

Compendio de Reproducción Animal



Sinervia Uruguay S. A.
Burgues 3230 (11.700)
Montevideo, Uruguay
Tel: +(598 2) 203 6628
Fax: +(598 2) 209 6837

Sinervia Paraguay S. A.
Victoriano Acuña 5851
Asunción, Paraguay
Tel: +(595 21) 66 47 14
Fax: +(595 21) 66 47 15



INVESTIGACIÓN • DESEMPEÑO • INTEGRIDAD

Prefacio

Colegas, veterinarios y estudiantes de veterinaria, y todos los que comparten mi pasión por la ciencia de la reproducción: me gustaría presentarles, con gran satisfacción, la nueva edición del Compendio de Reproducción Animal de Intervet.

Siempre ha sido mi máxima satisfacción ver los sofisticados descubrimientos científicos transformados en soluciones aplicables en el trabajo diario del veterinario, para beneficio de la profesión y los clientes, los propietarios de animales.

Me gustaría expresar mi agradecimiento a la Dra. Linda Horspool, que ha revisado y actualizado exhaustivamente los capítulos 7, 8 y 11, al Dr. William Enright, que ha actualizado y ampliado el capítulo 12, y al Dr. Marc Martens, por su valiosa contribución al capítulo 4.

Espero que encuentren en este compedium, una fuente de información útil no solo científico sino también práctico sobre este fascinante mundo de la reproducción.

Monika Ptaszynska, editora de la 9ª edición.

Juan Jose Molina, co-editor de la versión Latino Americana

Editado por Intervet Internacional bv
Edición Latino Americana

Table of Contents

1	Fisiología de la reproducción en los Mamíferos	1
1.1	Introducción	1
1.2	Sistema nervioso, sistema hormonal y mensajeros celulares	1
1.3	Regulación de la reproducción en la hembra	5
1.4	Regulación de la reproducción en el macho	11
1.5	Estacionalidad	12
1.6	Lecturas adicionales	14
2	Reproducción Bovina	15
2.1	Fisiología	15
2.2	Manejo de la fertilidad del rebaño	20
2.2.1	Evaluación de la fertilidad	21
2.2.2	Aspectos económicos	22
2.2.3	Diagnóstico de gestación	24
2.2.4	El estro y la detección del celo	27
2.2.5	Temporización de la inseminación	30
2.3	Control del estro	31
2.3.1	Razones para el control del estro	31
2.3.2	Métodos de control del estro	33
2.3.3	Factores que afectan a la fertilidad de las vacas inseminadas	48
2.3.3.1	Ovulación retardada	50
2.3.3.2	Ambiente uterino inadecuado	50
2.3.3.3	Importancia de la función luteínica temprana en el reconocimiento de la gestación y su mantenimiento	51
2.3.3.4	Influencia de la temperatura ambiental alta sobre la eficiencia reproductiva en el vacuno	52

Table of Contents

2.3.4	Mejora de porcentaje de concepción en el momento de la IA y después de la misma	56
2.4	Problemas reproductivos	69
2.4.1	Aspectos fisiológicos del periodo postparto	70
2.4.2	Retención de la placenta	72
2.4.3	Infecciones uterinas	73
2.4.4	Anestro	82
2.4.4.1	Tratamiento del anestro en el vacuno	86
2.4.5	Quistes Ováricos	88
2.4.6	Mortalidad embrionaria	92
2.4.7	La vaca repetidora	94
2.4.8	Abortos	95
2.4.9	Gestación no deseada	105
2.5	Inducción del parto	106
2.6	El toro	107
2.6.1	Evaluación de la idoneidad para la reproducción	108
2.6.2	Infertilidad	109
2.7	Transferencia de Embriones (TE)	110
2.7.1	Manejo de la vaca donante	111
2.7.2	Manejo de la receptora	114
2.8	Gestaciones/partos gemelares	114
2.9	Referencias bibliográficas	115
3	Reproducción Equina	129
3.1	Fisiología	129
3.1.1	Fisiología del ciclo estral	129
3.1.2	Fertilización y mantenimiento de la gestación	131
3.1.3	Regulación estacional de la actividad reproductora en la hembra	133

Table of Contents

3.2	Manejo de la reproducción	136
3.2.1	Detección del estro	136
3.2.2	Apareamiento	137
3.2.3	Inseminación artificial	137
3.2.4	Transferencia de embriones	140
3.3	Control del estro	141
3.3.1	Periodo de transición	141
3.3.2	Estación reproductiva	144
3.3.3	Inducción de la ovulación	145
3.4	Trastornos reproductivos	148
3.4.1	Retención placentaria	148
3.4.2	Endometritis/Endometriosis	149
3.4.3	Cuerpo lúteo persistente	153
3.4.4	Anestro postparto	153
3.4.5	Estro prolongado	154
3.4.6	Mortalidad embrionaria y aborto	154
3.4.7	Gestación gemelar y gestación no deseada	157
3.5	Diagnóstico de gestación	158
3.6	Inducción del parto	159
3.7	El semental	161
3.7.1	Evaluación de la función reproductora	161
3.7.2	Criptorquidia	163
3.7.3	Comportamiento sexual	164
3.7.4	Degeneración testicular	165
3.7.5	Hemospermia y urospermia	166
3.8	Referencias bibliográficas	167

Table of Contents

4	Reproducción Porcina	171
4.1	Fisiología	171
4.1.1	El ciclo estral	171
4.1.2	Cerdos domésticos <i>versus</i> jabalíes	172
4.2	Manejo reproductivo de las explotaciones porcinas	175
4.2.1	Parámetros reproductivos	175
4.2.2	Diagnóstico de gestación	177
4.2.3	Estro y detección del estro	178
4.2.4	Planificación de la cubrición y de la inseminación artificial	182
4.3	Control del estro	184
4.4	Trastornos reproductivos	189
4.4.1	Anestro	189
4.4.2	Repeticiones	190
4.4.3	Cerdas vacías	192
4.4.4	Abortos	192
4.5	Inducción del parto	193
4.6	El verraco	196
4.7	Referencias bibliográficas	200
5	Reproducción Ovina	205
5.1	Fisiología	205
5.1.1	Estacionalidad de la actividad sexual y la ovárica	205
5.1.2	El ciclo estral	207

Table of Contents

5.2	Manejo reproductivo del rebaño	209
5.2.1	Introducción	209
5.2.2	Diagnóstico de gestación	210
5.2.3	Detección del estro	211
5.2.4	Apareamiento	212
5.2.5	Inseminación artificial	213
5.3	Manejo del estro	215
5.3.1	Alteración del fotoperiodo	216
5.3.2	El efecto macho	216
5.3.3	Métodos basados en los progestágenos	217
5.3.4	Prostaglandinas	220
5.3.5	Melatonina	220
5.4	Factores que afectan al estro y la ovulación	221
5.4.1	Efecto macho	222
5.4.2	Genética	222
5.4.3	Nutrición	222
5.4.4	Gonadotrofinas	223
5.4.5	Técnicas de inmunización	224
5.5	Problemas reproductivos	224
5.5.1	Factores ambientales y mortalidad embrionaria	224
5.5.2	Enfermedades infecciosas	225
5.5.3	Nutrición	226
5.6	Inducción del parto	226
5.7	El morueco	228
5.8	Tecnología embrionaria	229
5.9	Referencias bibliográficas	230

Table of Contents

6	Reproducción Caprina	233
6.1	Fisiología	233
6.1.1	Estacionalidad de la actividad sexual y la ovárica	233
6.1.2	El ciclo estral	234
6.1.3	Gestación	235
6.2	Manejo reproductivo del rebaño	236
6.2.1	Introducción	236
6.2.2	Diagnóstico de gestación	237
6.2.3	Detección del celo y cubrición	238
6.2.4	Inseminación artificial	239
6.3	Control del estro	241
6.3.1	Efecto macho	241
6.3.2	Métodos basados en los progestágenos	242
6.3.3	Prostaglandinas	244
6.3.4	Melatonina	245
6.3.5	Regímenes de fotoperiodo	245
6.4	Superovulación y transferencia embrionaria	245
6.5	Problemas reproductivos	246
6.5.1	Intersexualidad (gen acorne)	246
6.5.2	Pseudogestación	247
6.5.3	Aborto infeccioso	247
6.5.4	Ovulación retardada/atresia folicular	248
6.6	Inducción del parto	248
6.7	Referencias bibliográficas	248

Table of Contents

7	Reproducción Canina	251
	7.1 Fisiología	251
	7.1.1 El ciclo estral de la hembra	251
	7.1.2 Cambios hormonales en las perras	254
	7.1.3 Inducción del estro	255
	7.1.4 Estro prolongado o persistente	258
	7.1.5 Infertilidad en las perras	258
	7.1.5.1 Incapacidad para ciclar	258
	7.1.5.2 Anestro prolongado o primario	258
	7.1.5.3 Pubertad retardada	259
	7.1.6 Intervalos interestro cortos o prolongados y celos partidos	259
	7.1.7 Estro prolongado/persistente	260
	7.1.8 Incapacidad para concebir/reabsorción temprana	260
	7.2 Apareamiento	260
	7.2.1 Comportamiento propio del apareamiento	260
	7.2.2 Planificación del apareamiento	261
	7.2.3 Detección de la ovulación	262
	7.3 Gestación	265
	7.3.1 Duración	265
	7.3.2 Cambios hormonales durante la gestación	265
	7.3.3 Diagnóstico de gestación	266
	7.4 Parto	267
	7.4.1 Eventos iniciadores	267
	7.4.2 Signos previos al parto	268
	7.4.3 Parto	268
	7.4.3.1 Inducción del parto	269
	7.4.3.2 Parto retardado	269
	7.4.3.3 Retención placentaria	270

Table of Contents

7.5	Gestación no deseada (Apareamiento no deseado)	271
7.5.1	Perras a las que no se tiene la intención de hacer criar	271
7.5.2	Perras a las que se tiene la intención de hacer criar	272
7.6	Control del estro	275
7.6.1	Control quirúrgico del estro	275
7.6.2	Control médico del estro	275
7.7	Otros problemas del tracto urogenital femenino	279
7.7.1	Falsa gestación	279
7.7.2	Complejo de la hiperplasia quística endometrial (HQE)-piometra	281
7.7.3	Incontinencia urinaria	282
7.8	Perros macho	283
7.8.1	Hipersexualidad	284
7.8.2	Criptorquidia	285
7.9	Referencias bibliográficas	287
8	Reproducción felina	291
8.1	Fisiología	291
8.1.1	El ciclo estral	291
8.1.2	Cambios hormonales en los machos	295
8.2	Apareamiento	295
8.3	Gestación	296
8.4	Parto	296
8.4.1	Parto normal	296
8.4.2	Distocia	297

Table of Contents

8.5	Apareamiento no deseado y prevención de la implantación	298
8.6	Control de la reproducción	299
8.6.1	Métodos quirúrgicos	299
8.6.2	Métodos no quirúrgicos	300
8.6.2.1	Inducción de la ovulación sin cópula	300
8.6.2.2	Retraso o supresión del estro mediante el uso de progestágenos	301
8.6.3	Alternativas para el control de la reproducción en los gatos	304
8.7	Trastornos del tracto reproductor	305
8.7.1	Gatas	305
8.7.1.1	Complejo de la hiperplasia quística endometrial-piometra	305
8.7.1.2	Incapacidad de ciclar	306
8.7.1.3	Síndrome de los restos ováricos	307
8.7.1.4	Hipertrofia mamaria	308
8.7.2	Machos	309
8.7.2.1	Marcaje territorial (conducta sexual inadecuada)	309
8.7.2.2	Criptorquidia o restos testiculares	310
8.8	Referencias bibliográficas	311
9	La reproducción en el Búfalo	315
9.1	Introducción	315
9.2	Fisiología	315
9.3	Manejo reproductivo	317
9.4	Trastornos reproductivos	320
9.4.1	Trastornos uterinos	320
9.4.2	Trastornos ováricos	321
9.5	Referencias bibliográficas	323

Table of Contents

10	Reproducción en los camélidos	325
	10.1 Fisiología	325
	10.1.1 Estacionalidad	326
	10.1.2 El ciclo estral	326
	10.1.3 Gestación y parto	328
	10.2 Manejo de la reproducción	329
	10.2.1 Parámetros reproductivos	329
	10.2.2 Monta natural e inseminación artificial	330
	10.2.3 Diagnóstico de gestación	332
	10.3 Control del estro	332
	10.3.1 Inducción del estro	332
	10.3.2 Inducción de la ovulación	333
	10.3.3 Superovulación	333
	10.4 Problemas reproductivos	334
	10.5 Referencias bibliográficas	336
11	La reproducción del conejo	339
	11.1 Fisiología	339
	11.1.1 El macho	339
	11.1.2 La hembra	340
	11.2 Manejo de la reproducción en los conejos comerciales	343
	11.2.1 Monta natural	344
	11.2.2 Inseminación artificial	344
	11.2.3 Diagnóstico de gestación	346

Table of Contents

11.3	Control de la reproducción	347
11.3.1	Inducción de la receptividad	347
11.3.2	Inducción de la ovulación	349
11.4	Inducción del parto	350
11.5	Reproducción en los conejos mascotas	350
11.5.1	Machos	350
11.5.2	Conejas como mascotas	351
11.6	Referencias bibliográficas	352
12	Reproducción en los Peces	355
12.1	Introducción	355
12.2	Fisiología y acondicionamiento	355
12.3	Manejo reproductivo mediante el uso de preparados hormonales	361
12.4	Inducción del desove	364
12.5	Forma de administración	367
12.6	Multiplicación	368
12.7	Enfermedades relacionadas con la reproducción	370
12.8	Control del sexo	370
12.9	Transgénesis	372
12.10	Agradecimientos	372
12.11	Referencias bibliográficas	373

Table of Contents

13	Información sobre los Productos	377
13.1	Introducción	377
13.2	Chorulon®	377
13.3	Chorulon® en la reproducción de los peces	379
13.4	Chrono-gest CR®	381
13.5	Covinan® (Delvosteron®)	382
13.6	Crestar®	385
13.7	Cyclix Bovino®	387
13.8	Cyclix Porcino®	388
13.9	Cyclix/Iliren C®	390
13.10	Dexadreson®	392
13.11	Dexafort®	394
13.12	Dexamedium®	396
13.13	Durateston®	398
13.14	Fertagyl®	399
13.15	Folligon®	401
13.16	Incurin®	404
13.17	Intertocine®-S (Oxytocin-S, Orastinvet®)	405
13.18	Mesalin®	407
13.19	Metricure®	408
13.20	PG 600® (Suigonan)	409

Table of Contents

13.21 Preloban®	411
13.22 Prosolvin®	412
13.23 Receptal/Conceptal®	417
13.24 Regumate Equino®	419
13.25 Regumate Porcino®	420

Table of Contents

Fisiología de la reproducción en los mamíferos **1**

1. Fisiología de la reproducción en los mamíferos

1.1 Introducción

En los mamíferos, el proceso reproductivo está controlado por dos sistemas reguladores. El sistema endocrino y el nervioso tienen, cada uno, un papel específico, y es esencial una interacción sutil entre ambos para que se desarrollen de forma exitosa los eventos necesarios para un nacimiento y cría de una descendencia sana.

Este primer capítulo proporcionará información teórica básica sobre la forma en la que funcionan los procesos reproductivos usando parte de lo que sucede en el vacuno para ilustrar las relaciones entre las distintas partes del proceso. Se puede encontrar información más detallada sobre el ciclo reproductivo en el vacuno y en otros animales en los capítulos dedicados a las distintas especies. Unas secciones breves al final de este capítulo tratan sobre el proceso endocrino en el macho y sobre algunos aspectos de la estacionalidad.

1.2 Sistema nervioso, sistema hormonal y mensajeros celulares

Sistema nervioso: los estímulos del entorno son recibidos por los sentidos y transmitidos al cerebro. Con respecto a la reproducción, como ejemplos de señales sensoriales del entorno tenemos la información recibida mediante la vista (luz, otros animales de la misma especie), el olfato (olores significativos sexualmente) y el tacto (proximidad a otros animales), transmitiendo los nervios óptico, olfatorio y sensoriales los mensajes al cerebro. El cerebro traduce la información y, a medida que va siendo necesario, reacciona enviando impulsos a lo largo de fibras nerviosas hasta un órgano diana.

Sistema hormonal: Una hormona puede definirse como una sustancia química producida en una glándula o un tejido y que provoca una reacción concreta en un tejido sensible a la hormona. El sistema hormonal ejerce su influencia mediante estos mensajeros químicos. Está regulado por un complejo de proce-

1 Fisiología de la reproducción en los mamíferos

sos de “feedback” (o retroalimentación) e impulsos del sistema nervioso y distintos órganos. Su actividad puede subdividirse según la forma en que las hormonas llegan a las células diana (Norman y Litwack 1997).

Hormonas sistémicas: hormonas endocrinas

En el sistema endocrino, la hormona es sintetizada y almacenada en células especializadas de una glándula endocrina definida anatómicamente. Estas hormonas son secretadas en la sangre y transportadas (frecuentemente mediante proteínas transportadoras específicas) a un órgano distante, normalmente alejado de la fuente.

El sistema endocrino incluye glándulas secretoras que secretan sus hormonas (p. ej. la insulina) en la circulación general, además de en sistemas circulatorios cerrados (p.ej. la GnRH).

Hormonas paracrinas

Las llamadas hormonas paracrinas ejercen su influencia sobre células u órganos localizados en su vecindad inmediata. Por ejemplo, la producción de testosterona por parte de las células intersticiales de Leydig, que actúa sobre los túbulos seminíferos adyacentes.

Hormonas autocrinas

Autocrino describe el proceso en el que la célula productora es también la célula diana. Las prostaglandinas son buenos ejemplos.

Neurotransmisores

En la actualidad, cada vez se considera más comúnmente que los neurotransmisores son hormonas (es decir, que son mensajeros hormonales). Los neurotransmisores como la acetilcolina pueden considerarse hormonas paracrinas.

Hasta la fecha, se sabe más de las funciones endocrinas que sobre el resto del sistema hormonal. En la última década, los investigadores han prestado más atención a las funciones paracrinas y endocrinas, pero todavía no se comprenden bien muchos detalles de estas acciones.

Fisiología de la reproducción en los mamíferos 1

Una vez alcanzada una célula diana, la hormona necesita provocar una reacción, que es activada por los receptores hormonales específicos de la célula diana, que son unas estructuras moleculares únicas que se encuentran en la membrana o en el interior de la célula y que tienen una afinidad muy específica por una configuración hormonal concreta.

Los receptores, por tanto, llevan a cabo dos funciones importantes:

- El reconocimiento de la hormona concreta por parte de la célula diana.
- La traducción de la señal en forma de una respuesta celular específica.

La estructura bioquímica de los receptores de la hormona puede variar, pero, en general, cada uno puede reconocer e interactuar con una entidad hormonal muy específica (en contraste con el modelo de llave y cerradura de la interacción sustrato-enzima).

No obstante, todos los receptores tienen dos elementos clave:

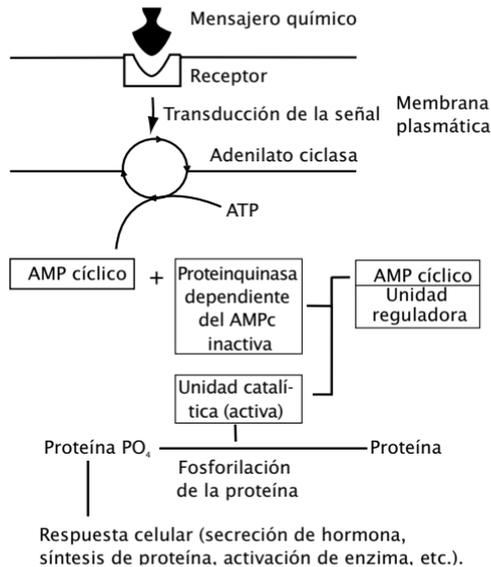
- a) un dominio para la unión del ligando al que se une la hormona correspondiente de forma estereoespecífica.
- b) un dominio efector que reconoce la presencia del complejo del dominio del ligando-hormona y activa la respuesta biológica celular específica, que suele implicar la activación o la desactivación de enzimas en las células diana.

Los receptores de las hormonas esteroideas suelen poder hallarse en los compartimentos del citosol y del núcleo de las células diana, donde interactúan directamente con el ADN. Los receptores de las hormonas peptídicas y proteínicas suelen estar localizados en la membrana externa de la célula. La mayoría de los receptores, especialmente los de la membrana celular, necesitan un segundo mensajero que transmita el mensaje. Uno de los segundos mensajeros mejor conocidos es el AMP cíclico, tal y como se muestra en la Figura 1. Tras unirse al receptor, la hormona activa el sistema adenilato ciclasa de la membrana celular. El ATP se transforma entonces en AMP cíclico. El AMPc, que es el segundo mensajero, activa, a su vez, a una AMPc-proteínquinasa A inactiva que se fragmenta en una unidad catalítica activa y una unidad reguladora. La unidad catalítica activa de la proteinqui-

1 Fisiología de la reproducción en los mamíferos

nasa estimula la fosforilación de una proteína o un enzima, que provoca los efectos celulares, como la síntesis de proteínas o la secreción de hormonas. Debido a la concentración generalmente baja de hormonas circulantes, el receptor necesita un sistema de captura muy eficaz para la hormona correspondiente.

Figura 1 AMP cíclico como segundo mensajero.



El efecto de la secreción de una hormona endocrina puede variar con cada circunstancia concreta. El número y tipo de receptores de una célula diana no son fijos, y su formación y degradación es un proceso dinámico. La función de una hormona en una célula puede consistir en la inducción o la degradación de receptores para otro mensajero. Además, los receptores se pueden bloquear por un exceso de hormonas. Así, la estimulación excesiva por una dosis alta de hormonas puede no provocar un mayor efecto.

Fisiología de la reproducción en los mamíferos **1**

En este caso, la estimulación excesiva por parte de una dosis eficaz normalmente alta de hormonas no provocará un mayor efecto. Por otra parte, algunas patologías de la reproducción están provocadas por alteraciones a nivel de los receptores.

1.3 Regulación de la reproducción en la hembra

Durante la mayor parte de la vida fértil normal de una hembra, ésta no experimenta una actividad cíclica regular. En conjunto, los periodos de inactividad en la prepubertad, la gestación y la lactación son mucho más duraderos que los periodos, relativamente breves, de actividad cíclica. No obstante, se presta mayor atención a éstos, ya que son los periodos en los que el hombre interfiere más frecuentemente en el proceso reproductivo (apareamiento/no apareamiento; elección del macho/IA; control del celo; inducción de la ovulación, etc.), y es durante estos periodos cuando se presentan la mayoría de los problemas relacionados con la reproducción.

Los principios del control hormonal de la reproducción son, básicamente, los mismos para todas las especies de animales domésticos, aunque existen algunas diferencias entre ellos. Algunos animales son poliéstricos (bovino, porcino) y ciclan a lo largo de todo el año, y otros sólo son poliéstricos estacionales (caballo, oveja, gato). En cambio, el perro es moéstrico.

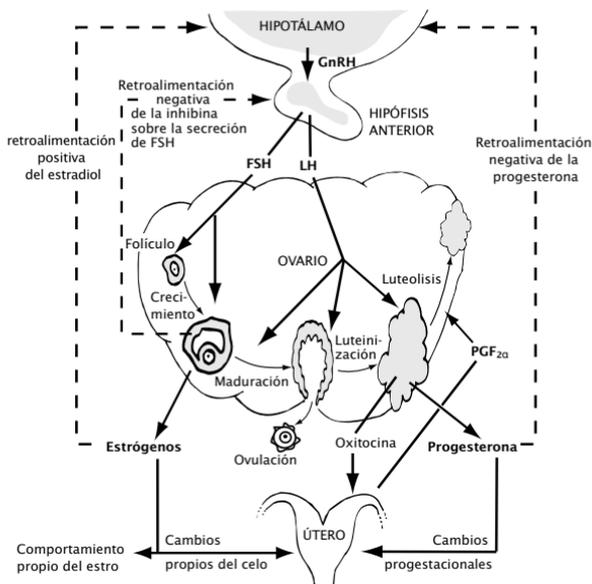
También existen diferencias en el mecanismo de la ovulación. La mayoría de los animales son de ovulación espontánea, pero en el caso de la gata, la coneja y la camella, la ovulación es inducida durante el coito por la estimulación de receptores sensoriales en la vagina y el cérvix. Estos aspectos-específicos de la reproducción son tratados en los capítulos sobre la fisiología de las distintas especies. Esta sección sólo revisará la función y la interacción de las hormonas más importantes implicadas en la reproducción (y sus tejidos secretores y diana), usando como ejemplo el ciclo sexual de la vaca.

El proceso reproductivo de los mamíferos está regulado por una cascada compleja (que sólo se comprende parcialmente) de la combinación de actividades del sistema nervioso central, ciertos tejidos secretores, tejidos diana y varias hormonas. La Figura 2

1 Fisiología de la reproducción en los mamíferos

es una representación esquemática de los órganos y hormonas más importantes implicadas en la reproducción de la hembra, con algunas de sus funciones e interacciones.

Figura 2 Interrelaciones en el control de la función reproductora de la hembra.



El sistema nervioso central (SNC) recibe información del entorno del animal (estímulos visuales, olfativos, auditivos, y táctiles) y transmite la información relevante para la reproducción a las gónadas mediante el eje hipotálamo-hipófisis-ovárico. El hipotálamo y la hipófisis están íntimamente unidos a la parte ventral del cerebro. No sólo son productores de hormonas, sino también órganos diana, por lo que constituyen un sofisticado sistema homeostático de retroalimentación mediante el cual regulan su propio ritmo de secreción.

Fisiología de la reproducción en los mamíferos 1

Tras un estímulo del SNC, las neuronas endocrinas del hipotálamo producen una de sus hormonas liberadoras: la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH). Ésta es transportada vía el sistema porta hipotálamo-hipofisario al lóbulo anterior de la hipófisis, su órgano diana. Aquí estimula a células específicas de la hipófisis para que secreten hormona foliculoestimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH). La GnRH, la FSH y la LH no se secretan constantemente, sino mediante una serie de pulsos. La FSH estimula el desarrollo de los folículos ováricos. Además, en la teca interna, del folículo, la LH estimula la síntesis de androstenediona a partir del colesterol.

La androstenediona se transforma en testosterona, que sufre un proceso de aromatización para dar lugar a estradiol-17 β , bajo la influencia de la FSH, en las células de la granulosa del folículo. El estradiol ejerce una retroalimentación positiva sobre el hipotálamo y la hipófisis, incrementando la frecuencia de los pulsos de GnRH. Por encima de un cierto nivel umbral de estradiol, el hipotálamo responde con un pico de GnRH que, a su vez, induce un pico de LH que desencadena la ovulación.

Así, con respecto a la función ovárica, la FSH estimula el crecimiento de los folículos, mientras que la LH estimula su maduración, la producción de estradiol y la ovulación. La LH también apoya la formación y la función temprana del cuerpo lúteo.

Uno de los principales efectos del estradiol es la inducción de los signos propios del celo. El celo puede describirse como los signos comportamentales y físicos que indican a los otros animales que la hembra se encuentra en la fase fértil de su ciclo y que permitirá que se apareen con ella.

Las células de la granulosa también producen inhibina. No todos los efectos de esta hormona se comprenden, pero su nombre deriva de su retroalimentación negativa sobre la secreción de FSH por parte de la hipófisis, controlando por tanto el desarrollo folicular. Tras la ovulación, los restos del folículo se organizan, bajo la influencia de la LH, dando lugar al cuerpo lúteo. La cavidad del folículo se llena de vasos sanguíneos, y las células de la granulosa aumentan de tamaño. El cuerpo lúteo es, principalmente, un órgano endocrino que produce progesterona y oxitocina.

1 Fisiología de la reproducción en los mamíferos

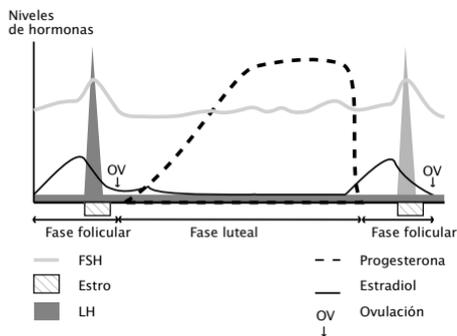
La progesterona es esencial para el la ciclicidad normal de la vaca y, tras la concepción, es la principal hormona responsable del mantenimiento de la gestación. Reduce el pulso de liberación de la GnRH y, por tanto, inhibe nuevas ovulaciones. Además, prepara al endometrio para la nidación (de hecho la implantación) del embrión en desarrollo, e inhibe las contracciones incontroladas de la pared uterina, que resultarían negativas para la gestación. Si el óvulo liberado por el folículo durante la ovulación no es fertilizado, no se recibirá una señal de gestación procedente del embrión y entonces, alrededor del día 16 después de la ovulación, el endometrio del útero no gestante secretará prostaglandina $F_{2\alpha}$.

La $PGF_{2\alpha}$ provoca el inicio de la regresión del cuerpo lúteo, lo que recibe el nombre de luteolisis. El mecanismo luteolítico de las prostaglandinas no se ha dilucidado por completo, pero implica una reducción del suministro de sangre al cuerpo lúteo mediante vasoconstricción, además de un efecto directo sobre las propias células luteales. También se piensa que la oxitocina producida en el cuerpo lúteo desempeña un papel en la luteolisis.

Como resultado de la regresión del cuerpo lúteo, las concentraciones de progesterona en sangre disminuyen, eliminando el efecto de bloqueo sobre la secreción de GnRH por parte del hipotálamo. Esto inicia una nueva fase folicular y el desarrollo final de un folículo preovulatorio. El periodo de la maduración folicular, del celo y de la ovulación, caracterizado por la producción de estradiol, recibe el nombre de fase folicular del ciclo. La fase de dominio de la progesterona (desde la ovulación hasta la luteolisis) se llama fase luteal. Véase la Figura 3.

Fisiología de la reproducción en los mamíferos 1

Figura 3 Niveles de hormonas durante el ciclo estral de la vaca.



Las hormonas implicadas en la reproducción aparecen listadas en la Tabla 1, junto con la función principal, el origen y la estructura química de cada una de ellas. Es importante destacar que sólo se incluyen algunas de las acciones conocidas de cada hormona y que, además, no se comprenden todas las funciones de estas hormonas. La tabla incluye, simplemente, las acciones endocrinas conocidas, pero la mayoría tienen también distintas funciones paracrinas que no han sido suficientemente estudiadas. La reproducción de la hembra y del macho está regulada por la interacción finamente sintonizada de las acciones y reacciones de muchas de estas hormonas. Aunque se han hecho muchos progresos en las últimas décadas, todavía falta mucho para comprender totalmente la enorme complejidad del proceso reproductivo.

1 Fisiología de la reproducción en los mamíferos

Tabla 1 Hormonas implicadas en la reproducción, su origen, función principal y estructura química.

Hormona	Origen	Función principal	Estructura química
Melatonina	Glándula pineal	Indicador de la duración día/noche	Indolamina
GnRH	Hipotálamo	Estimula la liberación de FSH y LH por parte de la hipófisis	Péptido (10 aminoácidos)
FSH	Hipófisis anterior	Hembra: estimula el desarrollo y la maduración de los folículos Macho: estimula la espermatogénesis	Glicoproteína (>200 aminoácidos)
LH	Hipófisis anterior	Hembra: estimula la maduración de los folículos. Induce la formación y el mantenimiento del cuerpo lúteo en el ovario Macho: estimula la producción de testosterona	Glicoproteína (>200 aminoácidos)
Estrógenos (17 β estradiol)	Ovario (granulosa del folículo)	Induce el comportamiento propio del celo. Estimula la descarga preovulatoria de LH	Esteroides
Inhibina	Hembra: ovario (granulosa) Macho: testículo (células de Sertoli)	Inhibe la secreción hipofisaria de FSH (efecto de retroalimentación)	Péptido
Progesterona	Ovario (cuerpo lúteo)	Prepara al endometrio para la nidación de un embrión. Mantiene la gestación. Disminuye la secreción de GnRH, impidiendo así nuevas ovulaciones	Esteroides
Prostaglandina F _{2a}	Útero	Regresión del cuerpo lúteo	Ácido liposoluble

Fisiología de la reproducción en los mamíferos 1

1.4 Regulación de la reproducción en el macho

Los principios de la reproducción en el macho muestran un patrón similar a los de la hembra.

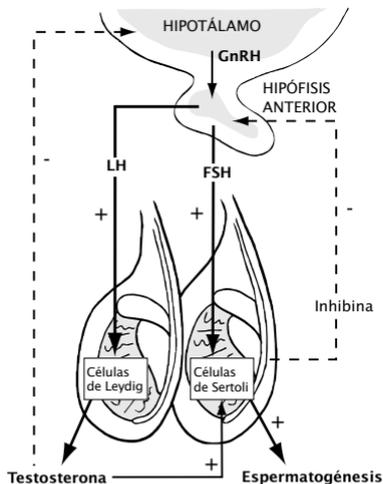
Las hormonas responsables del desarrollo y el mantenimiento del fenotipo masculino también son gonadotropinas: la hormona luteinizante (LH, que en el macho recibía el nombre de hormona estimulante de las células intersticiales o ICSH) y la hormona foliculoestimulante (FSH), producida por la hipófisis; las hormonas esteroideas androgénicas, incluida la testosterona (producida por los testículos) y la inhibina. Las hormonas esteroideas femeninas (el estradiol y la estrona) también desempeñan un papel importante en el macho en ciertas circunstancias.

La Figura 4 representa el control de la función reproductiva en el macho. La GnRH del hipotálamo estimula la secreción de FSH y LH. La FSH actúa directamente sobre los túbulos seminíferos del testículo (células germinales y células de Sertoli), estimulando la espermatogénesis. Las células de Sertoli producen inhibina, que tiene un efecto de retroalimentación negativa sobre la secreción de FSH por parte de la hipófisis. La LH estimula la producción de testosterona por parte de las células de Leydig.

La testosterona (que actúa sobre las células de Sertoli) también es necesaria para la espermatogénesis. Esta y otros andrógenos son responsables de la diferenciación y la maduración de los órganos reproductores masculinos, del desarrollo de los caracteres sexuales secundarios masculinos y del comportamiento normal del macho en la reproducción. La testosterona ejerce una retroalimentación negativa sobre la secreción de LH suprimiendo la secreción pulsátil de GnRH por parte del hipotálamo.

1 Fisiología de la reproducción en los mamíferos

Figura 4 Interrelaciones en el control de la función reproductora masculina.



1.5 Estacionalidad

En las latitudes templadas, los animales se enfrentan a cambios recurrentes y estacionales de la temperatura, el clima y la disponibilidad de alimento que pueden influir sobre su actividad reproductora. Uno de los rasgos comunes de la mayoría de las especies salvajes y de algunas domésticas es el desarrollo de una reproducción estacional que favorece el nacimiento en un momento óptimo del año, generalmente la primavera, lo que permite que los animales neonatos crezcan en condiciones óptimas con respecto al clima y la disponibilidad de alimento antes del siguiente invierno.

Esto significa que los periodos de actividad sexual (la estación del estro) alternan con periodos de inactividad sexual (la estación del anestro).

Entre las especies domésticas, las ovejas, las cabras y los caballos han mantenido una fuerte estacionalidad en sus procesos reproductivos. En el ovino, por ejemplo, la actividad sexual empieza a medida que la duración del día (horas de luz) se acorta (reproductores de días cortos), y en los caballos, la actividad

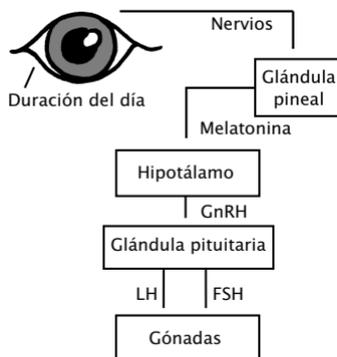
Fisiología de la reproducción en los mamíferos 1

sexual se inicia cuando la duración del día aumenta (reproductores de días largos). En los climas templados y fríos, esto da como resultado que los caballos y las ovejas paren a sus crías en primavera, cuando es probable que una cantidad suficiente de alimento les proporcione las mejores posibilidades de supervivencia.

La glándula pineal es el principal órgano regulador en cuanto a la estacionalidad de la reproducción: registra la duración del día mediante los ojos y un complejo de conexiones neuronales (véase la Figura 5).

La glándula pineal produce indolaminas, de las cuales la melatonina es la más importante. La melatonina es producida y secretada durante la noche (oscuridad). A medida que los días se vuelven más cortos, la exposición del animal a la melatonina aumenta. De algún modo que todavía no se ha dilucidado por completo su mecanismo, pero esto ejerce un efecto estimulante sobre la secreción de GnRH por parte del hipotálamo en los reproductores de días cortos, como las ovejas. En los reproductores de días largos, como el caballo, el aumento en la exposición a la melatonina tiene el efecto opuesto: inhibir la secreción de GnRH por parte del hipotálamo. Así, las diferencias en la duración del día son reconocidas y traducidas en forma de señales capaces de “apagar” o “encender” la actividad sexual.

Figura 5 Papel de la glándula pineal y de la melatonina en la reproducción.



1 Fisiología de la reproducción en los mamíferos

1.6 Lecturas adicionales

Norman AW and Litwack G. Hormones. 2nd Edn. Academic Press, 1997.
Thiéry JC., Chemineau P., Hernandez X., Migaud M., Malpoux B. Neuroendocrine interactions and seasonality. Dom Anim End 2002;23: 87-100
Mihm M., Bleach ECL. Endocrine regulation of ovarian antral follicle development in cattle. Anim Reprod Sci 2003;78:217-237
Ginther OJ., Beg MA., Donadeu FX., Bergfelt DR. Mechanism of follicle deviation in monovular farm species. Anim Reprod Sci 2003;78:239-257

2 Reproducción Bovina

2.1 Fisiología

Influencia de la nutrición

Numerosos estudios en los rebaños lecheros han mostrado claramente que un aumento notable de la producción de leche a principios de la lactación incrementa la incidencia de diversos problemas reproductivos (Grohn et al, 1994; Macmillan et al., 1996; Poso et al., 1996). Además, la capacidad genética para una producción extremadamente elevada de leche en el vacuno lechero, junto con los cambios en su manejo nutricional y un tamaño mayor de las explotaciones, se han asociado con un descenso gradual de la fertilidad. La incapacidad de satisfacer las enormes necesidades de energía para el mantenimiento y la producción de las vacas de alto rendimiento durante las tres primeras semanas de la lactación dan lugar a un balance energético negativo. El balance energético durante las tres primeras semanas de la lactación está estrechamente correlacionado con el intervalo entre el parto y la primera ovulación (Butler et al., 2000). Está bien documentado que las vacas demasiado gordas en el momento del parto suelen presentar una reducción del apetito y que acaban teniendo un balance energético negativo más acusado que el de las vacas con una condición corporal normal. Estas vacas muestran una mayor movilización de grasa corporal y una mayor acumulación de triglicéridos en el hígado (Rukkwamsuk et al., 1998), lo que da lugar a una lipólisis hepática que ha sido relacionada por muchos autores, con problemas de fertilidad en el periodo del posparto.

Además, se ha reportado que un balance energético negativo grave puede prolongar el intervalo entre el parto y la primera ovulación. La baja disponibilidad de energía durante las primeras semanas de lactación dificulta la secreción de LH, pero también reduce la capacidad de respuesta del ovario a la estimulación por parte de la LH (Jolly et al., 1995; Butler 2000).

El entorno endocrinológico en las vacas de alta producción

La mayoría de datos disponibles muestran una relación negativa entre la producción de leche y la fertilidad. No obstante,

2 Reproducción Bovina

el alcance de este efecto ha sido cuestionado, especialmente porque, como sucede con muchos de los índices reproductivos, no se ha determinado hasta el momento una relación clara con la producción lechera. Sin embargo, las observaciones en el campo muestran claramente que las vacas lecheras de alta producción tienen unas tasas de concepción muy inferiores a las de las novillas. El posible efecto negativo de la alta producción lechera sobre el desempeño reproductivo de estas vacas de alto rendimiento puede modularse mediante varios aspectos de la función reproductora.

No hay una confirmación uniforme en la literatura científica de un efecto negativo de la producción elevada de leche sobre la intensidad y la duración del celo. No obstante, tanto los veterinarios como los ganaderos reportan que las vacas de alta producción suponen un problema con respecto a la detección de celo. En una prueba reportada por López et al. (2004), la duración del celo tenía una correlación positiva con la concentración máxima de estradiol y una negativa con la producción de leche. Wiltbank et al. (2006) sugirieron que los niveles altos de producción de leche dan lugar a unas concentraciones menores de estradiol circulante, lo que conlleva una menor duración e intensidad del celo. Una reducción en la concentración de estradiol da como resultado un descenso en la duración y la intensidad del celo. La reducción en la concentración de estradiol también podría provocar un incremento en el tamaño folicular debido a la prolongación del intervalo anterior al celo inducido por el estradiol, el pico de GnRH-LH y la ovulación de las vacas de alta producción.

En la actualidad parece muy claro que las vacas de muy alta producción pueden mostrar un estado endocrinológico distinto al de las vacas no lactantes, debido a su alto ritmo metabólico. Las vacas que producen más leche desarrollan unos folículos de mayor tamaño, pero con una menor concentración de estradiol circulante (López et al., 2004). Además, estas vacas muy productoras tienen un mayor volumen de tejido luteal y menores concentraciones de progesterona circulantes. La explicación más probable es que el metabolismo de las hormonas esteroideas aumenta a medida que, en las vacas lactantes, aumenta la producción de leche.

Wiltbank et al. (2006) propusieron que parte de los cambios reproductivos en las vacas lecheras lactantes son provocados por un aumento espectacular en el metabolismo esteroideo debido a la mayor ingesta de alimento y al mayor flujo sanguíneo a través del hígado. En las vacas lecheras en producción, un plano de alimentación continuamente alto da lugar a un flujo sanguíneo crónicamente elevado a través del hígado y a, aproximadamente, el doble de la tasa de metabolización de las hormonas esteroideas que en las vacas lecheras no lactantes de una edad y peso similares. Los resultados de pruebas recientes indican que, incluso con una tasa similar de producción de hormonas, el nivel de concentración de hormonas esteroideas es menor durante la lactación (Sangsritavong et al., 2002; Wiltbank et al., 2006).

Además de la menor concentración de estradiol al inicio del estro, también es probable que haya una reducción más rápida del estradiol circulante tras el pico de LH debido a la mayor metabolización de este esteroide. Esto daría lugar a una menor duración del estro en las vacas de alta producción. La metabolización elevada de los esteroides debida a los altos niveles de producción también puede tener un efecto negativo más profundo sobre la fertilidad. El folículo preovulatorio y el ovocito pueden estar expuestos a un periodo más prolongado de pulsos de LH lo que, a su vez, puede dar lugar a la ovulación de un ovocito sobreestimulado y activado prematuramente y, por tanto, a una reducción de la fertilidad. Además, la menor elevación de la progesterona tras la ovulación puede reducir la fertilidad debido a la menor supervivencia de los embriones.

Fisiología del ciclo estral en el vacuno

El ciclo sexual de la vaca suele ser independiente de la estación del año. El estro o celo se observa cada 21 días en promedio, con un rango de 18-24 días. El día del estro se considera como el día 0. Dura relativamente poco, 18 horas de promedio, con un rango de 4-24 horas. La ovulación se da unas 30 horas después del inicio del estro, es decir, después del final del estro comportamental. La fertilización del óvulo se da en el oviducto. El blastocisto llega al útero alrededor del día 5. La gestación dura 279-290 días. El intervalo entre el parto y la primera ovulación varía enormemente dependiendo de la raza de la vaca, su nutrición, rendimiento lechero, estación y la presencia de

2 Reproducción Bovina

un ternero mamando. La primera ovulación tras el parto no suele verse acompañada del comportamiento propio del estro, y es conocida con el nombre de "celo silencioso". Véase también 4.1.

Crecimiento folicular en el vacuno

El crecimiento y el desarrollo folicular se caracterizan, en los rumiantes, por dos o tres olas foliculares consecutivas por ciclo estral. La llegada de la ultrasonografía ha permitido recopilar mucha información sobre las fases del crecimiento y la selección folicular. Cada ola implica el reclutamiento de una nueva cohorte de folículos de la reserva ovárica total y la selección de un folículo dominante, que sigue creciendo y madurando hasta alcanzar la fase preovulatoria, mientras que los otros se atresian.

Se pueden distinguir tres fases distintas en el desarrollo folicular: reclutamiento, selección y desviación o dominancia.

Cada ola consiste en el reclutamiento simultáneo de entre tres y seis folículos que crecerán hasta tener un diámetro mayor de 4-5 mm. Al cabo de unos pocos días del inicio de una ola, surge un folículo dominante, que sigue creciendo y diferenciándose, mientras que sus folículos hermanos dejan de crecer y se atresian. El folículo dominante de la primera ola (en el caso de los ciclos de dos olas) y de la primera y segunda olas (en los ciclos de tres olas) sufren una regresión. Sin embargo, el folículo dominante de cualquier ola folicular puede ovular si se proporcionan las condiciones endocrinológicas adecuadas mediante la inducción de la luteolisis (mediante la inyección de prostaglandina $F_{2\alpha}$) durante su periodo de dominancia.

El reclutamiento de olas de folículos

En el vacuno y en otras especies, las olas foliculares se ven precedidas o acompañadas de un pequeño pico de FSH.

Todos los folículos que crecen como cohorte contienen receptores específicos para la FSH y dependen de esta gonadotropina para crecer. En esta etapa, los folículos en crecimiento no disponen de un número suficiente de receptores de LH para responder a una estimulación de tipo LH, razón por la cual esta fase del crecimiento recibe a veces el nombre de FSH dependiente.

Reproducción Bovina 2

En el vacuno, los picos secuenciales de FSH, asociados con nuevas olas de folículos, se dan durante el ciclo estral, en el periodo del post parto, durante la gestación y antes de la pubertad.

Selección del folículo dominante

Por razones que todavía no se comprenden en su totalidad, sólo es seleccionado un folículo dominante de la cohorte reclutada por el pequeño pico de FSH. Una característica definitoria del folículo dominante parece ser su mayor capacidad para la producción de estradiol. La secreción de estradiol, y quizás de andrógenos, por parte del folículo dominante, está asociada con el cese del ascenso de la FSH y su posterior mantenimiento a niveles basales (Ginther et al., 2000 a,b). El futuro folículo dominante adquiere receptores de LH que permiten que siga creciendo en el entorno con niveles bajos de FSH y crecientes de LH.

Reduciendo indirectamente los niveles de FSH, el folículo dominante hace disminuir el apoyo crucial para los folículos subordinados reduciendo el componente vital para su crecimiento mientras que, al mismo tiempo, se beneficia de los niveles decrecientes de FSH y los crecientes de LH.

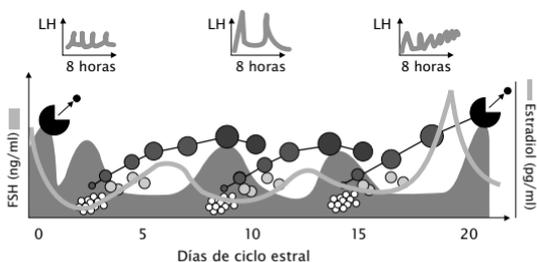
Recientemente, se ha descubierto información importante sobre el papel de otros moduladores, como los factores de crecimiento, la inhibina y la insulina en la diferenciación y la selección del folículo dominante (Fortune et al., 2001; Mihm et al., 2003).

Folículo dominante seleccionado

Tras su selección, el crecimiento, la actividad estrogénica y el plazo de vida de un folículo dominante son controlados por el patrón de pulsos de la LH. Así, cualquier cambio en el patrón de secreción de la GnRH y, por tanto, en el de la LH, tendrá un marcado efecto sobre el crecimiento continuo del folículo dominante y su ovulación. Ahora se sabe que la mayor frecuencia de los pulsos de LH vistos tras los tratamientos con progestágenos, por ejemplo, prolongarán el periodo de dominancia de este folículo de 2-7 días hasta más de 14 días, lo que afecta a la fertilidad del ovocito (Diskin et al., 2002). Los factores nutricionales, los ambientales e incluso los infecciosos, que afectan directa e indirectamente al patrón de la GnRH/LH en el vacuno, tendrán un efecto considerable sobre el destino del folículo dominante y, consecuentemente, sobre la ovulación y la fertilidad.

2 Reproducción Bovina

Dinámica folicular en un ciclo de 3 ondas



2.2 Manejo de la fertilidad del rebaño

Para la producción óptima tanto de leche como de terneros, el objetivo es, generalmente, que cada vaca del rebaño produzca un ternero sano por año (es decir, que su intervalo entre partos sea de 365 días).

