuentes de agua subterránea en el norte argentino. Cebú y derivados, Bs.As., 18:304.

Murray, Francisco. s/f. Uso de sistema australiano de tranqueras trampa para el encierre de hacienda en zonas de monte. INTA y en www.produccion-animal.com.ar.

Mybrea, P.J.. 1958. Cooper-molybdenum sulfhate-manganese interaction and the cooper status of cattle. Austr. J. Agric. Res., 9:373-384.

National Academy of Sciences. 1974. More water for arid lands. N.A.S., Washington, D.C., 73-80.

National Academy of Science . 1974. Nutrients and Toxic Substances in water for livestock and poultry, Washington DC., USA, pag. 93.
National Research Council. 1970. Nutrient Requirements of beef Cattle, Washington, D.C., National Academy of Sciences.
National Research Council. 1971. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 4th ed. Washington, D.C., National Academy of Sciences, 55 p.
National Research Council. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7ª revised ed. National Academy Press, Washington D.C., :80-84.
National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Revised ed. Washington, D.C., National Academy of Sciences, :178-183.
Nazar Anchorena, José Benito. 1988. Medidas directas de mejoramiento del pastizal natural: aguadas. Convenio Provincia de La Pampa-AACREA, Pastizales naturales de La Pampa, manejo de los mismos, 2:51-61.
Nevot, M. A. 1965. Mejoras aplicables a los molinos de viento multipalas para bombeo de agua. IDIA, Bs. As., 16:1-28.
Nordel, E. 1979. Tratamientos de agua para la industria y otros usos. C.E.C.S.A., México, 23-172.
Núñez, A., F. H. Larumbe et al. 1976. Deficiencia de cobre para la nutrición animal condicionada por exceso de molibdeno y sulfato en la provincia de Córdoba. Gac. Vet., Bs.As., XXXVIII (316):522.
Núñez, A., H. Rubíes et al. 1976. Respuesta al tratamiento con complejos de cobre en bovinos con hipocuprosis. Gac. Vet., Bs.As., XXXVIII(316):522.
Obras Sanitarias de la Nación, Dpto. Laboratorios. s.f. Métodos para el examen de aguas y líquidos cloacales. O.S.N., Bs.As.
Organización Mundial de la Salud (OMS). 1995. Guías para la calidad del agua potable. Segunda Edición. Volumen I. Recomendaciones.
Organización Mundial de la Salud (OMS). 1998. Guías para la calidad del agua potable. Ginebra, 2ª Ed., Vol. 3, 255 pág.
Orellana, E. 1982. Prospección geoeléctrica en corriente continua. Paraninfo, Madrid, 523 p.
Ostrowski, J. E. B. 1972. Relaciones entre la fertilidad de los animales domésticos y su nutrición mineral. Gac. Vet., Bs.As., XXV(157):351-365.
Otero, Alicia. 2004. Las napas en el oeste bonaerense. Producir XXI, 12(149):49-51.
Pagola, E. 1992. Qué hay de nuevo en perforaciones para agua?. Rev. Sociedad Rural de Jesús María, Jesús María, Córdoba, 71:36-39.
Palerm-Viqueira. Jacinta. 2004. Las galerías filtrantes o qanats en México: introducción y tipología de técnicas. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 1(2):133-145.
Panigatti, J. L. 1975. El problema del agua en el centro-norte de Santa Fe. Cartilla, INTA EERA, Rafaela, Nº 28.
Pechín, G. H. 1994. Deficiencias minerales en rumiantes de la provincia de La Pampa. VIIº Congreso Argentino de Ciencias Veterinarias, Bs. As., 118.
Peñafort, Carlos. 2009. JTP Cátedra Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. Com. pers.
Pereira González, J.C. y A. Vasconsellos. 1971. Construcción de tajamares. Dinámica Rural, Buenos Aires, 371:75.
Pereira, J., F. J. Blanco Viera, C. N. Corbellini, S. Duffy, J. Miquet y B. Ruksan. 1980. Intoxicación hídrica en bovinos. Rev. Med. Veterinaria, 61(2):172-175.
Perelman, S.B., R.J.C. León y J.P. Bussacca. 1997. Floristic changes related to grazing intensity in a Patagonian shrub steppe. Ecography 20:400-406.
Pereyra, J. A. y D. R. Cabral. Tolerancia del ganado a las aguas salinas. Información Agropecuaria, 21:30-35.
Pérez Carrera, A. y Fernández Cirelli, A.. 2004. Niveles de arsénico y flúor en agua de bebida animal en establecimientos de producción lechera (Pcia. de Córdoba, Argentina). InVet 6(1):51-59.
Pérez Carrera, A. L., Moscuzza, C. H. y Fernández Cirelli, A. 2004. Aporte de macrominerales del agua de bebida a la dieta de bovinos de leche (Córdoba, Argentina). Congreso de la A.A.P.A 2004.
Pérez Carrera, Alejo. 2006. Arsénico en agua de bebida animal y alimentos de origen bovino. Taller de distribución del As en Iberoamérica, 27-30 de noviembre de 2006.
Pérez Carrera, Alejo, C. Moscuzza, D. Grassi y A. Fernández Cirelli. 2007. Composición mineral del agua de bebida en sistemas de producción lechera en Córdoba, Argentina. Vet. Mex. 38(2):153-164.
Pérez Carrera, A.; Pérez Gardiner, M.L. y Fernández Cirelli, A. 2010. Presencia de arsénico en tejidos de origen bovino en el sudeste de la provincia de Córdoba, Argentina. FCV UBA, InVet 12(1) y en www.produccion-animal.com.ar.
Perfil.com. 2007. Denuncian que cae lluvia ácida sobre Buenos Aires. 06.06.07. www.perfil.com/contenidos/2007/05/06/noticia_0018.html.
Perón, J. D. 2000. Toponimia patagónica de etimología araucana. Ed. El Calafate, Olivos, provincia Bs.As., 46-48;70.
Petersen, A. 1976. Aguadas. Estudio técnico para su construcción y utilización racional en explotaciones ganaderas de los bajos submeridionales santafesinos. Fund. J.M. Aragón, abril 1976, Bs. Aires, 31 p.