El control de la reproducción en un rebaño lechero es sólo uno de los componentes del paquete del manejo completo de la explotación, que debería ser el dominio de la práctica veterinaria. La comunicación al ganadero del valor de la relación costo-beneficio de los servicios veterinarios es un aspecto clave para el éxito de los programas sanitarios de las explotaciones.

Este capítulo versa sobre los aspectos principales del manejo de la fertilidad en el rebaño.

Reproducción Bovina 2

2.2.1 Evaluación de la fertilidad

La Tabla 1 enumera los parámetros comúnmente usados para analizar y evaluar la fertilidad en un rebaño lechero.

Tabla 1 Parámetros reproductivos y objetivos para los rebaños lecheros.

Parámetro	Valor objetivo
Edad al primer parto	24 meses
Intervalo entre partos	365 días
Número de días improductivos	< 70 días
Porcentaje de gestaciones al primer servicio	> 60%
Porcentaje de gestación global	> 65%
Índice de servicios por concepción (índice de inseminaciones)	< 1.5
Porcentaje de eliminaciones debidas a infertilidad	< 5%
Porcentaje de abortos (día 42-265 de la gestación)	< 3%

En vacuno de carne con lactancia natural, el ternero destetado es la principal fuente de ingresos. Los aspectos clave del desempeño reproductivo se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Parámetros reproductivos y objetivos para los rebaños de carne.

Parámetro	Objetivo
Duración del periodo de cubriciones	< 63 días
Porcentaje de gestaciones (35 días después del fin de la estación reproductiva)	> 95 %
Porcentaje de terneros nacidos vivos (de vacas confirmadas como gestantes)	> 93 %

Nótese que estas cifras se aplican a los rebaños de vacuno de leche y de carne con manejo intensivo y localizados en regiones de climatología templada. Sólo deberían hacerse comparaciones entre rebaños de la misma región o regiones similares. En regiones tropicales donde predomina el ganado de tipo cebuí-

2 Reproducción Bovina

no en las explotaciones de carne, los parámetros encontrados son inferiores, determinados básicamente por problemas nutricionales, como el caso de dietas pobres en proteína y energía como también una escasa suplementación mineral. En este tipo de bovinos, la presencia permanente del becerro al lado de la vaca durante toda la lactancia, refuerza el problema nutricional, desencadenando la aparición del anetro posparto.

2.2.2 Aspectos económicos

Hay tres componentes principales de las pérdidas económicas debidas a problemas de fertilidad:

- Pérdidas debidas a la IA mal calculada en el tiempo o ineficaz.
- Prolongación del intervalo entre partos.
- Eliminación, por razones de fracaso reproductivo, de animales con un gran potencial genético.

Pérdidas debidas a la IA realizada a tiempo incorrecto

Los problemas endocrinológicos que afectan al desempeño reproductivo en el vacuno suelen manifestarse en forma de irregularidades en el ciclo estral, signos insuficientes del celo o una ovulación retrasada. Es probable que el resultado sea la inseminación artificial mal calculada en el tiempo, que también puede deberse a un mal manejo. La repetición de las inseminaciones incrementa los costes del servicio y suponen un desaprovechamiento de semen.

Prolongación del intervalo entre partos

La prolongación del intervalo entre partos da como resultado una lactación más larga y un periodo seco de mayor duración. Las pérdidas totales aumentan con la duración del intervalo entre partos (véase la Tabla 3).

La prolongación del intervalo entre partos es un resultado directo del incremento del tiempo transcurrido entre el parto y la concepción, y se expresa en forma del número de los llamados "días abiertos". Ha sido un hecho comúnmente aceptado que una prolongación del intervalo entre el parto y la concepción da como resultado pérdidas que pueden expresarse en forma de una reducción de la producción total de leche (véase la Tabla 3).

Reproducción Bovina 2

Tabla 3 Pérdidas estimadas en rebaños lecheros asociadas con los días abiertos.

Fuente: Esslemont y Kossaibati, 2002

Lactación	Pérdida neta por día en litros de leche
Producción lechera media - 6.000 L/lactación (305d)	
1	10,88 L
5	15,03 L
Media	13,72 L
Producción lechera alta de 10.000 L/lactación (305d)	
1	16,97 L
5	21,18 L
Media	19,87 L

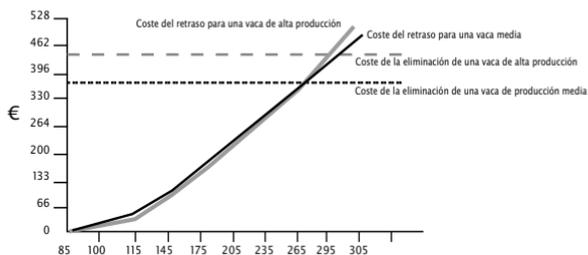
Eliminación por razones de fracaso reproductivo

Las pérdidas provocadas por la eliminación debida a la infertilidad dependen de la edad y del nivel productivo de la vaca eliminada. Estas pérdidas representan los ingresos futuros que dejarán de percibirse de esa vaca. Son máximas para una vaca de alta producción en su segunda lactación y, tras ello, descienden con la edad y con un menor nivel de producción de la vaca eliminada (Dijkhuizen et al., 1991).

Cuando una vaca joven y valiosa es eliminada, no sólo se pierde su futura producción lechera, sino también su potencial genético como fuente de terneras de reemplazo.

Fig.1 Costo estimado de las eliminaciones en una explotación.

Adaptado de la fuente: Esslemont y Kossaibati, 2002



2 Reproducción Bovina

2.2.3 Diagnóstico de gestación

El diagnóstico preciso y precoz de la gestación en las explotaciones tanto de leche como de carne es esencial para el mantenimiento de unos buenos niveles de eficiencia reproductiva. Es necesario para la identificación precoz de problemas reproductivos tanto a nivel individual como de rebaño.

No-retorno al estro

Si no se ve a una vaca en celo a las 3 semanas aproximadamente después de la monta natural o la inseminación, se suele asumir que está gestante. No obstante, incluso aunque la detección de celos sea buena, no todas estas vacas estarán gestantes. Por otro lado, hasta un 7% de las vacas gestantes mostrarán algunos signos de estro durante la gestación. La inseminación de estos animales resultará en la muerte embrionaria o la fetal.

Palpación rectal

La ventaja de la palpación rectal consiste en que proporciona una respuesta inmediata y que en ausencia de gestación, la vaca podrá recibir un tratamiento precoz.

El diagnóstico precoz de la gestación (1-3 meses) se basa en la combinación de los siguientes parámetros: asimetría de los cuernos uterinos, menor tono del cuerno gestante y fluctuación de contenido en el cuerno gestante (más adelante en ambos cuernos), un cuerpo lúteo palpable en el ovario, en el mismo lado que el cuerno gestante, el deslizamiento de la membrana y el apreciar una vesícula amniótica. En las etapas más tardías de la gestación (>3 meses), el cuello uterino está situado anteriormente con respecto a la cresta pélvica y el útero no puede ser retraído fácilmente. El útero está flácido y los placentomas, y a veces el feto, son palpables. La arteria uterina media tiene un diámetro mayor y se puede detectar el frémito. Véase la Tabla 4.

Reproducción Bovina 2

Tabla 4 Signos positivos de gestación mediante palpación rectal

Estado de gestación	Deslizamiento de la membrana	Vesícula amniótica	Feto	Placentomas	Frémito de la arteria uterina media	
					Ipsilateral	Contralateral
30 días	±	+				
45 días	+	+				
60 días	+	+				
75 días	+	+		+		
90 días	+		+	+		
105 días			+	+	+	
4 meses			+	+	+	
5 meses			+	+	+	+
6 meses				+	+	+
7 meses			+	+	+	+

Las causas más comunes de errores en la palpación rectal son la incapacidad de retraer el útero, los contenidos uterinos anómalos (piometra o mucometra) y unas fechas de monta o inseminación incorrectas. (La palpación precoz o incorrecta de la vesícula amniótica puede dañar al embrión y provocar mortalidad embrionaria.)

Prueba de la progesterona

La progesterona secretada por un cuerpo lúteo funcional entre los 18 y los 24 días tras la monta o la inseminación es un indicador temprano de la gestación. Puede medirse en leche o plasma. El momento óptimo para la prueba es 24 días después de la monta o la IA, eliminándose así el problema de los intervalos largos entre estros, que podrían dar lugar a falsos positivos en el diagnóstico.

La sensibilidad (es decir, la precisión en la detección de la gestación) de la prueba de la progesterona en leche (EIA) en la vaca fue del 93,1% en una investigación de Pieterse et al. (1989), No obstante, su especificidad (la precisión en la detección de la no-gestación), fue sólo del 39,3%, lo que significaba que había un número relativamente grande de animales diagnosticados como gestantes que, en realidad, no lo estaban.

Las razones más comunes de los errores son la piometra/cuerpo lúteo persistente, los intervalos cortos entre celos, los quistes ováricos (quistes lúteos) y el manejo incorrecto de las muestras y del kit de la prueba.

2 Reproducción Bovina

Examen mediante ultrasonidos

El uso de la ultrasonografía transrectal para comprobar la gestación en una fase temprana es una de las aplicaciones más prácticas en la reproducción del vacuno lechero. La identificación precoz de las vacas no-gestantes tras la monta natural o la inseminación artificial mejora la eficiencia reproductiva y el porcentaje de gestaciones mediante la reducción del intervalo entre aplicaciones de la IA e incrementando la tasa de servicios mediante IA. La ultrasonografía en tiempo real (modo B) es un método fiable y relativamente sencillo para el diagnóstico de la gestación en una fase tan temprana como el día 26.

Con el uso de técnicas de ecografía se puede obtener una precisión de más del 99%, permitiendo así la rápida identificación de los problemas reproductivos. Generalmente, dos factores afectan a la velocidad con la que pueden llevarse a cabo los exámenes ultrasónicos en una explotación de vacuno lechero: la experiencia del operario y la disponibilidad y la sujeción de los animales. Cuando se optimizan ambos factores, la velocidad de la ecografía puede aproximarse a la de la palpación rectal, al tiempo que supera a ésta en cuanto a la información que puede obtenerse de cada animal. La principal ventaja del escaneado es que puede proporcionar un diagnóstico preciso antes que la palpación rectal.

Tabla 5 Día de la primera detección de características identificables mediante ultrasonografía del producto de la concepción bovina.

Característica	Primer día de detección	
	Media	Rango
Embrión	20,3	19 a 24
Latido cardíaco	20,9	19 a 24
Alantoides	23,2	22 a 25
Médula espinal	29,1	26 a 33
Mamelones de las extremidades anteriores	29,1	28 a 31
Amnios	29,5	28 a 33
Órbita ocular	30,2	29 a 33
Mamelones de las extremidades posteriores	31,2	30 a 33
Placentomas	35,2	33 a 38
Pezuñas hendidas	44,6	42 a 49
Movimiento fetal	44,8	42 a 50
Costillas	52,8	51 a 55

Adaptado de Curran et al., 1986.

Como la gestación puede detectarse antes usando ultrasonidos que mediante la palpación rectal, el porcentaje de pérdidas de gestaciones detectadas suele ser mayor. De las vacas diagnosticadas como gestantes el día 28 después de la IA, del 10 al 16% experimentan una pérdida embrionaria precoz llegado el día 56 (Mee et al., 1994; Vasconcelos et al., 1997). Así, las vacas diagnosticadas como gestantes mediante ultrasonidos el día 28 después de la IA deberían someterse a un examen posterior alrededor del día 60, fecha tras la cual el porcentaje de pérdidas embrionarias será mucho menor (Vasconcelos et al., 1997).

2.2.4 El estro y la detección del celo

El desempeño reproductivo es un factor importante que afecta a la producción y a la eficiencia económica de los rebaños lecheros y de carne. En el caso de explotaciones que usan la inseminación artificial, el porcentaje de detección de celos y el de partos son los principales determinantes de la compacidad de la estación de partos y, en definitiva, del intervalo entre partos.

Una detección de celos insuficiente o imprecisa da lugar a un

2 Reproducción Bovina

retraso en la inseminación, a una reducción de la tasa de concepción y, por tanto, a una prolongación del intervalo entre partos.

Estro

El estro consiste en el complejo de signos fisiológicos y de comportamiento que se dan justo antes de la ovulación. La duración del estro varía entre las 4 y las 24 horas. Los signos del celo son: el reflejo de inmovilidad al ser montada; la hinchazón vulvar; la mucosa vaginal hiperémica; una secreción vaginal mucosa transparente y elástica; la base de la cola despeinada, posiblemente con lesiones leves; intranquilidad; formación de grupos; frotamientos con la barbilla; flehmen; lamidos; empujones; peleas; montar a otros animales; lordosis y, posiblemente, una reducción en la ingesta de alimento y/o la producción de leche.

Los signos del estro, especialmente cuando varios animales están en proestro simultáneamente, suelen ser interpretados incorrectamente. De todos los signos, el reflejo de inmovilidad (que la vaca se quede quieta cuando la montan) es una indicación verdaderamente fiable del celo. Se dice entonces que la vaca está en verdadero celo.

Tabla 6 Precisión de la detección visual del celo en relación con el número de observaciones diarias:

Frecuencia de observación	Eficacia
Una vez diaria	60%
Dos veces diarias	80%
Tres veces diarias	90%
Cuatro veces diarias	95-100%

Utensilios de ayuda para la detección del celo

Existen varios utensilios que nos facilitan la detección del estro.

Detectores de la monta durante el celo

Los detectores de la monta durante el celo se pegan sobre la línea media del dorso de la vaca, justo por delante de la base

Reproducción Bovina 2

de la cola. Un detector "disparado" indica que el animal ha sido montado. La evaluación experimental ha dado lugar a resultados conflictivos: se ha reportado que contribuyen a ellos la pérdida del detector, un mal desempeño cuando el clima es frío y una alta proporción de falsos positivos cuando los animales son alojados juntos y en grandes densidades.

Los avances tecnológicos recientes han permitido que los utensilios para la detección del celo se hayan vuelto más sofisticados. Algunos detectores parpadean para indicar cuántas veces ha sido montada la vaca y cuánto tiempo ha pasado desde que fue montada por primera vez.

No obstante, el detector más sofisticado puede incluir un radiotransmisor sensible a la presión alimentado con baterías. Al ser activado, el transmisor emite una señal de radio que es captada por un receptor. La señal es digitalizada y almacenada en un ordenador junto con la fecha y la hora, la duración de cada monta y la identidad de la vaca. Este detector ha sido muy usado en EE. UU.

La pintura en la cola (una franja de pintura de color vivo de 20 cm de largo y 5 cm de ancho) aplicada levemente en la línea media, justo por delante de la base de la cola y que será frotada por las vacas que monten, debería durar por lo menos unas 4 semanas, a no ser que sea frotada. Parece mejorar la eficiencia de la detección del celo, aunque el alojamiento en cubículos y la alta densidad de vacas pueden hacer incrementar el número de falsos positivos.

Calentadores

Los animales calentadores, es decir, toros vasectomizados o vacas que van a ser eliminadas tratadas con testosterona, montarán a una vaca en celo, atrayendo así la atención del ganadero. Pueden llevar una bola de pintura para marcar en la barbilla o un pigmento rojo para marcar el ganado. Las desventajas de este sistema son el comportamiento agresivo y el desarrollo de favoritismos (ignorar a otras vacas en celo excepto a las favoritas). Además, los toros vasectomizados pueden ser vectores de enfermedades venéreas.

2 Reproducción Bovina

Podómetros

Las vacas en celo caminan por lo menos el doble que antes y después del estro. Así, la medición de la distancia recorrida mediante el uso de podómetros, puede identificar a las vacas que se encuentran en celo. No obstante, las diferencias significativas en cuanto a la distancia normal que caminan las vacas implican que no es posible determinar un límite general fiable por encima del cual es probable que las vacas estén en celo. Las comparaciones sólo pueden establecerse con cada animal. Esto requiere sistematización e incrementa los costos ostensiblemente. No obstante, la combinación de las observaciones en busca de celos y la detección mediante podómetros es un método de detección muy eficaz y preciso.

Vigilancia mediante TV

Este método implica la vigilancia mediante cámara y la grabación del comportamiento de las vacas en una zona cerrada. Requiere la evaluación cuidadosa de las grabaciones diarias y se basa en la interpretación subjetiva del comportamiento del animal.

Medición de la resistencia eléctrica del moco vaginal: método Draminsky

Los cambios en la resistencia eléctrica del moco vaginal se miden con el llamado aparato de Draminsky, que tiene una sonda intravaginal.

El método requiere para ser fiable, un buen registro de resultados, de cada animal, de los celos anteriores y por lo menos dos lecturas del celo actual. Una sola lectura puede inducir a error (se proporcionan valores estándar, pero existen variaciones individuales considerables).

2.2.5 Temporización de la inseminación

La fertilización del óvulo se da en el oviducto, en la unión ampulométrica. El óvulo tiene una vida de 12-18 horas y su viabilidad desciende con el tiempo. Unas 8 horas después de la monta o la inseminación, un número suficiente de espermatozoides llega al istmo del oviducto. Es necesaria la capacitación de los espermatozoides, que se caracteriza por su hipermoti-

Reproducción Bovina 2

lidad y la reacción acrosómica completa. Los espermatozoides también tienen una vida limitada, por lo que si la inseminación es demasiado temprana, morirán antes de poder fertilizar al óvulo. Por el contrario, si la inseminación se retrasa en exceso, el óvulo habrá perdido la capacidad de ser fertilizado.

La ovulación suele darse entre las 10 y las 15 horas tras el final del estro. Por tanto, el momento óptimo para la inseminación es hacia el final del estro (véase la Tabla 7). En condiciones prácticas, las vacas no son observadas todo el tiempo, por lo que el final del estro no es evidente. Debido a lo limitado de la vida del óvulo y los espermatozoides, disponemos de una "ventana" de unas 12 horas durante la que se consiguen los porcentajes óptimos de concepción. Por razones prácticas lo mejor es usar la regla AM/PM: todas las vacas a las que se vea en celo por la mañana serán inseminadas por la tarde. Las vacas que todavía sigan en celo a la mañana siguiente volverán a ser inseminadas. Las vacas a las que se vea en celo por la tarde serán inseminadas la mañana siguiente.

Tabla 7 Tiempo óptimo para IA en relación a estro

Fertilidad:	Pobre	Razonable	Buena/Excelente	Razonable	Pobre		
Horas:	0	5	10	15	20	25	30

2.3 Control del estro

2.3.1 Razones para el control del estro

El ciclo estral puede ser regulado farmacológicamente para inducir o controlar el momento del estro y la ovulación. Las principales razones para el control del estro son:

- La inducción del celo en las vacas lecheras a las que no se ha visto en celo 45 días después del parto.
- La sincronización de grupos de terneras para la inseminación con semen de toros con facilidad de parto probada.

2 Reproducción Bovina

- La reducción del periodo necesario para la detección del celo.
- Para facilitar el uso de la IA en condiciones extensivas.
- La sincronización de la donante y la receptora para la transferencia de embriones.
- La inducción de la actividad ovárica en las vacas de carne con anestro de lactación o anestro posparto.

Vacuno de carne

Los rebaños de vacuno de carne suelen tenerse en forma de explotaciones extensivas y en grupos. La detección de estros es, por tanto, una actividad menos intensiva y precisa que en el caso de las explotaciones lecheras. La presencia de un ternero lactando y las influencias estacionales pueden reducir o bloquear la actividad cíclica en el vacuno de carne. Por estas razones, muchas vacas de carne no muestran signos de estro durante los 40-60 días tras el parto, que es cuando deberían ser montadas o inseminadas de nuevo.

La mayoría de los rebaños de carne restringen su actividad reproductiva a un periodo de montas o inseminaciones concreto. Las vacas que no hayan reanudado la actividad ovárica a tiempo y, por tanto, no hayan concebido, serán eliminadas.

En las explotaciones de vacuno de carne, la IA tiene varias ventajas con respecto a la monta natural:

- Es necesario tener menos toros.
- Permite el uso de semen de alta calidad de toros cuya descendencia ha sido valorada, incrementando así el valor genético del rebaño.
- Permite una producción más uniforme de terneros.

En los rebaños de vacuno de carne, la detección del celo suele ser el factor limitante para el uso exitoso de la IA. El control y la sincronización del estro pueden ofrecernos una solución. El uso de un sistema progestágeno y estradiol/PMSG al inicio del periodo reproductivo natural estimula y sincroniza la actividad ovárica. Por tanto, adelanta y sincroniza el periodo de partos en comparación con la monta natural.

Reproducción Bovina 2

Las ventajas de un sistema tal son considerables:

- Supervisión más atenta durante el periodo de partos, que es más corto, lo que reduce las pérdidas de terneros debidas a distocias.
- Si son destetados en una fecha fijada, los terneros tendrán una mayor edad y peso en el momento de su venta.
- Un periodo corto de partos mejorará la fertilidad del rebaño en la temporada siguiente.
- Los terneros pueden venderse por lotes de edad similar y calidad constante, lo que incrementa su valor.
- Permite y/o facilita el uso de la IA y permite un manejo más racional del semen.

Vacuno lechero

En los rebaños lecheros en los que hay partos a lo largo de todo el año, las vacas deben ser manejadas individualmente y de forma más intensiva que el vacuno de carne.

Con el objetivo de un ternero por vaca y año, el intervalo entre el parto y la concepción se limita a unos 85 días, durante el cual debe darse la involución uterina, la reanudación de la actividad ovárica y la detección del estro. Generalmente, no se observa el celo en un 25% de las vacas lecheras antes del día 40 tras el parto. El control del estro se usa en el vacuno lechero con los siguientes objetivos:

- Inducir el estro y la ovulación en vacas con anestro posparto, para así reducir el intervalo entre el parto y la primera inseminación.
- Sincronizar a la donante y a la receptora para la transferencia de embriones.
- Sincronizar el celo en grupos de animales, para así mejorar la detección del estro o para reducir el tiempo necesario para dicha detección.
- Controlar el periodo de partos de un rebaño.

2.3.2 Métodos de control del estro

Las necesidades críticas de cualquier sistema eficaz para controlar el ciclo estral son una respuesta predecible y una alta frecuencia de respuestas en forma de celos y ovulaciones durante un periodo concreto de 12-14 horas, seguido de un alto porcentaje de gestaciones tras una única IA preprogramada. Debido a las necesidades variables de los ovarios respecto a un

2 Reproducción Bovina

apoyo gonadotrópico durante su desarrollo, es difícil aplicar un único tratamiento hormonal exógeno para estimular la aparición predecible de una nueva ola en cualquier animal tratado, independientemente de la etapa de la ola folicular en el momento del tratamiento.

Todos los métodos farmacológicos para el manejo del estro deberían ser considerados como herramientas útiles cuyo principal objetivo es incrementar la eficiencia reproductiva en las explotaciones, mejorar la organización de la reproducción o corregir algún defecto en la organización. En algunos casos, los sistemas de manejo del celo pueden ser usados como tratamiento para ciertos problemas reproductivos, como el “celo silencioso” o los quistes ováricos.

Los métodos farmacológicos para el manejo del estro nunca deberían, ser considerados como sustitutivos de una nutrición y un manejo adecuados del vacuno reproductor.

En el vacuno con unos ovarios activos, el ciclo estral puede ser manipulado de tres formas:

- Mediante el uso de prostaglandinas, para inducir una regresión precoz del cuerpo lúteo.
- Mediante el uso secuencial de prostaglandinas y de análogos de la GnRH para obtener un desarrollo folicular sincronizado tras una luteolisis inducida.
- Mediante el uso de progestágenos que actúen como un cuerpo lúteo “artificial”.

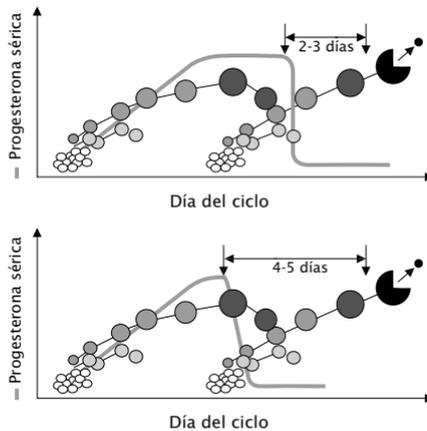
Prostaglandinas

Entre el día 6 y el 16 del ciclo (el periodo natural de secreción de prostaglandina F_{2α}) una inyección de prostaglandina (Prosolvín®, Cyclix®, Iliren C®) inducirá la regresión del cuerpo lúteo, dando por finalizada la fase lútea. Se inicia una nueva fase folicular y el animal entrará en celo y ovulará. La fertilidad en el momento del celo inducido será similar a la de un celo natural. Para la sincronización de un grupo de animales cíclicos, que con toda probabilidad estarán en etapas distintas y desconocidas del ciclo, una inyección no es suficiente. Debería administrarse una segunda inyección 11-13 días más tarde ya que, para entonces, todos los animales deberían tener un cuerpo lúteo funcional.

Reproducción Bovina 2

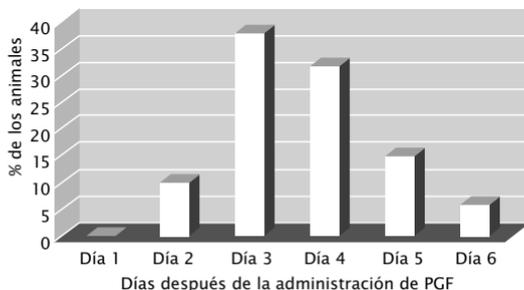
A pesar de la rápida luteolisis, el intervalo hasta el inicio del estro tras el tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ es variable y depende de la etapa del desarrollo folicular del animal al recibir el tratamiento. Los animales con un folículo dominante funcional están en celo al cabo de 2-3 días, ya que el folículo dominante ovula en el momento de la luteolisis inducida. Sin embargo, los animales que se encuentran en la fase de pre-dominancia de la ola necesitarán 2-4 días para formar un folículo dominante y, por tanto, su intervalo hasta el inicio del celo será más largo y variable.

Fig 2 Intervalo desde la inyección de PGF hasta la ovulación en el vacuno.



2 Reproducción Bovina

Fig.3 Distribución del estro en las vacas tratadas con PGF.

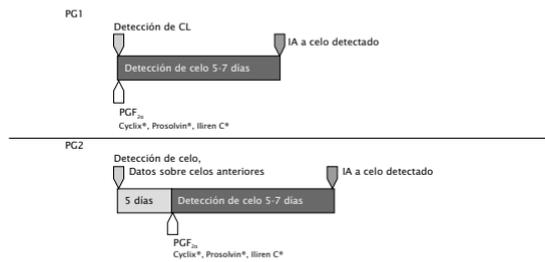


La inseminación tras la observación del celo dará lugar a los mejores porcentajes de concepción y es la recomendable, en especial en el caso de las vacas lecheras adultas. Las terneras muestran una respuesta más sincronizada y la inseminación a tiempo fijo a las 72 y las 96 horas puede usarse en las terneras cíclicas de carne y leche.

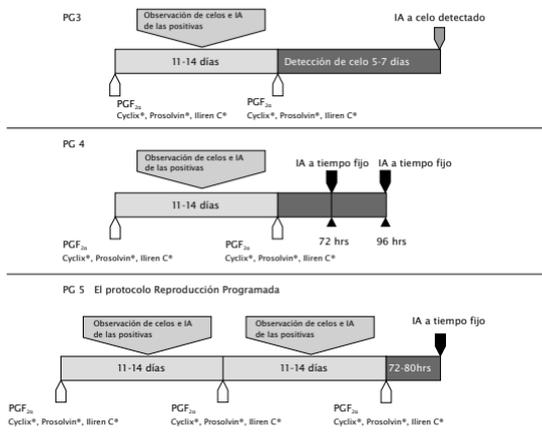
Como las prostaglandinas actúan sobre el cuerpo lúteo, sólo pueden ser efectivas en el vacuno cíclico.

Las prostaglandinas pueden usarse de formas muy distintas para el control del estro, dependiendo de las intenciones del ganadero, del tipo de animal y de las condiciones de la explotación ganadera. Una visión general adaptada a partir de Cavaliere et al. (2006) destaca los sistemas usados más frecuentemente (Fig. 4).

Fig. 4 Distintos sistemas de manejo del estro con prostaglandinas.



Reproducción Bovina 2



Los protocolos de dosis múltiples suelen estar diseñados para sincronizar el estro en rebaños enteros, esperándose el inicio del estro, en la mayoría de las vacas, antes de que pasen 7 días tras el tratamiento. También se han desarrollado algunos sistemas de dosis única con el objetivo de reducir el costo del tratamiento, pero éstos ofrecen mucha menos flexibilidad que los protocolos multidosis. Se basan en la administración estratégica de PGF_{2α} a vacas en las que lo más probable es que se dé la luteólisis tras el tratamiento, y luego requieren la detección de celos a lo largo de un periodo más prolongado y/o la detección de un cuerpo lúteo para asegurar un alto porcentaje de resultados con el tratamiento.

Se desarrolló el llamado protocolo de Reproducción Programada para mejorar la eficiencia reproductiva en rebaños lecheros grandes. Con este sistema, las vacas son tratadas sistemáticamente el mismo día de la semana, para facilitar el tratamiento y la IA en días laborables. Los animales reciben una inyección de prostaglandina a intervalos de 14 días y son inseminadas al observarse el estro. Las vacas cuyo celo no se detecta son inseminadas en un momento fijado, a las 72-80 horas tras la última inyección de PGF_{2α}.

2 Reproducción Bovina

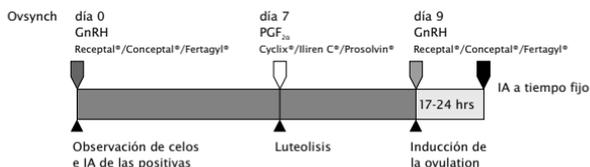
Aplicación en vacas de carne

Debido a la alta incidencia del anestro posparto en las vacas de carne, las prostaglandinas no son consideradas el método de elección para el manejo del estro en este tipo de animales. Si a pesar de todo se usara este método, es esencial asegurarse de que las vacas estén ciclando y de que tengan una condición corporal adecuada.

Prostaglandinas y análogos de la GnRH

Un programa, conocido con el nombre de GPG u Ovsynch (Fig. 5), está indicado, principalmente, para vacas lecheras e implica dos inyecciones de un análogo de la GnRH separadas por una única administración de PGF_{2α}. Como en el campo lo más probable es que se use la sincronización en vacas que pueden estar en cualquier fase del ciclo estral, la combinación de la GnRH con las prostaglandinas da lugar a una mayor homogeneidad del estado folicular ovárico en el momento de la inducción de la luteolisis. Como resultado de ello, la precisión con la que el estro puede predecirse tras la luteolisis inducida mediante prostaglandinas y la sincronía del pico de LH se ve mejorada, lo que permite la sincronización del desarrollo folicular y la regresión del cuerpo lúteo.

Fig. 5 El protocolo Ovsynch.

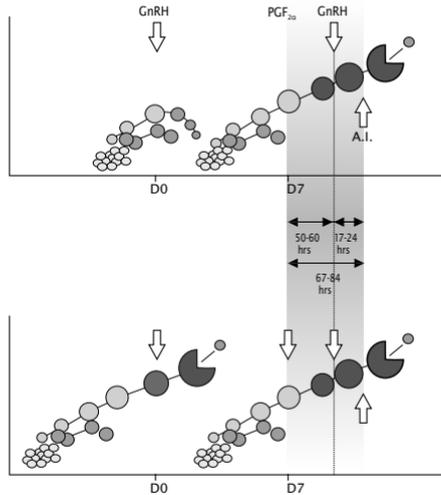


La primera administración de GnRH es proporcionada en un momento aleatorio del ciclo estral y provoca la ovulación o la luteinización de un folículo dominante, si está presente, en alrededor del 85% de las vacas (Pursley et al., 1995). La administración de prostaglandina provoca la regresión de cualquier cuerpo lúteo accesorio o folículo luteinizado inducido por la GnRH, o de cualquier cuerpo lúteo presente tras una ovulación

Reproducción Bovina 2

espontánea anterior. En las vacas en las que se alteró el destino de la ola folicular actual, debería estar presente un nuevo folículo dominante en el ovario en el momento del segundo tratamiento con GnRH. Las vacas que reciben GnRH en la etapa de pre-dominancia de su ciclo de ola folicular no deberían ver alterada dicha ola folicular y también se debe esperar que tengan un folículo dominante en el momento del segundo tratamiento con GnRH. La respuesta ovulatoria en el vacuno lechero ha sido sincronizada, dándose en un intervalo de tiempo muy corto, y se da, aproximadamente, 26-32 horas tras la segunda inyección de GnRH. Así, una inseminación programada a las 17-24 horas tras la inyección de GnRH debería dar como resultado una mayor probabilidad de una concepción exitosa (Peters et al., 1999).

Fig.6 Dinámica folicular en vacas tratadas con el protocolo Ovsynch.



2 Reproducción Bovina

El protocolo Ovsynch facilita la programación precisa de la primera IA posparto, al tiempo que mejora los parámetros reproductivos durante el periodo inicial del posparto, con un gran ahorro en mano de obra debido a la eliminación de la necesidad de la detección del estro.

Coleman et al. (1991) y Twagiramungu et al. (1992) reportaron que la tasa de fertilidad de las vacas sincronizadas con GnRH y PGF_{2α} variaba entre el 35 y el 65% y que era similar a la de los animales control inseminados al observarse el primer estro.

Eficacia del protocolo Ovsynch

La capacidad de los protocolos basados en la GnRH-PGF_{2α} para sincronizar el estro y la ovulación de forma efectiva depende de la etapa del desarrollo folicular en el momento de la inyección inicial de GnRH. La fertilidad obtenida con el protocolo Ovsynch es mayor cuando las vacas ovulan con la primera inyección de GnRH.

Vasconcelos et al. (1999) evaluaron la influencia del día de ciclo estral en el que se inicia el protocolo Ovsynch y los porcentajes de gestación en vacas lecheras lactantes (Tabla 8).

Tabla 8 Eficacia de la inducción del estro con la iniciación del protocolo Ovsynch en distintos días del ciclo estral.

Vasconcelos et al. (1999)

Día del ciclo estral	Ovulación a 1ª inyección de GnRH	Ovulación a 2ª inyección de GnRH
1-4	23%	94%
5-9	96%	89%
10-16	54%	85%
17-21	77%	81%
Total	64%	87%

A partir de este estudio se puede concluir que los porcentajes de concepción deberían ser mayores cuando el protocolo Ovsynch se inicia entre los días 5 y 12 del ciclo estral. La monitorización del ciclo estral de la vaca para seleccionar el momento más

Reproducción Bovina 2

prometedor para iniciar el protocolo Ovsynch es, no obstante, poco práctica y, en cierta manera, actúa en contra de la idea de esta sistema como algo práctico independientemente de la fase del ciclo en que se encuentre la vaca.

Varios estudios llevados a cabo durante los últimos años comparaban los porcentajes de gestación obtenidos con el protocolo Ovsynch y con otros programas de manejo del estro como el uso de prostaglandinas (Pursley et al., 1997; de la Sota et al., 1998; Keister et al., 1998; Stevenson et al., 1999,2000; Cartmill 2001), progestágenos (Gaery et al., 1998; Williams et al., 2002) y distintas modificaciones del protocolo Ovsynch (Bartolome et al., 2002; Pancarci et al., 2002) y la reproducción natural (Cordoba y Fricke 2001). Un análisis realizado por Rabiee et al. (2005) comparó los resultados reportados en numerosas pruebas usando el protocolo Ovsynch, la reproducción natural, la inyección única, doble o triple de prostaglandinas, el Select Synch, el Heat Synch y el Ovsynch modificado. Estos autores concluyeron que los porcentajes de gestación de los programas Ovsynch no diferían significativamente de los obtenidos con la reproducción natural. Además, la probabilidad de la concepción y la gestación no difería significativamente entre el grupo Ovsynch y las vacas tratadas con prostaglandinas. La comparación de la probabilidad de quedar gestantes en vacas tratadas con el protocolo Ovsynch, el Heat Synch y el Select Synch no difirió significativamente.

Modificaciones del protocolo Ovsynch

Tanto la respuesta ovulatoria a las inyecciones de GnRH como la función luteal tras la inducción de la ovulación con la GnRH dependen del tamaño de los folículos ováricos en el momento en que es administrada la GnRH. Se cree que la presincronización y otras modificaciones del protocolo Ovsynch clásico incrementarán la probabilidad de que la ovulación sea inducida por la primera inyección de GnRH y que se darán la luteolisis y una ovulación sincronizada tras la administración de una prostaglandina y la GnRH.

Una de las modificaciones más sencillas del sistema Ovsynch clásico es el llamado protocolo Co-Synch, siendo la diferencia que en éste tanto la segunda inyección de GnRH como la IA

2 Reproducción Bovina

se realizan al mismo tiempo: es decir, 48 h después del tratamiento con la prostaglandina (Small et al., 2000).

Aunque la mayor parte de la investigación usando el protocolo Cosynch se ha centrado en un intervalo de 48 horas entre la inyección de la prostaglandina y la GnRH+IA, los intervalos hasta el estro tras el tratamiento indican que un intervalo de 60-64 horas tras la inyección de PGF (tal y como se usa en el protocolo Ovsynch) se ajustaría mejor al momento más adecuado para la inseminación de las vacas de carne (Geary et al., 2000; Stevenson et al., 2000; DeJarnette et al., 2001a) y las de leche (DeJarnette et al., 2001b).

Los resultados reportados han sido comparables o sólo ligeramente inferiores a los obtenidos con el protocolo Ovsynch, al tiempo que la necesidad de manejo de los animales se reduce (DeJarnette et al., 2003).

Se desarrolló un protocolo de presincronización previo al inicio del protocolo Ovsynch aplicando dos inyecciones de PGF con una separación de 14 días, administrándose la segunda 12 días antes de la primera inyección de GnRH del protocolo Ovsynch. El protocolo Pre-Synch-Ovsynch incrementó los porcentajes de gestación un 18% (25% a 43%) en vacas lactantes cíclicas, tal y como reportan Moreira et al. (2001).

La presincronización posparto con GnRH también puede llevarse a cabo 7 días antes del protocolo Ovsynch propiamente dicho. Este enfoque también tiene la ventaja de ser potencialmente efectivo en las vacas cíclicas y las que están en anestro (Thompson et al., 1999; Stevenson et al., 2000).

La combinación de prostaglandina y GnRH como tratamiento de presincronización previo al protocolo Ovsynch clásico o al Cosynch también se intentó con éxito variable, resultando generalmente en una cierta mejora en los porcentajes de gestación con la IA del final del protocolo Ovsynch (DeJarnette et al., 2003).

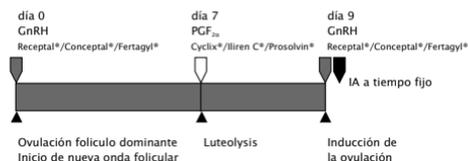
El protocolo Heat Synch, más usado en EE. UU. que en Europa, implica la sustitución de la segunda inyección de GnRH por ésteres de estradiol (Geary et al., 2000; Stevenson et al., 2004). Los entusiastas de este sistema indican que el estradiol sincroniza la ovulación del folículo dominante en una franja de tiempo más estrecha e incrementa la expresión de comportamiento del celo en las vacas tratadas. Con la creciente preocupación

por el uso de estradiol en animales productores de alimentos y prácticamente ninguna posibilidad de usarlos en Europa, la aplicación de este sistema está limitada geográficamente.

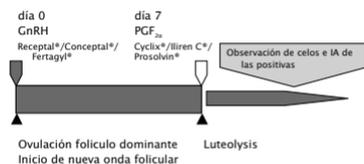
Fig 7 Ejemplos de modificaciones del protocolo Ovsynch.

Adaptado de Cavalieri et al. (2006)

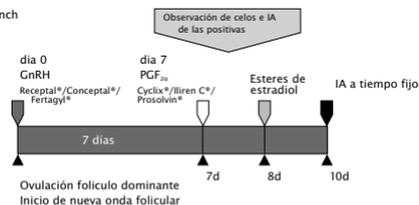
Co-Synch



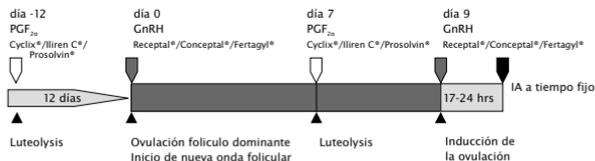
Select Synch



Heat Synch



Pre-Synch



2 Reproducción Bovina

Las inyecciones de hCG o los implantes que contienen un agonista potente de la GnRH (deslorelina), también han sido usados para reemplazar a la segunda inyección de GnRH del protocolo Ovsynch para inducir la ovulación. El uso de la hCG se asoció con unos resultados y unos porcentajes de gestación tras la IA similares a los de la GnRH (De Rensis et al., 2002), pero la aplicación de un protocolo con deslorelina dio como resultado unos intervalos interovulatorios prolongados (Bartolome et al., 2004) debido a la desensibilización del hipotálamo (Padula et al., 2002; 2005) y a unos porcentajes de gestación menores cuando se usaba una dosis alta de deslorelina (Santos et al., 2004).

El protocolo Ovsynch y la dosis de GnRH

Los primeros estudios fundamentales sobre el uso de la GnRH en los sistemas tipo Ovsynch y para la inducción de la ovulación, se han llevado a cabo usando de 8 mcg de un potente análogo de la GnRH (la buserelina). Muchos estudios posteriores han implicado el uso de la gonadorelina, pero a una dosis de sólo 100 mcg. Esta dosis de GnRH es la norma en EE. UU. y ha demostrado tener un considerable interés en muchos otros países, ya que ofrece la posibilidad de reducir el coste del tratamiento. No obstante, la dosis reducida de gonadorelina representaría una importante reducción de la potencia biológica, ya que se estimó que la buserelina era entre 40 y 200 veces más potente que la gonadorelina (Chenault et al., 1990).

Progestágenos

Los tratamientos con progestágenos, como el Crestar®, imitan a la fase lútea el ciclo. Para obtener un celo normalmente fértil, la duración del tratamiento se ha fijado en 10-12 días.

Una característica de todos los sistemas actuales basados en los progestágenos consiste en la administración de estradiol al inicio del tratamiento para:

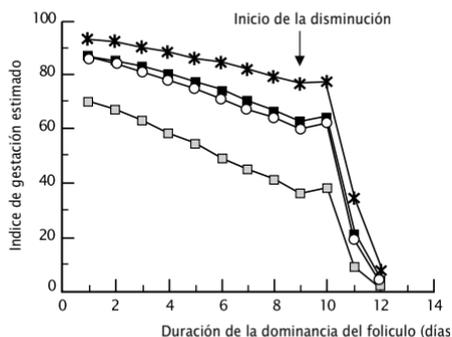
- Acortar la vida del cuerpo lúteo.
- Finalizar la ola existente e inducir la aparición de un nuevo folículo.

Reproducción Bovina 2

Esta segunda función de los ésteres de estradiol usados en conjunción con los progestágenos es especialmente importante, ya que todos los sistemas de liberación de progesterona/progestágenos dan lugar a niveles subluteales de progesterona en la circulación de las vacas tratadas. Estos niveles son suficientes para crear una retroalimentación negativa y evitar el pico pre-ovulatorio de LH, la ovulación y el celo. Sin embargo, no puede bloquear por completo la secreción de LH, y se mantiene una pequeña secreción pulsátil, lo que permite la persistencia de un folículo dominante, si hay uno presente en el ovario al inicio del tratamiento. Se ha sabido que cuando la duración de la dominancia del folículo ovulatorio supera los 4 días (folículo dominante persistente), hay un descenso progresivo de la fertilidad, que se ha atribuido a un descenso de la capacidad del ovocito y a un incremento en las pérdidas embrionarias (Diskin et al., 2002).

Fig. 8 Estimación del porcentaje de gestaciones a medida que aumenta la duración de la dominancia del folículo preovulatorio

(Diskin et al., 2002).



El estradiol exógeno, administrado con progesterona, suprime la formación o disminuye el diámetro del folículo dominante al administrarse antes o durante el surgimiento de la ola, presumiblemente debido a la supresión de la FSH y quizás de la LH. Cuando se ha producido la selección del folículo, este tratamiento da como resultado un descenso del diámetro del

2 Reproducción Bovina

foliculo dominante sin modificar constantemente el momento del surgimiento de la siguiente ola. El tratamiento de las vacas clasificadas como en anestro anovulatorio con progestágenos a dosis bajas durante 6-8 días rara vez induce la formación de foliculos dominantes persistentes, como sería de esperar en las vacas que ciclan sin la presencia de un cuerpo lúteo funcional (McDougal et al., 2004).

El uso de estradiol al principio de un tratamiento de sincronización con progesterona, incluso cuando su duración se prolonga hasta 12 días, no siempre garantiza que la regresión del cuerpo lúteo sea completa en todos los animales en el momento de la retirada de la progesterona o 24 horas después. Como consecuencia, es muy recomendable que la PGF_{2α} sea administrada en el momento de la retirada de la progesterona o unas horas antes, para asegurar la regresión del cuerpo lúteo en aquellos animales que no responden al estradiol.

Una de las ventajas de los tratamientos basados en los progestágenos, como el Crestar®, es que pueden iniciar ciclos estrales en vacas en anestro. En las vacas no cíclicas, el progestágeno sensibiliza al eje hipotálamo-hipófisis-gonadal y facilita una vida normal del cuerpo lúteo. La administración de la eCG/PMSC, cuando se retira el progestágeno estimula todavía más la maduración folicular y la ovulación.

El porcentaje de éxito del Crestar® y de otros métodos basados en los progestágenos para el tratamiento del anestro puede ser variable (50-70%), dependiendo del intervalo posparto en el momento del tratamiento, la condición corporal de la vaca y de otras causas subyacentes de anestro. No obstante, el Crestar® y otros sistemas basados en los progestágenos podrían considerarse el método de elección para el manejo del celo en las vacas de carne, ya que permiten unos partos acumulados al principio de la estación, con un alto porcentaje de vacas que conciben en el primer estro sincronizado. Esto, a su vez, facilita una nueva y rápida presentación de las vacas que no han concebido durante el primer estro para volver a ser inseminadas, y permite una estación de partos más compacta. El estro y la ovulación, tras el tratamiento con progestágenos, se dan antes y con una mayor precisión en el tiempo que cuando se aplica la inyección de prostaglandina. En el caso del Crestar® se recomienda una inseminación única a tiempo fijo.

Reproducción Bovina 2

Tabla 9 El uso del Crestar® en distintos sistemas de producción de terneras y vacas.

Tipo de animales	Día 0	48h antes de la retirada del implante	Día 9-10	Inseminación artificial
Terneras de carne	Implante de Crestar® e inyección	x	Retirada del implante Inyección de 400-600 UI de PMSG (Folligon®). Novillas de carne cebuinas. La dosis de folligon debe ser entre 330 y 400 UI y la IATF a las 48 horas	48 h después de la retirada del implante
Terneras de leche	Implante de Crestar® e inyección	x	Retirada del implante	48 h después de la retirada del implante
Vacas de carne	Implante de Crestar® e inyección	x	Retirada del implante Inyección de 500-700 UI de PMSG (Folligon®) Vacas de carne cebuinas. La dosis de Folligon debe ser entre 400 y 500 UI y la IATF a las 52 horas.	56 h después de la retirada del implante
Vacas de leche	Implante de Crestar® e inyección	Inyección de prostaglandina (Cyclix®, Iliren C®, Prosolvin®)	Retirada del implante Inyección de 300-400 UI de PMSG (Folligon®)	56 h después de la retirada del implante

En estudios recientes se han propuesto sistemas en los cuales la inyección de estradiol fue sustituida por la administración de GnRH al principio del tratamiento (Thompson et al., 1999; Stevenson et al., 2000; Garcia et al., 2004). Este cambio está claramente asociado con la prohibición en Europa del uso de ésteres de estradiol en animales productores de alimentos. Una de las modificaciones recientes de los sistemas de sincronización basados en los progestágenos consiste en la administración de una dosis baja (0,5-1,0 mg) de benzoato de estradiol unas 24 h después de la retirada del progestágeno. Se vio que esto incrementaba la precisión del inicio del estro y que potenciaba los síntomas de celo, facilitando en último término la detección del mismo. Se puede esperar también de este estradiol exógeno que controle más ajustadamente la precisión del momento del pico de LH y el de la ovulación. En esta modificación, se recomienda una dosis de 0,5 mg de benzoato de estradiol para las terneras y de 1,0 mg para las vacas. Como alternativa al

2 Reproducción Bovina

estradiol se puede usar GnRH 24 horas después de la retirada del progestágeno para sincronizar, dentro de una ventana de tiempo más reducida, el pico de LH y la ovulación.

Resincronización del celo en vacas que retornan al estro

Se han utilizado distintas estrategias para resincronizar los retornos al estro en las vacas previamente sincronizadas, para así incrementar el número de animales reinseminados en el momento adecuado. Éstos incluyen el uso de dispositivos liberadores de progesterona o la utilización de vacas previamente inseminadas con los protocolos de tipo Ovsynch. Se puede usar el protocolo Ovsynch el día 21 o el 28 después de una inseminación previa, reportando Chebel et al. (2003) unos porcentajes de gestación similares a los de la inseminación anterior. Bartolome et al. (2005) reportaron unos resultados similares tras la resincronización, con los protocolos Ovsynch y Heat Synch, en vacas que habían sido inseminadas previamente y detectadas, como no gestantes tras la IA, el día 27. También se han usado otras combinaciones de progestágenos y estradiol con resultados variables. Además, los posibles efectos adversos del estradiol usado después de la IA sobre la función del cuerpo lúteo requieren más investigaciones.

2.3.3 Factores que afectan la fertilidad de las vacas inseminadas

En el vacuno de leche, los porcentajes de fertilización son similares en las vacas lactantes y las no lactantes, siendo, de media, del 76,2% (oscilando entre el 55,3 y el 87,8%) y el 78,1% (oscilando entre el 58,0 y el 98,0%), respectivamente (Santos et al., 2004). En el vacuno de carne, el porcentaje es, en promedio, del 75,0%, oscilando entre el 60 y el 100%.

Humblot (2001) mostró que el fracaso en la fertilización y la pérdida embrionaria precoz eran responsables del 20-45% de los fracasos para que la vaca quedara gestante, y que la pérdida embrionaria/fetal tardía era responsable del 8-17,5% y los abortos tardíos del 1-4%. Hay dos fuentes de fracaso, no relacionadas con la reproducción, a la hora de que la vaca quede gestante: el fracaso en la reproducción y la pérdida de la gestación. Esto significa que los factores que contribuyen a las pérdidas

Reproducción Bovina 2

después de la inseminación pueden agruparse de la siguiente forma:

1. Factores que contribuyen al fracaso en la fertilización:
 - a. Entorno endocrinológico desfavorable que provoca un impedimento del crecimiento folicular y una mala calidad del ovocito:
 - Estrés térmico debido al calor.
 - Balance energético negativo.
 - Infección por el BVDV y el BHV tipo 1 (IBR).
 - b. Retraso o fracaso en la ovulación:
 - Estrés térmico por calor.
 - Balance energético negativo.
 - c. Factores que afectan a la calidad de los espermatozoides:
 - Factores que afectan a la espermatogénesis: infecciones por el BHV tipo 1 (IBR), el IBRV, Brucella spp., estrés térmico por calor, fiebre.
 - Factores que afectan a la supervivencia de los espermatozoides antes de su deposición en el tracto reproductor femenino: técnica de conservación del semen, manejo del semen.
2. Factores que afectan al desarrollo embrionario temprano, al reconocimiento de la gestación y a la implantación:
 - a. Función lútea temprana afectada.
 - Tasa metabólica alta en las vacas lecheras.
 - Infección por el BVDV y el BHV tipo 1 (IBR).
 - Falta de exposición previa a la progesterona en los primeros ciclos postanestro.
 - Factores luteotóxicos que provocan una luteolisis precoz: micotoxinas, toxinas bacterianas asociadas con mastitis.
 - b. Función del endometrio afectada y ambiente uterino desfavorable.
 - Incremento de los niveles de nitrógeno uréico en el plasma.
 - Endometritis subclínica.
3. Factores que provocan una muerte embrionaria/fetal tardía:
 - a. Factores infecciosos directamente negativos para el feto o que afectan negativamente a la función de la placenta.
 - Infecciones víricas: BVDV, BHV tipo 1 (IBR).
 - Infecciones bacterianas: Brucella spp., Chlamydia spp.,
 - Infecciones protozoarias: Neospora caninum, Trichomonas spp.

2 Reproducción Bovina

- b. Factores no infecciosos directamente negativos para el feto o que afectan negativamente a la función de la placenta.
 - Micotoxinas.
 - Ciertas sustancias como el PVP, el plomo, etc.

2.3.3.1 Ovulación retardada

Las variaciones en la duración del estro y los problemas para su detección pueden dar lugar a una temporización incorrecta de la inseminación y a unos bajos porcentajes de éxito. Por otro lado, en las vacas de alta producción, tanto la ovulación retardada como la atresia folicular pueden contribuir al fracaso en la concepción. Son responsables de una gran proporción de los llamados fracasos "asintomáticos" a la hora de concebir durante los meses primaverales.

La ovulación tiene lugar unas 30 horas después del inicio del estro, es decir: después del final del estro comportamental. No obstante, varios factores pueden afectar al momento de la ovulación en relación con el pico de estradiol (signos máximos del estro). Tal y como se ha mencionado en otros capítulos, una función lútea en peligro debido a deficiencias metabólicas y a una tasa metabólica excesiva, o los efectos de una temperatura ambiental alta (estrés térmico) puede dar lugar a un retraso en la ovulación. Esto puede dar como resultado un descenso considerable de la fertilidad debido a una temporización incorrecta de la IA. Con el tiempo de supervivencia relativamente corto del semen congelado, el éxito de la IA depende mucho de la correcta sincronía de la inseminación con el momento de la ovulación. Además, la dominancia folicular prolongada está asociada con una capacidad del ovocito afectada negativamente y una mayor pérdida embrionaria (Diskin et al., 2004).

2.3.3.2 Ambiente uterino inadecuado

Otros factores que limitan la fertilidad en las explotaciones de vacuno lechero incluyen la acumulación de concentraciones tóxicas de urea y nitrógeno en las vacas alimentadas con altos niveles de proteína bruta en relación con un suministro insuficiente de energía. A medida que los aminoácidos se degradan, las concentraciones de amoníaco y urea en la circulación aumentan. Esto, a su vez, se cree que da lugar a cambios desfa-

Reproducción Bovina 2

vorables en el pH del endometrio que pueden dificultar la implantación. Además, se ha postulado que unas concentraciones altas de nitrógeno y de urea, tanto en el torrente sanguíneo como en el líquido endometrial, pueden afectar a la viabilidad del embrión y a su capacidad para un posterior desarrollo. Los mayores cambios en el entorno uterino se dan mediada la fase lútea, que es un periodo crítico para el desarrollo temprano del embrión que determinará, en último término, su supervivencia a largo plazo. Investigaciones recientes por parte de Rhoads et al. (2006) revelaron que las concentraciones altas de nitrógeno ureico en las vacas lactantes reducen la viabilidad del embrión mediante los efectos que ejercen sobre el ovocito y el embrión antes de su recuperación del útero el día 7 después de la inseminación.

Hay información limitada, en el vacuno, sobre el posible efecto de la endometritis subclínica y de los cambios morfológicos irreversibles en el endometrio, provocados por un proceso inflamatorio prolongado sobre el éxito de la implantación. Los datos disponibles en las yeguas, no obstante indican claramente que dichos cambios tienen un efecto negativo sobre el reconocimiento de la gestación y dificultan el proceso de la implantación, dando lugar a pérdidas embrionarias tempranas.

2.3.3.3 Importancia de la función luteínica temprana en el reconocimiento de la gestación y su mantenimiento

Se ha determinado, durante muchos años, que la concentración de progesterona a principios de la gestación tiene un efecto importante sobre el resultado de la inseminación. Numerosos estudios han revelado unas concentraciones menores de progesterona en la leche (Lamming et al., 1989; Mann et al., 1995) y el plasma (Mann et al., 1995, 1996; Buttler et al., 1996; Mann et al., 2001) en aquellas vacas que no consiguen mantener la gestación. Además, se ha indicado que unas concentraciones bajas de progesterona en una fase mucho anterior, durante el ciclo, son una posible causa del fracaso a la hora de quedar gestante.

En el vacuno lechero se ha determinado claramente que la fertilidad y la producción de leche están correlacionadas negativamente. López et al. (2005) indicaron que las vacas de alta

2 Reproducción Bovina

producción tienen unas concentraciones menores de progesterona circulante que las vacas de baja producción, lo que posiblemente esté asociado con su mayor tasa metabólica y, consecuentemente, con su mayor tasa de catabolismo de la progesterona (Wiltbank et al., 2006).

Varios estudios sobre el reconocimiento y el mantenimiento de la gestación en el vacuno han mostrado que estos dos grupos de factores están bastante interconectados, ya que el potencial suficiente para el desarrollo por parte del embrión es un requisito previo para la continuidad de la función luteínica en el vacuno. En el estudio de Mann et al. (2001), se demostró que el grado de desarrollo embrionario estaba muy relacionado con el entorno materno respecto a la progesterona. Las vacas con unos embriones pobremente desarrollados el día 16 después de la primera inseminación y que produjeron poco o nada de interferón- τ mostraron un incremento retrasado en la concentración de progesterona después de la ovulación y una meseta en la fase lútea con respecto a las vacas con unos embriones bien desarrollados.

2.3.3.4 Influencia de la temperatura ambiental alta sobre la eficiencia reproductiva en el vacuno

El estrés térmico es considerado un factor importante que contribuye a la baja fertilidad de las vacas lecheras inseminadas a finales de verano. La reducción en el porcentaje de concepciones puede variar un 20-30% en la estación cálida en comparación con los meses invernales (Wolfenson et al., 2000; Rensis et al., 2003).

El ascenso sustancial en el rendimiento lechero de los últimos años ha agravado todavía más el síndrome de infertilidad en la estación cálida, ya que el nivel alto de productividad incrementa la tasa metabólica de la vaca y la producción de calor metabólico. El límite superior de temperatura ambiental al que las vacas lecheras lactantes pueden mantener su temperatura corporal estable (temperatura crítica superior) es de tan sólo 25-27°C. El problema del estrés térmico no está, por tanto, confinado únicamente a las regiones tropicales, y supone un coste considerable para la industria lechera.

Reproducción Bovina 2

Existe un efecto demostrado sobre la fertilidad debido al estrés térmico estival, y que se arrastra en los meses otoñales (Wolfenson et al., 1997; 2002). Este efecto negativo sobre la reproducción persiste durante los 2 primeros meses del otoño, incluso aunque las vacas no estén sometidas a estrés térmico. Se cree que es un efecto del estrés térmico veraniego sobre los folículos antrales, que se transforman en folículos dominantes 40-50 días después (Roth et al., 2000; 2001; Wolfenson et al., 2002).

Mecanismos del impacto negativo del estrés térmico sobre la función reproductiva del vacuno

El efecto negativo de la temperatura ambiental alta sobre los procesos reproductivos en el vacuno lechero ha sido bien documentado e incluye:

- Efecto negativo sobre los patrones de comportamiento reproductivo.
- Interacciones endocrinológicas dificultadas.
- Patrón de desarrollo folicular modificado.
- Descenso en la calidad de los ovocitos y los embriones.
- Efecto negativo sobre el estado nutricional y el balance energético.

Efecto del estrés térmico sobre los patrones de comportamiento reproductivo

Bajo la influencia del estrés térmico, la duración y la intensidad del estro se reducen y hay un claro descenso de la actividad motora y de otras manifestaciones del estro, como las montas. Nobel et al. (1997) vieron que durante el verano, las vacas Holstein tienen 4,5 montas por estro en comparación con 8,6 por estro en invierno.

La mayor incidencia de celos silenciosos y de anestros es, por tanto, una de las observaciones más comunes en las vacas expuestas a temperaturas ambientales altas.

Influencia del estrés térmico sobre el entorno endocrinológico y el patrón de desarrollo folicular

Los mecanismos mediante los cuales el estrés térmico influye en la función del eje hipotálamo-hipófisis-ovárico siguen sin entenderse. La secreción de FSH por parte de la hipófisis parece no verse afectada en los animales expuestos a temperaturas

2 Reproducción Bovina

ambientales altas. Como contraste, se ha observado una clara reducción en la frecuencia y la amplitud de la secreción del pulso de LH en las vacas con estrés térmico. Por tanto, puede concluirse que con temperaturas ambientales altas, el folículo dominante se desarrolla en un entorno con niveles bajos de LH, lo que da como resultado una reducción en la secreción de estradiol. Esto, a su vez, conlleva una expresión pobre del celo y una reducción de la fertilidad (Rensis et al., 2003). Además, la reducción del pulso de LH (frecuencia y amplitud) da lugar a una dominancia folicular prolongada, a una ovulación retardada y a la formación de folículos dominantes persistentes, que están asociados con una calidad marcadamente reducida de los ovocitos y a un descenso en los porcentajes de gestación (Diskin et al., 2002; Bridges et al., 2005).

El desarrollo de un mayor número de folículos de mayor tamaño probablemente también dé lugar a una tasa más elevada de ovulaciones dobles y de partos gemelares (Wolfenson et al., 2000).

Las concentraciones bajas de progesterona circulante en las vacas se han asociado con una función reproductiva puesta en peligro y una reducción en los porcentajes de gestación (Butler et al., 1996; Lamming et al., 1989; Mann et al., 1995; 2001). Hay un gran debate sobre si la secreción insuficiente de progesterona por parte del cuerpo lúteo podría ser una posible causa de la baja fertilidad de las vacas sometidas a estrés térmico. Investigaciones recientes publicadas por Wolfenson et al. (2002) analizaron la producción de progesterona *in vitro*, por parte de las células de la teca y la granulosa obtenidas de vacas en estaciones frías y cálidas, además de las concentraciones de progesterona en la circulación general. Este estudio demostró que bajo condiciones crónicas de estrés térmico, la producción de progesterona se ve reducida ostensiblemente, especialmente por parte de las células luteinizadas de la teca. Los resultados indicaron un descenso del 25% en la concentración plasmática de progesterona en las vacas en verano, en comparación con el invierno. Los autores postularon que los daños sobre la función folicular inducidos por el estrés térmico se transmitieron al cuerpo lúteo subsiguiente.

Influencia del estrés térmico sobre la calidad y el desarrollo de los embriones

Se ha demostrado que la formación de gametos y el desarrollo de las fases embrionarias tempranas son muy sensibles a la temperatura.

El estrés térmico provoca hipertermia en el escroto y los testículos, lo que puede dar lugar a una peor calidad morfológica y funcional del semen. Hansen (1997) reportó un empeoramiento de la fertilidad en los toros durante los meses estivales provocada por el estrés térmico. El estrés térmico tiene efectos menos graves en la calidad del semen de los cebúes que en los toros de razas europeas, fenómeno no sólo asociado con la termorregulación generalmente más eficaz observada en los cebúes, sino también con adaptaciones específicas que potencian el enfriamiento local de la sangre que penetra en los testículos (Brito et al., 2004).

El estrés térmico, mediante la ovulación retardada y la persistencia folicular, pueden dar lugar a la ovulación de ovocitos envejecidos y de mala calidad, lo que está asociado con un porcentaje bajo de fertilizaciones y con la mortalidad embrionaria (Sartori et al., 2000; Al-Katanani et al., 2001; Roth et al., 2001). La temperatura alta tiene un efecto negativo sobre los embriones en su estadio previo a la implantación (Ryan et al., 1993; Ealy et al., 1993), pero la resistencia de los embriones a estos efectos aumenta a medida que se desarrollan (Ealy et al., 1993; Sartori et al., 2002, Hansen et al., 2001). Se apreciaron diferencias notables entre *Bos taurus* y *Bos indicus* en la magnitud de los efectos de las temperaturas altas sobre el potencial para el desarrollo y la calidad de los ovocitos y los embriones. La mayor resistencia al estrés térmico de los embriones derivados de vacas *Bos indicus* fue demostrada por Paula-Lopes et al. (2003) y Hárnandez-Ceron et al. (2004) y resumida por Hansen (2004).

El estrés térmico pone en peligro el entorno uterino con una reducción del flujo sanguíneo hacia el útero y una mayor temperatura uterina, que pueden dar lugar al fracaso en la implantación y a la mortalidad embrionaria. Se cree que estos efectos están asociados con la producción de proteínas de shock térmico por parte del endometrio durante el periodo del estrés y a la reducción en la producción de interferón- τ por parte del producto de la concepción. Además, el estrés térmico puede afectar a la

2 Reproducción Bovina

secreción endometrial de prostaglandinas, dando lugar a una luteolisis prematura y a las pérdidas embrionarias. Malayer y Hansen (1990) también encontraron diferencias claras entre las vacas Brahman y las Holstein en cuanto a las respuestas endometriales ante el cultivo a temperaturas elevadas.

Efecto negativo sobre el estado nutricional y el balance energético

Está muy claro que los efectos negativos del estrés térmico sobre la reproducción pueden ser consecuencia de la acción directa sobre la función reproductiva y el desarrollo embrionario, pero también de la acción directa sobre la función reproductiva mediada a través de cambios en el balance energético. En las vacas lecheras sometidas a estrés térmico, se observa una reducción en la ingesta de materia seca, lo que prolonga el periodo de balance energético negativo e influye negativamente en las concentraciones plasmáticas de insulina, IGF-I y glucosa (Jonsson et al., 1997; Ronchi et al., 2001). Esto da lugar a un desarrollo folicular pobre, a una reducción en la expresión del celo y a unos ovocitos de mala calidad.

2.3.4 Mejora de porcentaje de concepción en el momento de la IA y después de la misma

El reto de mejorar el desempeño reproductivo del vacuno lechero en lactación requiere una comprensión de los principios bioquímicos y fisiológicos que controlan la reproducción y la lactación. Esto debe ser después integrado en los sistemas de manejo nutricional, productivo y reproductivo para optimizar la fertilidad de la explotación.

Los intentos farmacológicos de mejorar la fertilidad en las vacas inseminadas se han concentrado, hasta el momento, en tres áreas:

- inducción de la ovulación en el momento adecuado.
- prevención de la pérdida embrionaria temprana mediante mejoras en la función lútea y/o la prevención de la luteolisis precoz (véase el capítulo sobre la mortalidad embrionaria temprana).
- minimización de los efectos reproductivos negativos del estrés térmico.

Reproducción Bovina 2

Prevención de la ovulación retardada: para asegurar una ovulación en el momento adecuado en relación con la inseminación
Uno de los métodos para obtener unos porcentajes de concepción satisfactorios es asegurarse que la ovulación se dé entre 7-18 horas tras la IA. Un posible método es mediante la administración de GnRH alrededor del momento de la inseminación. Dependiendo del tamaño y la madurez del folículo dominante, la ovulación suele darse antes de que pasen 24 horas tras la inyección de la GnRH, que es similar al tiempo que pasa entre el inicio del estro y la ovulación.

Se postula que la administración de análogos de la GnRH en el momento de la inseminación puede modificar la función o las características de los folículos ováricos preovulatorios y de la capacidad secretora del cuerpo lúteo en desarrollo (Mee et al., 1993). Los resultados reportados por estos autores sugieren que la GnRH puede haber servido para potenciar o alterar la diferenciación teca-luteína o granulosa-luteína en el folículo pre o postovulatorio, y que puede haber actuado sobre el cuerpo lúteo en desarrollo para promover la conversión de las células lúteas de pequeñas a grandes, incrementando así la secreción de progesterona.

Momento del tratamiento con GnRH

Teniendo en mente la relación cronológica entre la secreción endógena de LH, la duración del celo y la ovulación, además del tiempo de supervivencia de los espermatozoides y del ovocito, es mejor usar GnRH en el momento de la IA o hasta 6 horas antes (Rosenberger et al., 1991). Numerosas pruebas han mostrado que la inyección de GnRH al principio del estro seguida de la IA a las 5-10 horas da los mejores resultados, tanto en términos del momento de la ovulación como de la mejora en el porcentaje de gestaciones. En la práctica, no obstante, la GnRH suele ser administrada al mismo tiempo que la IA con resultados muy satisfactorios.

Resultados del tratamiento

Rosenberger et al. (1991) evaluaron el efecto de la inyección de GnRH durante el estro (10 mcg Receptal®/Conceptal®, Intervet; 250 mcg Fertagyl®, Intervet) sobre la concentración

2 Reproducción Bovina

plasmática de LH y la concepción en relación con el tiempo del tratamiento y la inseminación. En los grupos que sufren unos porcentajes bajos de concepciones tras la primera IA posparto, el tratamiento con GnRH mejoró los resultados de la inseminación. Se sugirió que el tratamiento con GnRH podía reducir la variación en el momento de la ovulación, para evitar el fracaso en este aspecto. Varios estudios anteriores demostraron que el tratamiento con GnRH en el momento de la inseminación en las reproductoras repetidoras mejoraba los porcentajes de gestaciones (Stevenson et al., 1988, 1989; Lee et al., 1983; Phatak et al., 1986).

El estudio de Morgan y Lean (1993) presentó un extenso análisis del posible efecto del tratamiento con GnRH en el momento de la inseminación sobre el porcentaje de concepciones en el vacuno. El artículo comparó los resultados de numerosos estudios anteriores en los que se había usado GnRH o sus análogos en el momento de la IA y los sometió a análisis.

Hubo un incremento significativo en la probabilidad de que las vacas tratadas con un análogo de la GnRH quedaran gestantes tras la primera inseminación posparto, después de la segunda tras el parto y en las vacas repetidoras tratadas en el momento de la inseminación. Las vacas repetidoras respondieron mejor al tratamiento que los otros grupos, lo que apoya la hipótesis de que una proporción de las vacas repetidoras no han conseguido concebir anteriormente debido a un fracaso en el tiempo o en la magnitud del pico de GnRH, LH o FSH en el momento del celo.

Heuwieser et al. (1994), en un estudio amplio que incluía a 2.437 vacas lecheras, analizó la relación entre la administración de GnRH, la condición corporal y la fertilidad. El porcentaje de concepciones mejoró cuando se administró la GnRH en el primer apareamiento posparto en las vacas con una condición corporal inferior a 3.0, independientemente de su edad.

Ullah et al. (1996) evaluaron el efecto de la administración de la GnRH en vacas Holstein lactantes expuestas a estrés térmico, y hallaron que el tratamiento con GnRH mejoraba los resultados de fertilidad en comparación con un grupo no tratado.

Apoyo de la función lútea y prevención de la luteolisis precoz

Se han llevado a cabo varios intentos en vacas de alta produc-

Reproducción Bovina 2

ción para prevenir las pérdidas embrionarias precoces, especialmente en las vacas expuestas a estrés térmico y en las receptoras de transferencia de embriones.

Se han probado varios métodos para mejorar los porcentajes de concepción incrementando las concentraciones plasmáticas de progesterona durante la fase lútea. Esto puede conseguirse induciendo la formación de cuerpos lúteos accesorios, que pueden obtenerse mediante el tratamiento con hCG durante una media de 4-6 días tras la inseminación (Binelli et al., 2001). Aparte de la formación de cuerpos lúteos accesorios, se cree que este tratamiento proporciona un apoyo extra en forma de LH al verdadero cuerpo lúteo, que resulta de la ovulación del folículo dominante.

Santos et al. (2001) administraron hCG a vacas lecheras de alta producción el día 5 después de la IA y notaron que el tratamiento inducía la formación de cuerpos lúteos accesorios, una concentración mejorada de progesterona en el plasma y unos porcentajes de concepción mejores al evaluarlos los días 28, 45 y 90, especialmente en las vacas que estaban perdiendo condición corporal en el mes siguiente a la IA. De forma similar, Breuel et al. (1989); Sianangama et al. (1992); y Rajamahedran y Sianangama (1992) reportaron un incremento significativo en los porcentajes de gestaciones con la administración de hCG 7 días después de la IA. Keneda et al. (1981) y Kerbler et al. (1997) consiguieron mejoras en los porcentajes de gestaciones con la administración, tras la IA, de hCG a una dosis de 1.500 UI.

Las pérdidas embrionarias precoces, que contribuyen a la baja tasa de éxito de la transferencia embrionaria, son el punto principal de atención, especialmente a la vista del coste relativamente alto de esta operación.

Se sugirieron los siguientes factores como contribuyentes a las pérdidas embrionarias precoces tras la transferencia embrionaria:

- Transferencia de un embrión de calidad morfológica pobre.
- Sincronización inadecuada del estro entre las donantes y las receptoras.
- Estrés térmico.
- Endometritis.
- Mal estado nutricional de la receptora.
- Insuficiencia lútea en las receptoras.

2 Reproducción Bovina

Se ha usado la administración de progesterona, hCG y GnRH para evitar la pérdida precoz de los embriones transferidos provocada por la insuficiencia luteal, y con el objetivo general de mejorar el porcentaje de gestaciones tras la transferencia embrionaria.

El día 5 del ciclo estral, las células de la granulosa del folículo dominante contienen receptores de la LH, por lo que la hCG inducirá la ovulación y la formación de un cuerpo lúteo accesorio. Así, la administración de hCG 5 días después de la IA tiene el potencial de incrementar la secreción de progesterona a principios de la gestación. El efecto positivo de la hCG sobre los porcentajes de concepciones es mediado por la reducción de las pérdidas embrionarias precoces. Además, la mayor parte del beneficio del tratamiento con hCG fue observado en las vacas lecheras lactantes que estaban perdiendo condición corporal durante el periodo reproductivo. Como las vacas de alta producción tienen un mayor metabolismo de la progesterona (Wiltbank et al. 2006) tienen más probabilidades de responder al tratamiento de hCG.

La gonadotropina coriónica humana suele administrarse el día de la transferencia embrionaria a una dosis de 1.500 UI. Se demostró que la administración de hCG en este momento apoya directamente el desarrollo y la función del cuerpo lúteo resultante de la ovulación, pero también induce la ovulación/luteinización de folículos receptivos de la primera ola del desarrollo folicular subsiguiente. Esto da como resultado la formación de cuerpos lúteos inducidos, un incremento en los niveles de progesterona y una reducción de la concentración de estradiol. Small et al. (2002) evaluaron la influencia de la administración de hCG (Chorulon®, Intervet; 2.500 UI/vaca) el día 7 en las receptoras de transferencias embrionarias y en las vacas inseminadas. Hallaron que el tratamiento con hCG en el momento de la transferencia embrionaria y 7 días después de la IA mejoraron el porcentaje de gestaciones en el tiempo, con la IA programada en las vacas portadoras de gemelos y las terneras primerizas. Los autores postularon que el tratamiento con hCG 7 días después de la IA puede usarse para mejorar los porcentajes de gestación en las vacas con estrés metabólico y en las terneras primerizas.

Nishigai et al. (2002) administraron hCG 6 días después del celo en receptoras de transferencias embrionarias. Los resultados de la prueba mostraron que la administración de hCG (1.500

Reproducción Bovina 2

UI/vaca) 6 días después del estro mejoró la tasa de gestación de la transferencia embrionaria no quirúrgica de embriones congelados 7 días después del estro mediante la potenciación de la función lútea y reduciendo la secreción de estradiol. Es importante reconocer que el uso de GnRH, en contraposición con la hCG, está asociado con una duración menor de la exposición a la LH, con la inducción de un cuerpo lúteo accesorio que responde menos, *in vitro*, a la LH, y con un incremento notablemente inferior de la concentración de progesterona en el plasma durante la fase lútea subsiguiente (Schmitt et al., 1996).

Aunque la razón de la administración de GnRH y hCG el día de la transferencia embrionaria es la misma, pocos estudios han reportado resultados positivos en términos de mejora en los porcentajes de gestación en las receptoras de embriones tras el tratamiento con GnRH. Ellington et al. (1991) evaluaron el efecto de la administración de buserelina en el momento de la transferencia embrionaria y 4-7 días después de la misma, pero no hallaron una mejora significativa en los porcentajes de gestación en comparación con los controles no tratados.

Prevención de la luteolisis precoz

Algunos estudios recientes se han centrado en el análisis del efecto del tratamiento con GnRH a mediados del ciclo (generalmente 11-14 días después de la inseminación) sobre la supervivencia embrionaria y el porcentaje resultante de gestaciones. El tratamiento con GnRH tiene como objetivo potenciar la supervivencia embrionaria suprimiendo el mecanismo luteolítico que aparece si no se da un reconocimiento materno de la gestación. Dependiendo de la fase del desarrollo folicular, el tratamiento con análogos de la GnRH durante la fase lútea provoca la luteinización o la ovulación de los folículos existentes en fase luteal que tienen capacidad de responder, que siguen creciendo después de la ovulación del folículo dominante del ciclo anterior. Así, no sólo se ve incrementada la secreción de progesterona, sino que también se reducen las concentraciones de estradiol, ya que la tasa de renovación folicular reduce la producción de estradiol. Esto da como resultado un fracaso en la regulación positiva de los receptores de la oxitocina y, por tanto, se bloquea la secreción de PGF_{2α}.

2 Reproducción Bovina

Mann et al. (1995) concluyeron que la GnRH atenuaba la señal luteolítica, dando más tiempo a los embriones para desarrollar su capacidad antiluteolítica. Dependiendo de la etapa del desarrollo folicular, el tratamiento con análogos de la GnRH durante la fase lútea provoca una atresia, luteinización u ovulación adelantada, seguida de la luteinización del folículo que responde. La administración de GnRH entre 11 y 13 días después de la inseminación o la monta dio lugar a un incremento notable de los porcentajes de gestaciones (MacMillan et al., 1986; Mee et al., 1990; Peters et al., 1992; Stevenson et al., 1990; Ryan et al., 1994). Peters (2000) resumió los resultados de varios estudios que analizaban los efectos de las inyecciones de GnRH entre los días 11 y 13 del ciclo estral sobre los porcentajes de gestaciones en las vacas, y observaron una amplia variación con respecto al diseño experimental y al grado de mejora de los porcentajes de gestaciones obtenidos. Este análisis sugirió que, en ciertas circunstancias, el tratamiento con GnRH después de la inseminación puede dar lugar a beneficios significativos.

Un estudio muy reciente de López-Gatius et al. (2006) demostró que el tratamiento con GnRH en el momento de la inseminación y 12 días más tarde incrementa el porcentaje de concepciones en las vacas lecheras de alta producción durante la estación calurosa. Aunque es menos efectivo que la dosis doble, se obtuvieron, indudablemente, beneficios tras un único tratamiento con GnRH en el momento de la inseminación.

Estrategias para reducir el impacto negativo del estrés térmico sobre la reproducción del vacuno lechero

Las medidas encaminadas a la reducción del impacto negativo del estrés térmico en la reproducción de las explotaciones de vacuno lechero siempre deberían incluir la reducción de la exposición de las vacas al calor, además de cualquier enfoque biotecnológico o farmacológico encaminado directamente a la mejora de la fertilidad.

Las posibles opciones incluyen:

- Cambios en el sistema de producción.
- Selección de razas resistentes al calor (Bos indicus y cruces).
- Transferencia de embriones.
- Terapia hormonal.

Cambios en el sistema de producción

Las medidas más directas y más frecuentemente adoptadas incluyen el control de la temperatura y la humedad mediante rociadores de agua, ventiladores, sombra o rociadores situados encima de los animales. Younas et al. (1993) demostraron que el enfriamiento y la ventilación favorecían la tendencia a tener más picos preovulatorios de LH y a un mayor porcentaje de respuesta durante el estro, pero debían iniciarse varias semanas antes de la reproducción planificada para dar lugar a mejoras reproductivas significativas. Sus hallazgos fueron confirmados por Bucklin et al. (1991) y Armstrong (1994).

También se observaron algunos beneficios con la suplementación de la dieta con minerales, vitamina E y β -caroteno, especialmente al combinarla con el enfriamiento y la ventilación de las vacas y el manejo farmacológico del celo. Arechiga et al. (1998) reportaron que la IA a tiempo fijo en combinación con la suplementación con β -caroteno mejoró los porcentajes de gestación en las vacas lecheras durante los periodos de estrés térmico. Arechiga et al. (1998) vieron que la suplementación con selenio y vitamina E tenía un efecto beneficioso sobre la fertilidad de las vacas en un entorno caluroso. Por otro lado, Ealy et al. (1994) reportaron que el enfriamiento mejoraba ligeramente los porcentajes de gestación en las vacas con estrés térmico, pero que la suplementación con vitamina E no tenía un efecto positivo obvio sobre los porcentajes de gestación.

Selección de razas resistentes al estrés térmico

Ahora se sabe bien que el *Bos indicus* tiene una mayor resistencia a los efectos perjudiciales indirectos del estrés térmico sobre la producción y la reproducción.

Bajo condiciones de estrés térmico, los cebúes muestran reacciones menos graves en cuanto a la ingesta de alimento, el ritmo de crecimiento y la producción de leche. Así, en las regiones calurosas, y a pesar de su baja producción de leche, las razas de *Bos indicus* son la mejor elección para la producción de carne y leche en extensivo aunque no, por supuesto, para las explotaciones lecheras intensivas.

2 Reproducción Bovina

Transferencia de embriones

La transferencia embrionaria usando embriones producidos in vitro u obtenidos a partir de donantes no expuestas a temperaturas ambientales altas ha sido usada con resultados alentadores como medio de reducir los efectos adversos del estrés térmico sobre la fertilidad (Drost et al., 1999; Rutledge 2001; Al Katanani et al., 2002).

Dicho resultado debe ser considerado con precaución, ya que un embrión no sometido a efectos negativos y transferido a una receptora que sufra los efectos del estrés térmico no evitará los efectos negativos sobre el equilibrio endocrinológico y el entorno uterino.

Además, la transferencia embrionaria no es, frecuentemente, una opción económica o técnicamente viable en muchos países con temperaturas elevadas.

Terapia hormonal

La terapia hormonal no va dirigida a la causa de los efectos dañinos del estrés térmico, pero puede aliviar algunos de sus efectos directos sobre el sistema endocrino y por tanto, ayudar a reducir su influencia negativa sobre el desempeño reproductivo durante los meses estivales y a principios del otoño en el ganado vacuno.

Nunca deberíamos basarnos en la terapia hormonal como única medida para combatir el estrés térmico. También deberían implantarse las medidas de manejo obvias, preferiblemente antes de cualquier intervención farmacológica.

Pueden adoptarse las siguientes estrategias para mejorar los resultados reproductivos durante los periodos de estrés térmico:

- Sincronización del celo para la IA a tiempo fijo.
- Administración de GnRH en el momento del estro.
- Administración de GnRH o hCG después de la IA.

Sincronización para una IA a tiempo fijo

Los efectos negativos del estrés térmico sobre el patrón reproductivo de las vacas lecheras incluyen una expresión pobre del comportamiento propio del celo y la tendencia a que éste sólo

Reproducción Bovina 2

sea obvio durante la noche. Esto reduce ostensiblemente la eficacia de la detección del celo y da lugar a una reducción del número de inseminaciones y a un incremento en la proporción de las mismas que no dan lugar a una gestación debido a la mala temporización de la IA. El manejo farmacológico del estro con la vista puesta en una inseminación a tiempo fijo, eliminando la necesidad de la detección de celos, mejora los porcentajes de sometimiento a la IA y, por tanto, los porcentajes generales de gestaciones. No obstante, los distintos sistemas para la inducción y la sincronización del estro siempre deberían combinarse con otras medidas como la refrigeración o el rociado con agua para reducir la influencia directa de la alta temperatura.

Los métodos preferidos para el manejo del estro en el vacuno lechero sometido a estrés térmico implican a los protocolos tipo Ovsynch. En estos sistemas se provoca que cualquier folículo con capacidad de respuesta ovule mediante la inyección de GnRH o hCG seguida de una dosis luteolítica de PGF_{2α} después de 7 días y, 48 horas más tarde, una segunda dosis de GnRH o hCG, que induce la ovulación de un nuevo folículo dominante. Los resultados de estudios recientes sugieren que el principal beneficio de estos enfoques es la inducción de la ovulación y la eliminación de la necesidad de detectar celos durante los meses estivales. Algunos autores sugieren que el tratamiento con GnRH o hCG en el momento del estro también pueden contribuir a la creación de cuerpos lúteos normales y totalmente funcionales asociados con una buena fertilidad (Rensis et al., 2003).

De la Sota et al. (1998) evaluaron los efectos de la sincronización con Ovsynch y la inseminación a tiempo fijo durante el estrés térmico estival en el vacuno lechero lactante. Hallaron que el programa Ovsynch mejoraba el desempeño reproductivo en el grupo tratado. Los porcentajes de gestación fueron mayores para las vacas inseminadas a tiempo fijo (grupo Ovsynch 13,9%±2,6 versus grupo Control 4,8%±2,5), al igual que lo fue el porcentaje general de gestaciones a los 120 días posparto (Ovsynch 27%±3,6 versus Controles 16,5%±3,5). Los autores también reportaron una reducción en el número de días improductivos de las vacas del grupo tratado que concebían antes de los 120 días tras el parto (Ovsynch 77,6±3,8 versus Controles

2 Reproducción Bovina

90,0±4.2) además de en el intervalo hasta la primera monta o inseminación (Ovsynch 58,7±2,1 versus Controles 91,0±1,9). Además, una evaluación económica del programa aplicado para la primera inseminación o monta en los meses estivales reveló un incremento de los ingresos netos por vaca.

El manejo farmacológico del estro aporta todavía más beneficios al combinarse con otras medidas, como la suplementación con vitaminas y minerales. Arechiga et al. (1998) evaluaron el efecto de la inseminación a tiempo fijo y la suplementación con β -caroteno sobre el desempeño reproductivo y el rendimiento lechero de las vacas lecheras con estrés térmico. Usando el protocolo Ovsynch, este equipo halló que el porcentaje de gestaciones tras la primera IA era similar en el grupo tratado y el no tratado en los meses calurosos y en los más frescos. No obstante, durante los meses cálidos, el porcentaje de vacas gestantes a los 90 días posparto fue mayor para aquellas tratadas con el protocolo Ovsynch con inseminación a tiempo fijo que en las vacas inseminadas al observar el estro (16,5% versus 9,8% y 34% versus 14,3%). Estos autores llegaron a la conclusión de que la IA a tiempo fijo puede mejorar los porcentajes de gestación durante los periodos de estrés térmico y puede incrementar el rendimiento de leche en las vacas durante los meses estivales.

La fertilidad en las vacas lecheras en el posparto en invierno y en verano tras la sincronización con los protocolos GPC (GnRH+PGF_{2 α} +GnRH) o CPC (hCG+PGF_{2 α} +hCG) fue analizada por Rensis et al. (2002). El manejo del estro con cualquiera de estos sistemas mejoró las tasas de gestación, que se aproximaron a los resultados obtenidos durante el invierno en los animales no tratados. Además, la sincronización del celo redujo el intervalo entre el parto y la concepción tanto en verano como en invierno.

Los beneficios del manejo del estro con protocolos de tipo Ovsynch en vacas lecheras expuestas a estrés térmico también fueron confirmados por Almier et al. (2002) y Cartmil et al. (1999).

Administración de GnRH en el momento de la inseminación artificial

Se cree que la administración de GnRH durante las primeras etapas del estro induce un pico potenciado de LH y mejora la sincronización de los intervalos entre el estro, el pico de LH, la ovulación y la inseminación. Además, la inducción de la ovulación con la administración de GnRH en el momento del estro permite una reducción de la incidencia de la ovulación retardada y de la dominancia folicular prolongada asociada con los efectos del estrés térmico.

El tratamiento de las vacas lactantes con GnRH en el momento de la detección del estro durante finales de verano incrementó su porcentaje de concepción desde el 18% al 29% (Ullah et al., 1996).

Tal y como sugieren algunos autores, las mejoras en la fertilidad tras el tratamiento con GnRH o hCG en el momento de la IA, aparte de asegurar una ovulación de ovocitos de mejor calidad en el momento correcto, puede deberse a una mejora en la función lútea y, como consecuencia, a unas concentraciones mayores de progesterona durante los 30 días posteriores a la IA. En el estudio reportado por Ullah et al. (1996), las concentraciones medias de progesterona fueron mayores para las vacas tratadas con GnRH en el momento del estro que para los controles. Además, en el segundo diagnóstico de gestación 45 días después, se observó una reducción significativa en los porcentajes de gestaciones en las vacas control, pero no en las vacas a las que se administró GnRH en el momento del estro, en comparación con los resultados del diagnóstico precoz, lo que sugirió una mejor supervivencia embrionaria en las vacas tratadas. Los autores concluyeron que el tratamiento con GnRH en el momento de la IA potenciaba la secreción de progesterona lútea y mejoraba la supervivencia embrionaria en el ganado vacuno sometido a estrés térmico.

Esta tesis contó con el apoyo de los resultados de Kaim et al. (2001), que hallaron un incremento de aproximadamente un 16,6% en el porcentaje de gestación de las vacas lactantes a las que se inyectó un análogo de la GnRH (buserelina, Receptal®) en el momento de los primeros signos del reflejo de inmovilidad propio del celo, en los meses estivales y otoñales en Israel, con respecto a los controles no tratados. Además, en las prue-

2 Reproducción Bovina

bas reportadas por Kaim et al. (2001), el tratamiento con GnRH en el momento del estro mejoró significativamente el porcentaje de concepción en las vacas con una puntuación baja en su condición corporal en el momento de la IA y en aquellas con una alta puntuación en su condición corporal durante el verano. El efecto del tratamiento fue especialmente obvio en las vacas con baja condición corporal, ya que el tratamiento con GnRH en el momento del estro mejoró significativamente sus porcentajes de concepción en verano e invierno. Lo que resulta interesante es que estos autores también hallaron que el tratamiento con GnRH en el momento del estro hacía que los porcentajes de concepción fueran de más del doble en las vacas que habían experimentado problemas reproductivos en el parto.

Administración de GnRH o hCG tras la inseminación artificial

Pocos estudios se han centrado específicamente en el uso de hormonas luteotróficas para obtener un entorno endocrínico que favorezca más el desarrollo embrionario y la supervivencia del producto de la concepción en el vacuno sometido a estrés térmico.

Se cree que el tratamiento con GnRH o hCG tras la inseminación da lugar a la eliminación del folículo dominante de la primera ola de la fase lútea, reduciendo de esta forma la concentración de estradiol y evitando la iniciación de una cascada luteolítica. Además, la ovulación de folículos precoces en la fase lútea también da lugar a la creación de cuerpos lúteos accesorios y, como consecuencia, al incremento en la concentración de progesterona, que se ha asociado con unos mayores porcentajes de gestación (Butler et al., 1996; Lamming et al., 1989; Mann et al., 1995; 2001).

Aunque la administración de hCG (a los 4-6 días) y de GnRH (a los 11-12 días) después de la inseminación son enfoques bien asentados para mejorar los porcentajes de gestación en el vacuno lechero, hay pocos estudios sobre la administración de hCG y GnRH suplementarias tras la reproducción en el ganado vacuno sometido a estrés térmico.

El efecto de la administración de GnRH postinseminación sobre la progesterona sérica y los porcentajes de gestaciones en el vacuno lechero sometido a un estrés térmico ligero fueron evaluados por Willard et al. (2003). Estos investigadores reportaron que el tratamiento con GnRH a los 5 o los 11 días tras la

Reproducción Bovina 2

inseminación inducía un ascenso más dinámico de los niveles de progesterona, que alcanzaron valores más elevados entre 8 y 15 días más tarde, al compararlos con los de las vacas no tratadas. Los controles no tratados tendían a tener unos porcentajes de gestación más bajos que los animales tratados con GnRH (5 u 11 días después de la IA), obteniéndose las mayores mejoras tras el segundo tratamiento.

Teniendo presentes los efectos positivos de la administración de hCG a los 4-6 días post IA y en las receptoras de transferencias embrionarias (Greve et al., 1982; Kaneda et al., 1981; Lewis et al., 1990; Nishigai et al., 2001, 2002; Santos et al., 2001; Sianangama et al., 1992) y de las inyecciones de GnRH a los 11-12 días post IA (Peters et al., 2000), las posibilidades de implementar dicho tratamiento como medio de reducir los efectos perjudiciales del estrés térmico sobre la reproducción del vacuno lechero necesita una mayor investigación.

2.4 Problemas reproductivos

La infertilidad puede ser un problema grave, especialmente en las vacas lecheras de alta producción. Durante el periodo del posparto debe darse una involución uterina rápida y sin problemas y una reiniciación precoz de la actividad ovárica, seguida de un estro detectado con precisión y con una alta tasa de concepción. Al mismo tiempo, se exige a la vaca producir grandes cantidades de leche mientras se encuentra inmersa en el balance energético negativo propio de la primera etapa del periodo posparto. No es sorprendente que los problemas de fertilidad sean comunes. Conseguir y mantener una buena fertilidad en el rebaño requiere un diagnóstico y tratamiento precoces.

Los problemas reproductivos de las vacas pueden dividirse en los siguientes grupos:

- Retención de placenta.
- Infecciones uterinas.
- Anestro.
- Quistes ováricos (COD).
- Mortalidad embrionaria.
- Repeticiones.
- Abortos.

2 Reproducción Bovina

Todos estos problemas serán discutidos en los siguientes capítulos, empezando por los aspectos fisiológicos del periodo del posparto.

2.4.1 Aspectos fisiológicos del periodo del posparto

Involución uterina

Al útero suele llevarle 3 semanas volver a su tamaño normal no gestante. El tiempo necesario para la involución fisiológica completa (incluyendo la regeneración del epitelio del endometrio) varía entre los 40 y los 50 días.

Los niveles endógenos de metabolitos de la prostaglandina F_{2a} son elevados durante los primeros 7-13 días tras el parto, lo que favorece una involución uterina rápida. Durante los primeros 7-10 días tras el parto suele haber una pérdida notable de fluidos y de desechos tisulares (loquios). Esta secreción amarillenta o rojiza-marrón, que suele contener tejido necrótico (carúnculas expulsadas), es normal. El volumen puede oscilar entre los 500 ml en las primíparas y los 1.000-2.000 ml en las multiparas.

Aunque la correlación entre la involución uterina y la actividad ovárica durante el primer periodo del posparto todavía no se ha dilucidado por completo, hay pruebas firmes de que dicha correlación existe y de que puede influir en la fertilidad subsiguiente. Se sabe que el reinicio precoz de la actividad ovárica normal acelera la involución uterina. Además, el marcado incremento del tono uterino y la reducción del tamaño del útero entre el día 10 y el 14 del posparto, que se da en las vacas normales, suele coincidir con el inicio del primer estro y la producción de estrógenos. Al mismo tiempo, se sabe que los estrógenos ejercen un efecto beneficioso sobre los mecanismos uterinos de defensa y sobre la contracción de las fibras musculares lisas del útero (Hussain, 1989). Por otro lado, la influencia de la involución uterina sobre el reinicio de la actividad ovárica se basa, principalmente, en la secreción masiva de PGF_{2a} en el posparto por parte del endometrio (Kindahl et al., 1992). Se concluyó que en las vacas con un puerperio normal y en aquellas en las que la duración de la secreción posparto de prostaglandina se alarga, la involución uterina se completaba con más rapidez, y la primera ovulación (seguida de una fase lútea de duración normal) se

producía antes. En las vacas con un puerperio anómalo, caracterizado por una involución uterina prolongada, el reinicio de la actividad ovárica se vio claramente retardado.

Actividad ovárica

Se ha demostrado claramente que durante el periodo anovulatorio del posparto se puede observar un patrón característico de actividad folicular en la mayoría de las vacas. Sus ovarios se caracterizan por tener varios folículos de tamaño pequeño a mediano, que dan lugar al reclutamiento de un primer folículo dominante al cabo de un tiempo relativamente breve tras el parto (Opsomer et al., 1996). No obstante, el intervalo entre el parto y la primera ovulación varía enormemente en los rebaños comerciales de vacuno, dependiendo de la raza, la nutrición, la producción de leche, la estación y la presencia de un ternero lactante.

En las vacas lecheras ordeñadas se pueden detectar folículos medianos el día 5 posparto, ovulando el primer folículo dominante entre los días 15 y 27 posparto. La mayoría de las vacas lecheras deberían haber reiniciado la actividad cíclica hacia el día 40 posparto. En las condiciones propias de una explotación ganadera, no obstante, no se ve a muchas de ellas en celo.

En las vacas de carne que amamantan a un ternero, la primera ovulación se da más tarde, habiendo una variación considerable intra e inter rebaños. Se suelen, frecuentemente, ver ciclos cortos (fase lútea <10 días) alrededor del periodo del posparto. En las vacas de carne que amamantan a un ternero, están presentes folículos medianos el día 5-7 posparto, mientras que los folículos dominantes son detectables hacia el día 10-21 posparto. No obstante, estos folículos dominantes no consiguen pasar su maduración final y la ovulación debido a la ausencia de pulsos adecuados de LH y se atresian. La ausencia de pulsos de LH a principios del periodo del posparto está asociada con el vaciamiento de las reservas de LH en la adenohipófisis y es independiente de que haya un ternero mamando (Yavas y Walton 2000). Tras el relleno de las reservas de LH entre los días 15 y 30 posparto, la ausencia de pulsos de LH se torna dependiente de que haya un ternero mamando. Los estímulos generados por el ternero que mama suprimen la secreción pulsátil de LH mediante la inhibición de la secreción de la GnRH por parte

2 Reproducción Bovina

del hipotálamo. Los estrógenos ováricos modulan este efecto inhibitorio. La presencia de un ternero mamando incrementa la sensibilidad del hipotálamo al feedback negativo de los estrógenos ováricos, suprimiendo la secreción de LH por parte de la hipófisis (Yavas y Walton 2000). La secreción pulsátil de LH se recupera alrededor de los días 25-32 posparto y las vacas vuelven a ciclar entre el día 29 y el 67 posparto.