Piaggio, Lucia y Álvaro García. Lechería: el agua de bebida como factor limitante de la producción en condiciones de pastoreo. M.G.A.P., Montevideo, Uruguay.

Picone, L.I., Andreoli, Y.E., Costa, J.L., Aparicio, V., Crespo, L., Nannini, J. y Tambascio, W. 2003. Evaluación de nitratos y bacterias coliformes en pozos de la cuenca alta del arroyo Pantanoso (Bs. As.). Rev. de Investigaciones Agropecuarias, RIA, INTA, Argentina, 32(1):99-110.

Pinault, L. y G. Milhaud. 1998. Intoxication des ruminants par le plomb. Le point Vétérinaire 29 :105-111.

Piñeda, Héctor, Nancy Reartes, Silvia Sereno, Sofía Frangie, Cristina Bologna, Leónides Sereno. 1998. Eliminación de fluoruros utilizando hidroxiapatita. XXVIº Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental; AIDIS - Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. CEPIS.

Pinheiro Machado (h), L. C. y L. C. Pinheiro Machado. 2000. Agua: Insumo esencial pocas veces valorado. Forrajes y Granos, Agribusiness Journal, 5(51):104-105.

Pire, Eduardo Félix y Juan Pablo Lewis. 2005. Una propuesta de manejo para los bajos submeridionales. Cátedra de Ecología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario y en www.produccion-animal.com.ar.

Pordomingo, Aníbal J. 2001. Ganadería de ciervo colorado. INTA E.E.A Anguil y Fac. Agr. Univ. Nac. La Pampa. www.produccion-animal.com.ar

Portland Cement Association. 1978. Esa ladera mojada puede abrevar a su ganado. Agricultura de las Américas, 27(2):32-38.

Poulton, R. E. I. 1976. Viento y agua. FAO, Ceres 9(1):56.

Prohaska, F. J. 1963. Algo sobre el problema de la evaporación en tanques en zonas áridas. IDIA, INTA, 188:67-68.

Pucci, A. E. et al. 1972. Estudio químico-físico-bacteriológico de las fuentes acuíferas relevantes subterráneas y superficiales de Bahía Blanca y su zona de influencia. Comisión de Investigación Científica, Prov. de Bs. As., Informe II, 124 pág.

Radeleff, R. D. 1967. Toxicología veterinaria. Academia, León.

Radiestesistas del mundo. www.radiestesiaargentina.netfirms.com/radmundo/index.html

Ramón, Miguel; F. Mauriello; N. Delgado y B. Arteaga. 2007. Métodos prácticos para el aforo de pozos. INIA Divulga, Venezuela, dic./07:48-51.

Rodríguez, Enrique. 1983. Nutrición del cebú; Diferencias con el ganado tradicional. IIª Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas, Villa Dolores, Cba., Argentina. Centro Arg. de Ing. Agr. y Orientación Gráfica Editora SRL, 162-174.

Saba, S.L., D.A. Pérez, E. Cejuela, V. Quiroga y A. Toyos. 1995. La piosfera ovina en el extremo austral del desierto del Monte. Naturalia Patagónica 3: 153-174.

Sociedad Chilena de Radiestesia. La piedad 340, Las Condes, Santiago de Chile.

Reid, J.T. et al. 1955. Some relationship among the mayor chemical components of the bovine body. J. Dairy Science, 38:1344.

Reidy, E.J. 1975. Aguadas en la región este de los bajos submeridionales santafesinos. Fund. J.M. Aragón, Buenos Aires, 11 p.

Revelli, G. R.; Sbodio, O. A.; Tercero, E. J. y Uberti, M. 2002. Impacto de la calidad de agua para bebida animal en relación a parámetros productivos, composicionales y reproductivos. Revista FAVE - Ciencias Veterinarias 1(1):55-68, y en www.produccion-animal.com.ar.

Revelli, G. R.; Sbodio, O. A.; Gallardo, M. R.; Valtorta, S. E. y Tercero, E. J. 2005. Rendimiento de vacas lecheras de baja producción en condiciones pastoriles con la oferta de agua de bebida salada o desalinizada. Revista FAVE - Ciencias Veterinarias 4(1-2):77-88, y en www.produccion-animal.com.ar.

Rizzo, A.F. 1961. Ensayo de resistimetría en suelos a fines agrohidrológicos. Rev. de la Facultad de Agronomía, La Plata, Tomo XXXVII.

Rocard, Yves. Rev. de la Sociedad Rural de Jesús María, 82:54-55, y en www.produccion-animal.com.ar.

Rocard, Yves. 1964. Le signal du sourcier (La señal del zahorí). Dunod, 2º ed.

Rodríguez, E. 1983. Nutrición del cebú; diferencias con el ganado tradicional. IIª Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas. CADIA, Bs.As., 162-174.

Rodríguez Fuentes, Humberto, E. Sánchez Alejo, M. Rodríguez Sánchez, J. A. Vidales Contreras, K. Acuña Askar, G. Martínez Turanzas y J. C. Rodríguez Ortíz. 2005. RESPYN, México. 6(4).

Rodríguez Sánchez, M. 2003. Determinación de presencia y concentración de metales pesados en leche bronca. Tesis de Licenciatura. Ingeniero en industrias Alimentarias. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 86p.

Rodríguez Zubiate, Edgar. Las galerías filtrantes de Nazca. Revista Técnica N° 30, Capítulo de Ingeniería Civil - CIP.

Román, R. L. 1999. Obtención de agua potable por métodos no tradicionales. Tecnología y Ciencias de la Ingeniería, Ciencia al Día Internacional.