Complicaciones en el periodo del posparto

La lenta recuperación de la capacidad reproductiva durante el periodo posparto es una limitación importante para el éxito de los programas subsiguientes de manejo de la reproducción.

2.4.2 Retención de placenta

La eliminación de las membranas fetales (placenta) tras el parto es un proceso fisiológico que implica la pérdida de la adherencia maternofetal combinada con contracciones del miometrio. Normalmente, la placenta es expulsada antes de que pasen 6-8 horas tras el parto. Una placenta no eliminada a las 24 horas tras el parto recibe el nombre de placenta (o membranas fetales) retenida. La incidencia de la retención de placenta varía entre el 4,0 y el 16,1%, pero puede ser mucho mayor en rebaños problemáticos.

La retención de las membranas fetales es un problema común que tiene un efecto negativo sobre la eficiencia reproductiva de las vacas, predisponiéndolas a las infecciones uterinas más adelante, en el periodo posparto, y afectando al reinicio de la actividad ovárica tras el parto.

Aunque se ha determinado que varios factores genéticos, nutricionales, inmunológicos y patológicos influyen en la separación de la placenta bovina, la etiología de la retención de placenta no se comprende en su totalidad.

La retirada manual de la placenta puede provocar traumatismos en el útero y retrasar el retorno al estado reproductivo normal (Bolinder et al., 1988). Parece que es mejor permitir que la placenta se desprenda por sí misma o retirarla del útero con delicadeza 7-10 días después del parto.

El objetivo de la terapia debería ser el de prevenir los efectos adversos de la endometritis posparto. La terapia local con

Reproducción Bovina 2

distintos tipos de antibióticos intrauterinos está bien asentada. Además, los resultados de algunas pruebas indican que el tratamiento de la retención de las membranas fetales con antibióticos parenterales, pero sin una manipulación ni tratamiento intrauterinos puede ser tan eficaz como el tratamiento convencional, incluyendo el desprendimiento y el tratamiento antibiótico local (Drilrich et al., 2001). Esto fue confirmado en un estudio posterior en vacas con fiebre (Drilrich et al., 2006). Uno de los enfoques farmacológicos para la prevención y el tratamiento de la retención de las membranas fetales es la administración de prostaglandinas inmediatamente después del parto (Stevens et al., 1995).

Los fármacos que incrementan la motilidad uterina (oxitocina, derivados de la ergotamina, calcio) han mostrado, en el mejor de los casos, unos beneficios limitados. La reducción de la incidencia de la retención de la placenta cuando se administraron vitamina E y selenio, ya fueran solos o combinados, sugiere que el estrés oxidativo tiene un papel que desempeñar en la etiología del problema (Campbell et al., 1998; Gupta et al., 2005).

Hasta la fecha, pues, la prevención sigue estando limitada a la orientación general a la higiene en el parto, una nutrición adecuada (Ca, Se, Vit E, etc.) y al control de las enfermedades infecciosas.

2.4.3 Infecciones uterinas

Las infecciones uterinas bacterianas son importantes, porque no sólo alteran la función del útero, sino también la ovárica y los centros superiores de control en el hipotálamo y la hipófisis. Debido a la propia infección bacteriana y también mediante la respuesta inmunitaria asociada, la salud y la fertilidad del animal se hallan en peligro. Para el veterinario por tanto, el diagnóstico preciso y el tratamiento adecuado de la enfermedad uterina son componentes clave de todos los programas de manejo de la reproducción.

2 Reproducción Bovina

Tabla 10 Factores de riesgo para el asentamiento de la enfermedad uterina bacteriana en el ganado vacuno.

Adaptada de Sheldon y Dobson (2004)

Factores de riesgo para el asentamiento de la enfermedad uterina bacteriana en el ganado vacuno
Lesiones uterinas - Abortos, gemelos, distocia, cesárea - Retención de placenta - Involución uterina retardada
Problemas metabólicos - Fiebre de la leche, cetosis y desplazamiento de abomaso hacia la izquierda
Equilibrio entre patogenicidad e inmunidad - Interrupción de la función de los neutrófilos - Tipo de flora bacteriana en el lumen uterino - Administración de progesterona o glucocorticoides; formación precoz del cuerpo lúteo - El nivel de higiene del entorno de las vacas o de los cubículos puede tener una importancia menor

Definición

Durante muchos años, los investigadores científicos y los veterinarios han visto la necesidad de que un nuevo conjunto de definiciones describa los distintos problemas uterinos. Una de las clasificaciones más populares diferenciaba la endometritis aguda (secreción vaginal, útero aumentado de tamaño y enfermedad clínica), que se daba hasta 14 días después del parto, de la endometritis subaguda-crónica (secreción vaginal limitada, ausencia de signos clínicos), que se da más de 14 días después del parto.

Recientemente, Sheldon et al. (2006) propusieron unas definiciones clínicas claras que permitían describir y diferenciar los problemas uterinos más importantes.

Metritis puerperal

Se trata de una enfermedad sistémica aguda provocada por una infección bacteriana del útero que tiene lugar, generalmente, durante los primeros 10 días del posparto.

Los signos clínicos incluyen una secreción uterina fétida, marrón y líquida y, generalmente pirexia. En casos graves también

Reproducción Bovina 2

pueden darse una reducción en la producción de leche, aletargamiento, inapetencia, un ritmo cardíaco elevado y una aparente deshidratación.

La metritis puerperal suele estar asociada con la retención placentaria, la distocia, el aborto o la gestación gemelar.

Se ha propuesto que los animales con un útero anormalmente agrandado y una secreción uterina purulenta detectable a través de la vagina dentro de los primeros 21 días tras el parto, pero no clínicamente enfermos, deberían considerarse afectados por una endometritis clínica.

Endometritis clínica

La endometritis clínica se caracteriza por la presencia de un exudado uterino purulento (>50% pus) o mucopurulento (aproximadamente 50% pus y 50% moco) en la vagina, 21 o más días después del parto y no acompañado de signos sistémicos.

Endometritis subclínica

Consiste en la inflamación endometrial del útero, generalmente determinada mediante citología, en ausencia de material purulento en la vagina. Se propone definir que una vaca padece una endometritis subclínica si tiene >18% neutrófilos en las muestras de citología uterina recogidas 21-33 días tras el parto o >10% de neutrófilos a los 34-47 días, en ausencia de endometritis clínica.

Las bacterias del entorno contaminan el lumen uterino de la mayoría de las vacas en el posparto. La eliminación de esta contaminación depende de la involución uterina, de la regeneración del endometrio y de los mecanismos uterinos de defensa.

El sistema innato de defensa es responsable, principalmente, de combatir la contaminación bacteriana del útero mediante un surtido de mecanismos anatómicos, fisiológicos, fagocíticos e inflamatorios. Los neutrófilos son la célula fagocítica más precoz e importante en ser reclutada, desde la circulación periférica al lumen uterino, en el caso de una infección bacteriana. No obstante, en muchas vacas, la capacidad funcional de los neutrófilos se ve reducida tras el parto. Zerbe et al. (2000) demostraron que las enfermedades metabólicas, y especialmente

2 Reproducción Bovina

un incremento en los niveles sanguíneos de triglicéridos hepáticos, estaban asociados con una actividad citotóxica reducida de los neutrófilos obtenidos de la circulación general y en la pared uterina, predisponiendo con toda probabilidad, a una enfermedad uterina.

El papel de la progesterona

El entorno endocrinológico en el posparto tiene un profundo efecto sobre la respuesta inmunitaria del útero. Lewis (2003) demostró y resumió que las concentraciones de progesterona en la fase lútea suprimen la respuesta inmunitaria, haciendo que el útero sea más susceptible a la infección bacteriana. Tal y como concluye Lewis a partir de las numerosas pruebas reportadas, la susceptibilidad a las infecciones uterinas está asociada con un aumento en la concentración de progesterona, una reducción en la producción de PGF_{2α} y una reducción de la proliferación de linfocitos in vitro.

Bacteriología de las infecciones uterinas

La endometritis aguda se caracteriza por la presencia de coliformes, anaerobios Gram-negativos, *Arcanobacterium pyogenes* y otras bacterias (incluyendo a los peptostreptococos), cada uno de ellos con una frecuencia similar. En las vacas con una endometritis subaguda/crónica, las bacterias más frecuentemente aisladas en el útero son *Arcanobacterium pyogenes* y los anaerobios Gram-negativos. Los coliformes y otras bacterias se aíslan con menor frecuencia. Parece haber una sinergia entre *Arcanobacterium pyogenes* y los anaerobios Gram-negativos. *Bacteroides melanogenicus* y *B. fragilis* producen y secretan ciertas sustancias que pueden dificultar la fagocitosis de las bacterias por parte de las células inmunitarias. Se ha visto que *F. necrophorum* produce leucotoxinas, que ejercen su efecto citotóxico sobre las células inmunitarias fagocíticas. *A. pyogenes* es capaz de liberar sustancias de tipo factor del crecimiento que estimulan la multiplicación de *F. necrophorum*.

Efectos de la salud uterina sobre la fertilidad

La influencia negativa de las infecciones uterinas bacterianas está relacionada con la presencia de las bacterias y sus toxinas y también con los daños provocados por el proceso inflamato-

Reproducción Bovina 2

rio que se da como respuesta a la infección. La presencia de *A. pyogenes* o de bacterias anaerobias da lugar a una reducción de la fertilidad. Es extremadamente importante tener presente que la endometritis provoca infertilidad en el momento de la infección y subfertilidad incluso después de la resolución exitosa de la enfermedad. Se estima que en las vacas con endometritis el porcentaje de concepciones es, aproximadamente, un 20% menor, y el intervalo entre partos es 30 días mayor, lo que da como resultado un 3% más de animales eliminados debido a razones de fracaso reproductivo (LeBlanc et al., 2002).

La subfertilidad asociada con las infecciones uterinas también implica la interrupción de la actividad ovárica. Opsomer et al. (2000) sugirieron que los daños uterinos interrumpen el mecanismo luteolítico, lo que provoca la prolongación de la fase lútea. Estos estudios epidemiológicos también indicaron que la infección uterina da lugar a una ovulación retardada. Además, Sheldon et al. (2002) mostraron que la función ovárica se ve interrumpida en el vacuno con una mayor contaminación bacteriana tras el parto, que se manifiesta en forma de un ritmo de crecimiento más lento y una menor producción de estradiol por parte del primer folículo dominante del posparto.

Además de los efectos sobre la fertilidad, las infecciones uterinas contribuyen a una menor producción de leche, especialmente si están asociadas con una retención de la placenta (Eslemont y Kossaibati 2002; Sheldon et al., 2004).

Los datos sobre la prevalencia de la endometritis en las explotaciones lecheras varía, oscilando entre el 7,5-8,9% hasta más del 40% (Gilbert et al., 2006). No obstante, investigaciones posteriores por parte de estos autores vieron que la prevalencia de endometritis diagnosticadas mediante citología es del 37%-74% entre los 40 y los 60 días tras el parto.

Independientemente de los mecanismos subyacentes a la subfertilidad provocados por las infecciones uterinas, es importante que los veterinarios diagnostiquen y traten las enfermedades uterinas rápida y eficazmente.

El diagnóstico de la metritis dentro de los 10 días tras el parto es relativamente fácil. Está asociada con la pirexia, un pus fétido en el interior del lumen uterino y la vagina y su secreción por la vulva, y una involución uterina retardada.

2 Reproducción Bovina

La línea de tratamiento más eficaz para la metritis consiste en el uso de antibióticos intrauterinos especialmente oxitetraciclinas y cefalosporinas y antibioticos parenterales en los animales con la temperatura corporal elevada.

La endometritis subaguda/crónica puede resultar más difícil de diagnosticar. En un estudio realizado por Intervet, sólo el 51% de las vacas con endometritis subaguda/crónica mostraron una secreción vaginal visible externamente.

El diagnóstico definitivo de la endometritis se realiza basándose en el examen histológico de biopsias del endometrio, que también son de utilidad para valorar la fertilidad subsiguiente (Bonnet et al., 1993). No obstante, esta técnica es onerosa, lleva tiempo y no es fácil llevarla a cabo en condiciones de campo. La citología del contenido uterino proporciona una información muy valiosa, permitiendo el diagnóstico de los casos subclínicos (Gilbert et al., 2004; Kasimanickam et al., 2004). Ninguno de estos métodos es muy usado en el campo, y el diagnóstico de la enfermedad uterina suele depender enteramente del examen clínico.

El método más preciso para el diagnóstico de la endometritis en condiciones clínicas consiste en el examen de la vagina para ver si existe pus. El uso de la vaginoscopia es, por tanto, muy recomendable o, como alternativa, se puede explorar la vagina manualmente, retirando el moco cervical para realizar el examen.

La ventaja de este último método consiste en que es barato, rápido y permite la detección de laceraciones vaginales y detectar el olor de cualquier secreción vaginal (Sheldon et al., 2006). Además, existe un nuevo utensilio llamado Metrichcek (Metrichcek®, Simcro, Nueva Zelanda), que consiste en un bastón de acero inoxidable con una semiesfera de goma que puede usarse para recoger contenidos vaginales.

La valoración de la endometritis se realiza basándose en el estado del útero y las características del moco vaginal. Hay un sistema de puntuación del moco ampliamente usado para indicar el grado del proceso inflamatorio (Tabla 11).

Reproducción Bovina 2

Tabla 11 Puntuación de la Endometritis Clínica (Sheldon y Dobson 2004).

El moco vaginal es valorado, de acuerdo con sus características y su olor, según las siguientes descripciones. La suma de las dos puntuaciones nos proporciona la puntuación de endometritis.

Descripción	Puntuación
Características del moco	
Moco transparente o translúcido	0
Moco transparente o translúcido con flecos blancos de pus	1
< 50 ml de exudado que contienen < 50% de pus blanco o de color crema	2
> 50 ml de exudado que contiene > 50% de pus blanco, crema o sanguinolento	3
Olor del moco	
Sin olor desagradable	0
Olor fétido	3

El antibiótico escogido para tratar la endometritis crónica debe poder eliminar la infección bacteriana al tiempo que permanece activo en el entorno anaerobio del útero. Además, debería dejar los mínimos residuos en la carne o la leche. Metricure® ha sido desarrollado especialmente con este objetivo y para satisfacer estas necesidades. Se ha visto que las vacas tratadas eliminan la infección uterina bacteriana, lo que da lugar a una mejora en el desempeño reproductivo. Además, se ha demostrado que la cefapirina, a dosis clínicas, no tiene efectos negativos sobre la función de los neutrófilos o la eliminación de las bacterias (Brooks et al., 1998).

A veces, el problema crónico sólo se detecta cuando se aprecian pequeños flecos de pus en el moco vaginal o en el extremo de una pipeta de inseminación. No es infrecuente que estos flecos aparezcan en el moco vaginal unas 2-3 horas después de la IA, ya que el examen manual del útero y el cérvix permite que salgan hacia el lumen uterino pequeñas cantidades de exudado.

En tales casos, la vaca puede seguir siendo inseminada y se le puede proporcionar un tratamiento intrauterino el día después de la IA. El embrión seguirá protegido en el oviducto, llegando al útero tratado alrededor del día 5.

2 Reproducción Bovina

En casos de endometritis en los que está presente un cuerpo lúteo, el tratamiento de elección es una combinación de una inyección de prostaglandina y antibióticos intrauterinos. La luteolisis inducida elimina el efecto inmunosupresor de la progesterona y mejora la tonicidad uterina. La administración intrauterina de antibióticos de amplio espectro no sólo elimina la infección bacteriana responsable del proceso inflamatorio, también evita que queden bacterias en el lumen uterino y que se multipliquen durante la siguiente fase lútea, con el consiguiente recrudecimiento de la endometritis (Lewis 2004).

Uso rutinario de las prostaglandinas en el tratamiento y la prevención de los problemas uterinos

Las prostaglandinas han sido usadas durante décadas como tratamiento para la endometritis aguda y la crónica, además de como forma de profilaxis al administrarla rutinariamente tras el parto. Como es bien sabido, la PGF_{2α} exógena induce la luteolisis, que reduce los niveles circulantes de progesterona, eliminando su efecto inmunosupresor y permitiendo que el útero se libre de infecciones (Murray et al., 1990; Lewis 1997; Heuwieser et al., 2000). Los resultados de las pruebas clínicas con PGF_{2α} para el tratamiento de la endometritis clínica en ausencia de un cuerpo lúteo activo no son constantes (Sheldon y Noakes 1998; LeBlanc et al., 2002; Mejía Lacau-Mengido 2005). Lewis (2004) sugiere, no obstante, que incluso la administración de prostaglandinas en una endometritis sin un cuerpo lúteo presente, puede aportar ciertas ventajas mediante un efecto beneficioso directo de la PGF_{2α} sobre la función de las defensas inmunitarias uterinas.

Como ya se ha mencionado, la combinación de prostaglandinas con antibióticos intrauterinos parece proporcionar la mejor solución para eliminar la infección y evitar una recidiva durante las fases luteales subsiguientes (Lewis, 2004; Kasimanickam et al., 2005; Sheldon et al., 2006).

No obstante, ha habido una gran controversia sobre el presunto valor del uso rutinario de prostaglandinas al principio del periodo del posparto, en ausencia de un cuerpo lúteo funcional. Hay informes conflictivos sobre la eficacia de las prostaglandinas exógenas en cuanto a incrementar el ritmo de la involución uterina, provocando la evacuación de bacterias y suciedad

Reproducción Bovina 2

del útero y, como consecuencia, mejorando los porcentajes de concepción. Las prostaglandinas serían más constantemente eficaces si en estos casos fueran administradas cuando hay un cuerpo lúteo presente. En la mayoría de las vacas en el posparto, estaríamos hablando de 17-24 días posparto. Muchos veterinarios creen que la luteolisis secuencial con prostaglandina exógenas en momentos específicos del posparto da como resultado la exposición del útero a concentraciones normales de progesterona durante intervalos más breves, reduciendo así la susceptibilidad del útero a la infección bacteriana. Muchos estudios publicados no han conseguido demostrar un beneficio claramente medible de un tratamiento tal (Burton y Lean 1995; Hendricks et al., 2005), mientras que otros han mostrado una reducción de los problemas uterinos y una mejora de la fertilidad (Etherington et al., 1994; Nakao et al., 1997).

La piometra puede considerarse una forma concreta de endometritis crónica, en la que está presente un cuerpo lúteo persistente. Durante la fase de dominio de la progesterona, el útero tiene una menor resistencia a la infección:

- El pH es menor, lo que crea unas condiciones mejores para los patógenos comunes del útero.
- La actividad leucocitaria está retardada y reducida.
- La secreción uterina no tiene un efecto detoxificante.

La liberación de prostaglandina $F_{2\alpha}$ por parte del útero es insuficiente para provocar la luteolisis. Las inyecciones de prostaglandina pueden, por tanto, usarse para tratar la piometra. El cuerpo lúteo regresa y esto se ve seguido de la maduración de un nuevo folículo. La contractilidad uterina aumenta, el cérvix se relaja y el material purulento es expulsado. El cambio en el equilibrio hormonal (más estrógeno/menos progesterona) estimula los mecanismos de autodefensa uterina.

Debería mencionarse, no obstante, que el resultado del tratamiento depende en gran medida de su sincronía, y las vacas tratadas deberían ser bien monitorizadas, ya que las recidivas son comunes. Por tanto, se recomienda encarecidamente que estos animales reciban una segunda inyección de prostaglandinas 12-14 días después. La inseminación puede iniciarse una vez que el útero se haya recuperado, lo que suele llevar entre 4 y 8 semanas.

2 Reproducción Bovina

Puede usarse, además, la antibioterapia intrauterina (Metricure®). En vista de la naturaleza destructiva de la piometra, cualquier infusión intrauterina debería ser no irritante para prevenir una destrucción incluso mayor del endometrio.

Vaginitis

En las terneras, la vaginitis es una secuela bastante común de la monta natural y no suele requerir tratamiento. En las vacas adultas la vaginitis puede deberse a una infección ambiental y puede fácilmente, dar lugar a una endometritis. Suele ser difícil diferenciar clínicamente estos dos problemas. Lo mejor es tratar a los animales no gestantes como si se tratara de una endometritis. La prevención debe basarse en la mejora de la higiene.

Varias inflamaciones concretas se ven acompañadas de vaginitis y/o endometritis. Véase Abortos (Capítulo 4.8).

2.4.4 Anestro

Cuando no se observa a una vaca lechera en estro pasados 60 días tras el parto (ya esté ciclando o no), definimos esta situación como Anestro Posparto (APP).

Algunas definiciones evitarán los malentendidos:

- Anestro: No se observa a la vaca en estro, ya sea porque no ha entrado en celo (no cicla) o porque no se detectó el celo (cicla).
- Anestro verdadero: La vaca no entra en celo porque sus ovarios no desarrollan folículos preovulatorios.
- Subestro: La vaca tiene una actividad cíclica normal, pero no se la observa en estro debido a un comportamiento de celo débil o ausente o a una observación insuficiente.

Vacas cíclicas

Subestro

El subestro, o la incapacidad de observar el estro, es el caso de anestro posparto más común. Incluye a animales que muestran un celo normal, o un comportamiento de celo débil o inexistente.

tente. La diferenciación entre ellos es prácticamente imposible. La acción debe basarse, en primer lugar, en la mejora de la detección del celo: saber qué buscar, observar durante suficiente tiempo, con la suficiente frecuencia, una identificación precisa de los ejemplares, unos buenos registros de fertilidad y, posiblemente, el uso de kits de la prueba de la progesterona. Véase Detección del celo (2.4).

El control del estro y de la ovulación mediante el uso de prostaglandinas, hormona liberadora de las gonadotropinas o progestágenos puede aliviar algunos problemas propios de la detección del celo mediante la definición del periodo durante el que el ganadero puede esperar ver el celo. Véase Control del estro (2.3).

Vacas no cíclicas

Anestro verdadero

El reinicio de la actividad cíclica tras el parto está influido por la nutrición, la condición corporal, el amamantamiento, la lactación, la distocia, la raza, la edad, la estación, la patología uterina y las enfermedades concurrentes. En la mayoría de las explotaciones lecheras con un buen manejo, menos del 10% de las vacas no consiguen ovular a los 40 días del parto. En el vacuno de carne, esta cifra puede ser de hasta el 60% en razas europeas e incluso hasta del 100% en animales cebuinos bajo condiciones tropicales, debido al efecto supresor del amamantamiento, la nutrición, la estación, etc. En vacas de carne tropicales a las que se les quita el ternero a los pocos días de edad, sus ciclos estrales se reinician entre la segunda y tercera semana posparto (Henano et al 2000), sin embargo, aquellas vacas que amamantan su ternero en forma constante, el reinicio de la actividad estral puede tardarse hasta por más de 150 días pos parto (Ruiz-Cortez y Olivera Angel 1999).

El crecimiento de los folículos hasta el tamaño ovulatorio se inicia poco después del parto con la formación del primer folículo dominante. Este puede ser detectado en vacas productoras de carne de tipo cebuino ubicadas en el trópico, hasta el día 78 del posparto (Ruiz-Cortez et al 1999); sin embargo, en estos animales, un bajo porcentaje de estos folículos ovulan (11 a 50%) frente a más del 70% en vacas productoras de leche (Savio et al 1990). Estos resultados indican que el extenso periodo

2 Reproducción Bovina

existente entre el parto y la primera ovulación se debe en gran medida a una falla en la ovulación de los primeros folículos dominantes (Ruiz-Cortes et al 1999). No se conocen claramente los factores involucrados en el desarrollo final de los folículos preovulatorios; pero la ovulación del primer folículo dominante puede inducirse mediante la administración de GnRH (Crowe et al 1993), o el destete del ternero en vacas cebuinas (Henaó et al 2000).

Como se relaciona el amamantamiento con la inhibición de la actividad reproductiva posparto

La principal limitación para el restablecimiento de los ciclos estrales posparto en vacas cebuinas es la baja secreción de GnRH y LH. Se ha observado que el amamantamiento constante disminuye la liberación de LH, prolongando el periodo de anestro posparto, por el contrario, el destete del ternero incrementa la liberación de GnRH (Gazal et al., 1998) y por lo tanto la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH (Yavas y Walton 2000).

De acuerdo con Osawa et al. (1988) la liberación de sustancias opioides generadas por la presencia física y el amamantamiento del ternero, actúan de manera directa sobre las neuronas productoras de GnRH, afectando la liberación de dicha hormona y de esta manera, de forma indirecta la de LH. Algunas observaciones adicionales que apoyan la sugerencia anterior son:

1. Existe asociación neural entre las neuronas productoras de GnRH y las neuronas productoras de opioides.
2. La administración de morfina (agonista de estos opioides) disminuye la concentración de LH después de la separación del ternero y
3. La administración de antagonistas opioides incrementan hasta 6 veces la expresión de la proteína c-fos en neuronas GnRH (Boukjlilq et al., 1999). Sin embargo aun no se conoce si la liberación de los opioides endógenos dentro del hipotálamo actúa a nivel presináptico por liberar catecolaminas o directamente en las neuronas productoras de GnRH.

Otros investigadores proponen que la presencia del ternero incrementa la sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa del estradiol producido por el ovario, resultando en baja secreción de LH. A medida que el periodo posparto transcurre, el pulso generador de GnRH se torna menos sensible, incrementando la secreción pulsátil de LH

Reproducción Bovina 2

hasta terminar un pico preovulatorio de dicha hormona con la consecuente ovulación (García-Winder et al., 1984)

En base a estos conocimientos, se han propuesto algunas medidas de manejo encaminadas a disminuir el tiempo en que las vacas y sus crías permanecen juntas y de esta forma acortar el periodo de anestro, De acuerdo con Perez-Hernandez et al. (2001), estas son:

1. Destete temporal o interrupción temporal del amamantamiento
2. Destete precoz
3. Amamantamiento restringido
4. Amamantamiento retrasado (Especialmente en animales de Doble Propósito)

Beneficiándose del uso de la ultrasonografía y de los crecientes conocimientos sobre la dinámica folicular del vacuno, Wiltbank et al. (2002) propusieron la siguiente clasificación del estado anovulatorio:

1. Anovulación con crecimiento folicular hasta la fase de emergencia:
En esta forma de anestro, las vacas muestran unos folículos muy pequeños que crecen sólo hasta la fase de emergencia y que no progresan más. Los autores especulan que esta forma de anestro está relacionada con una deficiencia relativa en la secreción de FSH.
2. Anovulación con crecimiento folicular hasta la fase de desviación:
En esta forma de anestro, tiene lugar el crecimiento folicular y éste progresa, pasando por la emergencia y la desviación, pero no prosigue hasta la ovulación. Es una forma de anestro reportada con frecuencia. Parece darse en todas las vacas en el periodo prepúber y se da, frecuentemente, en el periodo del posparto en las vacas lecheras lactantes y en las vacas de carne que amamantan a un ternero. Los signos característicos consisten en unos ovarios pequeños sin cuerpo lúteo ni folículos de tamaño ovulatorio, incluso aunque muestren un crecimiento continuo en forma de un patrón de ola dinámica hasta la fase de desviación. El problema fisiológico subyacente consiste en el efecto inhibitorio del estradiol sobre los pulsos de GnRH/LH, que no permite el crecimiento hasta la fase final ni la producción de estradiol por parte del folículo dominante tras la desviación.

2 Reproducción Bovina

2.4.4.1 Tratamiento del anestro en el vacuno

La mejora del estado energético de las vacas lecheras proporcionándoles una nutrición óptima durante el periodo de transición y a principios de la lactación puede reducir el periodo de anestro asociado con la falta de pulsos de LH. En las vacas de carne, una mejora en el estado energético y/o una reducción de la frecuencia con la que se permite mamar a los terneros puede hacer incrementar los pulsos de LH y adelantar la primera ovulación.

El tratamiento hormonal puede usarse para estimular a las vacas anovulatorias, especialmente en combinación con un incremento del aporte de energía en la ración de las vacas lecheras y un incremento de la energía y/o una reducción de la frecuencia del amamantamiento en las vacas de carne.

Progestágenos

El uso de progesterona o de progestágenos para el tratamiento del anestro es beneficioso porque inicia el ciclo estral con una ovulación y facilita una fase lútea subsiguiente de duración normal.

Los mejores resultados se han conseguido, hasta el momento, usando progesterona o progestágenos como el norgestomet (Crestar®), en combinación con una inyección de estradiol al inicio del tratamiento. La inyección de eCG (Folligon®) puede usarse tras un periodo de tratamiento con progesterona, y forma parte integral del sistema Crestar® para inducir el celo y la ovulación en vacas con anestro anovulatorio. Usando ecografía transrectal diaria, Rhodes et al. (2000) demostraron que las vacas en anestro tratadas con pequeñas dosis de progesterona no desarrollaban unos folículos ováricos persistentes como los de las vacas tratadas después de que se hubieran iniciado los ciclos estrales. Así, sería posible obtener unos resultados satisfactorios en este grupo de vacas únicamente con un tratamiento de progesterona o progestágenos.

La hormona liberadora de gonadotropinas también debe usarse al principio del tratamiento con progesterona para provocar la regresión del folículo dominante presente y para sincronizar la emergencia de una nueva cohorte de folículos. Este protocolo cuenta con el efecto adicional de inducir la ovulación y la for-

Reproducción Bovina 2

mación de un cuerpo lúteo en la mayoría de las vacas, lo que da como resultado unas concentraciones elevadas de progesterona en el plasma en comparación con las vacas no tratadas con GnRH (Xu et al., 2000a). Para asegurar la ausencia de tejido luteal tras la retirada de un dispositivo liberador de progesterona, suelen incluirse prostaglandinas en dichos protocolos.

El estradiol ha sido usado para estimular la ovulación y la expresión del estro tras el tratamiento con progesterona, especialmente en Nueva Zelanda.

En las vacas que amamantan un ternero y que sufren un anestro profundo, el destete temporal (separar al ternero de la madre durante 48 horas) en el momento de la retirada de la progesterona/progestágeno proporciona una estimulación ovárica adicional.

Análogos de la GnRH en combinación con prostaglandinas

La capacidad de los análogos de la GnRH para inducir la ovulación durante el periodo de anestro anovulatorio del posparto permite el uso de programas tales como el Ovsynch para tratar el anestro en el vacuno. El uso de este protocolo, junto con la separación de la vaca y el ternero, fue comparado con el uso de implantes de norgestomet y la inyección de valerato de estradiol en vacas de carne *bos taurus* en anestro y en las vacas que habían recuperado los ciclos estrales. Los porcentajes de gestaciones fueron similares en las vacas que previamente estaban en anestro y que fueron tratadas con cualquiera de los dos protocolos y fueron equivalentes a los obtenidos en las vacas que habían recuperado los ciclos estrales antes del tratamiento con el protocolo Ovsynch (Geary et al., 1998). En las vacas en anestro que pastan, el uso de un protocolo Ovsynch dio como resultado unos porcentajes de gestaciones con la primera inseminación y un intervalo medio hasta la concepción similares en comparación con las vacas tratadas con dispositivos CIDR y benzoato de estradiol al observar el estro (McDougall et al., 2001). No obstante, los resultados sugieren que el protocolo Ovsynch puede ser beneficioso para el tratamiento de las vacas en anestro en las que la detección de celos es un problema, aunque los porcentajes de gestación son menores que los obtenidos en vacas que han recuperado los ciclos estrales (Cartmill et al., 2001).

El tratamiento hormonal puede reducir, de forma eficaz, el intervalo hasta la primera ovulación y sincronizar los celos en

2 Reproducción Bovina

variedad de estados fisiológicos. Sin embargo, la respuesta al tratamiento no es uniforme ni entre distintos rebaños ni dentro de un mismo rebaño y parece ser dependiente de aquellos factores que influyen en la prevalencia del anestro, como la edad, la condición corporal y el intervalo tras el parto. En las vacas con anestro en el posparto y con una condición corporal baja, los porcentajes de respuesta en forma de estro y los porcentajes de gestación suelen ser bajos, independientemente del método usado.

Cuerpo Lúteo Persistente/Piometra.

Los cuerpos lúteos persistentes suelen verse acompañados de un problema uterino que evita la secreción de suficiente prostaglandina para que se dé la luteolisis. El tratamiento consiste, principalmente, en la administración de prostaglandina exógena para provocar la regresión del cuerpo lúteo persistente.

Quistes ováricos.

El anestro es un posible síntoma de los quistes ováricos. Para obtener más información, véase Quistes Ováricos (Capítulo 4.5 Quistes Ováricos).

2.4.5 Quistes Ováricos

Tradicionalmente, los quistes han sido definidos como estructuras foliculares anovulatorias (de diámetro >25 mm) que persisten 10 o más días en ausencia de un cuerpo lúteo funcional y que están acompañadas de un comportamiento anormal de estro (intervalos irregulares entre celos, ninfomanía o anestro). Sin embargo, datos recientes usando ultrasonografía, indican que normalmente, los folículos ovulan cuando tienen 17 mm de diámetro, por lo que los folículos que persisten con este diámetro o uno mayor pueden considerarse “quísticos”.

Los quistes foliculares ováricos son el problema reproductivo más común en las vacas lecheras y se desarrollan aproximadamente en el 6-19% de estos animales (Garverick 1997). Durante el primer periodo del posparto, la incidencia probablemente sea mucho mayor, ya que alrededor de un 60% de las vacas que desarrollan “quistes ováricos” antes de la primera ovulación re-

Reproducción Bovina 2

cuperan los ciclos ováricos espontáneamente (Ijaz et al., 1987). El impacto económico de los quistes ováricos es función de su impacto sobre los días improductivos y de otros costes asociados. Se ha estimado que cada incidente de quistes ováricos añade entre 22 y 64 días improductivos extra y cuesta 137 US\$ debido a la reducción en la producción de leche y los gastos veterinarios (Silvia et al., 2002).

Aunque no se puede culpar a una única causa por los quistes ováricos, una alta producción, la estación, el estrés y un equilibrio energético negativo se consideran factores predisponentes. Los problemas del posparto, como la retención de placenta, la fiebre de la leche y la endometritis se han relacionado con un mayor riesgo de quistes ováricos.

Silvia et al. (2002) propusieron un nuevo modelo para la etiología de los quistes foliculares en el vacuno. Los quistes foliculares ováricos se desarrollan debido a una falta del pico preovulatorio de LH que debería darse como resultado del ascenso preovulatorio del estradiol. La causa principal reside en el hipotálamo, que no secreta un pico de GnRH como respuesta a un estímulo en forma de estradiol. La insensibilidad hipotalámica al estradiol puede estar inducida por unas concentraciones intermedias (subluteales) de progesterona circulante. Si la progesterona se administra a niveles intermedios (0.5-2 ng/ml), bloqueará el pico de LH, evitará la ovulación y dará como resultado la formación de un folículo con un mayor diámetro y persistencia que los de los folículos dominantes normales (Hatler et al., 2003). Este concepto ha sido demostrado con el descubrimiento de que un tratamiento con dosis bajas de progesterona, como el suministrado por muchos dispositivos liberadores de progesterona usados para la sincronización de celos, puede dar lugar a la formación de un folículo dominante persistente.

Los quistes ováricos pueden diferenciarse en lúteos o foliculares, dependiendo del grado de luteinización, siendo los quistes foliculares los más comunes. Los quistes lúteos se asocian con el anestro, pero no es posible diferenciar entre quistes foliculares y lúteos basándonos sólo en el comportamiento. Los quistes lúteos tienen una pared más gruesa que sólo unos pocos veterinarios experimentados parecen poder detectar mediante la

2 Reproducción Bovina

palpación rectal. Un nivel alto de progesterona en la leche o en el plasma es indicativo de un quiste lúteo.

Hay pruebas que indican la existencia de una base genética en el problema provocado por los quistes ováricos. Los factores nutricionales incluyen la deficiencia de β -caroteno y los fitoestrógenos.

La administración de GnRH (Receptal®/Conceptal®; Fertagyl® 5,0 ml) es el tratamiento de elección. Actúa estimulando a la hipófisis para que secrete LH y FSH. El pico inducido de LH da lugar a la luteinización del folículo quístico. Dependiendo del tipo de quiste y, posiblemente, de la dosis de GnRH, se puede inducir la ovulación de algunos folículos quísticos. Tras el tratamiento, el 60-80% de las vacas entrarán en celo entre 18 y 23 días después de la inyección.

Como tanto los quistes foliculares como los lúteos responden a este tratamiento de forma similar, la diferenciación es innecesaria, y los autores suelen estar de acuerdo en que la administración de GnRH sigue siendo la mejor terapia inicial para la mayoría de las vacas con quistes ováricos.

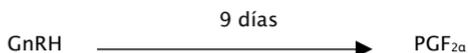
La administración intravenosa de hCG (Chorulon®; 1500-3000 UI) es otra posibilidad. La hCG es una gonadotropina con una fuerte actividad de tipo LH. Tiene una vida media, en el vacuno, de casi 2 días y, por tanto, ejerce un efecto luteotrópico de larga duración directamente sobre el quiste y, por tanto, se reserva para los casos recurrentes.

Distintos estudios han indicado que la exposición previa de las células efectoras del folículo ovárico a niveles suficientes de progesterona es esencial para su sensibilización a una estimulación posterior por parte de las gonadotropinas. Así pues, el uso de progesterona o de progestágenos es un tratamiento lógico para los quistes foliculares y ha dado lugar a resultados muy alentadores, ya sea solo o en combinación con GnRH (Calder et al., 1999; Todoroki et al., 2001; Ambrose et al., 2004).

Para reducir el número de días improductivos y la incidencia de los quistes ováricos, White et al. (1996) propusieron un sistema basado en la GnRH/prostaglandinas. Este régimen puede usarse entre 30 y 90 días tras el parto e implica la adminis-

Reproducción Bovina 2

tracción de GnRH (Receptal®/Conceptal®) cuando se detecta el quiste seguido, 9 días más tarde, de PGF_{2α} (Prosolvin®, Cyclix®, Iliren C®).



Una vez que ha tenido lugar la luteinización del quiste gracias a la GnRH, el tejido lúteo se ha desarrollado en el transcurso de 9 días tras el tratamiento. El cuerpo lúteo resultante debería entonces responder al tratamiento subsiguiente de prostaglandinas y se inicia un nuevo ciclo estral.

Como alternativa, se puede usar un protocolo Ovsynch clásico para el tratamiento de los quistes ováricos en las vacas lecheras lactantes, tal y como demostraron Bartolome et al. (2000), que reportaron que la sincronización de la ovulación y la inseminación a tiempo fijo con un protocolo Ovsynch dio como resultado unos porcentajes de gestación, al cabo de 7 días, similares a los de la sincronización del estro y la inseminación tras un celo inducido.

Las vacas que no han entrado en celo en el transcurso de 23 días tras el tratamiento con GnRH o hCG deben ser examinadas en caso necesario, ya que esto indica que no consiguieron responder a la primera inyección.

La prevención de los quistes ováricos puede enfocarse mediante la identificación y la eliminación de las causas contribuyentes de este problema (estrés periparto, insuficiencias nutricionales e infecciones uterinas). Además, se ha visto que la administración de GnRH el día 14 tras el parto reduce la incidencia de los quistes ováricos (Britt et al., 1977). La administración anterior a esta fecha es ineficaz, ya que la hipófisis es incapaz de secretar LH, como respuesta a la GnRH, antes de los 12-14 días tras el parto.

La terapia con prostaglandinas también se usa para tratar a las vacas con quistes de tipo lúteo. No obstante, la respuesta y el porcentaje de curación dependen de la presencia de tejido lúteo y de la precisión del diagnóstico de que el quiste es, efec-

2 Reproducción Bovina

tivamente, lúteo. Como se ha reportado que la palpación no tiene precisión como medio para diferenciar entre los quistes lúteos y los foliculares, es mejor basar el diagnóstico en las concentraciones de progesterona en plasma o leche o usar la ultrasonografía.

2.4.6 Mortalidad embrionaria

El periodo que va desde la concepción hasta el día 45 de la gestación se conoce con el nombre de fase embrionaria. Se ve seguida de la fase fetal, que dura hasta el parto.

La mortalidad embrionaria es considerada como una de las causas principales del fallo reproductivo en el vacuno, dando lugar a una reducción en los porcentajes de gestaciones, una ralentización del progreso genético y pérdidas económicas considerables en la producción lechera y de carne de vacuno. La mortalidad embrionaria hace referencia a las pérdidas que se dan en el periodo entre la fertilización y la finalización de la fase de diferenciación, aproximadamente el día 42. Se acepta generalmente, que el porcentaje de fertilización es del orden del 90% y que las pérdidas embrionarias suponen el 29-39% de las pérdidas tras la fertilización, dándose la mayoría de ellas entre los días 8 y 16 después de la fertilización (Roche et al., 1981; Dunne et al., 2000).

La mortalidad embrionaria temprana, es decir, antes del día 15, no afecta a la duración del ciclo. Cuando el embrión muere después de esta fecha, la vaca retorna el estro cuando el cuerpo lúteo regresa y, por tanto, el ciclo se alarga.

La mortalidad embrionaria a finales de la fase embrionaria (después del día 35-45) puede diagnosticarse. Aunque en algunos casos el embrión y las membranas sufren un aborto, frecuentemente, los restos se reabsorben. El cuerpo lúteo puede persistir mucho tiempo, retardando así el retorno al celo. Generalmente, el único signo obvio es un retorno al celo a una fecha tan tardía como a los 25-50 días después de la inseminación.

Algunos de los factores que influyen en la mortalidad embrionaria son:

- La fertilidad inherente del macho y la hembra.
- Las anomalías cromosómicas del embrión.
- La edad de la vaca.

Reproducción Bovina 2

- Anomalías uterinas (p. ej. endometritis).
- Daños al embrión por una palpación rectal (p. ej. al hacer el diagnóstico de gestación).
- Enfermedades que provocan fiebre.
- Estrés térmico.
- Inseminación retardada (reducción de la fertilidad del óvulo).
- Función lútea insuficiente

Mecanismos del reconocimiento de la gestación en el vacuno

Durante el ciclo estral normal, un mecanismo eficaz que implica a la oxitocina y la prostaglandina $F_{2\alpha}$ asegura una luteolisis rápida del cuerpo lúteo y la iniciación de un nuevo ciclo estral. La oxitocina producida por el cuerpo lúteo se une a los receptores específicos del endometrio, estimulando así la secreción de $PGF_{2\alpha}$ por parte de las células endometriales (Silvia et al., 1991; Wathes et al., 1995; Mann et al., 2001). La prostaglandina es secretada en el torrente sanguíneo, llega al ovario y provoca la regresión del cuerpo lúteo. Los niveles crecientes de estrógenos producidos por los folículos ováricos en crecimiento estimulan la expresión de los receptores de la oxitocina.

Para mantener al cuerpo lúteo y la gestación, debe tener lugar un mecanismo eficaz para el reconocimiento de la gestación. En otras palabras, el embrión en desarrollo debe producir una señal específica para evitar la luteolisis que de otro modo, se desencadenaría hacia finales del ciclo estral. Se ha demostrado que los embriones bovinos y ovinos precoces producen y secretan una proteína específica de la gestación: el interferón- τ (INF- τ) (Farin et al., 1989; Mann et al., 1999). El mecanismo de inhibición de la luteolisis mediante el INF- τ se conoce bien en la actualidad e implica la inhibición de los receptores de la oxitocina en el epitelio luminal uterino (Robinson et al., 1999) y la inducción de un inhibidor de la síntesis de prostaglandina (Thatcher et al., 1995). En el vacuno, el mRNA para el interferón- τ se detecta primero en el trofoectodermo, el principal lugar donde se produce, aproximadamente a los 12 días, y alcanza sus niveles máximos entre los días 15 y 16 (Farin et al., 1990). El interferón- τ puede detectarse en primer lugar, en cantidades significativas, en los lavados uterinos a los 14-16 días, coincidiendo con el inicio de la elongación embrionaria (Mann et al., 1998).

2 Reproducción Bovina

Si se da un retraso del desarrollo embrionario o si el crecimiento del embrión y el progreso del ciclo estral maternal no están sincronizados (p. ej. debido a una ovulación retardada o una inseminación tardía), se da como resultado una producción insuficiente o retardada de INF- τ , la inhibición de la luteolisis fracasa y el embrión muere. Se cree que la principal razón de esta secreción alterada del INF- τ por parte de los embriones, resultante de la fertilización de ovocitos liberados mediante una ovulación retardada es un proceso de envejecimiento en el ovocito asociado con un periodo prolongado de dominancia folicular. Se ha discutido que debido a este periodo prolongado y a la ovulación retardada, se dan cambios de maduración precoces en el ovocito que, a su vez, reducen su capacidad de ser fertilizado y de desarrollarse. El mal desarrollo embrionario está, a su vez, asociado con una baja producción de interferón- τ un fracaso en la inhibición de la luteolisis y la pérdida embrionaria (Mann et al., 1996, Man et al., 1998).

Medidas farmacológicas para prevenir la mortalidad embrionaria precoz

Actualmente, las estrategias y los tratamientos farmacológicos más populares enfocados hacia la mejora de los porcentajes de gestación en el vacuno pueden clasificarse en dos grupos:

1. La prevención de la ovulación retardada.
2. El apoyo a la función lútea temprana y la prevención de la luteolisis precoz.

Para que las medidas farmacológicas reduzcan la incidencia de la mortalidad embrionaria temprana véase el capítulo 3.4.

2.4.7 La vaca repetidora

La vaca repetidora es definida como una vaca con una ciclicidad normal y sin anomalías clínicas que no ha conseguido concebir después de por lo menos dos inseminaciones sucesivas. En la práctica, algunos de estos animales habrán sido inseminados en un momento incorrecto. Otras pueden padecer cambios patológicos en el oviducto que son difíciles de palpar, o infecciones uterinas no diagnosticadas.

Reproducción Bovina 2

Los otros tres problemas patológicos asociados con las repeticiones son:

- Endometritis subclínica
- Ovulación retardada
- Funcionamiento insuficiente del cuerpo lúteo

Véanse los capítulos 4.3 y 3.4 para obtener más información.

2.4.8 Abortos

Los abortos en la vaca se definen como la muerte fetal y su expulsión entre los días 45 y 265 de la gestación. Un porcentaje anual de abortos de hasta el 5% se considera normal. Esta cifra excluye la mayoría de los abortos que se dan durante el segundo y el tercer mes de la gestación, ya que no suelen detectarse. Un porcentaje de abortos de más del 10% se considera como un brote de abortos.

El diagnóstico de la causa del aborto es difícil. Sólo en un 20-30% de los casos se realiza un diagnóstico. La falta de muestras adecuadas y una mala calidad de las mismas (autólisis) son razones importantes de esta baja tasa de éxito. La serología suele ser inadecuada. Se ha reportado todo un surtido de causas infecciosas y no infecciosas de abortos. El resumen de la Tabla 12 es, por supuesto, incompleto.

2 Reproducción Bovina

Tabla 12 Diagnóstico diferencial de los abortos en el vacuno.

Causas no infecciosas	Causas infecciosas
Aberraciones genéticas: Anomalías cromosómicas Fitoteratógenos: altramuces (lupinina) Senecio spp.	Virus: Herpesvirus Bovino tipo 1 (BHV1) Herpesvirus Bovino tipo 4 (BHV4) Virus de la Diarrea Vírica Bovina (BVDV) Virus de la Parainfluenza 3 (PI-3) Parvovirus
Nutricionales: Plantas tóxicas Envenenamiento por nitratos Fitoestrógenos Deficiencia de yodo Deficiencia de vitamina A Deficiencia de selenio Envenenamiento por plomo Envenenamiento por cadmio	Bacterias: Brucella abortus Campylobacter foetus Chlamydia psittaci Leptospira hardjo/pomona Listeria monocytogenes Staphylococci, Streptococci Salmonella dublin/typhimurium Pasteurella spp, E. coli, etc.
Estrés: Manejo Temperatura ambiental alta Traumatismos Cirugía Secado Ansiedad Vacunaciones	Protozoos: Toxoplasma gondii Sarcocystis Neospora caninum Trichomonas foetus
Misceláneos: Gestación múltiple Inseminación Terapia con corticoesteroides Terapia con prostaglandinas Alergias Deshidratación	Hongos: Aspergillus spp.
	Mycoplasma spp.