Rossia, P. 2000. El agua maldita de los pueblos. Puntal, Río Cuarto, 17.09.00:30-31.
Ruckebusch, Y, L.P. Phaneuf y R. Dunlop. 1994. Fisiología de pequeñas y grandes especies. Ed. El Manual Moderno S.A. de C.V., México. 11-65.
Ruiz, L.A. 1975. Hidráulica y máquinas hidráulicas. Melior, Labor, Barcelona,
Ruksan, B. E., J. Carrillo y J. Bingley. 1978. Concentración de cobre, molibdeno y sulfato inorgánico en pasturas. Prod. Anim., Bs. As. 6:584-591.
Ruksan, B. 1994. Deficiencia de selenio. Jornadas de Actualización Técnica sobre Minerales en Nutrición y Salud Animal. Ed. E.E.A Balcarce INTA - Fac. Ciencias Agrarias U.N. Mar del Plata, 68-77.
Sagalowky, E. Impermeabilización de represas - Plásticos, Buenos Aires, 106:154.
Sager, Ricardo L. 1994. Deficiencias minerales en zonas semiáridas. VIº Congreso Argentino de Ciencias Veterinarias, Bs.As., 116.
Sager, Ricardo L. 1998. La importancia del agua en la cría de ganado. Acaecer, 268:10-11.
Sager, Ricardo L. y H. Casagrande. 1998. Efecto de la salinidad del agua de bebida sobre el consumo y digestibilidad de pasto llorón (E*ragrostis curvula*) y alfalfa (*Medicago sativa*). Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim. 13 (1, 2 y 3),
Sager, Ricardo L. 1999. Calidad de agua de bebida. Marca Líquida, , Córdoba, 77:35-38.
Sager, Ricardo y J. C. Echeverría. 2000. Aguas buenas y aguas malas para los rodeos. Producir XXI, 9(105):25-28.
Sager, Ricardo L. 2000. Agua para bebida de bovinos. INTA E.E.A. San Luis. Serie Técnica, 126.
Sager, Ricardo L. 2001. Conferencia. Congreso de Ganadería de Zonas Áridas y Semiáridas. Herramienta para un negocio ganadero competitivo. EEA San Luis, Fices, UNSL. Villa Mercedes, San Luis.
Sager, Ricardo L. 2003. Calidad de agua y desbalances minerales. Cría vacuna, Cuaderno Actualización Técnica 66:62-67.
Sager, Ricardo L. 2005. El agua de bebida para bovinos en San Luis. Informativo Rural, EEA INTA San Luis, 2(7):3.
Sager, Ricardo L. 2008. Calidad de agua de bebida. En el Simposio sobre gestión y utilización del agua, 31º Congreso Argentino de Producción Animal, Potrero de Los Funes, San Luis, 15-17.10.08.
Sainato, C. M., G. Galindo y O. S. Heredia. 2006. Agua subterránea, exploración y utilización agropecuaria. 1ª ed., Fac. de Agronomía, Universidad de Buenos Aries.
Saint-Foulc, J. d'At. de. 1968. El riego por aspersión. Tec. Asoc. S.A., Barcelona, 252 páginas.
Salih, Abdin. Qanats a Unique Groundwater Management Tool in Arid Regions: The Case of Bam Region in Irán. International Symposium on Groundwater Sustainability (ISGWAS)
Sampat, P. 2000. Groundwater shock. Worldwatch Institute, Washington, D.C.
Sánchez Zinny, Fernando. 2005. El sabor del pasto, antigua brújula criolla. La Nación, Sec. Campo, Bs. As., 08.01.05.
Sardi, G. M. I., M. A. Herrero, A. A. Orlando, V. Maldonado May y L. I. Carbó. 1996. Calidad de agua para bebida animal en el partido de Marcos Paz (Provincia de Buenos Aires). Rev. Arg. Prod. Anim. 16(Supl. 1):102-103.
Sarmiento, D.F. 1945. Facundo. Ed. Sopena Arg., Bs.As., 64.
Sauberán, C. y J. S. Molina. 1974. Soluciones para los problemas del campo. F.B.C.B.A., Bs.As., :89.
Sbarra, N. H. 1973. Historia de las aguadas y el molino. EUDEBA, 192 pág.
Sbodio, O. A.; Revelli, G. R.; Tercero, E. J.; Gallardo, M. R. y Valtorta, S. E. 2007. Influencia del contenido salino del agua de bebida animal sobre los componentes principales de la fase soluble en leche
de vacas individuales. Revista FAVE - Ciencias Veterinarias 6(1-2):63-70, y en www.produccion-animal.com.ar.
Schang, P. J. 1967. La Radiestesia en la búsqueda de agua; fenómenos físicos y fisiológicos conexos. Conferencia. Academia Nacional de Medicina de Buenos Aires, Bol. Nº 45, Buenos Aires, 45:3-17.
Schmidt, G. H. y L. D. Van Vleck. 1974. Principles of dairy science. Freeman, E.U.A., 338-339.
Schütte, K. H. s.f. La biología de los microelementos y su función en la alimentación. Tecnos, Madrid.
Secco, F. J. 1980. Comunicación personal.
Seitz, M. G. 1995. La controversia de la fluoración. Salud, La Nación, 24.5.95, Bs.As.
Semple, A. T. 1974. Avances en pasturas cultivadas y naturales. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, :358-373.
Serra, J. 1980. Comunicación personal. EEA del INTA, Trelew.
Shirley, R. L. y J. L. Montesinos Vassallo. 1978. El agua como fuente de minerales. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Univ. de Florida, Gainesville,:53.
Shultz, E., T. A. Shultz, J. C. Garmendia y C. F. Chicco. Comparación entre bovinos y búfalos domésticos alimentados con forraje tropical en tres estados vegetativos; I: comportamiento, consumo y rumia. Agronomía Tropical, 27(3):319-330.
Siegel, L. M. y J. K. Monty. 1961. A mechanism for the copper molybdenum inter relationship, II Response of level sulphide-oxidase activity to nutritional factors. J. Nutr. 74:167-170.
Solvay Technical and Engineering Service. 1947. Water Analysis. Third ed., Bull 11, 99 pag.

South Dakota State College. 1969. Salinity and livestock water quality. Anim. Husb. Poultry and Station Biochem. Dptmens, Agric. Station, Bull 481, 12 pag.
Spellman, Frank R. y Joanne Drinan. 2000. Manual del agua potable, Acribia, Zaragoza, España, 256 pág.
Stegmann, C. F. 1979. Utilización de los molinos en las zonas de sierra. Rev. CREA, 76:40-43.
Streeter, Víctor L. 1963. Mecánica de los fluidos. Ed. Mc Graw-Hill Book Company, lnc. New York, 747 pág.
Strizler, N. P. y L. Saluzzi. 1983. Efecto del nivel de sulfatos en el agua de bebida sobre novillos en crecimiento. Prod. Animal, Bs.As., 10:163-170.
Stritzler, N. P. 1991. Factores que afectan el consumo de agua de bebida de animales domésticos. Rev. Fac. Agronomía, U.N.L.Pampa, Santa Rosa, 6(1):39-72.
Suárez, V. H. y M. R. Busetti. 1997. Factores de riesgo involucrados en la síndrome de "vaca caída" en el área del Caldenal, La Pampa; encuesta a productores. Therios, 26(134):97-106.
Suárez, V. H., M. A. Frecentese, C. A. Medrano, M. R. Busetti, G. L. Micheo y C. N. Corbellini. 1986. Parámetros sanguíneos de un rodeo de cría y concentraciones minerales de pasturas con antecedentes tetanigénicos. Rev. Arg. Prod. Anim. 5(11-12)765-772.
Taller de Expertos en Agua Dulce de América del Norte. 21 de enero de 2002. Agua Subterránea: Un Recurso de América del Norte, Documento de Discusión. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, Montreal (Quebec), Canadá.
Tagle, E. y D. lnchausti. 1967. Bovinotecnia. Edit. El Ateneo, Bs. Aires, II, 569 p.
Taverna, M y P. A.V. Charlón. 2000. En el tambo, la calidad del agua es lo que cuenta. Producir XXI, 9(105):12-16.
Technical Brief Nº 22. 1989. Intakes from rivers. Waterlines, 8(2):3-18.
Technical Brief Nº 34. 1992. Analternative spring boxes. Waterlines, 11(2):15-17.
Technical Brief Nº 35. s/f. Low-lift irrigation pumps.
Technical Brief Nº 36. s/f. Ferrocement water tanks.
Technical Brief Nº 40. 1994. Desalination. Waterlines, 12(4):15-18.
Technical Brief Nº 56. s/f. Buried and semi-submerged tanks. Waterlines.
Teuber, A. J. 1973. Agua en ganadería. Avance Rural, III(15):18-19.
Teuber, A. J. 1974. Agua de bebida, calidad y fuentes de aprovisionamiento. Din. Rur., Bs.As., VI (65):66.
Teuber, A. J. s.f. Agua para ganado: análisis de su calidad y alternativas para su provisión. INTA, EERA Roque Sáenz Peña, Chaco. Informes para Técnicos 32, 24 pág.
Teuber, A. J.. 1974. Aguas de bebida: tratamientos para mejorar la calidad. Dinámica rural, Bs. As., 66:66.
Teuber, A. J.. s.f. Agua para ganado: Análisis de su calidad y alternativas para su provisión. INTA EERA Roque Sáenz Peña, Chaco. Informes para Técnicos, Nº 32, 24 pág.
Thomas, H. 1970. Aguas freáticas, su acumulación y alumbramiento. La Hacienda, New York, E.U.A., 55(4):24-27.
Torres, L. M. 2008. Hilos de agua, lazos de sangre: enfrentando la escasez en el desierto de Lavalle (Mendoza, Argentina). Ecosistemas, 17(1). www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=523
Torroba, J. P. 1984. Más sobre el uso de verdeos de invierno sin agua de bebida. Rev. de los CREA, 105:58-60.
Trelles, R. A., A. Larghi y J. P. Páez. 1970. El problema sanitario de las aguas destinadas a la bebida humana, con contenidos elevados de arsénico, vanadio y flúor. Contribución al estudio de su corrección. Inst. de Ingeniería Sanitaria, Fac. de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, 4:7-55.
Tronfi, Ana. 2008. El Chaitén afecta a la producción lanera del sur. La Nación, Secc. 5ª Campo, 07.06.08, y en www.produccion-animal.com.ar.
Trueba Coronel, S. 1984. Hidráulica. C.E.C.S.A., México, 64-170.
UNESCO-IHE. Instituto para la Educación relativa al Agua. 2° Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo "El agua, una responsabilidad compartida".
Universidad de Rhode Island. 1988. Desechos sobre recursos naturales: desechos peligrosos caseros. Departamento de Ciencias Naturales, Hoja de Hechos numero 88-3.
U.S. Departament of Agriculture. 1955. Water. The Yearbook of Agriculture.
U.S. Department of Agriculture. 1967. Colectores pluviales para captación y almacenamiento de agua para abrevado de ganado. Méjico A.I.D. 67. Boletín para información agrícola. Nº 307.
Umazano, A. M., E. O. Adema y S. B. Aimar. Tajamares: una tecnología alternativa para la zona árida-semiárida de La Pampa.
Unamuno, M. 1968: Manejo de las aguadas - Dinámica Rural, Buenos Aires, 3:58.
Unión Científica Internacional de Radiestesia (UCIR). Vía Blanca y Carretera Central, San Miguel del Padrón, C. Habana, Cuba, CP 11000, Tlf. 557232, Fax.(537) 557004, lufriu@igp.minbas.cu.
Underwood, E. J. 1969. Los minerales en la alimentación del ganado. Acribia, Zaragoza, 320 pág.