Para incrementar las posibilidades de obtener un diagnóstico, es importante:

- Proporcionar un historial completo del hato y de la vaca.
- Enviar las muestras correctas.

La Tabla 13 lista los principales síntomas de las causas infecciosas de abortos más importantes. El diagnóstico debe confirmarse en el laboratorio. Las muestras enviadas deberían incluir al feto y a la placenta, que deberían ser lo más frescos posible.

Reproducción Bovina 2

Tabla 13 Principales síntomas de las causas infecciosas de abortos más importantes.

Agente infeccioso Nombres comunes	Porcentaje de abortos	Momento en que se dan los abortos	Recidivas de los abortos	Lesiones fetales	Muestras
<i>Brucella abortus</i> Brucelosis Enfermedad de Bang Zoonosis	Hasta el 80% de los animales no vacunados en el 1º o 2º trimestre	6-9 meses Abortos o nacidos muertos entre 2 semanas y 5 meses después de la infección	Bacteriariano La mayoría abortan sólo una vez	Placenta: retención, cotiledones necróticos, rojos-amarillos, la zona intermedia engrosada Ternero: normal o autolítico con bronconeumonía	Placenta, feto o secreción uterina Diagnóstico: serología materna, IFAT para detectar anticuerpos en la placenta, aislamiento bacteriano
<i>Campylobacter fetus</i> <i>venerialis</i> Vibriosis	>10%	5-8 meses	Infrecuente, vacas convalescentes resistentes a la infección	Placenta: placentitis leve, cotiledones hemorrágicos y una zona intercotiledonaria edematosa. feto: fresco o autolítico; pleuritis fibrinosa leve, peritonitis, bronconeumonía.	Placenta, contenido del abomaso fetal, secreciones vaginales. Diagnóstico: detección microscópica, aislamiento
<i>C. fetus fetus</i> <i>C. jejuni</i>	Esporádico	4-9 meses	Infrecuente, vacas convalescentes resistentes a la infección	Véase arriba	Véase arriba
<i>Leptospira interrogans</i> , <i>serovares grippityphosa, pomona, hardjo, canicola, icterohaemorrhagiae</i> Zoonosis	5-40%	Último trimestre Abortos 2-5 semanas después de la infección	Inmunidad al sero-tipo que provoca el aborto, pero sensible a los otros tipos	Placenta: placentitis difusa con cotiledones avasculares y de color marrón claro y zonas intercotiledonarias amarillentas feto: autolítico	Placenta, feto Diagnóstico: IFAT en busca de anticuerpos o prueba de la PCR en busca de <i>Leptospira</i>
<i>Arcanobacterium (Actinomyces) pyogenes</i>	Esporádico	Cualquier etapa	No conocidas	Placenta: endometritis y placentitis difusa, color marrón pálido-marrón. feto: autolítico, pericarditis, pleuritis o peritonitis fibrinosa	Placenta, feto Identificación en cultivo bacteriano de la placenta o el contenido abomasal
<i>Listeria monocytogenes</i> Zoonosis	Generalmente esporádico, pero puede alcanzar el 50%	Último trimestre	Puede recidivar	Hembra: fiebre, inapetencia Placenta: retención Feto: autolítico. Poliserositis fibrinosa y focos blancos necróticos en el hígado y/o los cotiledones	Placenta, feto Identificación en cultivo bacteriano de la placenta o el contenido abomasal

2 Reproducción Bovina

Agente infeccioso Nombres comunes	Porcentaje de abortos	Momento en que se dan los abortos	Recidivas de los abortos	Lesiones fetales	Muestras
Fúngico					
<i>Aspergillus</i> sp (60-80%) <i>Blizocar</i> spp., <i>Absidia</i> , o <i>Rhizopus</i> spp.	Generalmente esporádico, pero puede alcanzar el 5-10%	De los 4 meses a término. Más frecuente en invierno.	Puede recidivar	Placenta: placentitis grave y necrotizante. Cotiledones aumentados de tamaño y necroticos. Zona intercotiledonaria engrosada y crística. Feto: autolítico en ~30%. Con lesiones cutáneas grises similares a la tiña que afectan principalmente a la cabeza y los hombros.	Feto, placenta Diagnóstico: ablamiento del contenido estomacal, la placenta y las lesiones cutáneas.
Protozoarios					
<i>Trichomonas (Trichomonas) foetus</i> <i>Trichomoniasis</i>	Esporádico	Primera mitad de la gestación	El animal obtiene inmunidad que probablemente no sea de por vida	Placenta: retención, placentitis leve con cotiledones hemorrágicos y zonas intercotiledonarias engrosadas cubiertas de exudados floculentos. Feto: sin lesiones específicas	Placenta, feto, secreción vaginal/uterina. Diagnóstico: detección en el contenido abomasal, fluidos placentarios y secreciones uterinas.
<i>Neospora caninum</i> Neosporosis	Alto en la primera mitad de la gestación. Infección afecta a una manada virgen. Hasta el 30% en el primer brote Enzootico: 5-10%	En cualquier etapa, pero mayor frecuencia a los 5-6 meses	Disminuye con la paridad. El feto siempre existe la posibilidad	Placenta, feto: sin lesiones macroscópicas. Microscópicas: encefalitis focal con necrosis e inflamación no supurativa, hepatitis	Placenta, feto (cerebro, cornea, hígado, bazo, pulmones), muestras de suero de la madre Diagnóstico: detección del antígeno mediante muestras histológicas del cerebro, inmunoquímica en muestras de tejido Anticuerpos: PCR, ELISA
Víricos					
Virus de la Diarrea Virica Bovina BVD-MD	Generalmente bajo	Patología compleja Abortos generalmente hasta los 4 meses	Infrecuente, se desarrolla inmunidad	Placenta: retención, sin lesiones específicas Feto: sin lesiones específicas, autolítico, momificado	Placenta, feto (preferentemente el bazo), suero de la madre y animales jóvenes del rebaño. Diagnóstico: ablamiento, tinción inmunológica, PCR o detección de los anticuerpos en calostroates en los terneros abortados

Reproducción Bovina

2

Herpesvirus Bovino tipo I (BHV 1) Virus de la Rinotraqueítis Infecciosa Bovina (IBRV) IBR IBR-IPV	5-60% en manadas no vacunadas	Posiblemente en cualquier fase, pero más frecuente desde los 4 meses hasta el término de la gestación	Infrecuente, se desarrolla inmunidad	En la mayoría de los casos no hay lesiones macroscópicas en la Placenta o el feto Placenta: vasculitis necrotizante Feto: autolítico, focos necróticos en el hígado	Placenta, feto, muestras de suero de la madre Diagnóstico: Inmunoquímica en muestras de riñón y glándulas adrenales, serología sanguínea, PCR
Virus de la lengua azul Lengua azul	Generalmente bajo	Variable	Improbable	No específicas Feto: autolítico	Placenta, feto, muestras de suero de la madre Diagnóstico: aislamiento del virus
Aborto Epizootico Bovino Todavía no se ha determinado de forma definitiva el agente etiológico del aborto de Foothill. Vector: garrapata <i>Ornithodoros coriaceus</i>	Puede llegar al 75% Limitado principalmente a California, (EE.UU.)	Generalmente en el último trimestre	Improbable	Placenta: no específicas Feto: hepatomegalia, esplenomegalia, y linfomegalia generalizada. Microscópicamente: hiperplasia linfóide marcada en el bazo y los ganglios linfáticos e inflamación granulomatosa en la mayoría de los órganos.	Anamnesis Diagnóstico: Ig-G fetales elevadas
Factores no comunes en el vacuno o que se dan raramente					
<i>Chlamydia abortus</i> (<i>Chlamydia psittaci</i>) Aborto epizootico ovino Zoonosis	Esporádico	Cerca de finales del último trimestre	Improbable	Placenta: placentitis, engrasamiento y exudado amarillo-marrón adherido a los tejidos maternos. Feto: frotisco, autólisis mínima, neumonía, hepatitis	Placenta, feto Identificación en los trocitos reñales de la placenta o mediante ELISA en el feto. Diagnóstico: PCR o aislamiento en huevos embrionados o cultivos celulares.
<i>Ureaplasma diversum</i>	Generalmente esporádico, pero son posibles los brotes	Tercer trimestre	Posible	Placenta: retención, zonas intercotiledonarias engrasadas, placentitis no supurativa. Feto: sin lesiones macroscópicas, neumonía	Placenta, feto Diagnóstico: aislamiento de la placenta, los pulmones y/o el contenido abomasal
<i>Salmonella</i> spp.	Generalmente esporádico, pero puede adoptar la forma de un brote de abortos	Cualquier fase	Posible	Vacas: clínicamente enfermas Placenta y feto: autolíticos y enfiematosos.	Placenta, feto Diagnóstico: aislamiento del contenido abomasal y de otros tejidos.
Otros factores infecciosos que pueden provocar, potencialmente, abortos en el vacuno. Virus de la Parainfluenza tipo 3 (PI3V), <i>Mycoplasma</i> spp., <i>Histophilus somni</i> (<i>Haemophilus somnus</i>), <i>Staphylococcus</i> spp., <i>Pasteurella</i> spp., <i>E.coli</i> , <i>Toxoplasma gondii</i>					

2 Reproducción Bovina

Neosporosis

Neospora caninum es un protozoo parásito muy emparentado con *Toxoplasma gondii*, que ha surgido como causa importante del fracaso reproductivo en el vacuno en todo el mundo (Dubey 2003; Hall et al., 2005).

Hasta el momento, el perro y el coyote han sido identificados como hospedadores definitivos de *Neospora caninum* (Dijkstra et al., 2001; Gondim et al., 2004), mientras que se ha descrito una forma clínica de neosporosis en el vacuno, las cabras, las ovejas, los ciervos y los caballos (Dubey 2003.). El vacuno parece ser el hospedador intermediario más importante del parásito. La presencia de anticuerpos específicos contra *Neospora* se ha constatado en muchas especies, pero la consecuencia de la seropositividad sigue sin estar clara en muchas de ellas: ovejas (Dubey et al., 1990), cabras (Dubey et al., 1992), búfalos (Fuij et al., 2001), zorros (Buxton et al., 1997), coyotes (Lindsay et al., 1996), mapaches (Lindsay et al., 2001), dingos (Barber et al., 1997), cérvidos (Tieman et al., 2005), llamas y alpacas (Wolf et al., 2005) y el bisonte europeo (Cabay et al., 2005).

En una publicación reciente de Sedlak y Bartova (2006) se hallaron anticuerpos contra *N. caninum* en 31 de 556 animales de zoológico (5.6%), que representaban 18 de 114 especies investigadas: el lobo eurasiático (*Canis lupus lupus*), el lobo de crin o aguará guazú (*Chrysocyon brachyurus*), el fenec, el guepardo, el jaguar, el lince eurasiático, el león indio, la marta de Pennant, el antílope negro de la India, el bisonte europeo, el antílope lechwe, el búfalo africano, el eland, el sitatunga, el ciervo de Thorold o de hocico blanco, el wapiti, el ciervo sika vietnamita, y el ciervo del padre David.

La consecuencia de la infestación en vacas gestantes depende de varios factores, incluyendo la edad de gestación del feto en el momento de la infestación y el estado inmunitario de la madre. Las consecuencias clínicas de la infestación durante la gestación pueden incluir el aborto del feto, el nacimiento de un ternero débil que a veces muestra signos neurológicos o el nacimiento de un ternero sano pero persistentemente infestado (Innes et al., 2005).

El aborto se da a mediados de la gestación, generalmente entre el cuarto y el sexto mes, sin signos clínicos de enfermedad en la madre. Los fetos abortados suelen estar autolíticos y no

Reproducción Bovina 2

tienen lesiones macroscópicas, y no hay retención de placenta. El cerebro, el corazón, el hígado, la placenta y los fluidos corporales o el suero son las mejores muestras para el diagnóstico, y los porcentajes de diagnósticos son mayores si se examinan múltiples tejidos. Aunque las lesiones de la neosporosis se hallan en varios órganos, el cerebro del feto es el órgano más constantemente afectado. La lesión más característica de la neosporosis es la encefalitis focal, que se caracteriza por la necrosis y la inflamación no supurativa (Dubey, 2003).

Los rebaños infestados por *Neospora* pueden mostrar patrones de abortos endémicos y epidémicos. La característica más importante es que el parásito sigue estando presente en la hembra en forma de una infestación crónica, que puede transmitirse al feto durante la gestación. Se han postulado dos métodos de transmisión dentro de un rebaño. La vía horizontal implica un ciclo vital de dos hospedadores, infestándose la vaca mediante la ingesta de ooquistes del parásito, que son eliminados por un hospedador definitivo (un perro). La transmisión vertical (transplacentaria) también se da, ya que la infestación fetal no suele dar lugar a un aborto, y el feto sobrevive como portador constantemente infestado. Las terneras que nazcan de gestaciones tales pueden abortar cuando queden gestantes.

Como contraste con la toxoplasmosis ovina, las vacas que abortan un feto infestado por *Neospora* pueden gestar fetos infestados por *Neospora* en gestaciones subsiguientes.

Las pérdidas económicas asociadas con la infestación por *N. caninum* incluyen los abortos y la mortalidad neonatal, la mortalidad fetal temprana (que puede presentarse en forma de un retorno al celo y/o un incremento del intervalo entre partos), una mayor eliminación de vacas, una reducción en la producción de leche y una reducción del valor de los reproductores.

El diagnóstico se realiza mediante histopatología e inmunológica de los fetos abortados y la serología de la madre o el feto (prueba indirecta de anticuerpos fluorescentes (IFAT), pruebas de ELISA y prueba de aglutinación directa (DAT)).

Las medidas de control recomendadas en el vacuno están dirigidas a la eliminación de los portadores y a la reducción de la oportunidad de la infestación ambiental postnatal (limitando el acceso de los perros al alojamiento de las vacas y con una rá-

2 Reproducción Bovina

vida retirada de la placenta). Una vacuna de primera generación (Bovilis Neoguard®), desarrollada en EE. UU. ha dado lugar, hasta el momento, a resultados alentadores.

Aunque ha sido posible inducir la transmisión vertical *N. caninum* tras la infestación experimental de macacos rhesus (Barr et al., 1994a), no hay pruebas concluyentes, hasta la fecha, de que *N. caninum* pueda infestar y provocar enfermedad en las personas.

Influencia de la infección por el BVDV alrededor del momento de la inseminación sobre la futura fertilidad del vacuno

En el vacuno, la infección pre y postnatal por el virus de la BVD está asociada con variedad de síntomas de enfermedad que incluyen la inmunosupresión, los defectos congénitos, los abortos y la enfermedad de las mucosas. En las pruebas generales, la BVD fue la enfermedad vírica más comúnmente diagnosticada en los casos de abortos bovinos. La patología de la BVD en el feto en desarrollo es compleja. La infección del feto antes del día 125 de la gestación puede provocar la muerte fetal y abortos, la reabsorción, la momificación y anomalías en el desarrollo, o la inmunotolerancia fetal y el nacimiento de animales con infección persistente. Después del día 125 de la gestación, hay pruebas crecientes de que la influencia de la infección con el virus de la BVD sobre el desempeño reproductivo no se limita a la inducción de la muerte fetal seguida de un aborto.

Se ha reportado una reducción en los porcentajes de concepción en el vacuno con una infección aguda por el BVDV y frecuentemente, es una queja muy importante en las explotaciones en las que se identifica la BVD (Houe et al., 1993; McGowan et al., 1993). La viremia inducida experimentalmente durante la fase folicular ha dado como resultado una reducción del 50% en los porcentajes de gestación y un deterioro de la cantidad y la calidad de los embriones recuperados tras la superovulación (McGowan et al., 1993; Kafi et al., 1997).

Cambios morfológicos inducidos por el virus de la BVD en los ovarios de los vacunos con una infección aguda

Ssentongo et al. (1980); Grooms et al. (1998) y McGowan et al. (2003) describieron cambios inflamatorios (ooforitis linfocítica) en el tejido reproductor ovárico asociados con una infección aguda por el BVDV y la viremia. Las lesiones inflamatorias ante-

Reproducción Bovina 2

riormente mencionadas fueron detectadas en los folículos y en la formación de cuerpos lúteos de las vacas infectadas y contribuyeron claramente a los problemas funcionales que daban lugar a un funcionamiento folicular y lúteo incorrecto y, como consecuencia, a problemas de fertilidad.

Consecuencias funcionales de los cambios morfológicos inducidos por el BVDV en los ovarios

1. Crecimiento folicular afectado

Grooms et al. (1998) reportaron que el diámetro máximo y el ritmo de crecimiento de los folículos anovulatorios y ovulatorios se vieron reducidos significativamente durante dos ciclos estrales tras la infección de vacunos seronegativos con un aislado no citopatógeno de pestivirus bovino. Esto fue, además, confirmado por las investigaciones de Fray et al. (1999; 2000; 2002), que demostraron que en las vacas infectadas con el virus de la BVD, el patrón de crecimiento folicular estaba claramente alterado, consiguiendo el folículo preovulatorio un diámetro menor y el folículo ovulatorio un diámetro máximo menor en comparación con las vacas no infectadas.

Kafi et al. (1997) describieron una reducción significativa en la tasa de ovulación de terneras superovuladas inoculadas con un pestivirus bovino no citopático 9 días antes de la IA.

2. Producción insuficiente de estradiol

Las investigaciones de Fray et al. (1999; 2000, 2002) demostraron claramente que una viremia en el exterior de las células alrededor del momento de la reproducción tiene un impacto enormemente negativo sobre las funciones reproductivas endocrinológicas de las vacas y las terneras. Las diferencias en el crecimiento folicular en las vacas infectadas estaban asociadas con una alteración del patrón de secreción del estradiol con unos niveles de estradiol generalmente menores y un pico preovulatorio de estradiol, especialmente retardado (Fray et al., 1999; 2002).

3. Retraso en la expresión del celo y pico de LH retardado resultante de la alteración de la producción de estradiol

Un patrón modificado en la producción de estradiol puede,

2 Reproducción Bovina

a su vez, explicar un retraso en el inicio del comportamiento del celo y una menor expresión de los signos propios del estro, aspectos que fueron observados por Kafi et al. (1997) y McGowan et al. (2003) en terneras infectadas por el BVDV. Además, en la misma serie experimental, McGowan et al. (2003) observaron un patrón errático de LH en las vacas infectadas, de las cuales sólo unas pocas mostraban un pico preovulatorio normal, mientras que en el resto de los ejemplares infectados se detectó un pico preovulatorio de LH retardado o de baja amplitud. El examen de los perfiles endocrinológicos de las terneras infectadas en este estudio reveló que la mayoría (83%) no tenían unos picos preovulatorios de estradiol y de LH normales (McGowan et al., 2003).

Esto podría interpretarse como un resultado directo de un crecimiento folicular insuficiente y de una secreción de estradiol que es incapaz de estimular una secreción adecuada de LH. Un pico de LH retardado e insuficiente puede dar lugar a una ovulación retardada que puede afectar negativamente a la calidad de los ovocitos y también al potencial para el desarrollo de los embriones.

4. Producción insuficiente de progesterona que da como resultado pérdidas embrionarias precoces

En los experimentos reportados por Fray et al. (1999; 2000; 2002) y McGowan et al. (2003), las vacas y las terneras que experimentaban una viremia en el exterior de las células alrededor del momento de la monta/inseminación mostraban un claro retraso en el pico postovulatorio de progesterona, además de unas concentraciones generales menores entre los días 3 y 11 después de la ovulación.

Es posible que la alteración de las concentraciones plasmáticas de progesterona observadas en los animales infectados por el BVDV ponga en peligro la fertilidad retardando el desarrollo del embrión. El pico preovulatorio retardado e insuficiente observado en las vacas y terneras con una viremia por BVDV también puede provocar un retraso en el desarrollo embrionario y afectar a la calidad del embrión. Esto, a su vez, puede reducir la capacidad del embrión de producir interferón- τ y evitar la luteolisis. Esto puede contar con el apoyo de los resultados de un análisis estadístico a gran escala de los efectos de la infección por el BVDV sobre la fertilidad del ganado vacuno en Bretaña, en el que las vacas

Reproducción Bovina 2

de rebaños expuestos a una infección continua por parte de la BVDV corrian un riesgo significativamente mayor de un retorno al celo más tardío (más de 21 días) que las vacas de rebaños que se asumía que no se habían visto infectadas durante mucho tiempo o que no se habían visto infectadas recientemente (Robert et al., 2003).

Uno de los enfoques básicos para la reducción de las pérdidas reproductivas asociadas con la infección por el BVDV en el vacuno es la implantación de medidas severas de bioseguridad, limitando la exposición de los animales al virus y la vacunación con vacunas que prevengan la viremia libre y la infección transplacentaria.

2.4.9 Gestación no deseada

Aunque lo mejor es evitarlo por completo, el apareamiento accidental de terneras jóvenes es una razón común para dar por concluida una gestación. Los ganaderos de animales de engorde alojados en lotes también tienen sus razones para hacer abortar a las terneras gestantes. Si están gestantes en el momento de su sacrificio, el ganadero recibirá un menor precio por estas terneras gestantes y, en cualquier caso, la eficiencia en la conversión de alimento es mejor si no están gestantes, además de evitarnos las dificultades en el momento del parto. Hasta alrededor del día 150 de la gestación, el cuerpo lúteo es la única fuente de progesterona en el animal gestante. La luteolisis con prostaglandinas dará como resultado el aborto. Si se observa un apareamiento, puede inyectarse prostaglandina 10-16 días más tarde o, como alternativa, puede administrarse a animales apareados incorrectamente que no vuelvan al estro pasadas 3 semanas.

Entre los días 100 y 150 de la gestación, la eficacia de la prostaglandina se reduce a menos del 90%, ya que algunas gestaciones se tornan menos dependientes del CL como forma de soporte absoluto de la gestación. Así, no se puede garantizar que una inyección de prostaglandina dé por concluida la gestación. Siempre es buena idea aconsejar un diagnóstico de gestación 10 días después de la administración de la prostaglandina y repetir las inyecciones hasta que todos los animales hayan abortado.

2 Reproducción Bovina

Después el día 150, la placenta produce suficiente progesterona para mantener, por sí sola, la gestación. La combinación de 25 mg de dexametasona y de prostaglandina $F_{2\alpha}$ suele inducir el aborto en todas las etapas de la gestación. Sin embargo, Thomas (1991) reportó un incremento en la mortalidad de las terneras de lotes de engorde tratadas con la combinación de dexametasona/prostaglandina.

2.5 Inducción del parto

Las principales razones para escoger la inducción del parto son:

- Adelantar el parto para reducir el intervalo entre partos o para comprimir el patrón de partos.
- Para reducir la incidencia de la distocia mediante la prevención de un tamaño fetal excesivo.
- Para dar por concluidas gestaciones anómalas.
- Para adelantar la fecha del parto en las vacas que conciben tardíamente, en los casos en los que la reproducción y la producción son estacionales (Nueva Zelanda).

En la vaca, la progesterona es necesaria para el mantenimiento de la gestación. Como ya se ha apuntado, en los primeros 150 días de la gestación y durante los últimos días antes el parto, el cuerpo lúteo es la principal fuente de progesterona. En el periodo entre estas dos fases, la placenta produce suficiente progesterona para mantener la gestación. El parto se desencadena mediante un incremento en la producción de cortisol fetal. Esto da inicio a un incremento en la producción de estrógenos y de prostaglandinas ($PGF_{2\alpha}$). El cuerpo lúteo regresa y los niveles plasmáticos de progesterona descienden abruptamente. Las investigaciones se han centrado en el uso de las prostaglandinas, los corticosteroides o una combinación de ambos para inducir el parto.

Corticosteroides

La administración de una dexametasona de corta duración (Dexadreson®; 15 ml) poco antes de la fecha prevista del parto o a término, imita el incremento en la concentración de cortisol

Reproducción Bovina 2

fetal e inicia, por tanto, el proceso del parto. La mayoría de las vacas parirá antes de que pasen 72 horas.

Cuando la inducción se intenta 7-10 días antes de la fecha prevista del parto, la respuesta es más variable y la inducción fracasa con mayor frecuencia. Esto puede superarse cebando al animal con un corticosteroide de duración intermedia (Dexafort®; 10 ml), y administrando, alrededor de una semana después, un producto de corta duración (Dexadreson®; 10-15 ml). Vale la pena apuntar que el 10-30% de las vacas parirá en el transcurso de una semana como respuesta a la inyección cebadora.

Prostaglandinas

La inyección de una dosis estándar de prostaglandina F_{2α} durante la semana previa a la fecha prevista del parto también inducirá el parto, pariendo la mayoría de las vacas en el transcurso de 48 horas. Las combinaciones de corticosteroides y prostaglandinas pueden resultar preferibles porque las primeras son necesarias para la maduración fetal.

Los datos de la literatura científica y la experiencia en el campo indican que hay una mayor incidencia de retención de membranas fetales en asociación con la inducción del parto con prostaglandinas, independientemente del tipo de análogo usado. Es importante conocer la fecha correcta de la monta o la inseminación para evitar la inducción de un parto prematuro, que reduciría significativamente la viabilidad del ternero. Unos buenos registros reproductivos son, por tanto, importantes, al igual que lo es prestar mucha atención a la higiene del entorno del parto.

2.6 El toro

Generalmente, los centros de IA se marcan unos altos estándares de calidad del semen. Se debería proporcionar un índice de fertilidad o una medida similar para cada toro, para ayudar al ganadero a escoger el macho mas adecuado. En las explotaciones que usan la monta natural, la fertilidad del toro es de enorme importancia para la fertilidad del rebaño. Se recomienda encarecidamente la evaluación anual de la idoneidad de cada toro para la reproducción.

2 Reproducción Bovina

2.6.1 Evaluación de la idoneidad para la reproducción

El examen del potencial de la fertilidad de un toro consiste en cuatro elementos:

- Examen general.
- Examen del tracto genital.
- Evaluación del semen.
- Valoración de la libido.

Examen general

Una vez examinada la edad y la identidad del toro, se debería prestar especial atención a su aparato locomotor, mientras el animal está quieto de pie y mientras se desplaza por una superficie dura. En el caso de los toros tenidos en extensivo, la vista también es importante.

Examen del tracto genital

Un examen completo debe incluir al pene y al escroto, además de una palpación rectal.

El pene debe ser inspeccionado y palpado. No obstante, algunos defectos, como una desviación espiral o una incapacidad de erección sólo pueden detectarse durante el apareamiento.

El escroto se inspecciona en busca de anomalías como una hernia inguinal, un exceso de grasa, disparidad entre los testículos, y su tamaño y su consistencia, que debería ser elástica. El epidídimo debe ser normal al tacto y tener una cola blanda. El escroto debe estar bien desarrollado. Hay una relación directa entre la circunferencia escrotal, que alcanza su valor máximo a los 4-6 años de edad, y la producción de espermatozoides.

Las estructuras que se pueden valorar mediante la palpación rectal incluyen la uretra, la próstata, las glándulas vesiculares, la ampolla, el conducto deferente y los anillos inguinales internos. La anomalía más común es la vesiculitis seminal, de la cual la etiología y la patogénesis no se comprenden en su totalidad. Se ha aislado a *A. pyogenes*, *B. abortus*, *E. coli*, *Streptococcus spp.* y varios otros patógenos. La respuesta ante el tratamiento a largo plazo es variable y no es fiable.

Evaluación del semen

Se puede hacer eyacular a la mayoría de los toros con un electroeyaculador, que es un método sencillo y seguro que nos

Reproducción Bovina 2

permite la recogida de semen. Algunos no consiguen eyacular o proporcionan sólo un fluido uretral “acuoso”, en cuyo caso puede ser de mayor utilidad una monta supervisada usando una vagina artificial.

La motilidad en masa del semen se valora a 37°C, colocando una gota grande de semen sobre un porta precalentado para examinarla a pocos aumentos. La motilidad en masa se clasifica como: 1) olas rápidas y vigorosas, 2) olas más lentas, 3) no hay olas, pero sí una oscilación general, y 4) sólo vibraciones ocasionales. Como la motilidad en masa también depende de la densidad de espermatozoides, puede usarse una valoración más precisa de la motilidad de los espermatozoides con el uso de la microscopía de contraste. La morfología puede valorarse a 1.000 aumentos, usando semen fresco teñido con eosina-negrosina.

Libido

Una prueba sencilla para valorar la libido consiste en alojar a una vaca o a una ternera en celo en un cubículo e introducir al macho 10-15 minutos. Si durante este rato consigue llevar a cabo una o más montas, es improbable que su libido suponga un problema. Si el toro no lo consigue, debería volver a ser sometido a la prueba. El fracaso en dos ocasiones proporciona una buena base para poner en duda su libido.

2.6.2 Infertilidad

La infertilidad masculina puede deberse al fracaso a la hora de montar, de penetrar o de fertilizar. Generalmente puede hacerse un diagnóstico tras un examen cuidadoso, siguiendo las indicaciones anteriores. La subfertilidad es mucho más difícil de diagnosticar.

Las infecciones testiculares suelen tener mal pronóstico. La degeneración testicular puede ser provocada por el estrés, las toxinas, el calor y las deficiencias nutricionales. El diagnóstico suele basarse en el examen del semen, y la tasa de recuperación es variable. El semen de algunos toros puede volver a la normalidad al cabo de 8 semanas, mientras que a otros puede llevarles hasta 6 meses. Una vez más, el examen del semen es esencial. El tratamiento hormonal de los toros infértiles tiene

2 Reproducción Bovina

un valor limitado. La PMSG actúa como la FSH y estimulará la espermatogénesis. La hCG estimula la producción de testosterona debido a su actividad de tipo LH. La GnRH inducirá un incremento a corto plazo de los niveles de FSH y LH.

Un buen historial y un buen examen clínico le ayudarán a alcanzar un diagnóstico correcto. Sólo entonces se podrá decidir un tratamiento específico o un cambio en el manejo (incluyendo el reposo).

2.7 Transferencia de Embriones (TE)

La inseminación artificial ayuda a conseguir una mejora genética rápida de una explotación mediante el uso más eficiente de machos de calidad superior.

La capacidad reproductiva máxima de la vaca es de un ternero por año. Las técnicas de ovulación múltiple y transferencia de embriones (MOET o ET) incrementan el potencial reproductivo de la hembra, potenciando así el efecto de la hembra en la reproducción bovina.

Algunas de las razones del uso de la ET son:

- Para obtener más terneros de una vaca valiosa y de gran calidad.
- Para incrementar el ritmo de progreso genético en un rebaño.
- Para facilitar los envíos internacionales de animales.
- Para prevenir los problemas de aclimatación al exportar vacunos a regiones tropicales.
- En programas reproductivos (internacionales) para toros.
- Para la inducción de las gestaciones gemelares.
- Para obtener terneros de pura raza gestados por las vacas lecheras de calidad inferior.
- Para obtener descendencia de vacas con problemas de fertilidad.

La tecnología tradicional de la TE proporciona, en la actualidad, unos resultados relativamente constantes, y muchos veterinarios tienen 20 o más años de experiencia en esta técnica. El tamaño exacto de la industria de la TE es algo difícil de determinar. Se reportó que en 2003 se habían transferido más

Reproducción Bovina 2

de medio millón de embriones, el 40% de ellos después de su congelación y descongelación, y habiendo sido producidos in vitro el 18% de ellos (Betteridge et al., en prensa). Norteamérica sigue siendo el centro de la mayor parte de esta actividad (el 45% de las transferencias), representando Europa y Sudamérica, cada una de ellas, el 20% de las transferencias en 2003. Recientemente, países como Brasil y China se han tornado importantes en la producción de embriones bovinos.

La producción de embriones bovinos in vitro es, en la actualidad, un procedimiento bien asentado y razonablemente eficaz. En 2003 se transfirieron más de 100.000 embriones producidos de este modo, casi el 60% de ellos en Sudamérica.

La maduración in vitro de los ovocitos y las técnicas de cultivo de los embriones son integrales al proceso necesario para la clonación y para facilitar la obtención de vacunos transgénicos para la producción de proteínas, en su leche, de importancia farmacológica.

La International Embryo Transfer Society facilita una serie de procedimientos cuidadosamente definidos, especialmente en los aspectos zoonosarios y epidemiológicos de la producción y la transferencia de embriones. Se comprobó que factores infecciosos, como la BVD y la IBR, eran potencialmente transmisibles junto con los embriones, lo que dio lugar a la adopción de procedimientos específicos para asegurar la seguridad de la TE con respecto a estos patógenos.

2.7.1 Manejo de la vaca donante

En condiciones naturales, la vaca sólo tiene una ovulación por ciclo. La estimulación gonadotrópica de los ovarios puede inducir la ovulación múltiple (superovulación). Aunque las técnicas de transferencia embrionaria son muy usadas en todo el mundo, la variabilidad en cuanto a la respuesta a los tratamientos de superestimulación sigue suponiendo una limitación importante.

Las gonadotropinas más importantes usadas en la industria de la TE para conseguir ovulaciones múltiples son la gonadotropina sérica de yegua gestante (eCG/PMSG) y la hormona folículoestimulante (FSH). Ambas son administradas mediada la fase lútea, generalmente de un ciclo sincronizado, ya que se ha visto que la respuesta superovulatoria es mayor cuando el tratamien-

2 Reproducción Bovina

to con gonadotropinas se aplica precisamente cuando emerge la ola folicular, y no más tarde. Así, es normal, en el vacuno que cicla de forma normal, usar tratamientos que controlen la temporización de la ola folicular.

FSH

Disponemos de preparados naturales de FSH de origen porcino y ovino. Como la FSH tiene una vida media relativamente corta, suele administrarse dos veces diarias durante 3-4 días.

eCG/PMSG

La gonadotropina sérica de yegua gestante: PMSG (Folligon®) tiene una vida media larga, por lo que una única inyección es suficiente. El efecto estimulante continuo de las altas dosis de eCG/PMSG puede tener un efecto negativo sobre la ovulación y provocar la emergencia de una segunda ola de folículos. Cuarenta y ocho horas después de la primera inyección de eCG/PMSG (o la primera de FSH), se induce la regresión del cuerpo lúteo con una dosis de prostaglandina. Donaldson (1983) reportó un mejor efecto luteolítico con PGF_{2α} natural cuando se administraron dos o tres inyecciones, pero al usar análogos una única dosis fue suficiente.

Factores que afectan al rendimiento en forma de embriones:

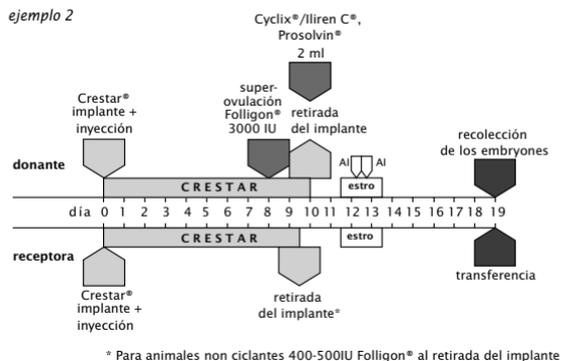
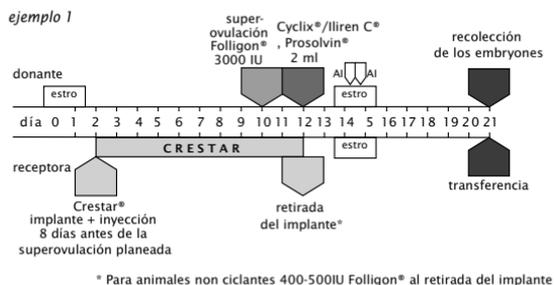
- Fase del ciclo: Los mejores resultados se obtienen cuando la superovulación se inicia durante la mitad de la fase lútea (día 9-13).
- Estado folicular en el momento de la superovulación: La presencia de un folículo dominante grande en el momento de la superovulación reduce la respuesta.
- El manejo de las donantes: Evitar el estrés y vigilar el estado nutricional y la ausencia de patologías.
- Semen/inseminación: El uso de un semen de alta calidad y la IA a las 12-24 horas tras el inicio del reflejo de inmovilidad del celo. Las inseminaciones repetidas no parecen proporcionar unos mejores porcentajes de fertilización. Se han reportado diferencias entre toros.

El uso de progestágenos como el Crestar® proporciona una forma eficaz de asegurarse una sincronización muy ajustada del celo en las donantes de embriones y de ovocitos, siendo

Reproducción Bovina 2

las ventajas de la exposición a los progestágenos la mejor calidad de los ovocitos/embriones recolectados y la posibilidad de una inseminación a tiempo fijo. El programa básico de sincronización con Crestar® puede, por tanto, combinarse con una inyección única de eCG/PMMSG (Folligon®) o con inyecciones secuenciales de FSH (Folltropin V®), para conseguir la inducción de la ovulación múltiple.

Fig 9 Programas de la superovulación con Crestar®



2 Reproducción Bovina

2.7.2 Manejo de la receptora

Para una transferencia exitosa, la receptora debe tener una buena salud y su ciclo debe estar bien sincronizado con respecto al de la donante. Una asincronía de 24 o más horas tiene un efecto negativo sobre la concepción. El número medio de receptoras necesarias para la transferencia de embriones frescos es de 4-5. Debido a la alta variabilidad de la recuperación de embriones, es muy común encontrarnos con que se han preparado demasiadas o muy pocas receptoras. Los embriones sobrantes pueden congelarse en nitrógeno líquido, pero sólo deberíamos escoger, para su congelación, embriones de buena calidad. Pueden ser transferidos durante un ciclo normal o, de forma más práctica, durante un ciclo controlado. No hay diferencias en los porcentajes de gestación de las receptoras entre una transferencia durante un ciclo natural o uno controlado. Los niveles plasmáticos de progesterona $<1-2$ ng/ml el día de la transferencia están asociados con unos menores porcentajes de concepción.

La buena atención en la detección de celos y el manejo y la nutrición de las receptoras son esenciales en cualquier programa de TE.

La administración de un análogo de la GnRH (Receptal®/Conceptal®; 2,5 ml) al principio del estro puede usarse para inducir y completar la ovulación en las vacas receptoras en un estro sincronizado usando análogos de la prostaglandina. Se pueden esperar mejores resultados con una temporización más precisa de la ovulación y la mejora del desarrollo de los cuerpos lúteos y un buen suministro de receptoras idóneas.

2.8 Gestaciones/partos gemelares

En la vaca lechera, los gemelos están relacionados con una mayor mortalidad de los terneros, más retenciones placentarias, unos intervalos mayores entre el parto y la concepción y una reducción en la producción de leche. Si se pueden controlar estos problemas mediante un manejo adecuado, la inducción de gestaciones gemelares puede tener ventajas económicas. En el vacuno de carne, en el que la producción lechera no es la primera fuente de ingresos, las gestaciones gemelares han mostrado tener ventajas interesantes.

El uso de gonadotropinas para inducir una "superovulación leve" incrementa no sólo la frecuencia de gestaciones/partos gemelares, sino que también puede, en unos pocos casos, dar lugar a trillizos y cuatrillizos.

La transferencia de dos embriones o la transferencia de un solo embrión en animales inseminados incrementan el número total de terneros nacidos y la proporción (del 40 al 60%) de gestaciones gemelares.

En este caso, el rendimiento económico de esta técnica depende, en gran medida, del coste del embrión en relación con el precio del ternero.

2.9 Referencias bibliográficas

- Al-Katanani YM., Paula-Lopes FF., Hansens PJ.** Effects of season and exposure to heat stress on oocyte competence in Holstein cows. *J Dairy Sci* 2002;85:390-396
- Almier M., De Rosa G., Grasso F., Napolitana F., Bordi A.** Effect of climate on the response of three oestrus synchronisation techniques in lactating dairy cows. *Anim Reprod Sci* 2002;71:157-168
- Ambrose JD., Schmitt EJP., Lopes FL., Mattos RC., and Thatcher WW.** Ovarian and endocrine responses associated with the treatment of cystic ovarian follicles in dairy cows with gonadotropin releasing hormone and prostaglandin F_{2α}, with or without exogenous progesterone. *Can Vet J.* 2004 ; 45: 931-937.
- Anderson ML., Blanchard PC., Barr BC., Dubey JP., Hoffman RL., Conrad PA.** Neospora-like protozoan infection as a major cause of abortion in california dairy cattle. *J. Am Vet Med Assoc* 1991; 198: 241-244
- Anderson ML., Andrianarivo AG., Conrad PA.** Neosporosis in cattle. *Anim Reprod Sci* 2000; 60-61: 417-431
- Arechiga CF., Staples CR., McDowell LR and Hansen PJ.** Effects of timed insemination and supplemental β-carotene on reproduction and milk yield of dairy cows under heat stress. *J Dairy Sci* 1998;81:390-402
- Armstrong DV.** Heat stress interaction with shade and cooling. *J Dairy Sci* 1994;77:2044-2050
- Barber JS., Gasser RB., Ellis J., Reichel MP., MacMillan D., Trees AJ.** Prevalence of antibodies to *Neospora caninum* in different canid populations. *J Parasitol* 1997;83:1056-1058
- Barr BC., Conrad PA., Sverlow KW., Tarantal AF., Hendrickx AG.** Experimental fetal and transplacental *Neospora* infection in the nonhuman primate. *Lab. Invest.* 1994; 71:236-242.
- Bartolome JA., Archbald LF., Morresey P., et al.** Comparison of synchronization of ovulation and induction of estrus as therapeutic strategies for bovine ovarian cysts in the dairy cow. *Theriogenology.* 2000;53:815-825
- Bartolome J A., Silvestre FT., Arteché ACM., Kamimura S., Archbald LF., and Thatcher WW.** The use of Ovsynch and Heatsynch for synchronization of cows open at pregnancy diagnosis by ultrasonography. *J. Dairy Sci.*2002;85(Suppl. 1):99. (Abstr.)
- Bartolome JA., Santos JEP., Pancarci SM., Melendez P., Arteché et al.** Induction of ovulation in non lactating dairy cows and heifers using different doses of a desloreline implant. *Theriogenology* 2004;61:407-19

2 Reproducción Bovina

- Bartolome JA., Silvestre FT., Kamimura S., Arteche ACM et al.** Resynchronisation of ovulation and timed insemination in lactating dairy cows I: use of Ovsynch and Heatsynch protocols after non-pregnancy diagnosis by ultrasonography. *Theriogenology* 2005;63:1617-1627
- Betteridge KJ.** Farm animal embryo technologies: Achievements and perspectives. *Theriogenology* 2006; 65: 905-913
- Binelli M., Thatcher WW., Mattos R., Baruselli PS.** Antiluteolytic strategies to improve fertility in cattle. *Theriogenology* 2001;56:1451-1463
- Bonnet BN., Martin SW., Meek AH.** Associations of clinical findings, bacteriological and histological results of endometrial biopsy with reproductive performance of post partum dairy cows. *Prev Vet Med* 1993;15:205-20
- Boukhlq R., Goodman RL., Berriman SJ., Adrian B., Lehman MN.** A subset of gonadotropin-releasing hormone neurons in the ovine medial basal hypothalamus is activated during increased pulsatile luteinizing hormone secretion. *Endocrinology* 1999; 140:5929-5936.
- Breuel KF., Spitzer JC., Henricks DM.** Systemic progesterone concentration following human chorionic gonadotroin administration at various times during the estrous cycle in beef heifers. *J Anim Sci* 1989;67:1564-1572
- Bridges PJ., Brusie MA., Fortune JE.** Elevated temperature (heat stress) in vitro reduces androstenedione and estradiol and increases progesterone secretion by follicular cells from bovine dominant follicles. *Dom Anim Endocrinol* 2005;29:508-522
- Brito LF., Silva AE., Barbosa RT.** Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology and effects on semen quality and sperm production. *Theriogenology* 2004;61:511-528
- Britt JH., Harrison DS., and Morrow DA.** Frequency of ovarian follicular cysts, reasons for culling and fertility in Holstein-Friesian cows following postpartum treatment with gonadotrophin releasing hormone at two weeks after parturition. *Am J Vet Res* 1977;50:749-51.
- Bucklin RA., Turner LW., Beede DK., Bray DR., Hemken RW.** Methods to relieved heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Appl Eng Agric* 1991;7:241-247
- Burton NR., Lean IJ.** Investigation by meta-analysis of the effect of prostaglandin F2a administered post partum on the reproductive performance of dairy cattle. *Vet Rec* 1995;136:90-4
- Buttler WR., Calaman JJ., Beam SW.** Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *J Anim Sci* 1996;74:858-865
- Butler WR.** Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Reprod Sci* 2000; 60-61:449-457
- Buxton D., Maley SW., Pastoret PP., Brochier B., Innes EA.** Examination of red foxes (*Vulpes vulpes*) from Belgium for antibody to *Neospora caninum* and *Toxoplasma gondii*. *Vet Rec* 1997;141:308-309
- Cabaj W., Moskwa B., Pastusiak K., Gill J.** Antibodies to *Neospora caninum* in the blood of European bison (*Bison bonasus bonasus* L) living in Poland. *Vet Parasitol* 2005;128:163-168
- Calder MD., Salfen BE., Bao B., Youngquist RS., Garverick HA.** Administration of progesterone to cows with ovarian follicular cysts results in a reduction in mean LH and LH pulse frequency and initiates ovulatory follicular growth. *J Anim Sci.* 1999;77:3037-3042
- Cambell MH., Miller JK.** Effect of supplemental dietary Vitamin E and zinc on reproductive performance of dairy cows and heifers fed excess iron. *J Dairy Sci* 1998;81:2693-9
- Cartmil JA., Hensley BA., El-Zarkouny SZ., Rezell TG., Smith JF., Stevenson**

- JS. An alternative AI-breeding protocol during summer heat stress. *J Dairy Sci* 1999;82:48 (abstr).
- Cartmill JA., El-Zarkouny SZ., Hensley BA., Lamb GC., and Stevenson JS.** Stage of cycle, incidence and timing of ovulation and pregnancy rates in dairy cattle after three timed breeding protocols. *J. Dairy Sci.* 2001;84:1051-1059
- Cavaliere J., Hepworth G., Fitzpatrick LA., Shaphard RW., Macmillan KL.** Manipulation and control of the oestrous cycle in pasture-based dairy cows. *Theriogenology* 2006;65:45-64
- Coleman DA., Bartol FF., Spencer TE., Floyd JG., Wolfe DF., and Brendemuehl JP.** Effects of a potent GnRH agonist and hormonal profiles, synchronization of estrus and fertility in beef cattle. *J Anim Sci* 1991; 69(Suppl. 1): 396
- Chebel RC., Santos JEP., Cerri RLA., Galvao KN., Juchem SO., Thatcher WW.** Effect of resynchronization with GnRH on day 21 after artificial insemination on pregnancy rate and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Theriogenology* 2003;60:1389-99
- Chenault JR., Kratzer DD., Rzepkowski RA., Goodwin MC.** LH and FSH response of Holstein heifers to fertirelin acetate, gonadorelin and buserelein. *Theriogenology* 1990;34:81-98
- Cordoba MC., and Fricke PM.** Initiation of the breeding season in a grazing-based dairy by synchronisation of ovulation. *J Dairy Sci* 2002;85:1752-1763
- Crowe AM., Goulding D., Baguisi A., Boland PM., Roche JF.** Induced ovulation of the first postpartum dominant follicle in beef suckler cows using a GnRH analogue. *J Reprod Fertil* 1993; 99: 551-555.
- Curran, S., Kastelic JP., and Ginther OJ.** Determining sex of the bovine fetus by ultrasonic assessment of the relative location of the genital tubercle. *Anim. Reprod. Sci.* 1989;19:217-227.
- Dejarnette JM., Day ML., House RB., Wallace RA., Marshall CE.** Effect of GnRH pretreatment on reproductive performance of post partum suckled beef cows following synchronisation of oestrus using GnRH and PGF_{2α}. *J Anim Sci* 2001a;79:1675-1682
- Dejarnette JM., Salverson RR., Marshall CE.** Incidence of premature estrus in lactating dairy cows and conception rates to standing estrus or fixed-time inseminations after synchronisation using GnRH and PGF_{2α}. *Anim Reprod Sci* 2001b;67:27-35
- Dejarnette JM., Marshall CE.** Effects of presynchronisation using combinations of PGF_{2α} and (or) GnRH on pregnancy rates of Ovsynch and Cosynch treated lactating Holstein cows. *Anim Reprod Sci* 2003;77:51-60
- De Rensis F., Marconi P., Capelli T., Gatti F., Facciolongo F., Frazini S., Scaramuzzi RJ.** Fertility in postpartum dairy cows in winter or summer following oestrus synchronisation and fixed time AI after induction of an LH surge with GnRH or hCG. *Theriogenology* 2002;58:1675-1687
- Dijkhuizen AA., Huirne RBM., Renkema JA.** Modelling animal health economics. Department of Farm Management, Wageningen Agricultural University. 1991.
- Dijkstra, T., Eysker, M., Schares, G., Conraths, F.J., Wouda, W., Barkema, H.W.** Dogs shed *Neospora caninum* oocysts after ingestion of naturally infected bovine placenta but not after ingestion of colostrums spiked with *Neospora caninum* tachyzoites. *Int. J. Parasitol.* 2001;31:747-752
- Diskin MG., Austin EJ., Roche JF.** Exogenous hormonal manipulation of ovarian activity in cattle. *Dom Anim Endocrinol* 2002;23:211-228
- Drillich M., Beetz O., Pfuzner A., Sabin M., Sabin HJ et al.** Evaluation of a systemic antibiotic treatment of toxic puerperal metritis in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2001;84:2010-7.
- Drillich M., Mahlstedt M., Reichert U., Tenhagen BA., Heuwieser W.** Strate-