Valtorta S.E.; Gallardo M.R.; Gregoret R.F.; Conti G.A.; Gandolfo J.A. y Leva P.E. 2005. Efecto de la salinidad sobre el consumo de agua de vacas lecheras en lactancia durante períodos cálidos. 28º Congreso Argentino de Producción Animal, Bahía Blanca, Argentina.

Valtorta, S.; Gallardo, M.; Sbodio, O.; Revelli, G.; Arakaki, C.; Leva, P.; Gaggiotti, M. y Tercero, E. 2008. Efectos de la salinidad del agua sobre el desempeño productivo y los parámetros ruminales de vacas lecheras en pastoreo. Int. J. Biometeorol, 52(3):239-247.

Vázquez, Helio, Vilma Ortolani, Gabriel Rizzo, Jorge Bachur y Verónica Pidustwa. Arsénico en aguas subterráneas; criterios para la adopción de limites tolerables. Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ENRESS) de la Provincia de Santa Fe, Rosario.

Velazco Molina, H.A. et al. 1974. Cosecha de agua de lluvia en regiones áridas - Campo, Méjico, Vol. 50.

Weast, R. C. et al. 1972. Handbook of Chemistry and Physics. 53rd ed., C.R.C. Press Div. of Chemical Rubber Co.

Weeth, H. J. y J. E. Hurter. 1971. Drinking of sulphate water by cattle. J. Anim. Sci., 32 (2):277-281.

Weltchert, W.T. y B.N. Freeman. 1973. Pozos horizontales. Selección de Journal of Rang Management, México DF, 11(4):107-110.

Weltchert, W. T. y B. N. Freeman. 1970. Pozos horizontales: prácticos, útiles, baratos. Agricultura de las Américas, 19(9):10-13.

WHO. 1992. Cadmium environmental aspect. Environmental health criteria 135 (WHO, Geneve).

Vigo, Juan. 1968. Nuestra colonización y el gringo. Todo es Historia, Bs. As., 2(9):60-70.

Winchester, C. F., Morris, M. J. 1956. Water intake rates of cattle. J. Anim. Sci. 15:722

Yeates, N. Y. M. 1967. Avances en zootecnia. Acribia, Zaragoza, :116.

Ybarra, Ch. 2000. El futuro amargo del agua dulce. Geo, 163:109-115.

Zapico Antuña, R.. 1977. Como obtener agua. La Nación, 25/3/77, 2da Sec., Buenos Aires, p. 1.

SITIO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

"La información que no se difunde, no existe"

Producción Bovina de Carne
Producción Bovina de Leche
Producción Ovina
Producción Caprina
Producción de Búfalos
Producción Porcina
Producción Equina
Producción de Camélidos
Producción de Ciervos
Producción de Ñandúes
Producción y Manejo de Pasturas
Producción y Manejo de Forrajes Conservados
Producción Orgánica, Identificación, Trazabilidad
Producción Avícola
Producción Acuícola
Producción de Yacarés
Producción de Carpinchos o Capivaras
Producción de Jabalíes y cruzas
Sanidad, Intoxicaciones, Metabólicas, Empaste
Aguas de Bebida para Ganado
Fisiología Digestiva y manejo del alimento
Minerales: Suplementación, Fisiología, Intoxicación
Suplementación en general en rumiantes
Suplementación proteica y con NNP en rumiantes
Composición Alimentos y Requerimientos Animales
Genética, selección, cruzamientos
Inseminación Artificial y transferencia embrionaria
Ecografía y ultrasonografía
Etología y Bienestar Animal
Adaptación, Aclimatación y el Clima
Orígenes, estadísticas y análisis de la ganadería
Carne y subproductos
Emergencias: Inundaciones y Sequías
Emergencias: Incendios Rurales
Suelos y Ganadería
Sustentabilidad Agropecuaria
Empresa Agropecuaria
Legales: Leyes, Decretos, Reglamentos
Ecoregiones Naturales Argentinas
Fauna Argentina
Libros on line (para bajar y/o imprimir, gratuitos)
Libros para adquirir
Directorios de E-mails y Enlaces Agropecuarios
Diccionario inglés-español de producción animal
Humor Agropecuario (después del estudio hace bien)

ISBN 978-987-27332-0-9

www.produccion-animal.com.ar

Director: Guillermo Alejandro Bavera
gbavera@produccion-animal.com.ar

La **Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación** (**F.A.O.**) incluye este Sitio entre las 24 instituciones argentinas registradas en su Directorio de Instituciones de Investigación Agropecuaria en América Latina y el Caribe, 2004 (Roma 438 pag). La **Legislatura de la Provincia de Córdoba** ha declarado su **beneplácito** por el aporte de este Sitio a la divulgación de información científica de notable interés para el desarrollo de la actividad pecuaria en Córdoba y el País (Decl. 5415/03). Sitio declarado de **Interés Profesional** por el **Colegio Médico Veterinario** de la Provincia de Córdoba (Res. 3554/02) y por el **Colegio de Ingenieros Agrónomos de la Provincia de Córdoba** (Res. 472/03). **Premio Nacional al Mérito Agropecuario El Gauchito**, ternado y Diploma de Honor (7ª ed. 2006). **Premio La Nación-Banco Galicia a la Excelencia Agropecuaria, nominado en la categoría Mejor Trabajo de Extensión Agropecuaria** (7ª ed. 2009).

El Sitio Argentino de Producción Animal® aspira a centralizar, clasificar y transferir en forma gratuita, simple, sin registros ni claves, conocimientos científicos, técnicos y divulgativos sobre producción animal para informar y actualizar a los profesionales médicos veterinarios, ingenieros agrónomos, zootecnistas, nutricionistas y biólogos, a los actuales estudiantes y docentes de estas profesiones y de escuelas agrotécnicas, a ganaderos, agroindustriales, comerciantes, instituciones y personas interesadas en ella.
Los trabajos publicados son, en su gran mayoría, textos en español. El sitio es ampliado y actualizado permanentemente.

Otras obras del autor:



Sitio Argentino de Producción Animal®
Copyright © 2001 - 2011 Guillermo Alejandro Bavera y colectiva.