2 Reproducción Bovina

- gies to improve the therapy of retained fetal membranes in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2006;89:627-35
- Drost M., Ambrose JD., Thatcher MJ., Cantrell CK., Wolsdorf KE., Hasler JF., Thatcher WW.** Conception rates after artificial insemination or embryo transfer in lactating dairy cows during summer in Florida. *Theriogenology* 1999;52:1161-1167
- Dubey JP., Lindsay DS.** Neospora caninum induced abortion in sheep. *J Vet Diagnost Invest* 1990;2:230-233
- Dubey JP., Acland HM., Hamir AN.** Neospora caninum (Apicomplexa) in still-born goat. *J Parasitol* 1992;78:532-534
- Dubey JP.** Review of *Neospora caninum* and neosporosis in animals. *Korean J. Parasitol.* 2003; 41: 1-16
- Dunne LD., Diskin MG., Sreenan JM.** Embryo and foetal loss in beef heifers between day 14 gestation and full term. *Anim Reprod Sci* 2000; 58: 39-44
- Ealy AD., Drost M., Hansen PJ.** Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. *J Dairy Sci* 1993;76: 2899-2905
- Ealy AD., Arechiga CF., Bray DR., Risco CA., Hansen PJ.** Effectiveness of short-term cooling and vitamin E for alleviation of infertility induced by heat stress in dairy cows. *J Dairy Sci* 1994;77:3601-3607
- Ellington JE., Foote RH., Farrell PB., Hasler JF., Webb J., Henderson WB., McGrath AB.** Pregnancy rates after the use of a gonadotrophin releasing hormone agonist in bovine embryo transfer recipients. *Theriogenology* 1991;36:1035-1042
- Etherington WG., Kelton DF., and Adams JE.** Reproductive performance of dairy cows following treatment with fenprostalene, dinoprost, or cloprostenol between 24 and 31 Days post partum: A field trial. *Theriogenology* 1994; 42: 739-752
- Esslemont D., Kossabati M.** The cost of Poor Fertility and Disease in UK Dairy Herds. *Dairy Research Report*, 2002
- Farin PW., Ball L., Olson JD., Mortimer RG., Jones RL., Adney WS., McChesney AE.** Effect of *Actinomyces pyogenes* and gram-negative anaerobic bacteria on the development of bovine pyometra. *Theriogenology* 1989;31:979-89.
- Fricke PM.** Scanning the Future—Ultrasonography as a Reproductive Management Tool for Dairy Cattle. *J Dairy Sci* 2002; 85: 1918-1926
- Fortune JE., Rivera GM., Evans ACO., Turzillo AM.** Differentiation of Dominant Versus Subordinate Follicles in Cattle. *Biol Reprod* 2001; 65: 648-654
- Fray MD., Mann GE., Clarke MC., Charleston B.** Bovine viral diarrhoea virus: its effects on oestradiol, progesterone and prostaglandin secretion in the cow. *Theriogenology* 1999;51:1533-1546
- Fray MD., Mann GE., Clarke MC., Charleston B.** Bovine viral diarrhoea virus: its effects on ovarian function in the cow. *Vet Microbiol* 2000;77:185-194
- Fray MD., Mann GE., Bleach ECL., Knight PG., Clarke MC., Charleston B.** Modulation of sex hormone secretion in cows by acute infection with bovine viral diarrhoea virus. *Reproduction* 2002;123:281-289
- Fricke PM., Guenther JN., and Wiltbank MC.** Efficacy of decreasing the dose of GnRH used in a protocol for synchronization of ovulation and timed AI in lactating dairy cows. *Theriogenology* 1998;50:1275-1284
- Fuji TU., Kasai N., Nisi SA., Dubey JP., Gennari SM.** Seroprevalence of *Neospora caninum* in female water buffaloes (*Bubalus bubalis*) from the south eastern region of Brazil. *Vet Parasitol* 2001;99:331-334
- García FEO., Cordero MJL., Hizarza EA., Peralta OJG., Ortega CME., Cárdenas M., Gutiérrez CG., Sánchez TEMT.** Induction of a new follicular wave in Holstein heifers synchronized with norgestomet. *Animal Reprod Sci* 2004;80: 47-57

- Garcia Winder M., Imakawa J., Day ML., Zalesky DD., Kittock RJ., Kinder JE.** Effect of suckling and ovariectomy on the control of luteinizing hormone secretion during the postpartum period in beef cows. *Biol Reprod* 1984; 31:771-778.
- Garverick HA.** Ovarian follicular cysts in dairy cows. *J Dairy Sci* 1997;80:995-1004
- Gazal OS., Leshin LS., Stanko RL., Thomas MG., Keisler DH., Anderson LL.** Gonadotropin releasing hormone secretion into third ventricle cerebrospinal fluid of cattle; corresponds with the tonic and surge release of luteinizing hormone and its tonic inhibition by suckling and neuropeptide. *Biol Reprod* 1998; 59: 676-683
- Geary TW., Wittier JC., Downing ER., LeFever DG., Silcox RW., Holland MD., Nett TM., and Niswender GD.** Pregnancy rates of postpartum beef cows that were synchronized using Syncro-Mate B or the Ovsynch protocol. *J. Anim. Sci.*1998;76:1523-1527
- Geary TW., Downing ER., Bruemmer JE., Whittier JC.** Ovarian and estrous response of suckled beef cows to the select synch estrous synchronization protocol. *Prof Anim Sci* 2000;16:1-5
- Gilbert RO., Shin ST., Guard CL., Erb HN.** Incidence of endometritis and effects on reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology* 1998
- Gilbert RO., Shin ST., Guard CL., Erb HN., Frajblat M.** Prevalence of endometritis and its effects on reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology* 2005; 64:1879-1888
- Ginther OJ., Bergfelt DR., Kulick LJ., Kot K.** Selection of the dominant follicle in cattle: role of estradiol. *Biol Reprod* 2000; 63:383-389.
- Ginther OJ., Bergfelt DR., Kulick LJ., Kot K.** Selection of the dominant follicle in cattle: role of two-way functional coupling between follicle stimulating hormone and the follicles. *Biol Reprod* 2000; 62:920-927.
- Gondim LFP., McAllister MM., Pitt WC., Zemlicka DE.** Coyotes (*Canis latrans*) are definite hosts of *Neospora caninum*. *Int J Parasitol* 2004;34:159-161
- Greve T., Lehn-Jensen H.** The effect of hCG administration on pregnancy rate following non-surgical transfer of viable bovine embryos. *Theriogenology* 1982;17:91 (abstract)
- Grooms DL., Brock KV., Pate JL., day ML.** Changes in ovarian follicles following acute infection with bovine viral diarrhoea virus. *Theriogenology* 1998;49:595-605
- Gröhn YT., Hertl JA., Harman JL.** Effect of early lactation milk yield on reproductive disorders in dairy cows. *A. J Vet Res* 1994; 55:1521-1528
- Gupta S., Gupta HK., Soni J.** Effect of Vitamin E and selenium supplementation on concentrations of plasma cortisol and erythrocyte lipid peroxides and the incidence of retained fetal membranes in crossbred dairy cattle. *Theriogenology* 2005;64:1273-1286
- Hall CA., Reichel MP., Ellis JT.** *Neospora* abortions in dairy cattle: diagnosis, mode of transmission and control. *Veterinary Parasitology* 2005;128: 231-241
- Hansen PJ.** Effects of environment on bovine reproduction. In: Youngquist RS (ED), *Current Therapy in Large Animal Theriogenology*, WB Saunders, Philadelphia, PA, 1997, pp. 403-415
- Hansen PJ., Drost M., Rivera RM., Paula-Lopes FF., Al-Katanani YM., Kringer CE., Chase CC Jr.** Adverse impact of heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation. *Theriogenology* 2001;55:91-103
- Hansen PJ.** Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Anim Reprod Sci* 2004;82-83:349-360.
- Hatler TB., Hayes SH., Laranja da Fonseca LF., Silvia WJ.** Relationship between endogenous progesterone and follicular dynamics in lactating dairy cows with ovarian follicular cysts. *Biol Reprod.* 2003;69:218-223

2 Reproducción Bovina

- Henao G., Olivera Angel M., Maldonado Estrada JG.** Follicular dynamics during postpartum anestrus and the first estrous cycle in suckled or non-suckled Brahman (*Bos indicus*) cows. *Anim Reprod Sci* 2000; 63: 127-136.
- Hendricks KEM., Bartolome JA., Melendez P., Risco C., Archbald LF.** Effect of repeated administration of PGF_{2α} in the early post partum period on the prevalence of clinical endometritis and probability of pregnancy at first insemination in lactating dairy cows. *Theriogenology* 2005 in press
- Hernandez-Ceron J., Chase Jr CC., Hansen PJ.** Differences in heat tolerance between preimplantation embryos from Brahman, Romosinuano and Angus Breeds. *J Dairy Sci* 2004;87:53-58
- Heuwiesser W., Ferguson JD., Guard CL., Foote RH., Warnick LD., Breickner LC.** Relationship between administration of GnRH, body condition score and fertility in Holstein dairy cattle. *Theriogenology* 1994;42:703-714
- Heuwiesser W., Tenhagen BA., Tischer M., Luhr J., Blum H.** Effect of three programmes for the treatment of endometritis on the reproductive performance of a dairy herd. *Vet Rec* 2000;146:338-41
- Houe H., Myrup Pedersen K., Meyling A.** The effect of bovine viral diarrhoea virus infection on conception rate. *Prev Vet Med* 1993;15:117-123
- Humblot P.** Use of pregnancy specific proteins and progesterone assays to monitor pregnancy and determine the timing, frequencies and sources of embryonic mortality in ruminants. *Theriogenology* 2001;56:1417-1433
- Innes EA., Wright S., Bartley P., Maley S., Macaldowie C., Esteban-Redondo I., Buxton D.** The host-parasite relationship in bovine neosporosis. *Vet Immunol Immunopathol* 2005; 108: 29-36
- Jonsson NN., McGowan MR., McGuigan K., Davison TM., Hussain AM., Kafi M.** Relationship among calving season, heat load, energy balance and post partum ovulation of dairy cows in subtropical environment. *Anim Reprod Sci* 1997;47:315-326
- Jolly PD., McDougall S., Fitzpatrick LA., Macmillan KL., Entwistle K.** Physiological effects of undernutrition on post partum anestrus in cows. *J Reprod Fertil* 1995; Suppl 49: 477-492
- Kafi M., McGowan MR., Kirkland PD., Jillela D.** The effect of bovine pestivirus infection on the superovulatory response of Friesian heifers. *Theriogenology* 1997;48:985-996
- Kaim M., Bloch A., Wolfenson D., Braw-Tal R., Rosenberger M., Voet H., Folman Y.** Effect of GnRH administered to cows at the onset of oestrus on timing of ovulation, endocrine responses and conception. *J Dairy Sci* 2001;86:2012-2021
- Kaneda Y., Domeki I., Kamomae H., Otake M., Watanabe F., Nishikata K.** Effects of additional injection of hCG on the formation of the corpus luteum and fertility of oestrus synchronised dairy heifers by stimulus injection of prostaglandin F_{2α} and estradiol benzoate. *Jpn J Anim Reprod* 1981;27:89-91
- Kasimanickam R., Duffield TF., Foster RA., Gartley CJ., Leslie KE., Walton JS et al.** Endometrial cytology and ultrasonography for the detection of subclinical endometritis in postpartum dairy cows. *Theriogenology* 2004;62:9-23
- Kasimanickam R., Duffield TF., Foster RA., Gartley CJ., Leslie KE., Walton JS., and. Johnson WH.** The effect of a single administration of cephalirin or cloprostenol on the reproductive performance of dairy cows with subclinical endometritis. *Theriogenology*, 2005; 63: 818-830
- Keister ZO., DeNise SK., Armstrong DV., Ax RL., and Brown MD.** Pregnancy outcomes in two commercial dairy herds following hormonal scheduling programs. *Theriogenology* 1999;51:1587-1596.
- Kindahl H., Ondensvik K., Aiumlamai S., and Fredriksson G.** Utero-ovarian relationship during the bovine postpartum period. *Anim Reprod Sci* 1992; 28:

- Lamming GE., Darwash AO., Back HL.** Corpus luteum function in dairy cows and embryo mortality. *J Reprod Fertil* 1989; Suppl 37:245-252
- LeBlanc SJ., Diffield TF., Leslie KE., Bateman KG., Keefe GP., Walton JS., Johnson WH.** Defining and diagnosing post partum clinical endometritis and its impact on reproductive performance in dairy cows. *J Dairy Sci* 2002;85:2223-2236
- Lee C., Maurice R., Pennington JA., Hoffman WF., Brown MD.** Efficacy of gonadotrophin-releasing hormone administration at the time of artificial insemination of heifers and post partum repeat breeder dairy cows. *AM J Vet Res* 1983;44:2160
- Lewis GS., Caldwell DW., Rexroad CE., Dowlen HH., Owen JR.** Effect of gonadotrophin-releasing hormone and human chorionic gonadotrophin on pregnancy rate in dairy cattle. *J Dairy Sci* 1990;73:66-72
- Lewis GS.** Uterine health and disorders. *J Dairy Sci* 1997;80:984-94
- Lewis GS.** Steroidal regulation of uterine immune defenses. *Anim Reprod Sci* 2004; 82-83: 281-294
- Lindsay DS., Kelly EJ., McKown R et al.** Prevalence of *Neospora caninum* and *Toxoplasma gondii* antibodies in coyotes (*Canis latrans*) and experimental infections of coyotes with *Neospora caninum*. *J Parasitol* 1996;82:657-659
- Lindsay DS., Spencer J., Rupprecht CE., Blagburn BL.** Prevalence of agglutinating antibodies to *Neospora caninum* in raccoons. *J Parasitol* 2001;87:1197-1198
- Lopez H., Satter LD., Wiltbank MC.** Relationship between level of milk production and oestrus behaviour of lactating dairy cows. *Anim Reprod Sci* 2004;81:209-23
- Lopez H, Caraviello DZ, Satter LD, Fricke PM, Wiltbank MC.** Relationship between level of milk production and multiple ovulations in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 2005;88:2783-93.
- Lopez-Gatius F., Santolaria P., Martino A., Delatang F., De Rensis.** The effects of GnRH treatment at the time of AI and 12 days later on reproductive performance of high producing dairy cows during the warm season in northeastern Spain. *Theriogenology* 2006;65:820-830
- Macmillan KL., Taufa VK., Day AM.** Effects of an agonist of gonadotrophin releasing hormone (buserelin) in cattle III. Pregnancy rates after a post-insemination injection during metoestrus or dioestrus. *Anim Reprod Sci* 1986;11:1-10.
- Macmillan KL., Laen IJ., Westwood CT.** The effects of lactation on the fertility of dairy cows. *Aust Vet J* 1996; 73: 141-147
- Macmillan KL., Segwagwe BE., Pino CS.** Associations between the manipulation of patterns of follicular development and fertility in cattle. *Animal Reprod Sci* 2003;78:327-344
- Malayer JR., Hansen PJ.** Differences between Brahman and Holstein cows in heat-shock induced alteration of protein secretion by oviducts and uterine endometrium. *J Anim Sci* 1990;68:266-280
- Mann GE., Lamming GE., Fray MD.** Plasma oestradiol and progesterone during early pregnancy in the cow and the effects of treatment with buserelin. *Anim Reprod Sci* 1995; 37: 121-131
- Mann GE., Mann SJ., Lamming GE.** The interrelationship between the maternal hormone environment and the embryo during the early stages of pregnancy. *J Reprod Fertil* 1996; Abstr Series 17:55
- Mann GE., Lamming GE., Fisher PA.** Progesterone control of embryonic interferon- τ production during early pregnancy in the cow. *J Reprod Fertil* 1998; Abstr Series 21:37
- Mann GE., Payne JH., Lamming GE.** Hormonal regulation of oxytocin-induced prostaglandin F_{2 α} secretion by the bovine and ovine uterus in vivo. *Dom Anim*

2 Reproducción Bovina

Endocrinol 2001;21:127-141

McDougall S., Cullum AA., Anniss FM., and Rhodes FM. Treatment of anovulatory anoestrus postpartum dairy cows with a gonadotrophin-releasing hormone (GnRH), prostaglandin F_{2α} GnRH regimen or with progesterone and oestradiol benzoate. *N.Z. Vet. J.* 2001 ;49:168-172.

McDougal S., Compton CWR., Annis FM. Effect of exogenous progesterone and oestradiol on plasma progesterone concentrations and follicle wave dynamics in anovulatory anoestrus post partum cattle. *Anim Reprod Sci* 2004;84:303-14

McGowan MR., Kirkland PD., Richards SD., Littlejohns IR. Increased reproductive losses in cattle infected with bovine pestivirus around the time of insemination. *Vet Rec* 1993;133:39-43

McGowan MR., Kafi M., Kirkland PD., Kelly H., Occhio MD., Jillella D. Studies of the pathogenesis of bovine pestivirus-induced ovarian dysfunction in super-ovulated cattle. *Theriogenology* 2003;59:1051-1066

Mee MO, Stevenson JS, Scooby RK, Folman Y. Influence of gonadotrophin-releasing hormone and timing of insemination relative to estrus on pregnancy rate of dairy cattle at first service. *J Dairy Sci* 1990; 73: 1500-1507

Mee MO., Stevenson JS., Alexander BM., Sasser RG. Administration of GnRH at estrus influences pregnancy rates, serum concentrations of LH, FSH, estradiol 17β, Pregnancy-specific protein B and progesterone, proportion of luteal cell types and in vitro production of progesterone in dairy cows. *J Anim Sci* 1993;71:185-198

Mee JF., Ryan PD., and Condon T. Ultrasound diagnosis of pregnancy in cattle. *Vet. Rec.* 1994;134:532.

Mejia ME and Lacau-Mengido IM. Endometritis treatment with a PGF_{2α} analog does not improve reproductive performance in a large dairy herd in Argentina. *Theriogenology* 2005;63:1266-1276

Mihm M., Deletang F., Roche JF. The gonadotrophin and ovarian response to an intermediate or low dose of gonadorelin in beef heifers: influence of dose, follicle status and progesterone environment. *J Reprod Fertil Abstr Ser* 1998;21:74

Mihm M., Bleach ECL. Endocrine regulation of ovarian antral follicle development in cattle. *Anim Reprod Sci* 2003; 78: 217-237

Moreira F., Orlandi C., Risco CA., Mattos R., Lopes F., Thatcher WW. Effects of presynchronisation and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 2001;84:1646-59

Morgan WF., and Lean IJ. Gonadotrophin-releasing hormone treatment in cattle: a meta-analysis of the effects on conception at the time of insemination. *Austral Vet J* 1993;70:205209

Murray RD., Allison JD., Gard RO. Bovine endometritis: comparative efficacy of alfaprostol and intra-uterine therapies, and other factors influencing clinical success. *Vet Rec* 1990;127:86-90

Nakao T., Gamal A., Osawa T., Nakada K., Moriyoshi M., Kawata K. Postpartum plasma PGF metabolite profile in cows with dystocia and/or retained placenta, and effect of fenprostalene on uterine involution and reproductive performance. *J Vet Med Sci* 1997;59:791-4

Nishigai M., Kamomae H., Tanaka T., Kaneda Y. The effect of administration of human chorionic gonadotropin in enhancing bovine corpus lutea luteinization and luteal function. *J Reprod Dev* 2001;47:283-94

Nishigai M., Kamomae H., Tanaka T., Kaneda Y. Improvement of pregnancy rate in Japanese Black cows by administration of hCG to recipients of transferred frozen-thawed embryos. *Theriogenology* 2002;58:1597-1606

Nobel RL., Jobst SM., Dransfield MBG., Pandolfi SM., Balley TL. The use of radio frequency data communication system, Heat Watch, to describe behav-

- journal estrus in dairy cattle. *J Dairy Sci* 1997;179 (abstract)
- Opsomer G., Mijten P., Coryn M., and de Kruif A.** Post-partum anoestrus in dairy cows: a review. *Vet Quart* 1996;18: 68-75
- Opsomer G., Grohn YT., Hertl J., Coryn M., Deluyker H., de Kruif A.** Risk factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a field study. *Theriogenology* 2000;53:841-857
- Osawa T., Nakaot T., Moriyoshi M., Nakada K.** Plasma beta-endorphin around parturition and its relationship to cortisol level and resumption of pituitary and ovarian functions in dairy cows. *Anim Reprod Sci* 1998: 52: 27-38.
- Padula AM., Borman JM., Wright PJ., Macmillan KL.** Restoration of LH output and 17B oestradiol responsiveness in acutely ovariectomised Holstein dairy cows pre-treated with a GnRH agonist (deslorelin) for 10 days. *Anim Reprod Sci* 2002;70:49-63
- Padula AM., Macmillan KL.** Oestradiol 17B responsiveness, plasma LH profiles, pituitary LH and FSH concentrations in long terms ovariectomised Holstein cows at 24h, 48h and 21 days following treatment with an absorbable GnRH agonist implant. *Anim Reprod Sci* 2005;85:27-39
- Pancarci SM., Jordan ER., Risco CA., Schouten MJ., Lopes FL., Moreira F., and Thatcher WW.** Use of estradiol cypionate in a presynchronized timed artificial insemination program for lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 2002;85:122-131
- Paula-Lopes FF., Chase Jr, CC., Al-Katanani YM., Krininger III CE., et al.** Genetic divergence in cellular resistance to heat shock in cattle: differences between breeds developed in temperate versus hot climates in responses of preimplantation embryos, reproductive tract tissues and lymphocytes to increased culture temperatures. *Reproduction* 2003;125:285-294s
- Perez Hernandez P., Sanchez del Real C., Gallegos Sanchez J.** Anestros postparto y alternativas de manejo del amamantamiento en vacas de doble propósito en el tropico. *Invest. Agr: Prod Sanid Anim* 2001; 16: 257-270.
- Peters AR., Drew SB., Mann GE., Lamming GE., Beck NF.** Experimental and practical approaches to the establishment and maintenance of pregnancy. *J Physiol Pharmacol* 1992; 43 (4 Suppl 1): 143-152
- Peters AR., Ward SJ., Warren MJ., Gordon PJ., Mann GE, Webb R.** Ovarian and hormonal responses of cows to treatment with an analogue of gonadotrophin releasing hormone and prostaglandin F_{2α}. *Vet Rec* 1999; 27: 343-346
- Peters AR., Martinez TA., Cook AJC.** A meta-analysis of studies of the effect of GnRH 11-14 days after insemination on pregnancy rates un cattle. *Theriogenology* 2000;54:1317-1326
- Phatac AP., Whitmore HL., Brown MD.** Effect of gonadotrophin-releasing hormone on conception rate in repeat-breeder dairy cows. *Theriogenology* 1986;26:605
- Pieterse MC., Szenci O., Willemsse AH., Bajcsy CSA., Dieleman SJK., Taverne MAM.** Early pregnancy diagnosis in cattle by means of linear-array real-time ultrasound scanning of the uterus and a qualitative and quantitative milk progesterone test. *Theriogenology* 1990; 30(3):697-707.
- Pösö J., Mäntysaari EA.** Genetic relationships between reproductive disorders, operational days open and milk yield. *Livest Prod Sci* 1996; 46: 41-48
- Pursley JR., Mee MO., and Wiltbank MC.** Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF_{2α} and GnRH. *Theriogenology* 1995;44:915-923.
- Pursley JR., Kosorok MR., Wiltbank M.C.** Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. *J. Dairy Sci.* 1997;80: 301-306.
- Rabee AR., Lean IJ., Stevenson MA.** Efficacy of Ovsynch program on reproductive performance in dairy cattle: a meta analysis. *J Dairy Sci* 2005;88:2754-2770

2 Reproducción Bovina

- Rajamehendran R and Sianangama PC.** Effect of human chorionic gonadotrophin on dominant follicles in cows: formation of accessory corpora lutea, progesterone production and pregnancy rates. *J Reprod Fertil* 1992;95:577-584
- Rensis de F., Marconi P., Capelli T., Gatti F., Facciolongo F., Franzini S., Scaramuzzi RJ.** Fertility in post partum dairy cows in winter or summer following oestrus synchronisation and fixed time AI after the induction of an LH surge with GnRH or hCG. *Theriogenology* 2002;58:1675-1687.
- Rensis de F., Scaramuzzi RJ.** Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow-a review. *Theriogenology* 2003;60:1139-1151
- Rhoads ML., Rhoads RP., Gilbert RO., Toole R., Butler WR.** Detrimental effects of high plasma urea nitrogen levels on viability of embryos from lactating dairy cows. *Animal Reprod Sci* 2006;91:1-10
- Rhodes FM., Burke CR., Clark BA., Day ML., Macmillan KL.** Effect of treatment with progesterone and oestradiol benzoate on ovarian follicle turnover in post-partum anoestrus cows and cows which have resumed oestrous cycles. *Anim Reprod Sci* 2002;69:139-150
- Robert A., Beaudreau F., Seegers H., Joly A., Philipot JM.** Large scale assessment of the effect associated with bovine viral diarrhoea virus infection on fertility of dairy cows in 6149 dairy herds in Brittany (Western France). *Theriogenology* 2003;61:17-127
- Roche JF., Boland MP., McGeedy TA.** Reproductive wastage following artificial insemination in cattle. *Vet Rec* 1981; 109: 95-97
- Ronchi B., Stradaoli G., Verini Supplizi A., Bernabuci U., Lacetera N., Accorsi PA.** Influence of heat stress or feed restriction on plasma progesterone, oestradiol 17-Beta, LH, FSH, prolactin and cortisol in Holstein Heifers. *Livestock Prod Sci* 2001;68:231-241
- Rosenberger M., Chun SY., Kaim M., Herz Z., Folman Y.** The effect of GnRH administered to dairy cows during oestrus on plasma LH and conception in relation to the time of treatment and insemination. *Anim Reprod Sci* 1991;24:13-24
- Roth Z., Meidan R., Braw-Tal R., Wolfenson D.** Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *J Reprod Fert* 2000;120:83-90
- Roth Z., Meidan R., Shaham-Albalancy A., Braw-Tal R., Wolfenson D.** Delayed effect of heat stress on steroid production in medium sized and preovulatory bovine follicles. *Reproduction* 2001;121:745-751
- Ruiz-Cortez ZT., Oliver Angel M.** Ovarian follicular dynamics in suckled zebu (bos indicus) cows monitored by real time ultrasonography. *Anim Reprod Sci* 1999; 54: 211-220.
- Rukkamsuk T., Wensing T., Kruip TAM.** Relationship between triacylglycerol concentration in the liver and real ovulation in post partum dairy cows. *Theriogenology* 1998; 51: 1133-1142
- Rutledge JJ.** Use of embryo transfer and IVF to bypass effects of heat stress. *Theriogenology* 2001;55:105-111
- Ryan DP., Prichard JF., Kopel E., Godke RA.** Comparing early embryo mortality in dairy cows during hot and cool seasons of the year. *Theriogenology* 1993;39:719-737
- Sangsrivavong S., Combs DK., Sartori R., Wiltbank MC.** High feed intake increases blood flow and metabolism of progesterone and oestradiol-17B in dairy cattle. *J Dairy Sci* 2002;85:2831-42
- Santos JE., Thatcher WW., Pool L., Overton MW.** Effect of human chorionic gonadotropin on luteal function and reproductive performance of high producing lactating Holstein dairy cows. *J Anim Sci* 2001;79:2881-2894
- Santos JEP., Bartolome JA., Cerri RLA., Juchem SO., Hernandez O., Trigg T et al.** Effect of a deslorelin implant in atimed artificial insemination protocol on

- follicle development, luteal function and reproductive performance of lactating dairy cows. *Theriogenology* 2004;61:421-35
- Sartori R., Sartor-Bergfelt R., Mertens SA., Guenther JN., Parrish JJ., Wiltbank MC.** Early embryonic development during summer in lactating dairy cows and nulliparous heifers. *Biol Reprod* 2000; 62:155
- Sartori R., Rosa GJM., Wiltbank MC.** Ovarian structures and circulating steroids in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *J Dairy Sci* 2002;85:2813-2822
- Savio JD., Boland MP., Hynes N., Roche JF.** Resumption of follicular activity in the early postpartum period of dairy cows. *J Reprod Fertil* 1990; 49:569-579.
- Sedlak K., Bartova E.** Seroprevalences of antibodies to *Neospora caninum* and *Toxoplasma gondii* in zoo animals. *Veterinary Parasitology* 2006; 136: 223-231
- Schmitt EJ-P., Barros CM., Fields PA., Fields MJ., Diaz T., Kluge JM.** A cellular and endocrine characterisation of the original and induced CL after administration of gonadotropin-releasing hormone agonist or human chorionic gonadotropin on day 5 of the estrus cycle. *J Anim Sci* 1996;74:1915-29
- Sheldon IM., Noakes DE.** Comparison of three treatments for bovine endometritis *Vet Rec* 1998; 142:575-9
- Sheldon IM., Dobson H.** Postpartum uterine health in cattle. *Animal Reprod Sci* 2004;82-83:295-306
- Sheldon IM., Noakes DE., Rycroft AN., Pfeiffer DU., Dobson H.** Influence of uterine bacterial contamination after parturition on ovarian dominant follicle selection and follicle growth and function in cattle. *Reproduction* 2002;123:837-845
- Sheldon IM., Lewis GS., LeBlanc S., Gilbert R.** Defining post partum uterine disease in cattle. *Theriogenology* in 2006;65:1516-1530.
- Shephard R.** Investigation of a whole herd controlled breeding program using GnRH and prostaglandin in commercial seasonally-calving dairy herds. *Aust Cattle Vet* 2002;23:24-28
- Sianangama PC., Rajamahendran R.** Effect of human chorionic gonadotropin administered at specific times following breeding on milk progesterone and pregnancy in cows. *Theriogenology* 1992;38:85
- Silcox RW., Powell KL., and Kiser TE.** Ability of dominant follicles (DF) to respond to exogenous GnRH administration is dependent on their stage of development. *J Anim Sci* 1993; 71(Suppl. 1): 219
- Silvia WJ., Lewis GS., McCracken JA., Thatcher WW., Wilson L.** Hormonal regulation of uterine secretion of prostaglandin F₂alpha during luteolysis in ruminants. *Biol Reprod* 1991;45:655-63
- Silvia WJ., Halter TB., Nugent AM., Laranja da Fonseca LF.** Ovarian follicular cysts in dairy cows: an abnormality in folliculogenesis. *Dom Anim Endocrinol* 2002;23:167-177
- Small JA., Ambrose JD., McCaughey WP., Ward DR., Sutherland WD., Glover ND., Rajamahendran R.** The effects of gonadotropin releasing hormone in prostaglandin F₂o-based timed insemination programs for beef cattle. *Can J Anim Sci* 2001;81:335-343
- Sota de la, R. L., Burke JM., Risco CA., Moreira F., DeLorenzo MA., and Thatcher WW.** Evaluation of timed insemination during summer heat stress in lactating dairy cattle. *Theriogenology* 1998;49:761-770
- Ssentongo YK., Johnson RH., Smith JR.** Association of bovine viral diarrhoea-mucosal disease virus with ovaritis in cattle. *Aust Vet J* 1980;56:272-273
- Stevens RD., Dinsmore RP., Cattle MB.** Evaluation of the use of intra-uterine infusions of oxytetracycline, subcutaneous injections of fenprostalene, or a combination of both, for the treatment of retained fetal membranes in dairy

2 Reproducción Bovina

- cows. *J Am Vet Med Assoc.* 1995; 207:1612-5
- Stevenson JS., Call EP., Scoby RK., Phatak AP.** Double insemination and gonadotrophin-releasing hormone treatment of repeat breeding cattle. *J Dairy Sci* 1990; 73: 1766-1772
- Stevenson JS., Frantz KD., Call EP.** Conception rates in repeat breeders and dairy cattle with unobserved estrus after prostaglandin F_{2α} and gonadotrophin-releasing hormone. *Theriogenology* 1988;29:451
- Stevenson JS., Phatak AP., Call EP., Scoby RK.** Double insemination and GnRH treatment of repeat breeding Holsteins. *J Dairy Sci* 1989; Suppl 72:352
- Stevenson JS., Kobayashi Y., and Thompson KE.** Reproductive performance of dairy cows in various programmed breeding systems including Ovsynch and combination of gonadotropin-releasing hormone and prostaglandin F_{2α}. *J. Dairy Sci.* 1999; 82:506-515
- Stevenson JS., Smith JF., and Hawkins DE.** Reproductive outcomes for dairy heifers treated with combinations of prostaglandin F_{2α}, norgestomet and gonadotropin-releasing hormone. *J. Dairy Sci.* 2000;83:2008-2015
- Stevenson JS., Thompson KE., Forbes WL., Lamb GC., Grieger DM., Corah LR.** Synchronizing estrus and (or) ovulation in beef cows after combinations of GnRH, norgestomet, and prostaglandin F_{2α} with or without timed insemination. *J. Anim. Sci.* 2000. 78:1747-1758
- Stevenson JS., Tiffany SM., Lucy MC.** Use of estradiol cypionate as a substitute for GnRH in protocols for synchronising ovulation in dairy cattle. *J Dairy Sci* 2004;87:3298-305
- Thatcher WW., Meyer MD., Danet-Desnoyers G.** Maternal recognition of pregnancy. *J Reprod Fertil* 1995; Suppl 49:15-28
- Thatcher WW., Moreira F., Pancarci SM., Bartolome JA., Santos JEP.** Strategies to optimize reproductive efficiency by regulation of ovarian function. *Dom Animal Endocrinol* 2002;23: 243-254
- Thomas JC.** Induced abortion - a therapeutic disaster. *Proceedings of the AACV Pan Pacific Conference; Sydney* 1991:35-6.
- Thompson KE., Stevenson JS., Lamb GC., Grieger DM., Loest DE.** Follicular, Hormonal, and Pregnancy Responses of Early Postpartum Suckled Beef Cows to GnRH, Norgestomet, and Prostaglandin F_{2α}. *J. Anim. Sci.* 1999. 77:1823-1832
- Tieman JCH., Rodrigues AAR., de Souza SLP., Barbanti Duarte JM., Gennari SM.** Occurrence of anti-Neospora caninum antibodies in Brazilian cervids kept in captivity. *Vet Parasitol* 2005;129:341-343
- Todoroki J., Yamakuchi H, Mizoshita K, et al.** Restoring ovulation in beef donor cows with ovarian cysts by progesterone-releasing intravaginal silastic devices. *Theriogenology.* 2001;55:1919-1932
- Twagiramungu HL., Guilbault A., Proulx J, Villeneuve P., and Dufour JJ.** Influence of an agonist of gonadotropin-releasing hormone (buserelin) on oestrus synchronisation and fertility in beef cows. *J Anim Sci* 1992; 70:1904
- Ullah G., Fuquay JW., Keawkhong T., Clark BL., Pogue DE., Murphey EJ.** Effect of gonadotrophin-releasing hormone at estrus on subsequent luteal function and fertility in lactating Holsteins during heat stress. *J Dairy Sci* 1996;79:1950-1953
- White CR., Keister ZO., McCauley TC., AX RL.** Hormonal therapy in dairy cows: Five ways to improve reproductive efficiency. *Vet Med* 1996;6: 571-575
- Willard S., Gandy S., Bowers S., Graves K., Elias A., Whisnant C.** The effects of GnRH administration postinsemination on serum concentrations of progesterone and pregnancy rates in dairy cattle exposed to mild summer heat stress. *Theriogenology* 2003;59:1799-1810
- Williams SW., Stanko RL., Amstalden M., and Williams GL.** Comparison of three approaches for synchronization of ovulation for timed artificial insemina-

- tion in *Bos indicus*-influenced cattle managed on the Texas gulf coast. *J. Anim. Sci.* 2002;80:1173-1178
- Wiltbank MC., Gtimen A., and Sartori R.** Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology* 2002;57:21-52
- Wiltbank M., Lopez H., Sartori R., Sangsritavong S., Gumen A.** Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology* 2006;65:17-29
- Wolf D., Schares G., Cardenas O., Huanca W., Cordero A., Barwald A., Conraths FJ., Gauly M., Zahner H., Bauer C.** Detection of specific antibodies to *Neospora caninum* and *Toxoplasma gondii* in naturally infected alpacas (*Lama pacos*), llamas (*Lama lama*) and vicuñas (*Lama vicugna*) from Peru and Germany. *Vet Parasitol* 2005;130:81-87
- Wolfenson D., Lew BJ., Thatcher WW., Graber Y., Meidan R.** Seasonal and acute heat stress effects on steroid production by dominant follicles in cows. *Anim Reprod Sci* 1997;47:9-19
- Wolfenson D., Roth Z., Meidan R.** Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. *Anim Reprod Sci* 2000;60-61:535-547.
- Wolfenson D., Sonogo H., Bloch A., Shaham-Albalancy A., Kaim M., Folman Y., Meidan R.** Seasonal differences in progesterone production by luteinised bovine thecal and granulosa cells. *Domest Anim Endocrinol* 2002;22:81-90
- Vasconcelos JLM., Silcox RW., Lacerda JA., Pursley JR., and WiltbankMC.** Pregnancy rate, pregnancy loss, and response to heat stress after AI at two different times from ovulation in dairy cows. *Biol. Reprod.* 1997;56(Suppl 1):140. (Abstr.)
- Vasconcelos JLM., Silcox RW., Rosa GJ., Pursley JR., Wiltbank MC.** Synchronisation rate, size of the ovulatory follicle and pregnancy rate after synchronisation of ovulation beginning on different days of the oestrous cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology* 1999;52:1067-1078
- Xu ZZ., Verkerk GA., Mee JF., Morgan SR., Clark BA., Burke CR., and Burton LJ.** Progesterone and follicular changes in postpartum noncyclic dairy cows after treatment with progesterone and estradiol or with progesterone, GnRH, PGF_{2α} and estradiol. *Theriogenology* 54:273-282 and estradiol. *Theriogenology* 2000;54:273-282
- Yavas Y., and Walton JS.** Postpartum acyclicity in suckled beef cows: a review. *Theriogenology* 2000;54:25-55
- Younas M., Fuquay JW., Smith AE., Moore AB.** Estrous and endocrine responses of lactating Holsteins to forced ventilation during summer. *J Dairy Sci* 1993;76:430-436s
- Zerbe H., Schneider N., Leibold W., Wensing T., Kruip TA., Schuberth HJ.** Altered functional and immunophenotypical properties of neutrophilic granulocytes in post partum cows associated with fatty liver. *Theriogenology* 2000; 54: 771-786

2 Reproducción Bovina

3 Reproducción Equina

3.1 Fisiología

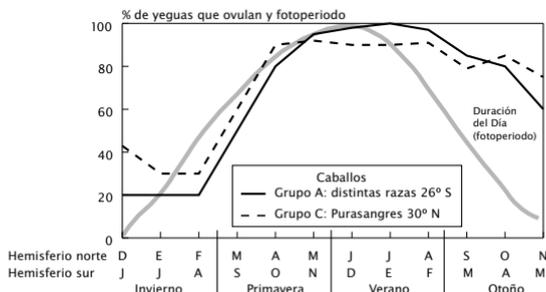
3.1.1 Fisiología de ciclo estral

La actividad reproductiva en el caballo es estacional. La estación reproductiva natural de las yeguas se extiende desde la primavera hasta finales del verano, lo que en el hemisferio norte implica desde abril hasta septiembre, y en el hemisferio austral desde octubre hasta marzo. Los caballos son llamados reproductores “de días largos”, ya que su actividad cíclica normal se activa, principalmente, por el aumento en la duración del día (es decir, el fotoperiodo creciente) a principios de primavera, mientras que a finales de verano y principios del otoño, el acortamiento de la duración del día (es decir, el fotoperiodo decreciente) desencadena la finalización de la estación reproductiva. En primavera, factores secundarios, como el aumento de la temperatura y la mejora de la ingesta dietética, aceleran el inicio de la actividad reproductiva. Hay una fuerte relación entre el fotoperiodo y la aparición de la ovulación. La Figura 1 muestra claramente la asociación entre los cambios en el fotoperiodo y la estacionalidad de la reproducción.

La ovulación en la hembra es mínima o está ausente durante el invierno y tiene su máxima frecuencia en verano. La primavera y el otoño se consideran periodos de transición y se caracterizan por ciclos estrales frecuentes e irregulares que varían tanto por lo que respecta a la duración del ciclo como al momento de la ovulación.

3 Reproducción Equina

Figura 1 Asociación entre el fotoperíodo y la estacionalidad reproductiva



Durante la estación reproductiva, las yeguas entrarán en celo, cada 21 (18-24) días en promedio aunque los *ponys* tienen, como media, un ciclo más largo (25 días). En las yeguas, la secreción tanto de hormona foliculoestimulante (FSH) como de hormona luteinizante (LH) es dirigida específicamente por picos de hormona liberadora de las gonadotropinas. Durante el ciclo estral de la yegua, las concentraciones de FSH ascienden al doble. El primer incremento tiene lugar desde el día 8 al día 14 del ciclo, y el segundo desde el día 15 hasta el día 2 del ciclo siguiente. En las yeguas, las olas foliculares son de dos tipos: olas mayores (con folículos dominantes y subordinados) y olas menores (en las que el folículo de mayor tamaño nunca alcanza el tamaño de un folículo dominante). Existen grandes diferencias en los patrones de olas observados durante el ciclo estral en distintas razas. En algunas razas (p. ej. Cuarto de Milla), generalmente sólo puede detectarse una ola mayor a finales del diestro, que encamina al estro y a la ovulación. En otras razas (p. ej. los Purasangre), suele darse, frecuentemente, una ola secundaria a principios del diestro. El folículo dominante en esta ola ovulará o será anovulatorio.

La LH es secretada en forma de pulsos desde el día 16 del ciclo hasta el día 3 del ciclo siguiente, con un pico el día 1 de éste último. Se cree que el estradiol es un factor clave en la generación de un pico pleno de LH en las yeguas. Hace incrementar la síntesis de LH (Sharp et al., 1991; Robinson et al., 1995), induce

Reproducción Equina 3

la formación de receptores de la GnRH en la hipófisis y puede hacer aumentar la secreción de GnRH. Hay muchas pruebas que indican que el pico de LH no puede comenzar hasta que el folículo dominante secrete suficiente estradiol, y no puede darse mientras la retroalimentación positiva por parte del estradiol sea insuficiente (Irvine et al., 2000).

El estro dura unos 5 días (3-9 días), y la ovulación tiene lugar 24-48 horas antes del final del estro. Los caballos muestran un periodo de estro más prolongado durante la primavera y el otoño (7-10 días) que durante mediados de verano (4-5 días). Al contrario que el folículo en desarrollo, el cuerpo lúteo es insensible a la duración del día, y el comportamiento propio el diestro dura, constantemente, 14-15 días a lo largo de la estación ovulatoria. Algunos estudios han demostrado un diestro ligeramente más duradero a mediados del verano (16 días) que en primavera o a finales del otoño (13 días), mientras que otros autores no han detectado diferencias en absoluto.

La estación también tiene un efecto pronunciado sobre la producción de espermatozoides y el comportamiento sexual del semental. Se ha demostrado la influencia de la estación sobre el tiempo de reacción (tiempo entre el primer contacto visual y la cópula) y la duración del coito. La producción de espermatozoides alcanza su máximo entre finales de mayo y julio. Es posible anticipar la producción de esperma manipulando el fotoperiodo, pero el efecto no suele durar toda la estación reproductiva. La mayor actividad sexual en los sementales (en el hemisferio norte) se observa desde marzo hasta finales de octubre.

3.1.2 Fertilización y mantenimiento de la gestación

En la yegua, la fertilización tiene lugar en el oviducto y es posible hasta 30 horas después de la ovulación. El transporte del óvulo a través del oviducto hasta llegar al útero lleva unos 6 días. Cuando finalmente, llega al útero, el embrión equino permanece con una forma esférica y migra libremente por el lumen uterino hasta el día 17 después de la ovulación. Este es el momento en el que tiene lugar el primer reconocimiento materno de la gestación. En la actualidad está bastante claro que el mov-

3 Reproducción Equina

imiento constante del embrión equino por el útero entre los días 7 y 17 es necesario para asegurar que se consiga el reconocimiento materno de la gestación en todas las partes del útero (Allen 2001a). Por tanto, para el mantenimiento temprano de la gestación, el endometrio debe estar en buen estado (véase la sección 3.4.2) y no deben existir barreras físicas que eviten que el producto de la concepción se muevan libremente por el lumen. Los cambios patológicos en el endometrio, además de los quistes o septos endometriales de gran tamaño, pueden contribuir a un reconocimiento materno insuficiente del embrión y a la subsiguiente pérdida de la gestación.

Mediante algún mecanismo todavía no conocido en su totalidad, las yeguas suprimen la regulación positiva cíclica normal de los receptores de oxitocina en el endometrio, evitando así la secreción de la prostaglandina $PGF_{2\alpha}$ luteolítica como respuesta a la secreción de oxitocina por parte del endometrio (Stout et al., 2000). Habiéndose librado de la luteolisis entre los días 14 y 16 tras la inseminación o monta se conserva la función del cuerpo lúteo de la yegua, pero su producción de progesterona desciende constantemente a lo largo de los 20 días siguientes. El suministro de progesterona es entonces suplementado por cuerpos lúteos accesorios inducidos por la gonadotropina coriónica.

Entre los días 25 y 35 tras la ovulación, las células del trofoblasto empiezan a multiplicarse y, alrededor de los 36-38 días migran en profundidad en el endometrio materno para formar unas estructuras, únicas en los équidos, conocidas como copas endometriales. Éstas secretan de forma activa y desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de la gestación hasta que la placenta puede suministrar progesterona suficiente por sí misma alrededor del día 100. Las copas endometriales producen y secretan grandes cantidades de gonadotropina coriónica equina (eCG, gonadotropina sérica de yegua preñada, PMSG) entre los días 40 y 70 de la gestación (Allen 2001a). En conjunción con la FSH de la hipófisis, la eCG estimula el desarrollo de cuerpos lúteos accesorios, proporcionando una fuente adicional de progesterona.

Después del día 70 de gestación, las copas endometriales empiezan a degenerar y los niveles de eCG descienden constantemente. Finalmente, alrededor de los días 100 a 120, las copas necróticas se desprenden de la superficie del endometrio, quedando libres en el lumen uterino, donde a veces quedan alojadas

Reproducción Equina 3

en el alantocorion para formar el llamado saco alantocoriónico. No es hasta un momento tan tardío como el día 40 después de la ovulación cuando el trofoblasto no invasivo del alantocorion empieza a crear una unión microvillosa estable con las células epiteliales del lumen del endometrio. La unidad primaria de intercambio hemotrófico de la placenta alantocoriónica no invasiva (el microcotiledón), se forma llegado el día 120 de la gestación. La gestación de la yegua dura 11 meses (310-365 días).

El primer estro tras el parto, también llamado "celo del potro" se da entre los 5 y los 15 días tras el parto. Aunque se cree, en general, que la fertilidad de este primer celo es baja, algunos propietarios de caballos intentan que la yegua se reproduzca en este momento. Una de las razones para hacerlo es la duración impredecible de la inactividad sexual en las yeguas lactantes. Cuando la hembra no está gestante, o cuando no se reconoce la gestación, el endometrio uterino empieza a secretar prostaglandina (PG)F_{2α} desde el día 14 al 16. La secreción de PGF_{2α} provoca la luteolisis del cuerpo lúteo, permitiendo la secreción de gonadotropinas, y la yegua retorna al celo.

3.1.3 Regulación estacional de la actividad reproductora en la hembra

Los cambios estacionales normales en la actividad reproductora de la hembra se desencadenan por cambios en el fotoperíodo, además de por factores de temperatura y nutricionales. La crucial transmisión de las señales lúminicas al eje hipotálamo-hipofisario se da mediante la melatonina, un neurotransmisor secretado por la glándula pineal. La síntesis y la secreción de melatonina están moduladas directamente por el fotoperíodo. Aunque el efecto del fotoperíodo está bien documentado, el lugar de acción de la melatonina no ha sido estudiado en profundidad en el caballo. No obstante, a partir de estudios en otras especies, se sabe que la melatonina no influye directamente sobre la secreción de GnRH, pero actúa a través de una compleja red neuroendocrina (Malpau et al., 1999). Sólo están presentes concentraciones elevadas de melatonina en sangre durante las horas de oscuridad. Al final de la estación reproductiva, la duración del día se acorta, y la temperatura y la disponibilidad de

3 Reproducción Equina

alimento natural descienden. Los periodos largos de días cortos estimulan la producción de melatonina que, a su vez, afecta a la secreción de GnRH por parte del hipotálamo. Como contraste, al principio de la estación reproductiva hay una inhibición de la secreción de melatonina debido al fotoperiodo creciente.

Se asume que los mecanismos neuroendocrinos que gobiernan la estacionalidad implican la modulación de la frecuencia de los pulsos de GnRH y, mediante esto, la señal directa de la gonadotropina a los ovarios. En la yegua, la frecuencia de los pulsos de FSH y LH aumenta gradualmente durante las semanas precedentes a la primera ovulación en la primavera. A mediados de verano se dan dos secreciones de FSH durante cada ciclo estral: una a finales del estro o a principios del diestro, y la segunda a mediados del diestro. De forma similar a las observaciones en *ponys*, parece ser que también tiene lugar un cambio en el perfil de la FSH en las yeguas Purasangre durante el periodo de transición otoñal (de dos picos por ciclo a uno) (Irvine et al., 2000). Se ha propuesto que, en las yeguas, es necesaria la exposición a dos periodos de concentraciones aumentadas de FSH para que los folículos dominantes maduren. Así pues, puede que la ausencia del pico a principios del diestro en los ciclos estrales otoñales sea la razón de la reducción del desarrollo folicular al final de la estación.

Aunque la incapacidad final de ovular está, supuestamente relacionada con la falta de un pico adecuado de LH, la función del cuerpo lúteo y la producción de estrógenos se ven afectados varios ciclos antes. Es posible que el estímulo con FSH del folículo en desarrollo sea insuficiente a medida que la estación avanza (Irvine et al., 2000).

Muchos estudios han reportado que el primer fracaso a la hora de ovular en otoño está asociado con la falta de un pico de LH y que el último pico es menor en la mayoría de las yeguas estudiadas (Nequin et al., 1998; Ginther et al., 2003). La reducción del pico de LH en los ciclos que se dan durante el otoño también puede afectar la función del cuerpo lúteo. Una situación similar, pero en orden inverso, tiene lugar durante la transición desde el anestro a la estación reproductiva. En aproximadamente el 50% de las yeguas, se desarrollan entonces olas foliculares anovulatorias secuenciales, alcanzando el folículo dominante un diámetro similar al de un folículo preovulatorio. Estos folículos

Reproducción Equina 3

no consiguen ovular debido a la supresión de la secreción de GnRH por parte de mecanismos que inhiben la estimulación de la LH. Además, se cree que estos folículos grandes de transición son incapaces de producir hormonas esteroidales en cantidad suficiente, aunque la razón de ello no está clara.

La prolactina también puede desempeñar un papel en la reproducción estacional de las yeguas. Las concentraciones de prolactina son altas en verano y bajas en los meses invernales (Evans et al., 1991). El tratamiento de las yeguas con prolactina o con fármacos que imitan a la secreción de prolactina (p. ej. el sulpride) pueden acelerar la primera ovulación de la primavera (Besonet et al., 1997). En los ciclos veraniegos se observan picos repentinos en las concentraciones plasmáticas de prolactina poco después de la luteolisis, que se ven seguidos, muy pronto, de un incremento en la concentración de estrona (Shand et al., 1998). Esto podría indicar el posible papel de la prolactina en el crecimiento y la maduración folicular.

Durante el anestro estacional de la yegua, los ovarios se ven privados de la estimulación por parte de las gonadotropinas y permanecen pequeños, compactos y duros a la palpación rectal, con unas estructuras internas indiferenciables, y hay poco tono en el cérvix o en el cuerpo del útero. Sin embargo, con el inicio de la estación reproductiva, los ovarios se vuelven más blandos y suelen poder palpase con facilidad varios folículos pequeños.

Al principio del periodo reproductivo, las yeguas suelen experimentar un periodo transitorio de reducción de la actividad ovárica, con folículos pequeños que experimentarán atresia y que son reemplazados por unos nuevos en desarrollo. En marzo y abril, aproximadamente el 70% de las yeguas mostrarán el estro, aunque sólo el 50% ovulará en ese momento. En mayo y junio la mayoría de las yeguas muestran claramente el celo, cuya duración es más corta (5-6 días) y que casi siempre da lugar a la ovulación.

3 Reproducción Equina

3.2 Manejo de la reproducción

3.2.1 Detección del estro

El método más común para detectar el estro en las yeguas recibe el nombre de "incitación", cuando el exponer un macho a la hembra hace que aquella muestre los signos externos del celo. Una hembra en celo tolera y hasta anima los progresos de un semental. Se pone en cuclillas, eleva la cola, orina, hace que se muestre el clítoris ("espejo del clítoris") y se queda quieta de pie, al tiempo que el semental la llama, la mordisquea, la lame, y hasta la muerde o la amenaza. A medida que el semental le mordisquea las babillas y los corvejones, la yegua puede inclinar todavía más la pelvis. La postura de la hembra en celo, con el dorso abombado (cifosis) no se parece en nada a la postura propia del estro de otros animales (p. ej. gatos, perros, vacunos y roedores), que arquean el dorso (lordosis).

Estos signos pueden ser vagos al principio de la estación reproductiva y al principio del estro, pero, gradualmente, se vuelven más evidentes a medida que la estación avanza y al llegar el momento de la ovulación. Otros estímulos externos pueden reducir la muestra de signos propios del estro, como la presencia de un potrero o un entorno desconocido.

Si no están en celo, las hembras a las que se acerque por detrás un semental interesado echarán las orejas hacia atrás, mantendrán la cola hacia abajo e intentarán cocearle.

En la actualidad, el escaneado con ultrasonidos por vía rectal para monitorizar la actividad reproductora de las yeguas se está volviendo normal en los criaderos de gran tamaño, las explotaciones de sementales con un buen manejo e incluso en el caso de propietarios con una única yegua. Esta técnica permite estimar el momento de la ovulación con una cierta precisión y la detección precoz de muchas anomalías en el tracto reproductivo. El número de montas naturales o de inseminaciones artificiales (IA) puede, por tanto, reducirse, disminuyendo la posibilidad de infecciones de transmisión venérea.

3.2.2 Apareamiento

La ovulación se da 24-48 horas antes del final del estro y, como la duración del estro puede variar según la estación y el individuo, la predicción del momento concreto de la ovulación (sin el uso continuo de escaneado mediante ultrasonidos) es prácticamente imposible.

Las yeguas pueden ser inseminadas desde 30 horas antes hasta 12 horas después de la ovulación. La inseminación en un momento más tardío puede resultar en una gestación, pero es más probable que se dé la mortalidad embrionaria precoz.

3.2.3 Inseminación artificial

La inseminación artificial (IA) se está haciendo más común, ya que ofrece ciertas ventajas tanto en términos de manejo como de salud:

- puede aparearse un mayor número de yeguas con un único semental.
- la yegua puede ser apareada en su hogar, reduciendo así los riesgos asociados con el transporte y con la recogida de caballos de varios lugares.
- se eliminan del costo del transporte y de la póliza de seguro.
- no hay necesidad de arriesgarse a lesiones del potro neonato durante el transporte.
- el riesgo de lesiones de la yegua, el semental y los cuidadores, que es inevitable con la monta natural, se ve muy reducido.
- menor oportunidad para la diseminación de enfermedades venéreas.
- reducción del riesgo de que el apareamiento provoque contaminaciones en las yeguas "problemáticas".

La inseminación artificial puede llevarse a cabo con semen fresco, refrigerado o congelado-descongelado. El primer método se usa cuando el semental y la yegua viven cerca, de modo que el tiempo desde la recogida del semen hasta la IA pueda ser de menos de una hora. El segundo resulta adecuado para la IA con un intervalo 24-48 horas entre la recogida y la IA, y suele dar lugar a unos porcentajes de concepción similares a los obtenidos con semen fresco. El uso de semen refrigerado es, en la actualidad, una técnica bien establecida, y muchos propietarios de semen-

3 Reproducción Equina

tales han puesto a disposición semen refrigerado como respuesta a la demanda de los criadores. Sigue habiendo limitaciones ya que no todos los sementales producen eyaculados aptos para su refrigeración y, además, la logística de la inseminación debe tener un muy buen manejo, debido a la viabilidad relativamente breve del semen refrigerado (24-48 horas).

La calidad del semen, el estado reproductivo de la yegua y su manejo durante el periodo del estro son los tres factores con un mayor impacto sobre los porcentajes de gestación conseguidos con un programa de reproducción con semen congelado.

Las yeguas que van a ser inseminadas con semen congelado deberían ser monitorizadas de antemano para comprobar que tengan una ciclicidad regular y normal. A todas las yeguas (a excepción de las primerizas, de menos de 6 años) se les deberían tomar muestras uterinas, por lo menos una vez, para realizar cultivos y una citología. Las yeguas primerizas con cualquier signo de tener una acumulación de líquido deben pasar por el mismo proceso. Al inseminar las yeguas con semen congelado, la ovulación debería inducirse con hCG, por ejemplo Chorulon®, para optimizar el uso del semen minimizando el número de inseminaciones por estro. Debido al amplio rango con respecto al momento de la ovulación, cuando las yeguas son tratadas con hCG, deberían ser examinadas mediante palpación rectal y ultrasonografía cada 6-8 horas después de la inyección, para que así puedan ser inseminadas cuando la ovulación es inminente o tan pronto como se detecte.

Una de las razones más importantes para que el semen equino congelado no sea usado ampliamente es la variabilidad de la capacidad de los espermatozoides de los distintos sementales para tolerar la congelación y la descongelación. Se cree que sólo el 25% de los sementales provocarán unos porcentajes de gestación comparables a los obtenidos con la IA con semen fresco o monta natural, incluso con yeguas sanas inseminadas en el mejor momento posible (Vidament et al., 1997).

Al ser usado correctamente, el porcentaje promedio de gestación por ciclo con semen congelado es de alrededor del 30-40%, con 1,8-2 ciclos por gestación. No obstante, los porcentajes de gestación por ciclo suelen variar entre el 0 y el 100% (Loomis 2001; Samper 2001).

Reproducción Equina 3

Sigue existiendo una cierta controversia sobre si las yeguas deberían aparearse justo antes o justo después de la ovulación. Se está haciendo evidente que el uso de más de una inseminación con semen congelado en el mismo ciclo da como resultado unos porcentajes de gestación ligeramente, aunque constantemente, mayores en comparación con una única inseminación (Vidament et al., 1997). Aunque no hay un verdadero consenso sobre el momento recomendado para la inseminación con semen congelado, 19 de 21 laboratorios recomiendan que se realice entre 6 horas antes y 6 después de la ovulación (Samper y Morris 1998). Un estudio retrospectivo de Barbacini et al. (1999) sugirió que no hay diferencias significativas en cuanto a los porcentajes de gestación cuando las yeguas son apareadas 6 horas antes o 6 horas después de la ovulación.

Durante muchos años, el procedimiento estándar al inseminar a las yeguas con semen congelado ha consistido en depositar el semen en el cuerpo uterino. No obstante, varios grupos han reportado recientemente diferencias en los porcentajes de gestación cuando las yeguas eran inseminadas con dosis reducidas de espermatozoides en la unión uterotubárica ipsilateral al ovario que contenía el folículo preovulatorio. Parece que la inseminación profunda en el cuerno uterino o cerca de la unión uterotubárica maximiza el uso del esperma e incrementa el número de espermatozoides en el oviducto, lo que podría resultar en unos mayores porcentajes de gestación en las yeguas inseminadas con semen congelado.

Se ha determinado el número de espermatozoides por dosis de IA para el semen fresco, refrigerado y congelado. Las yeguas son inseminadas, normalmente, con 500 millones de espermatozoides con motilidad progresiva (EMP) inmediatamente después de su recogida o con mil millones de EMP refrigerados y conservados 24 horas a 5°C. La dosis normal para las yeguas inseminadas con semen congelado varía entre los 400 y los 800 millones de espermatozoides. Hay ocasiones en las que se dispone de una cantidad limitada de semen, y la inseminación con cantidades menores de espermatozoides puede resultar ventajosa. La deposición de dosis bajas de espermatozoides equinos puede llevarse a cabo con una mano a modo de guía insertada en el recto o usando un endoscopio. Actualmente se está usando la

3 Reproducción Equina

inseminación histeroscópica con pequeñas cantidades de espermatozoides frescos o congelados para obtener gestaciones de sementales de los que se dispone de poco semen.

3.2.4 Transferencia de embriones

La transferencia de embriones (TE) en el caballo es una técnica desarrollada hace relativamente poco tiempo y permite la obtención de más de un potro por año de yeguas de gran valor. Entre las principales candidatas para la transferencia de embriones se incluyen las yeguas mayores incapaces de quedar gestantes y las que compiten en carreras, polo u otros deportes. El potencial genético puede usarse para obtener potros gestados por yeguas de alquiler.

La mayoría de los embriones equinos recogidos en la actualidad tiene su origen en ovulaciones espontáneas simples. Suelen ser recogidos mediante la irrigación del lumen uterino de la donante entre el 7º y el 8º día después de la ovulación (Squires et al., 2003). El procedimiento se lleva a cabo con un medio de cultivo adecuado que incluye proteínas y antibióticos para asegurar un alto porcentaje de supervivencia de los embriones y para eliminar la posible contaminación bacteriana. Los embriones son evaluados para comprobar su morfología e idoneidad antes de ser transferidos. Al igual que en otras especies, el éxito de la transferencia embrionaria depende enormemente del manejo de la receptora. Los mayores porcentajes de gestación se obtienen cuando la receptora ovula el día antes o hasta 3 días después que la donante.

Hoy día es posible refrigerar y conservar embriones a 5°C, lo que permite su transporte a mayores distancias, pero la conservación de embriones equinos a bajas temperaturas no ha contado con un seguimiento tan dinámico como en el caso del vacuno. La mayoría de los libros de orígenes genealógicos equinos no aprueban a aquellos potros obtenidos de embriones congelados. Además, como la superovulación no está todavía bien establecida y da resultados mediocres, se dispone sólo de muy pocos embriones congelados de los que poder aprovecharse. También existen dificultades técnicas, ya que los embriones equinos se encuentran en el interior de una cápsula proteica acelular que permite, únicamente, una penetración limitada del crioprotector, lo que limita la capacidad de congelarlos.

Se han realizado ya numerosos intentos por inducir ovulaciones múltiples en las yeguas, incluyendo la administración de PMSG/eCG, GnRH, FSH porcina y extracto de hipófisis equina, además de la inmunización contra la inhibina (Squires et al., 2003). No obstante, hasta la fecha no se ha obtenido, en el caso de las yeguas, un producto o una técnica suficientemente buenos ni lo bastante repetibles.

3.3 Control del estro

La estación reproductiva natural en los caballos del hemisferio norte va de abril a octubre, pero existen varias razones para intentar influir en el patrón reproductivo normal. En el caso de los caballos de carreras, el desempeño de los ejemplares de dos y de tres años es importante. La edad del caballo se calcula siempre tomando como referencia la fecha del 1 de enero y, por tanto, en la industria de las carreras, es importante que los potros nazcan lo antes posible después del 1 de enero para que así puedan conseguir el máximo peso corporal (y fuerza) para cuando compitan como ejemplares de dos y tres años. En las remontas puede resultar ventajoso sincronizar el estro para que permita una mejor planificación del proceso. La sincronización del estro maximiza el número de ciclos por año en los que se puede aparear a una yegua. En el caso de la TE es, por supuesto, necesario sincronizar a las receptoras y las donantes.

3.3.1 Periodo de transición

Se han investigado varios métodos para acelerar el inicio de la estación reproductiva de la yegua. Los criadores se encuentran con presiones de tipo económico para hacer criar a las yeguas lo antes posible durante el año para así disponer de una ventaja en cuanto a la verdadera edad con respecto a los potros nacidos más tardíamente durante el año (tal y como se explica en el apartado 3.3). Las yeguas que han parido hace poco suelen tener pocos problemas para entrar en celo al principio de la estación reproductiva, debido a la actividad hormonal a finales de la gestación. Sin embargo, la inducción de la ciclicidad en las yeguas primerizas o las vacías es una labor bastante más complicada.

3 Reproducción Equina

Estimulación fotoperiódica

La mayoría del trabajo en las últimas décadas se ha centrado en el papel del fotoperiodo en la reproducción. Se ha demostrado que la estimulación artificial con días largos puede usarse para adelantar el momento del primer celo y la ovulación (Nagy et al., 2000). Incluso aunque el alargamiento de la duración del día es el medio natural para inducir la actividad ovárica cíclica a principios de la primavera, la estimulación artificial de este proceso debe iniciarse en una fecha tan temprana como diciembre. Incluso entonces existe una considerable variación individual en el intervalo desde el inicio del tratamiento hasta la primera ovulación.

El éxito del manejo del fotoperiodo depende no tanto del número total de horas de luz por día sino mucho más del patrón de luz a lo largo del periodo de 24 horas. Muchas observaciones han indicado que, al igual que en el caso de otras especies de reproducción estacional, las yeguas tienen una fase fotosensible durante el periodo normal de oscuridad. La presencia o la ausencia de luz 9,5 horas después del inicio de la oscuridad, más que el número total de horas de luz y oscuridad, son importantes para la respuesta. En las yeguas con anestro estacional se puede inducir la actividad ovárica cíclica aplicando un periodo de 1 a 2 horas de luz artificial aproximadamente 9,5-10 horas después del inicio brusco de la fase de oscuridad.

Se ha reportado que la combinación de la manipulación del fotoperiodo y del tratamiento con GnRH (véase más adelante en esta sección) da lugar a mejores resultados que los obtenidos únicamente con la técnica anterior (Lowis et al., 1991). Tradicionalmente, la intensidad lumínica recomendada es de unos 100 lux, y el tratamiento debe continuarse después de la primera ovulación.

Progestágenos

La base del uso de los progestágenos para inducir el estro y la ovulación consiste en el efecto inhibitorio de los progestágenos exógenos sobre el eje hipotálamo-hipofisario. Han sido ampliamente usados para intentar acelerar el inicio de la actividad ovárica cíclica y para minimizar la aparición de periodos de estro

Reproducción Equina 3

prolongados o irregulares en las yeguas durante el periodo de transición (Squires 1993; Nagy et al., 1998a,b). Es necesaria la administración de altrenogest (Regumate Equino®) durante 2-3 días para eliminar los signos propios del estro, pero éstos retornarán 2 días después de la retirada del progestágeno. Como las yeguas pueden ovular durante el tratamiento, es recomendable la administración de PGF_{2α} (p. ej. Prosolvin®) al final del tratamiento si queremos aparear a la yegua rápidamente.

Publicaciones recientes también han reportado intentos con el uso de dispositivos intravaginales liberadores de progesterona en yeguas (Ataman et al., 2000; Klug et al., 2001; Handler et al., 2006). Aunque se ha obtenido un cierto grado de inducción y sincronización del estro, se ha reportado que el uso de estos productos en el campo está asociado con un grado variable de secreción vaginal y un bajo porcentaje de retención. Además, estos productos no están aprobados para su uso en caballos.

Hormona liberadora de gonadotropinas

El uso de GnRH parece ser el método más exitoso para la inducción del estro al principio del periodo de transición, especialmente al combinarlo con la estimulación fotoperiódica (Lewis 1991). Desde los primeros estudios, la GnRH ha sido objeto de un gran interés debido a sus aplicaciones en la industria moderna de la reproducción equina por su capacidad para estimular el crecimiento folicular y la ovulación. Alexander e Irvine (1991) mostraron que los pulsos de LH se dieron 2-3 veces a diario durante el diestro y 30 veces por día durante el estro. Se dispone de mini-bombas portátiles, programables y alimentadas mediante baterías para simular este patrón de forma artificial. Los experimentos han demostrado que dosis bajas de GnRH administradas cada hora o cada 8 horas pueden inducir el desarrollo de folículos preovulatorios, aunque son necesarias inyecciones más frecuentes para inducir la ovulación.

En una de las pruebas, las inyecciones de GnRH administradas tres veces por día entre enero y marzo seguidas de la administración de hCG, indujeron el estro antes de 12 días en las 49 yeguas objeto del estudio. El porcentaje de gestaciones fue de alrededor del 50%. Ginther y Berfelt (1990) inyectaron a las yeguas en anestro un análogo de la GnRH dos veces al día y adelantaron unos 40 días el momento de la ovulación en las yeguas

3 Reproducción Equina

con capacidad de respuesta en comparación con los controles. Estudios realizados por Harrison et al. (1990) apuntaron unos resultados alentadores cuando se administró un análogo sintético de la GnRH, la busarelina (Receptal®, Conceptal®), a yeguas en anestro dos veces al día durante un periodo prolongado.

3.3.2 Estación reproductiva

El estro suele inducirse durante la estación reproductiva para tratar los problemas de fertilidad (véase la sección 3.4). Aparte de con fines terapéuticos, la inducción durante la estación reproductiva puede usarse para las siguientes indicaciones:

- *Acortamiento de la primera fase lútea postparto para acelerar el inicio del estro tras el "celo del potro"*.
Se ha discutido mucho sobre la reproducción de las yeguas en el celo del potro. Debido a las infecciones puerperales y la involución uterina insuficiente, el segundo celo tras el parto suele ser más fértil. Mediante la inducción del segundo celo 20 días después del parto, pueden reducirse los 21 días que suelen perderse esperando a que aparezca de forma natural después del celo del potro.
Puede administrarse una única dosis de PGF_{2α} o de su análogo (Prosolvín®) 4-6 días después de la ovulación del celo del potro.
- *Inducción del estro cuando se conoce la fecha de la anterior ovulación*
Las indicaciones específicas para este procedimiento pueden incluir la pérdida de una oportunidad para aparearse, de consideraciones de diagnóstico o terapéuticas y la sincronización del estro con la disponibilidad del semental o de una TE. Suele administrarse una única dosis de un análogo de la PGF_{2α} 4-6 días después de la ovulación anterior.
- *Inducción del estro cuando se desconoce la fecha de la ovulación*
Esta técnica tiene una aplicación práctica en la sincronización de un grupo de yeguas para la TE, por ejemplo. En este régimen se administran dos dosis de PGF_{2α} con una separación de entre 14 y 18 días.

Reproducción Equina 3

- *Inducción del estro tras la sincronización basada en programas de progestágenos.*

Se administra una única dosis de un análogo de la $\text{PGF}_{2\alpha}$ el último día del tratamiento con un progestágeno para asegurar la completa eliminación del tejido lúteo. Esto puede estar seguido, 4-5 días más tarde, de la administración de hCG (Chorulon®, 1.500-3.000 U.I.) para asegurar el momento correcto de la ovulación.

En la mayoría de las yeguas, el cuerpo lúteo es sensible a la $\text{PGF}_{2\alpha}$ exógena hacia el 4º día después de la ovulación (Meyers 1991). El estado folicular del ovario también tiene un efecto sobre el posible intervalo entre el tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ y el inicio del estro y de la ovulación. La ovulación espontánea durante el diestro tiene lugar en, aproximadamente, el 5% de los ciclos estrales equinos. En algunos casos, puede ser responsable del fracaso de la luteolisis tras el uso de $\text{PGF}_{2\alpha}$. Sin embargo, puede concluirse que en la mayoría de las yeguas, la administración de $\text{PGF}_{2\alpha}$ o de sus análogos el día 5 después de la ovulación dará lugar al inicio del estro y a la ovulación subsiguiente al cabo de 3-4 días, y el efecto de la administración el día 9 después de la ovulación se dará al cabo de 9-10 días.

3.3.3 Inducción de la ovulación

El estro suele durar entre 5 y 7 días durante la estación reproductiva, y la ovulación se produce 24-48 horas antes del final del periodo del estro. Las yeguas son más fértiles justo antes o alrededor del momento de la ovulación. Como el momento de la ovulación no puede predecirse con fiabilidad, las yeguas suelen ser apareadas cada dos días o hasta que se da la ovulación.

Poder conocer el momento de la ovulación tiene muchas ventajas para el veterinario equino, y entre ellas se incluyen: (1) la reducción del número de apareamientos necesarios por parte de sementales muy solicitados; (2) una mayor precisión en el momento de la inseminación al usar semen congelado importado o semen fresco de sementales viable durante muy poco tiempo; (3) una reducción del número de apareamientos o inseminaciones en el caso de yeguas problemáticas o difíciles; y (4) la optimización del uso de sementales deseables, pero subfértiles.

Actualmente hay dos tipos de hormona usados para inducir la

3 Reproducción Equina

ovulación en las yeguas: la gonadotropina coriónica humana (hCG) y la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), que han sido usadas durante muchos años. En el caso de la hCG, la dosis normal es de 2.500 U.I. y 1500 UI en razas livianas, administradas por vía intravenosa cuando la yegua muestra el comportamiento propio del estro y tiene un folículo de más de 35 mm. La ovulación se da en las siguientes 48 horas, con un porcentaje de respuesta del 83-89% (Duchamp et al., 1987, Barbacini et al., 2000; Grimmer y Perkins 2001).

Se ha demostrado que la gonadotropina coriónica humana induce la formación de anticuerpos si se administra a altas dosis y su dosificación es frecuente. No obstante, la administración repetida de dosis normales (1.500-3.000 U.I.), incluso en 5-6 ciclos consecutivos, no interfirió con la fertilidad (Roser et al., 1979; Wilson et al., 1990). Aunque no existen pruebas de que la hCG tenga un efecto directo positivo sobre el porcentaje de gestaciones, varios estudios reportan unos mejores porcentajes de gestación en las yeguas tratadas con hCG: al ser tratadas antes de la ovulación, los porcentajes de gestación fueron del 66% con respecto al 50% en el caso de los controles (Woods et al., 1990). Los porcentajes más altos fueron, probablemente, resultado de la mejor sincronización de la ovulación y del apareamiento/IA.

La hormona liberadora de gonadotropinas también ha sido recomendada para la inducción de la ovulación en yeguas cíclicas. Se han estudiado varios regímenes de administración de la GnRH que implican la inyección intermitente (Bott et al., 1996; McKinnon et al., 1997; Barrier-Battut et al., 2001), la administración pulsátil (Johnston 1986; Becker y Johnston 1992), los implantes de liberación lenta (Meyers et al., 1997) y la inyección única (Duchamp et al., 1987).

Barrier-Battut et al. (2001) observaron que la mayoría de las yeguas tratadas dos veces al día con una dosis intravenosa de 20 o 40 mcg de buserelina (Receptal®/Conceptal®) ovularon al cabo de 48 horas. Camillo et al. (2004), obtuvieron unos resultados similares, pero estos autores afirmaron que se obtenían unas ovulaciones más compactas cuando se usaba hCG.

Recientemente, el uso de un análogo de la GnRH, la deslorelina (Ovuplant®), en forma de implante ha sido aprobado para la in-

Reproducción Equina 3

ducción de la ovulación en las yeguas. Su uso está indicado en el caso de las yeguas que muestran un estro comportamental y tienen un foliculo de por lo menos 30 mm de diámetro (McKinnon et al., 1993, 1997). Los resultados del estudio reportado por Vandervall et al. (2001) confirmaron investigaciones previas de que, aunque la respuesta ovulatoria y la fertilidad no eran distintas para las yeguas tratadas con hCG y con implantes de deslorelina, las del segundo grupo que no lograron quedar gestantes vieron retrasado, de forma significativa, su retorno al estro y tuvieron un intervalo interovulatorio prolongado. En el estudio reportado por Blanchard (2002), el tratamiento de las yeguas con hCG y deslorelina dio como resultado unas respuestas ovulatorias y unos porcentajes de gestación similares. Sin embargo, las yeguas tratadas con deslorelina tenían menos folículos ováricos $\geq 20\text{mm}$ de diámetro 16 días después del tratamiento que las yeguas tratadas con hCG.

Un estudio reciente de Berezowski et al. (2004) comparó la eficacia de las ovulaciones inducidas por la hCG (Chorulon®), el implante de deslorelina (Ovuplant®) y la inyección de deslorelina. Los tres productos dieron lugar a una respuesta aceptable para su uso en la clínica práctica, sin diferencias entre ellos en cuanto a la proporción de yeguas que ovulaban al cabo de 2 días después del tratamiento.

Supresión del estro en yeguas de exposición o competición

El comportamiento propio del estro puede, a veces, suponer un problema en las yeguas de exposición. La terapia de progestágenos con altrenogest (Regumate Equino®) es eficaz para suprimir el comportamiento propio del estro. Si la yegua está en celo cuando se inicia el tratamiento, el comportamiento propio del estro suele verse suprimido en 2-3 días. Cuando se está pensando en la terapia con progestágenos para los ejemplares de exposición o competición, debería tenerse en cuenta cualquier legislación local con respecto al uso de productos farmacéuticos en caballos de competición.

3 Reproducción Equina

3.4 Trastornos reproductivos

3.4.1 Retención placentaria

Blanchard et al. (1990) proporcionaron una visión de conjunto del manejo de la distocia en la yegua en la que también se discutió el problema de la retención placentaria. En las yeguas, la placenta es expulsada entre 30 minutos y 3 horas después del parto. Cuando la expulsión lleva más tiempo, existe el riesgo de una metritis tóxica, septicemia, toxemia, laminitis e incluso la muerte, que aumenta con el tiempo. El riesgo de estas complicaciones depende, en gran medida, del manejo de la yegua. Observaciones que incluían a 3.500 yeguas de silla con un buen manejo revelaron que el 10,6% sufrían retención placentaria, pero ninguna desarrolló una metritis tóxica ni laminitis. La retención placentaria puede dar como resultado el retraso en la involución uterina y una peor fertilidad en el celo del potro.

El tratamiento de la retención placentaria suele llevarse a cabo mediante la administración de oxitocina, sola o en combinación con otros fármacos. La oxitocina puede administrarse por vía subcutánea o intramuscular a una dosis de 20 U.I. y la administración puede repetirse cada pocas horas. La placenta suele ser expulsada al cabo de 1-3 horas tras la administración (Blanchard y Varner 1993). Dosis mayores de oxitocina darán lugar a intensas contracciones espasmódicas del útero, pudiendo provocar considerable dolor a la yegua. La administración de 60 U.I. en una infusión intravenosa de 1-2 litros de solución salina da lugar a la expulsión en el 75% de los casos.

Además, puede aplicarse la tracción suave de la placenta, pero debería evitarse estrictamente una tracción más forzada que pudiera dañar el útero, rasgar la placenta o dar lugar a un prolapso uterino. El lavado uterino da como resultado una separación más completa de las vellosidades coriónicas y elimina trozos pequeños de la placenta y suciedad que pudieran estar presentes en el útero. El lavado uterino puede combinarse con el tratamiento con oxitocina. El tratamiento antibiótico intrauterino y/o sistémico puede evitar el desarrollo de la septicemia. Si se dieran signos de toxemia, están indicados los fármacos antiinflamatorios no esteroideos (AINES) (Blanchard y Varner 1993).

3.4.2 Endometritis/Endometriosis

La mayoría de las yeguas que no quedan gestantes tras el apareamiento padecen, o han padecido ya, distintas afecciones endometriales. Los cambios degenerativos en el útero están asociados con la edad, y las infecciones bacterianas y de otros tipos pueden dar lugar a cambios inflamatorios. La metritis infecciosa equina (MIE) desempeña un papel importante. Sin embargo, no resulta adecuado hablar aquí de la MIE: se trata de un asunto especializado y muchos países disponen de sus propias normas legales para controlar la enfermedad.

Endometritis tras el apareamiento

En las yeguas siempre se da una endometritis transitoria tras el apareamiento, debido a la inevitable contaminación y el efecto irritante del semen (Watson 2000). Tanto si se trata de una monta natural como de una inseminación artificial, atravesar la barrera del cérvix da como resultado una respuesta inflamatoria de intensidad similar en las hembras genitalmente normales. No obstante, algunas yeguas desarrollan una inflamación endometrial persistente. Se ha sugerido que la inflamación endometrial persistente inducida por el semen es un factor contribuyente a la infertilidad en las yeguas debido a la alteración en el entorno uterino y da lugar, por tanto, a una menor supervivencia embrionaria.

Normalmente, las hembras con una inflamación persistente han estado sujetas a distintos factores predisponentes como una mala conformación del perineo, un útero dependiente y una expulsión retardada de la suciedad uterina debido a una contractilidad subóptima del miometrio. Las yeguas que, experimentalmente, son incapaces de combatir y eliminar una exposición bacteriana a *Streptococcus equi zooepidemicus* al cabo de 96 horas se consideran susceptibles a la endometritis (Card 2005). Las yeguas que son capaces de librarse de la contaminación bacteriana son consideradas resistentes a la endometritis. El pico de la inflamación endometrial se alcanza, generalmente, a las 12-24 horas después del apareamiento (Katila 2001).

La mejora de los porcentajes de gestación en las yeguas susceptibles requiere de la detección precoz de los cambios inflamatorios mediante la palpación rectal, el examen mediante ultrasoni-

3 Reproducción Equina

dos y/o la citología endometrial y la intervención oportuna para solucionar la inflamación endometrial persistente.

Un signo típico de la inflamación consiste en la acumulación de líquido en el útero, que se puede apreciar durante el examen con ultrasonidos.

El diagnóstico de la endometritis debería confirmarse mediante citología. Las características histológicas de la endometritis implican la infiltración de leucocitos polimorfonucleares (PMN), linfocitos y macrófagos (Card 2005). Aunque existen varias propuestas para interpretar los hallazgos citológicos, en general, la presencia de >5% de neutrófilos se considera indicativa de una inflamación endometrial (Card 2005). La decisión de tratar a una yegua contra la inflamación persistente tras el apareamiento debería basarse en su historial y los signos clínicos como un tono uterino pobre, la acumulación intrauterina de líquido, la evaluación citológica exfoliativa del endometrio y el cultivo/sensibilidad bacterianos.

Los cambios en la conformación de la vulva predisponen a la hembra a la infección uterina. La vulvoplastia para el cierre de la parte superior de los labios vulvares mejora la fertilidad y es un método bien asentado (Hemberg et al., 2005).

El diagnóstico de la endometriosis se realiza mediante el examen histopatológico de una biopsia uterina, en la que las características probables son la fibrosis periglandular, la dilatación quística de las glándulas endometriales y la necrosis glandular. Frecuentemente puede haber 2-3 capas de tejido fibrótico alrededor de las glándulas, pero puede haber hasta 10 en los casos graves.

Con un sistema de puntuación aceptado internacionalmente (Kenney y Doing 1986), se puede realizar un diagnóstico fiable sobre la probabilidad de que la yegua conciba y geste a término (Tabla 1).

Reproducción Equina 3

Tabla 1 Porcentajes esperados de partos según la clasificación histológica del endometrio

Categoría de la yegua	Grado de patología endometrial	Porcentaje esperado de partos (%)
I	Ausente	80-90
IIA	Leve	50-60
IIB	Moderado	10-50
III	Grave	< 10

Tratamiento de la endometritis

El tratamiento de la endometritis en las yeguas suele estar enfocado a ayudar, físicamente, al útero a eliminar la suciedad inflamatoria y otros contaminantes.

- *Lavado uterino*

El lavado uterino ayuda a eliminar el contenido uterino contaminado. No existe el riesgo del desarrollo de resistencias y se estimulan las contracciones uterinas. Puede llevarse a cabo antes o después del apareamiento. Se recomienda un litro tres veces por día y debería repetirse hasta que el líquido que salga del útero sea transparente. Tras el lavado final, pueden administrarse 20 U.I. de oxitocina (p. ej. Intertocine -S®, Orastina®, Orastinvet®) para ayudar a la evacuación del contenido del útero.

Para los lavados se puede usar suero salino o, como alternativa, una solución de povidona yodada diluida al 1:1000 en agua destilada, ya que es eficaz contra algunas infecciones bacterianas y por levaduras.

- *Terapia hormonal.*

El enfoque más común implica una inyección única o varias inyecciones de oxitocina 3-12 horas después del apareamiento (Pycock 1996; Watson 2000). La inyección de oxitocina suele acompañarse, frecuentemente, de la administración local de antibióticos o del lavado uterino.

Durante el estro el útero tiene una mejor capacidad para solucionar las infecciones uterinas. Si hay un cuerpo lúteo presente, el tratamiento con PGF_{2α} hará que las yeguas entren en celo, proporcionando un estímulo fisiológico extra para solucionar la infección sin el riesgo de introducir microorganismos mediante el tratamiento intrauterino. El uso de prostaglandi-

3 Reproducción Equina

nas tras la IA demostró ser eficaz para eliminar el líquido uterino acumulado, pero pareció proseguir y afectar también al cuerpo lúteo en desarrollo (Troedsson et al., 2001; Brendemuehl et al., 2002).

Se han usado estrógenos con éxito en forma de una dosis diaria de 6-10 mg por vía intramuscular, empezando durante el estro y continuando hasta 3 días después de la ovulación. El tratamiento puede combinarse con antibióticos o con el lavado uterino.

- *Antibióticos.*

Los antibióticos de idoneidad conocida para su uso intrauterino deberían escogerse basándose en las pruebas de sensibilidad. Los desinfectantes y los antibióticos pueden inducir reacciones locales graves, dando como resultado fibrosis persistentes y adherencias intrauterinas. En caso de que se sospeche de una hipersensibilidad, el útero debería ser sometido a un lavado con grandes volúmenes de una solución de agua destilada.

Pycock y Newcombe (1996) demostraron resultados positivos con la terapia combinada de antibiótico y oxitocina, obteniendo unos porcentajes de gestación subsiguientes mayores que los obtenidos con el uso de oxitocina por vía intravenosa o únicamente con antibióticos intrauterinos.

El tratamiento de la endometriosis

La endometriosis es más o menos irreversible, aunque se ha intentado el tratamiento con un legrado físico y químico. Aunque la anatomía del útero equino no permite un legrado completo, ha sido posible demostrar una mejora en el porcentaje de concepción. El legrado químico se ha llevado a cabo con variedad de productos distintos: DMSO (50 ml de una solución al 30 o al 50%), colagenasa (100 mg en 50 ml de suero salino fisiológico), povidona yodada o cultivos de *Streptococcus* filtrados. En cada caso, el tratamiento induce una inflamación transitoria y una activación de las glándulas endometriales.

Placentitis

La placentitis equina y la pérdida resultante de la gestación se están convirtiendo en un problema cada vez más reconocido en la industria de la reproducción. La mayoría de las infeccio-

Reproducción Equina 3

nes placentarias son provocadas por infecciones ambientales ascendentes. Los microorganismos aislados con mayor frecuencia incluyen *Streptococcus equi zooepidemicus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* y especies *nocardioformes* (Giles et al., 1993). La placenta también puede sufrir la infección por parte de virus y hongos, aunque éstos suelen provocar abortos en una fase más temprana de la gestación. Las opciones para el tratamiento incluyen los antibióticos de amplio espectro, en un intento por eliminar la infección bacteriana, fármacos antiinflamatorios como el flunixin meglumina (que se cree que evita la secreción de prostaglandinas), además de los progestágenos, como el altrenogest (Regumate Equino®), que frecuentemente se usa para mantener la gestación en las yeguas (Macpherson 2005).

3.4.3 Cuerpo lúteo persistente

Un cuerpo lúteo persistente es una causa importante de infertilidad en la yegua, y esto debería diferenciarse del anestro verdadero mediante la prueba de la progesterona en sangre y el examen mediante ultrasonidos. El tratamiento con PGF_{2α} es sencillo y suele tener éxito.

3.4.4 Anestro postparto

Menos del 10% de las yeguas no consigue ovular al cabo de 20 días tras el parto, así que no existe el problema del anestro de lactación, como tal, en la yegua (Deischel y Aurich 2005). Sin embargo, existen algunas pruebas de que la fertilidad se ve afectada en cierto grado por la lactación.

El término anestro postparto se usa, por tanto, con mayor frecuencia para describir una falta de ciclicidad tras el celo del potro debida a un cuerpo lúteo persistente. Estas yeguas pueden ser tratadas con éxito con prostaglandinas y ser apareadas al siguiente celo. A veces se usa hCG o GnRH como estímulo extra para la ovulación.

El tratamiento de las yeguas con unos ovarios inactivos debe iniciarse pronto administrando, por ejemplo, entre 2 y 4 dosis diarias de Receptal®/Conceptal® (hasta un máximo de 10 ml) durante 5-7 días o hasta que se observe el estro.

3 Reproducción Equina

3.4.5 Estro prolongado

El estro prolongado suele aparecer al final del periodo de transición y suele deberse a la presencia de un folículo grande y persistente que produce estrógenos de forma activa. La terapia con progestágenos suele tener éxito (Allen et al., 1990), pero la hCG no ha demostrado ser útil.

Un dispositivo intravaginal liberador de progesterona ha tenido éxito para suprimir el estro. Al retirar el dispositivo aparece, en la mayoría de las yeguas, un estro normal (Rutten et al., 1986). También puede usarse un progestágeno por vía oral (p. ej. Regumate Equino®), y el siguiente estro aparecerá, generalmente, 2-3 días después de finalizar el tratamiento.

También pueden usarse análogos sintéticos de la GnRH, ya que acortarán la duración del estro induciendo la ovulación del folículo persistente.

3.4.6 Mortalidad embrionaria y aborto

La muerte embrionaria temprana suele ser definida como la pérdida de la gestación durante los primeros 40 días de la misma, mientras que se acepta que el aborto describe la pérdida de la gestación entre los días 40 y 300.

En la mayoría de los estudios de campo, el porcentaje de mortalidad embrionaria se valora midiendo las pérdidas entre el primer diagnóstico de gestación y una repetición del examen alrededor del día 40. En la literatura científica las estimaciones del porcentaje de mortalidad embrionaria oscilan entre el 5 y el 15%.

Un estudio en Francia que implicaba a 3.740 yeguas reveló un porcentaje general del 8,9% de mortalidad embrionaria (deducido de los exámenes entre los días 22 y 44) (Chevalier-Clément 1989). En algunas categorías específicas de yeguas la incidencia fue mucho mayor: por ejemplo del 24,4% en el caso de yeguas con quistes endometriales y del 34,8% cuando el producto de la concepción tenía un aspecto anormal. Se vio que el porcentaje general de abortos (entre los días 44 y 300) era del 9,1%.

La pérdida de la gestación puede deberse a causas infecciosas (p. ej. el EHV-1), o no infecciosas (p. ej. un parto gemelar), o ser de origen desconocido y, por supuesto, la prevención sólo puede dirigirse contra las dos primeras. Tal y como se describe

en el capítulo 3.2.2, la determinación del momento de la monta o de la IA en relación con la ovulación es importante para la prevención de la mortalidad embrionaria temprana. Las yeguas deberían aparearse en el periodo que oscila entre las 30 horas antes y las 12 horas después de la ovulación.

Insuficiencia lútea en yeguas como causa de la pérdida de la gestación

Como ya se ha mencionado anteriormente, son esenciales unos niveles suficientes de progesterona para el desarrollo y el mantenimiento de la gestación a término. Aunque hay pruebas en otras especies de que la insuficiencia lútea es una causa de la pérdida de la gestación, la contribución de este problema a la muerte embrionaria/fetal en el caballo sigue estando sujeta a discusión. No obstante, en el caso de las yeguas se están usando más progestágenos que en cualquier otra especie en un intento por mantener la gestación (Allen 2001).

Insuficiencia lútea temprana

Al igual que en otras especies, el cuerpo lúteo verdadero se torna susceptible a la acción luteolítica de las prostaglandinas endógenas a partir del día 18 tras la fertilización debido a la reaparición de receptores endometriales de la oxitocina previamente suprimidos (Stout y Allen 2001). A partir de entonces no dispone de un apoyo luteotrófico hasta el inicio de la secreción de eCG el día 38-40, y parece ser muy susceptible a la luteolisis durante este periodo. Se sabe bien que muchas gestaciones equinas fracasan durante esta etapa temprana, lo que fue confirmado por un estudio de Morris y Allen (2001), que estudiaron a 1.393 yeguas Purasangre bien monitorizadas. Estos autores determinaron que hasta el 63% de todas las pérdidas registradas a lo largo de toda la gestación en este grupo de yeguas se dieron entre los días 15 y 45 después de la ovulación.

Parece probable que algún tipo de insuficiencia lútea causada por el fracaso del desarrollo adecuado del propio cuerpo lúteo o desencadenada, por ejemplo, por las endotoxinas liberadas en los casos de cólicos o en cualquier otro caso de enfermedad, podría ser una razón común del fracaso temprano de la gestación en la yegua. Se ha demostrado que, en la yegua, la liberación de prostaglandinas asociada con una endotoxemia de origen gastrointestinal o exógeno provocará la luteolisis y la pérdida de la

3 Reproducción Equina

gestación durante los 40 primeros días de la gestación (Daels et al., 1987). Además, los abortos inducidos por endotoxinas pueden prevenirse mediante la administración de progestágenos exógenos, altrenogest (Regumate Equino®) y/o inhibidores de la prostaglandina como flunixin meglumina (Daels et al., 1989).

Apoyo farmacológico a la función lútea temprana

Aunque hay pocas pruebas en la literatura científica de la insuficiencia lútea temprana en las yeguas, la experiencia de campo y los resultados de algunos estudios reportados indican un efecto beneficioso del apoyo farmacológico de la función temprana del cuerpo lúteo. En esencia, el tratamiento luteotrófico puede encaminarse hacia una de dos direcciones: la inducción de nuevos cuerpos lúteos mediante la administración de GnRH 11-12 días después de la inseminación o la suplementación con progestágenos mediante la administración oral de altrenogest (Regumate Equino®).

En su estudio preliminar, Pycock et al. (1995) reportaron que una única utilización de buserelina (Receptal®/Conceptal®), un análogo sintético de la GnRH, durante el periodo de la fase lútea tardía/diestro (8-11 días después del apareamiento) había mejorado los porcentajes de gestación en las yeguas el día 28-30. Se inyectó Receptal®/Conceptal® por vía intramuscular el día 10 o el 11, o por vía subcutánea el día 8. Ambos métodos tuvieron el mismo efecto en términos de la mejora de los porcentajes de gestación. En el estudio de Newcombe et al. (2000), el tratamiento de las yeguas con 20-40 mcg de buserelina entre los días 8 y 12 tras el apareamiento incrementó significativamente los porcentajes de gestación en alrededor de un 10%.

No hay pruebas claras de que la insuficiencia lútea primaria provoque, en la yegua, la muerte embrionaria antes del día 25. El tratamiento con GnRH a finales del diestro, antes de que se desencadene la señal luteolítica, quizás evite la regresión luteolítica en las yeguas en las que el embrión es incapaz, por si solo, de provocar la señal adecuada para el reconocimiento materno de la gestación.

3.4.7 Gestación gemelar y gestación no deseada

La gestación gemelar es, casi siempre, un suceso no deseado para el criador de caballos. La gestación gemelar da, muy frecuentemente, como resultado la muerte embrionaria temprana o el aborto. En el 9,7% de las yeguas gestantes de gemelos, ambos embriones se reabsorbieron, mientras que se reabsorbió uno en el 61,5% de los casos. El aborto se dio en el 52,8% de las yeguas gestantes en las que no se había producido reabsorción fetal. Cuando ambos potros son gestados a término, uno o ambos suelen ser mucho menores que los potros procedentes de partos únicos.

Resulta posible diagnosticar las gestaciones gemelares mediante ultrasonografía, y uno de los embriones puede ser "aplastado" y eliminado manualmente a través de la pared rectal o puede darse por concluida la gestación con PGF_{2α}. Sin embargo, debería tenerse cuidado si se asegura al propietario o al criador la ausencia de gestaciones gemelares ya que, debido a varias razones, la técnica no puede ser 100% precisa, incluso al realizar más de un escaneado. Incluso los operarios más experimentados han pasado por alto la presencia de gemelos en alguna rara ocasión.

La reducción manual uno de los gemelos puede llevarse a cabo si sus vesículas no están contiguas y sólo si se realiza antes del día 28 de gestación. Si se lleva a cabo más tarde dará lugar, casi inevitablemente, a la muerte y la expulsión de ambos embriones.

Si debe intentarse más adelante, es preferible llevar a cabo esta intervención alrededor del día 70 con una inyección intracardiaca de cloruro de potasio o de una suspensión acuosa de penicilina-estreptomicina con la ayuda de ultrasonografía transabdominal.

Si se observan signos de aborto inminente tras esta actuación, se puede usar una suplementación con progestágenos hasta 12 días antes de la fecha prevista de parto.

Puede que también resulte necesario considerar la inducción del aborto cuando una yegua sea montada, inintencionadamente, por un semental que no deseáramos que lo hubiera hecho. Se puede usar la prostaglandina F_{2α} para inducir el aborto en la yegua antes del día 150 de gestación. Tras esa fecha, la producción placentaria de progesterona releva a la del cuerpo lúteo y es improbable que la yegua aborte como respuesta a la PGF_{2α}.

3 Reproducción Equina

3.5 Diagnóstico de gestación

El diagnóstico temprano de la gestación es esencial para intentarlo de nuevo en el caso de aquellas yeguas que se vea que no están gestantes, además de para detectar la presencia de gemelos lo antes posible.

Se pueden usar los siguientes métodos para el diagnóstico de la gestación en las yeguas:

1. *Ausencia del comportamiento de estro subsiguiente.*

Este método es sencillo pero muy poco fiable, ya que pueden existir variaciones entre las yeguas por lo que respecta a sus signos propios del estro. Especialmente si no se usa un semental recela, o puede haber una actividad lútea prolongada (cuerpo lúteo persistente).

2. *Medición de los niveles de hormonas.*

Progesterona

Se puede medir la concentración plasmática de progesterona mediante radioinmunoensayo o la prueba inmunsorbente ligada a enzimas (ELISA), estando disponible la segunda para su uso en el laboratorio de una consulta, lo que permite obtener un resultado más rápido. A los 17-22 días tras la ovulación, las hembras gestantes deberían tener unos niveles de progesterona superiores a los 2 ng/ml. Una fase lútea prolongada del ciclo en una yegua no gestante dará lugar a un falso positivo, por lo que la prueba debería llevarse a cabo por lo menos dos veces.

Gonadotropina Coriónica Equina (eCG, o PMSG: Gonadotropina Sérica de Yegua Preñada).

Existen concentraciones detectables de eCG en la sangre desde aproximadamente 40 días después de la ovulación, que suelen persistir hasta 80-120 días después de la ovulación. La cantidad de eCG producida varía enormemente entre cada yegua.

Estrógenos placentarios

Desde el día 65 de la gestación en adelante, se puede detectar el sulfato de estrona en el suero, que alcanza un pico alrededor del día 200 y que continúa a este nivel más allá de los 300 días. En general, existe una prueba fiable que hasta puede realizarse en heces. También es un buen indicador de la viabilidad fetal. No obstante, su utilidad está limitada por el hecho de que sólo se torna verdaderamente fiable en una fase relativamente tardía de la gestación.

3. *Examen rectal del tracto reproductor y examen mediante ultrasonidos*

La palpación rectal por parte de un veterinario, acompañada generalmente, en la actualidad, de un escaneado con ultrasonidos, es el método más preciso y útil para el diagnóstico de la gestación.

Los veterinarios experimentados pueden detectar la gestación en la yegua usando una sonda rectal en una fase tan temprana como a los 13-16 días después de la ovulación. Se puede medir el tamaño del embrión y comprobar su ritmo de crecimiento (Bucca et al., 2005). Las ventajas adicionales de este método de diagnóstico precoz de la gestación son que se pueden detectar las gestaciones gemelares a tiempo para tomar medidas (véase la sección 3.4.6), y que las yeguas vacías pueden ser identificadas lo suficientemente pronto como para optimizar las oportunidades de aparearlas de nuevo.

3.6 Inducción del parto

La inducción del parto puede ser beneficiosa para permitir la vigilancia de las yeguas durante el parto, especialmente en aquellas que han tenido problemas durante el parto en el pasado o que han sufrido una intervención quirúrgica. Puede que sea necesario que las yeguas con problemas graves alrededor del momento de la fecha prevista del parto (p. ej. cólico, endotoxemia, etc.) necesiten la inducción del parto para evitar el progreso de la enfermedad. La inducción del parto ofrece, por tanto, ventajas prácticas, pero sólo debería llevarse a cabo cuando el parto sea inminente y cuando pueda asegurarse completamente una buena vigilancia.

Se mencionan varios métodos en la literatura científica con distintos porcentajes de éxito, ambos con respecto a la propia inducción, además de a complicaciones posteriores para la yegua y el potro. Meyers y Le Blanc (1991) resumieron el uso de hormonas para la inducción del parto en la yegua. La inducción sólo está recomendada cuando se cumplen los siguientes criterios:

- Las glándulas mamarias deberían estar desarrolladas y contener calostro. Este es el criterio más importante. Además, el contenido en calcio de la secreción de la ubre es un indicador

3 Reproducción Equina

útil de la predisposición del potro para nacer. A las 12 horas antes del parto, en las yeguas que paren espontáneamente, el 95% de todas las examinadas ofrecían unos valores de 180-280 ppm de calcio (usando una tira reactiva para valorar la dureza del agua).

- La gestación debe haber progresado lo suficiente. La gestación o gestaciones previas son un buen indicador. En general, deben haber pasado 320-330 días de gestación.
- El cérvix y los ligamentos sacroisquiáticos deberían haberse relajado.

Métodos para la inducción del parto

- Los glucocorticoides no son tan eficaces como en otras especies. Además, se han reportado complicaciones, como potros débiles, partos prolongados, distocia y una baja producción de leche.
- La oxitocina es eficaz, bastante fiable y de actuación rápida. El parto suele concluir al cabo de 90 minutos. Aunque una única dosis de 60-100 U.I. por vía intramuscular es muy eficaz, es demasiado alta, porque provoca un malestar considerable a la yegua y podría resultar peligrosa. Un goteo intravenoso lento de oxitocina en solución salina (1 U.I. de oxitocina/min) es un método más gradual y seguro, pero tiene la desventaja de que la implicación humana necesaria puede dificultar el proceso del parto. Otro método consiste en inyectar 10-20 U.I. de oxitocina por vía subcutánea a intervalos de 15-20 min, hasta un máximo de 60-80 U.I. Se tuvo éxito administrando dosis bajas de oxitocina (2,5-10 UI) por vía intravenosa para desencadenar el parto en yeguas de *pony* de entre 300 y 350 kg.
- Se ha usado prostaglandina $F_{2\alpha}$. La $PGF_{2\alpha}$ natural parece haber tenido un éxito limitado en caballos y puede verse acompañada de efectos colaterales, como molestias abdominales, sudoración y nerviosismo.
- Un análogo sintético, el luprostiol (Prosolvin®), a una dosis de 7,5 mg (1 ml) por vía intramuscular, es muy eficaz y prácticamente no tiene efectos colaterales.
- Se han usado combinaciones de luprostiol (Prosolvin®; 7,5 mg) y oxitocina (10-20 UI) con muy buenos resultados.

3.7 El semental

La fertilidad en los sementales se valora mediante el examen clínico, la evaluación del semen y la observación del comportamiento sexual. Resulta crítico equilibrar el número de yeguas con respecto al impulso sexual del semental concreto y la producción de espermatozoides.

3.7.1 Evaluación de la función reproductora

La evaluación reproductiva de un semental empieza con un examen clínico, centrándose en los genitales externos, las extremidades posteriores y el dorso (para confirmar su capacidad para montar a una yegua). Deberían palparse los testículos para comprobar su consistencia y su posición en el interior del escroto y medir su circunferencia. A continuación se valora la líbido y, en concreto, el tiempo de reacción desde la presentación de la yegua hasta el momento de la monta. Se anotarán las deficiencias en la líbido, la agresividad excesiva hacia la yegua o el cuidador y otras anomalías del comportamiento.

Recogida de semen

Si el examen tiene lugar antes de la estación reproductiva, se llevan a cabo tres recogidas consecutivas con una separación de 24 horas, para así eliminar las reservas de semen existentes. Durante la estación reproductiva se deja reposar (de la actividad sexual) al macho durante tres días antes de la prueba. Se recoge semen en dos ocasiones separadas una hora entre sí y se evalúa con respecto a su volumen libre de gel, el número total de espermatozoides, el porcentaje de espermatozoides con motilidad progresiva (EMP), su morfología y el pH.

La valoración del número de EMP de un semental concreto permite un mejor manejo del mismo:

- en la monta natural, un macho fértil montará, normalmente, dos veces por día y seis veces por semana.
- con la IA, la cantidad y la calidad del semen determinarán cuántas yeguas se pueden inseminar con cada eyaculado y, normalmente, el semen se recogerá tres veces por semana.

3 Reproducción Equina

Transporte del semen

En la industria actual de la reproducción equina, es común transportar semen refrigerado, lo que implica que la temperatura del semen debe reducirse desde 37°C a 5°C. Como los espermatozoides son sensibles a los daños provocados por el frío, se usan distintos aditivos, como el EDTA, la yema de huevo y el BHT, para protegerlos.

Para mantener la capacidad fertilizante, el semen se diluye en una proporción de 1:3 con diluyentes del semen que le proporcionan energía y protección contra el shock térmico. A continuación se refrigera a un ritmo de menos de 0,05°C/min hasta entre 18°C y 8°C, y es mantenido a baja temperatura (de 3 a 6°C) durante hasta 36 horas. El semen es introducido en un recipiente de poliestileno con un sistema de refrigeración separado y es enviado a la yegua por un servicio de mensajería urgente. Los espermatozoides no deberían entrar en contacto con el émbolo de goma de la jeringa ni con el dispositivo refrigerante.

Conservación del semen a bajas temperaturas

Como ya se ha mencionado anteriormente, existen ciertas limitaciones a la conservación del semen equino a bajas temperaturas, principalmente asociadas con la variabilidad en la capacidad del semen de distintos sementales para tolerar la congelación y la descongelación. Se cree que sólo el semen congelado del 25% de los sementales dará lugar a unos porcentajes de gestación comparables a los del semen fresco o la monta natural al usarlo para inseminar a yeguas sanas en el momento adecuado (Vidament et al., 1997). La mayor parte del semen equino es congelado en pajuelas de 0,5 ml a una concentración de 200–400 millones de espermatozoides por ml. Normalmente se emplean unos ritmos de congelación del orden de 10–50°C/min con unas concentraciones relativamente bajas de crioprotectores (Squires 2005).

Uso de semen sexado

Aunque la técnica de la citometría de flujo ha demostrado ser un método preciso para separar los espermatozoides portadores del cromosoma X o el Y, ha sido muy poco usado en la industria equina. Los factores que limitan el uso de semen sexado en la industria incluyen el mayor costo del equipo de laboratorio, además del permiso necesario para usarlo. La fertilidad de los esperma-

tozoides escogidos según el sexo depende enormemente del semental, y la logística de tener al semental, la yegua y el equipo de laboratorio en el mismo lugar es problemática.

3.7.2 Criptorquidia

La criptorquidia describe el problema en el que uno o ambos testículos no han conseguido descender de forma normal hasta el escroto y, en el caso del caballo supone un problema doble. Puede que algunos propietarios quieran que este problema reciba tratamiento, y aquellos que no necesitan un semental con fines reproductivos prefieren el comportamiento más tranquilo de un macho castrado. Cuando un semental criptórquido es hemicastrado, dejando un testículo en el canal inguinal o la cavidad abdominal, este macho castrado continúa mostrando características propias de un macho entero que incluyen, muy frecuentemente, un comportamiento agresivo y peligroso. A veces, el testículo retenido incluso degenerará dando lugar a un tumor. Si se puede palpar el otro testículo en el canal inguinal, el diagnóstico es sencillo. Cuando el testículo está oculto en el interior de la cavidad abdominal resulta más complicado.

La GnRH y la hCG han sido usadas para tratar la criptorquidia en los humanos y los animales. El porcentaje de éxito es difícil de estimar, ya que nunca se han publicado estudios controlados. En el caso de los sementales también existen informes anecdóticos del uso de un tratamiento con hCG o GnRH para inducir el descenso de un testículo retenido en el canal inguinal hacia el escroto. Si se va a intentar, no debería retrasarse mucho más allá de la pubertad, ya que la capacidad espermatogénica del testículo retenido quedará dañada permanentemente por la mayor temperatura experimentada en la región inguinal. El testículo puede permanecer pequeño, blando y espermatogénicamente inactivo incluso después de haber descendido.

La GnRH se usa para tratar la criptorquidia en los sementales de hasta 2 años (500 mcg dos veces al día durante 3 semanas). Reproduction Lab., Lexington, KY (USA) es partidario de este tratamiento, reportando un porcentaje de éxito del 60% si se puede palpar el testículo en el canal inguinal. Si el testículo desciende hasta el escroto se continúa con la terapia hasta que alcanza unas dimensiones normales. Otros recomiendan 2.500 U.I. de hCG dos veces por semana durante 4-6 semanas, pero no se

3 Reproducción Equina

sabe con qué frecuencia se ha conseguido el descenso del testículo y si éste muestra una función espermatogénica normal. El tratamiento parece, por lo menos, ser relativamente seguro, ya que Pawlak y Tischner (2001) reportaron que la administración de 2.000 U.I. de hCG tres veces por semana durante 16 semanas a sementales *ponys* normales de 5-7 meses no consiguió inducir cambios patológicos ni dañar la producción espermática. Sólo notaron un aumento transitorio en la producción de testosterona y un inicio más precoz del comportamiento sexual que los controles.

La gonadotropina coriónica humana puede usarse para diagnosticar la criptorquidia en los llamados "castrados". Silberzahn et al. (1989) midieron el efecto de 10.000 U.I. de hCG administradas por vía intravenosa a castrados, sementales y criptórquidos. En los sementales y los criptórquidos, las concentraciones máximas de testosterona en sangre se observaron 2 días después de la inyección de hCG. En los verdaderos castrados, la inyección de hCG no tuvo ningún efecto sobre los niveles de testosterona.

3.7.3 Comportamiento sexual

El comportamiento sexual en el semental se ve influido por muchos factores, entre los que se incluyen la estación, los niveles de hormonas, la psicología y la habilidad del cuidador. Entre los problemas comunes se incluyen un manejo no agradable, el uso excesivo, las enfermedades o el dolor (frecuentemente musculoesquelético) o, en el caso de un semental usado para la inseminación artificial, una vagina artificial incorrectamente preparada (p. ej. no lo suficientemente caliente, demasiada poca presión). Entre las quejas reproductivas más comunes en el semental reproductor parecen estar una libido subóptima o una mala capacidad para la reproducción. No obstante, muy pocos centros en el mundo están especializados en el diagnóstico y el tratamiento de los problemas sexuales del semental, y son necesarias más investigaciones para comprender plenamente las complejidades del proceso.

Líbido insuficiente

Generalmente se acepta que el tratamiento farmacológico para estimular la libido o la capacidad para la monta es el último recurso y sólo debe probarse cuando el examen clínico, una cría y un manejo cuidadoso y los intentos pacientes para adiestrar y animar al semental han fracasado.

Cuando se considera necesario se puede reducir la ansiedad de un semental novato (0,05 mg/kg de diazepam lento IV, 5 min. antes de la monta) o potenciar temporalmente su libido (50 mcg de GnRH por vía subcutánea 2 y 1 hora antes de la monta). Estas técnicas sólo suelen ser necesarias en un número limitado de ocasiones (la mayor parte de las veces en una ocasión), ya que la eyaculación es un poderoso estímulo reforzante (McDonnell 2003). Aunque el régimen del tratamiento con GnRH tiene como objetivo incrementar las concentraciones circulantes de testosterona temporalmente, el uso de testosterona exógena para potenciar la libido no se recomienda, ya que una dosis demasiado alta supone un riesgo de supresión de la espermatogénesis y de estimular un comportamiento agresivo (Stout et al., 2005).

3.7.4 Degeneración testicular

Numerosos factores pueden influir en la degeneración de los testículos del semental, incluyendo la edad, los traumatismos y las enfermedades infecciosas y las parasitarias. El diagnóstico de la degeneración es difícil si no se dispone de los resultados de exámenes previos y si el tamaño y la consistencia de los testículos no pueden compararse con mediciones previas. Es posible realizar la biopsia y el examen del tejido testicular, pero puede provocar una hemorragia intensa y la ruptura de la barrera sangre/testículo, provocando la formación de anticuerpos contra los espermatozoides, lo que puede afectar a la función reproductiva.

La generación de imágenes ultrasónicas es una técnica no invasiva y libre de riesgos que permite el estudio de la textura testicular. La inflamación o el edema del escroto pueden interferir con la disipación del calor, dando como resultado un incremento de la temperatura escrotal y testicular, afectando gravemente a la fertilidad. Si un incremento de la temperatura de tan sólo 2°C durante 24 horas no es corregido rápidamente, dejará al semental estéril hasta que se formen nuevos espermatozoides (57 días).

3 Reproducción Equina

3.7.5 Hemospermia y urospermia

La presencia de sangre o de orina en el eyaculado reduce la fertilidad. La sangre puede encontrarse tras una infección, un traumatismo, una neoplasia, una habronemiasis o el uso de un anillo de goma para evitar la masturbación.

Parece que la presencia de glóbulos rojos en un porcentaje tan bajo como del 20% con respecto a la sangre es un factor clave en la reducción de la fertilidad, pero la dilución inmediata con diluyentes del semen reduce los efectos negativos de la contaminación con sangre. El reposo de la actividad sexual durante hasta 3 meses y un tratamiento adecuado de la causa de la enfermedad pueden dar lugar a la resolución del problema.

La urospermia es más difícil de diagnosticar porque los signos clínicos son sutiles y se desconoce las razones de esta disfunción. Los sementales afectados pueden orinar durante la eyaculación sólo el 30% de las veces, y es necesaria una cantidad muy pequeña de orina para que la fertilidad se vea afectada. Como este problema es tan esporádico, es difícil evaluar los modelos de tratamiento y los resultados son, frecuentemente, no concluyentes.

3.8 Referencias bibliográficas

- Alexander SL, Irvine CHG.** Control of the onset of the breeding season in the mare and its artificial regulation by progesterone treatment. *J Reprod Fertil* 1991;Suppl 44:307-318
- Allen WR.** Exogenous hormonal control of the mare's oestrus cycle. *Symp. Reprod. Horse. Ghent, Belgium.* 1990.
- Allen WR.** Fetomaternal interactions and influences during equine pregnancy. *Reprod* 2001a;121:513-527.
- Allen WR.** Luteal insufficiency and Embryo mortality in the mare. *Reprod Dom Anim* 2001;36:121-131
- Ataman MB, Gunay A, Gunay U, Baran A, Suman M.** Oestrus synchronization with progesterone impregnated device and prostaglandin F_{2α} combined with human chorionic gonadotrophin in transitional mares. *Revue Med Vet* 2000;151:1031-1034
- Barbacini S, Gulden P, Marchi V, Zavaglia G.** Incidence of embryonic loss in mares inseminated before or after ovulation. *Equine Vet. Ed.* 1999;1:108-112.
- Barbacini S, Zavaglia G, Gulden P, Marchi V, Necchi D.** Retrospective study on the efficacy of hCG in an equine artificial insemination programme using frozen semen. *Equine Vet. Ed.* 2000;2:404-408.
- Barrier-Battut I, Le Poutre N, Trocherie E, Hecht S, Grandchamp de Raux A, Nicaise JL, Verin X, et al.** Use of buserelin to induce ovulation in the cyclic mare. *Theriogenology* 2001;55:1679-1695.
- Becker SE, Johnson AL.** Effects of gonadotrophin-releasing hormone infused in a pulsatile or continuous fashion on serum gonadotropin concentrations and ovulation in the mare. *J Anim Sci* 1992;70:1208-1215.
- Berezowski CJ, Stitch KL, Wendt KM, Vest DJ.** Clinical comparison of 3 products available to hasten ovulation in cyclic mares. *J Equine Vet Sci* 2004;24:231-233
- Besognet B, Hansen BS, Daels PF.** Induction of reproductive function in anestrus mares using a dopamine antagonist. *Theriogenology* 1997;47:467-480.
- Blanchard TL, Varner DD, Scrutchfield WL, Bretzlaff KN, Taylor TS, Martin MT, Elmore RG.** Management of Dystocia in Mares: Retained placenta, Metritis, and Laminitis. *The Compendium* 1990;12:563-569.
- Blanchard TL, Varner DD.** Therapy for retained placenta in the mare. *Vet Med* 1993;1:55-59.
- Blanchard TL, Brinsko SP, Rigby SL.** Effect of deslorelin of hCG administration on reproductive performance in first post partum estrus mares. *Theriogenology* 2002;58:165-169
- Bott RM, Shambley MO, Bailey MT.** Induction of ovulation in the mare with the synthetic GnRH analogue Leuprolide. *Eq Pract* 1996; 18:30-33.
- Brendemuehl JP.** Effect of oxytocin and cloprostenol on luteal formation, function and pregnancy rates in mares. *Theriogenology* 2002;58:623-626
- Bucca S, Fogarty U, Collins A, Small V.** Assessment of feto-placental well-being in the mare from mid gestation to term: transrectal and transabdominal ultrasonographic features. *Theriogenology* 2005;64:542-557
- Camillo F, Pacini M, Panzani D, Vannozi I, Rota A, and Aria G.** Clinical Use of Twice Daily Injections of Buserelin Acetate to Induce Ovulation in the Mare. *Vet Res Com* 2004;28:169-172
- Card C.** Post-breeding inflammation and endometrial cytology in mares. *Theriogenology* 2005;64:580-588
- Chevalier-Clément F.** Pregnancy loss in the mare. *Anim Reprod Sci* 1989;20:231-244.
- Daels P, Starr M, Kindahl H, Fredriksson G, Hughes JP, Stabenfeldt GH.**

3 Reproducción Equina

Effect of Salmonella typhimurium endotoxin on PGF_{2α} release and foetal death in the mare. *J Reprod Fertil* 1987;Suppl. 35:485-492

Daels PF, Stabenfeldt GH, Kindahl H, Hughes JP. Prostaglandin release and luteolysis associated with physiological and pathophysiological conditions of the reproductive cycle of the mare: a review. *Equine Vet J* 1989;Suppl 8:29-34

Deichsel K, Aurich J. Lactation and lactational effects on metabolism and reproduction in the horse mare. *Livestock Prod Sci* 2005; 98: 25-30

Duchamp G., Bour B., Combarrous Y., Palmer E. Alternative solutions to hCG for induction of ovulation in the mare. *J Reprod Fertil* 1987;Suppl 35:221-228

Evans MJ., Alexander SL., Irvine CHG., Livesey JH., Donald RA. In vitro and in vivo studies of equine prolactin secretion throughout the year. *J Reprod Fertil* 1991;Suppl 44:27-35.

Giles RC., Donahue JM., Hong CB., Tuttle PA., Petritesmurphy MB., Poonacha KB., et al. Causes of abortion, stillbirth and perinatal death in horses - 3,527 cases. *J Am Vet Med Assoc* 1993;203:1170-1175.

Ginther OJ., Berfelt DR. Effect of GnRH treatment during the anovulatory season on multiple ovulation rate and on follicular development during the ensuing pregnancy in mares. *J Reprod Fertil* 1990;88:119-126.

Ginther OJ., Woods BG., Meira C., Beg MA., Bergfelt DR. Hormonal mechanism of follicle deviation as indicated by major versus minor follicular waves during the transition into the anovulatory season in mares. *Reproduction* 2003;126:653-660

Grimmett JB., Perkins NR. Human chorionic gonadotrophin (hCG): the effect of dose on ovulation and pregnancy rate in thoroughbred mares experiencing their first ovulation of the breeding season. *N Zealand Vet J* 2001;49:88-93.

Handler J., Schonlieb S., Hoppen HO., Aurich C. Seasonal effects on attempts to synchronize estrus and ovulation by intravaginal application of progesterone-releasing device (PRID) in mares. *Theriogenology* 2006;65:1145-1158

Hemberg E., Lundeheim N., Einarsson S. Retrospective study on vulvar conformation in relation to endometrial cytology and fertility in thoroughbred mares. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med.* 2005;52:474-7.

Irvine CHG., Alexander SL., McKinnon AO. Reproductive hormone profiles in mares during the autumn transition as determined by collection of jugular blood at 6h intervals throughout ovulatory and anovulatory cycles. *J Reprod Fertil* 2000;118:101-109.

Johnson AL. Pulsatile administration of gonadotrophin-releasing hormone advances ovulation in cyclic mares. *Biol Reprod* 1986; 35:1123-1130.

Katila T. Sperm - uterine interactions: a review. *Animal Reprod Sci* 2001;68:267-272

Kenney RM., Doig PA. Equine endometrial biopsy. In: Morrow DA (Ed). *Current Therapy in Theriogenology*. Philadelphia: WB Saunders. 1986; pg.723-729.

Klug E and Jochle W. Advances in synchronizing estrus and ovulation in the mare: a mini review. *J Equine Vet Sci* 2001;21:474-479

Loomis PR. The equine frozen semen industry. *Animal Reprod Sci* 2001;68:191-200

Lewis TC., Hyland JH. The effect of an extended artificial photoperiod and gonadotrophin-releasing hormone infusions in inducing fertile oestrus in an-oestrous mares. *Australian Vet J* 1991;68:400-402.

Macpherson ML. Treatment strategies for mares with placentitis. *Theriogenology* 2005;64:528-534

Malpoux B., Thiery JC., Chemineau P. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reprod Nutr Dev* 1999;39:355-366.

Meyers SA., LeBlanc MM. Induction of parturition: Clinical considerations for successful foalings. *Vet Med* 1991; 86:1117-1121.

- Meyers PJ.** Using hormones to control cyclicity and ovulation in the brood-mare. *Vet Med* 1991; 11:1106-1111.
- Meyers PJ., Bowman T., Blodgett G., Conboy HS., Gimenez T., Reid MP., Taylor BC., et al.** Use of the GnRH analogue deslorelin in a slow-release implant to accelerate ovulation in oestrous mares. *Vet Rec* 1997;140:249-252.
- McKinnon AO., Nobelius AM., del Marmol Figueroa ST., Skidmore J., Vasey JR., Trigg TE.** Predictable ovulation in mares treated with an implant of the GnRH analogue deslorelin. *Equine Vet. J.* 1993;25:321-323.
- McKinnon AO., Vasey JR., Lescun TB., Trigg TE.** Repeated use of a GnRH analogue deslorelin (Ovuplant) for hastening ovulation in the transitional mare. *Eq Vet J* 1997;29:153-155.
- Morris LH-A and Allen WR.** Reproductive efficiency in the Thoroughbred mares in Newmarket. *Equine Vet. J.* 2002;34:51-60
- Nagy P., Huszenicza G., Juhasz J., Solti L., Kulcsar M.** Diagnostic problems associated with ovarian activity in barren and post partum mares early in the breeding season. *Reprod Dom Anim* 1998a;33:187-192.
- Nagy P., Solti L., Kulcsar M., Reiczigel J., Huszenicza G., Abavary KM., Wolfing A.** Progesterone determination in equine plasma using different immunoassays. *Acta Vet Hung* 1998b;46:501-513.
- Nagy P., Guillaume D., Daels P.** Seasonality in mares. *Anim Reprod Sci* 2000;60-61:245-262.
- Nequin LG., King SS., Roses JF., Soderstrom BL., Carnevale EM., Renaas KG.** Uncoupling of equine reproductive axes during transition into anoestrus. *Proc 7th Inter Symp Eq Reprod, Pretoria 1998, South Africa*, pg. 41.
- Newcombe JR., Martinez TA., Peters AR.** The effect of the gonadotrophin-releasing hormone analogue, buserelin, on pregnancy rates in horse and pony mares. *Theriogenology* 2000;55:1619-1631
- Pawlak M., Tischner M.** Some observations on the puberty of stallions after long term administration of hCG. *Proceedings of the 2nd Meeting of the European Equine Gamete Group. Havemeyer Foundation Monograph 2001;series 5. Loosdracht, the Netherlands*, p. 15 (Abstract).
- Pycock JF., Newcombe JR.** Effect of the GnRH analogue, Buserelin administered in diestrus on pregnancy rates and pregnancy failure in mares. *Proc. AAEP* 1995;41:268-269.
- Pycock JF., Newcombe JR.** Assessment of three treatments to remove intra-uterine fluid on pregnancy rate in the mare. *Vet Rec* 1996;138:320-32
- Robinson G., Porter MB., Peltier MR., Cleaver BC., Farmerie TA., Wolfe MW., Nilson JH., Sharp DC.** Regulation of luteinizing hormone and messenger ribonucleic acid by estradiol or gonadotrophin-releasing hormone following pituitary stalk section in ovariectomized pony mares. *Biol Reprod Monograph* 1995;1:373-383.
- Rutten DR., Chaffaux S., Valon M., Deletang F., de Haas V.** Progesterone therapies in mares with abnormal oestrous cycles. *Vet Rec* 1986;119:569-571.
- Samper JC., Morris CA.** Current methodology for stallion semen cryopreservation: an international survey. *Theriogenology* 1998;49: 895-904.
- Samper JC.** Management and fertility of mares bred with frozen semen. *Animal Rep Sci* 2001;68:219-228
- Shand N., Irvine CHG., Turner JE., Alexander SL.** A detailed study of hormonal profiles at the time of luteolysis. *Proc of 7th Symp Eq Reprod., Pretoria, South Africa, 1998*;pg.71.
- Sharp DC., Grubaugh WR., Weithenauer J., Davis SD., Wilcox CJ.** Effects of steroid administration on pituitary luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone in ovariectomized pony mares in the early spring: pituitary responsiveness to gonadotrophin-releasing hormone and pituitary gonadotro-

3 Reproducción Equina

- phin content. *Biol Reprod* 1991;44:983-990.
- Silberzahn P., Pouret EJ-M., Zwain I.** Androgen and oestrogen response to a single injection of hCG in cryptorchid horses. *Equine Vet J* 1989;21:126-129.
- Squires EL.** Progestin. In: McKinnon AO, Voss JL (Eds), *Equine Reproduction*. Lea and Fabiger, Philadelphia, 1993; pg. 311-318.
- Squires EL., Carnevale EM., McCue PM., Bruemmer JE.** Embryo technologies in the horse. *Theriogenology* 2003;59:151-170
- Squires EL.** Integration of future biotechnologies into the equine industry. *Anim Reprod Sci* 2005;89:187-198
- Stout TAE., Lamming GE., Allen WR.** The uterus as a source of oxytocin in cyclic mares. *J Reprod Fertil* 2000; Suppl. 56:281-287
- Stout TAE and Allen WR.** Role of prostaglandins in intrauterine migration of the equine conceptus. *Reproduction* 2001;121:771-775
- Stout TEA.** Modulating reproductive activity in stallions: a review. *Animal Reprod Sci* 2005; 89:93-103
- Troedsson MH., Ababneh MM., Ohlgren AF., Madill S., Vetscher N., Gregas M.** Effect of periovulatory prostaglandin F2alpha on pregnancy rates and luteal function in the mare. *Theriogenology* 2001;55:1897-1899
- Vanderwall DK., Juergens TD., Woods GL.** Reproductive performance of commercial broodmares after induction of ovulation with hCG or Ovuplant (Deslorelin). *J Eq Vet Sci* 2001;21:539-542
- Vidament M., Dupere A.M., Julienne P., Evain A., Noue P., Palmer, E.** Equine frozen semen freezability and fertility results. *Theriogenology* 1997;48,907-917.
- Watson ED.** Post-breeding endometritis in the mare. *Anim Reprod Sci* 2000;60-61:221-232
- Woods J., Bergfelt, DR., Ginther OJ.** Effects of time of insemination relative to ovulation on pregnancy rate and embryonic-loss rate in mares. *Equine Vet. J.* 1990; 22: 41-45.

4 Reproducción Porcina

4.1. Fisiología

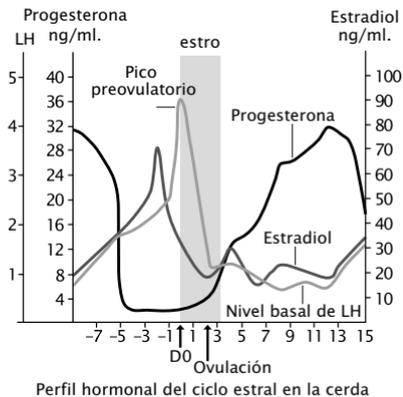
4.1.1 El ciclo estral

El ciclo estral de una cerda no gestante aparece representado en la Figura 1.

La fase folicular dura 5-6 días (durante los cuales se forman y desarrollan los folículos ováricos y secretan cantidades crecientes de estradiol) y culmina en el estro. Esta fase se encuentra bajo el control de la hormona foliculoestimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH). La fase luteal se corresponde con el desarrollo de los cuerpos lúteos, que producen progesterona que bloquea la secreción de gonadotropinas (FSH, LH). En la cerda, el cuerpo lúteo sólo suele ser sensible a las prostaglandinas desde el día 12 del ciclo en adelante.

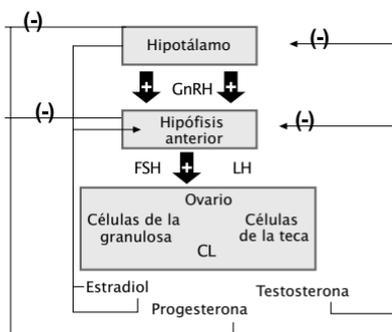
El estradiol y la progesterona ejercen un efecto feedback negativo sobre la secreción de GnRH por parte del hipotálamo (véase la Figura 2).

Figura 1 Perfil endocrinológico durante el ciclo estral de la cerda.



4 Reproducción Porcina

Figura 2 Regulación hormonal de la reproducción en el porcino.



4.1.2 Cerdos domésticos *versus* jabalíes

En comparación con el jabalí, el cerdo doméstico es mucho más prolífico. En general, el jabalí europeo produce una camada por año que pare entre finales de invierno y principios de primavera. Las principales diferencias en el desempeño reproductivo del cerdo doméstico y del jabalí aparecen en la tabla 1.

Tabla 1 Resultados reproductivos del cerdo doméstico y del jabalí.

	Número de cuerpos lúteos	Mortalidad embrionaria (%)	Duración de la gestación (días)	Tamaño medio de la camada	Número de partos. año
Cerdo doméstico	10-20	30	114	12	Hasta 2,5
Jabalí	4-6	13	119	5	1-2

Aunque no existe una verdadera estacionalidad en la reproducción del cerdo doméstico, se han documentado algunos informes sobre la reducción de la fertilidad durante los meses de verano, un fenómeno que puede, adicionalmente, manifestarse en forma del “síndrome del aborto otoñal” (Almond 1991).

Reproducción Porcina 4

Básicamente, la reproducción del cerdo está controlada como se comenta en el capítulo 1. Las cerdas primerizas suelen llegar a la pubertad a la edad de 6-7 meses. La duración media del ciclo estral es de 21 días (rango: 18-24 días). La duración del estro es de 2-3 días, dándose la ovulación durante el último tercio.

Gracias a la introducción de los ultrasonidos, se dispone de una cantidad creciente de información sobre el ciclo estral en el porcino.

Al igual que sucede en otras especies domésticas, los folículos ováricos en crecimiento pasan por las mismas fases de reclutamiento y selección que dan lugar al asentamiento del folículo(s) dominante(s) y a la ovulación. El desarrollo de los folículos antrales en crecimiento depende de la FSH. La fase de reclutamiento se ve seguida de un descenso en la concentración de FSH debido al *feedback* negativo ejercido por el estradiol, y de la inhibición de los folículos reclutados que se encuentran por debajo del umbral necesario para la selección folicular posterior. A partir de ahí, la LH mantiene el desarrollo posterior del folículo dominante (Lucy 2001; Knox 2005).

Muchas investigaciones han indicado que en las cerdas, el momento entre el inicio del estro y la ovulación es bastante estable (37.0-40.6 horas). De forma similar, el intervalo entre los niveles máximos de estradiol y el pico preovulatorio de LH (10.6-12.6 horas), y el existente entre el pico de LH y la ovulación (30.0-37.1 horas) varía muy poco entre individuos (Madej et al., 2005).

Tabla 2 Características del ciclo ovárico y el estral en la cerda

(Adaptado de Hunter et al., 2004)

Característica	Valor medio en la cerda
Tasa de ovulación	12-20
Duración de la fase folicular (días)	5-7
Diámetro del folículo ovulatorio (mm)	8-10
Diámetro folicular máximo durante la fase lútea (mm)	5-6
Diámetro a partir del cual el folículo es gonadotropina-dependiente (mm)	3-4
Diámetro folicular al que las células de la granulosa adquieren receptores de la LH (mm)	5-6

4 Reproducción Porcina

La fertilización tiene lugar en la región de transición entre la ampolla y el istmo del oviducto. Los cigotos descienden hacia el útero aproximadamente 46 horas después de la fertilización y permanecen en la parte superior de los cuernos uterinos 2-3 días. Hasta el día 13 tras la fertilización los blastocistos permanecen libres hasta que se da la implantación y siguen migrando por el lumen uterino. En el cerdo, la implantación se da entre los 13 y los 14 días después de la fertilización. Las primeras 2-3 semanas tras la fertilización son especialmente críticas para la supervivencia y el posterior desarrollo de los embriones porcinos. Se ha postulado que este es el período durante el que se da el reconocimiento materno de la gestación, y se generan ciertos factores que aseguran el mantenimiento de la función luteal. Los productos de esta interacción entre la madre y el embrión se consideran actualmente de gran importancia a la hora de influir sobre la función luteal a través de la modulación de la secreción de LH para el mantenimiento de la fase temprana de la gestación (Peltoniemi et al., 2000).

En el cerdo, el mantenimiento de la gestación parece depender, principalmente, del nivel de progesterona. Las principales fuentes de progesterona a lo largo de la gestación son los cuerpos lúteos. Es necesario un nivel mínimo de 6 ng/ml para el mantenimiento de la gestación. También se ha visto que no existe un valor umbral para las señales estrogénicas generadas por los embriones en crecimiento. Esta hipótesis se basa en el hecho de que 14-15 días después de la fertilización son necesarios por lo menos cuatro embriones viables en el lumen uterino para el mantenimiento de la secreción del CL. Esto sugiere la necesidad de la generación de una señal embrionaria de una cierta intensidad. La primera señal estrogénica por parte del embrión tiene lugar, aproximadamente, 12-13 días después de la fertilización (Findlay et al., 1993). La segunda señal, que se da muy probablemente alrededor del día 18 de la gestación, es un prerrequisito para el mantenimiento de la actividad del CL a partir del día 30 de la gestación (Pusateri et al., 1996).

En la cerda, las prostaglandinas no afectan al CL en desarrollo hasta el día 12 del ciclo estral. Desde ese momento hasta el parto, se pueden usar prostaglandinas para la inducción del aborto o del parto.

En la cerda lactante, el estro y la ovulación están inhibidos por unos niveles plasmáticos bajos y una baja frecuencia de los pul-

sos de LH. El destete se ve seguido, muy pronto, de un incremento en la frecuencia de los pulsos que, a su vez, estimula el desarrollo de los folículos preovulatorios, lo que se ve seguido del estro y la ovulación al cabo de 4-8 días. La FSH tiene un papel en la regulación del número de folículos ováricos que maduran en el momento de la ovulación y, por tanto, afecta a la tasa de ovulación.

4.2 Manejo reproductivo de las explotaciones porcinas

4.2.1 Parámetros reproductivos

Es importante tener presente que la expresión de cualquier parámetro reproductivo depende de la base genética del cerdo y de su entorno.

Los resultados reproductivos generales de la explotación suelen expresarse en forma de lechones destetados o vendidos por cerda y año. Por tanto, es importante definir lo que es una "cerda". Algunos consideran que una nulípara es una cerda una vez se ha cubierto. Otros consideran que una nulípara es una cerda una vez ha parido su primera camada. Esto puede resultar, fácilmente, en una diferencia de 3-4 lechones destetados por "cerda" y año. En la Fig.3 tenemos una visión general de los parámetros reproductivos fundamentales para la función reproductiva de la explotación.

Figura 3 Determinantes del número de lechones nacidos por cerda y año



4 Reproducción Porcina

Schukken et al. (1992) concluyeron que la edad óptima para la primera cubrición, desde el punto de vista económico, es de 200-220 días. Observaron que el incremento del tamaño de la camada en las cerdas primerizas se vio contrarrestado por una menor esperanza de vida en la piara. No obstante, en la actualidad la tendencia es la de dejar que las nulíparas de reemplazo maduren durante más tiempo y cubrirlas o inseminarlas en una fecha significativamente más tardía, es decir, entre los 220 y los 250 días.

Los objetivos productivos para una unidad de cerdas deberían basarse en los resultados pasados y en datos publicados de otras explotaciones del mismo tipo. Como el valor económico neto de cada cerdo criado es alto (Dijkhuizen 1989), el resultado productivo de la explotación debe volverse a valorar periódicamente. El porcentaje de reproductores eliminados debe incluirse en cualquier valoración, debido al efecto negativo de un porcentaje alto sobre el número de camadas por cerda y año, el número de lechones destetados por cerda y año y el coste por lechón destetado (Stein et al., 1990). El fracaso reproductivo es la causa más común de eliminación y, en comparación con otros motivos, supone el intervalo más largo entre el parto y la eliminación de la piara. Esto significa que también es la principal causa de días no productivos de las cerdas. El coste por cerda (vacía o no productiva) puede alcanzar, fácilmente, los 3 dólares estadounidenses por día.

Reproducción Porcina 4

Tabla 3 Valores estándar de referencia de los parámetros reproductivos y los límites por encima o por debajo de los cuales pueden resultar necesarias medidas activas de control

(Adaptado de: Diseases of Swine, Leman 8th ed., 1999).

Parámetro	Valor estándar de referencia	Valores límite
Edad a la primera cubrición	210-230 días	250 días
Intervalo destete-cubrición	6 días	> 10 días
Retornos regulares al estro (21 ± 3 días)	10%	> 20%
Retornos irregulares	3%	> 6%
Abortos	1%	> 2.5%
Fracasos en los partos (detectados a término)	1%	> 2%
Porcentaje de partos	90%	80%
Lechones nacidos vivos por camada (primerizas)	9.5-10.5	< 9.5
Lechones nacidos vivos por camada (cerdas)	10.5-12.0	< 10.5
Lechones nacidos muertos	5%	> 7.5%
Lechones momificados	1.5%	> 3.0%
Partos/cerda/año	2.35	<2.1

4.2.2 Diagnóstico de gestación

Se han desarrollado muchas técnicas para el diagnóstico de la gestación en el cerdo. Se pueden usar el no retorno al estro, los signos físicos externos (como el agrandamiento de la parte ventral del abdomen y las mamas), los ultrasonidos (de modo A, el Doppler y los de tiempo real), la ecografía y las concentraciones en sangre de progesterona y de sulfato de estrona. Como el objetivo de las pruebas para detectar o descartar la gestación es el de reducir el número de días no productivos, la sensibilidad (la precisión a la hora de detectar la gestación) es menos importante que su especificidad (la precisión en la detección de las cerdas no gestantes). En general, la sensibilidad de las pruebas existentes es mejor que su especificidad. Es importante un alto grado de sensibilidad cuando tienen que venderse animales gestantes.

4 Reproducción Porcina

La detección ultrasónica de la gestación en el porcino suele llevarse a cabo a los 30-45 días de la misma, reportándose una precisión del 90-95%. La cerda o la primeriza son examinadas de pie, con la sonda situada cerca de la segunda mama (empezando a contar desde atrás) y apuntando hacia la línea media del dorso. La gestación puede detectarse en una fecha tan temprana como a los 16-19 días mediante el uso de una sonda rectal.

La inducción con gonadotropinas supone otro método factible y relativamente económico de diagnosticar la gestación en el porcino. Se ha usado una combinación de gonadotropina coriónica de yegua gestante (PMSG) y de gonadotropina coriónica humana (hCG) (PG 600®) entre los días 21 y 80 de la gestación, predominantemente para detectar a las hembras no gestantes, de modo que puedan ser cubiertas o inseminadas de nuevo.

En las cerdas gestantes, los ovarios no responden a las gonadotropinas externas, por lo que no se observan signos de estro tras la administración de PG 600®. No obstante, los animales no gestantes pueden responder a la estimulación de las gonadotropinas y mostrarán el estro. Esto permite una reintroducción rápida de estas hembras a las cubriciones y una menor cantidad de los llamados días “vacíos”.

4.2.3 Estro y detección del estro

El estro es el periodo durante el que un verraco maduro puede provocar el “reflejo de inmovilidad” en una cerda o una nulípara. Existe una enorme variación entre las cerdas en cuanto a la duración del estro (36-96 horas). El estro se ve precedido de un periodo de 1-2 días en el que se da un creciente enrojecimiento e hinchazón de la vulva, que alcanzan un pico al principio del estro.

El estro puede dividirse en tres fases (véase la Figura 1, Capítulo 4.2.4). Durante la primera y la última, sólo el verraco puede inducir el reflejo de inmovilidad. Si no hay un verraco presente, el cuidante puede provocar el reflejo de inmovilidad (la “prueba de presión sobre el dorso”) durante la fase intermedia. El uso de un aerosol de olor sintético de verraco mejora la respuesta a esta prueba. Una nulípara o una cerda en celo se comportan de forma distinta a las que no lo están y, por tanto, apreciamos:

- nerviosismo mientras se alimenta
- no se tranquiliza después de comer
- elimina frecuentemente pequeñas cantidades de orina
- levanta las orejas tras oler la vulva de otros animales o captar el olor el verraco.

La ovulación se da durante el último tercio del estro.

Varios investigadores han medido las diferencias entre razas con respecto a la edad a la que llegan a la pubertad, al intervalo entre el destete y el celo y al porcentaje de cerdas que retornan al estro al cabo de 10 días del destete. Según estos criterios, las cerdas híbridas tienen unos mejores resultados que las de pura raza. No obstante, la actividad propia del estro se ve influida por otros factores, como el entorno social y la nutrición.

El verraco estimula sexualmente a la cerda antes de aparearse con ella. Este proceso implica estímulos con feromonas, auditivos, visuales y táctiles que se sabe que afectan a la secreción de oxitocina por parte de la hipófisis en las cerdas y las nulíparas (Madej et al., 2005). Langendijk et al. (2003) reportaron que la presencia del verraco inducía la secreción de oxitocina e incrementaba claramente la actividad del miometrio de las cerdas. Los efectos del contacto con el verraco también incluían el crecimiento folicular, que daba lugar a la expresión del estro y a la ovulación en más cerdas primíparas (Langendijk et al., 2000). Las feromonas salivales secretadas por las glándulas submaxilares de los verracos de más de 10 meses de vida también estimulan el celo y el comportamiento propio del estro. Se dispone de productos farmacológicos que contienen feromonas porcinas que pueden usarse para potenciar la expresión del estro en las cerdas, lo que da lugar a unos mejores porcentajes de detección.

En la actualidad se sabe que tanto la monta natural como la inseminación artificial tienen un efecto pronunciado sobre los acontecimientos relacionados con el estro en el porcino, y dan como resultado una reducción en el intervalo entre el estro y la ovulación de hasta 14 horas en las primerizas y las cerdas.

En la práctica, el llamado "estro inducido por el transporte" de las primerizas se observa alrededor de los 6 meses de vida. Esto da como resultado un alto porcentaje de estros (de hasta el 70%) durante la primera semana tras el transporte, dándose un pico entre el día 4 y el 6. Es de esperar que el efecto máximo de este

4 Reproducción Porcina

“estrés del transporte” se dé justo después del mismo si hay contacto con verracos, formación de grupos nuevos, etc. (Cole et al., 1982; Eliasson et al., 1991; Signoret et al., 1990).

El alojamiento de cerdas en estro en las mismas cuadras que cerdas prepúberes o cerdas recién destetadas también tiene un efecto positivo (Pearce, 1992). La opinión científica del efecto del alojamiento individual o en grupo sobre la función reproductora es diversa. Una de las razones puede consistir en que el diseño del alojamiento, más que el sistema en sí, es un determinante importante en la respuesta fisiológica de las cerdas (Barnet et al., 1991). También se ha demostrado que si el comportamiento del cuidante induce miedo en las cerdas, puede tener un efecto claramente negativo sobre su función reproductiva (Meunier-Salyn et al., 1990).

Frecuentemente ha habido resultados conflictivos en las investigaciones sobre la influencia de la nutrición sobre el inicio del estro. Esto puede deberse a las diferencias en las interacciones entre la raza, el verraco y la estación, por ejemplo. El efecto de la nutrición sobre el inicio de la pubertad probablemente esté mediado a través de su efecto sobre el ritmo de crecimiento, la composición corporal, etc., lo que cuenta con el respaldo de una investigación sueca que implicaba a 547 primerizas de raza Yorkshire sueca. Las primerizas fueron alojadas en las mismas condiciones de manejo y alimentadas siguiendo el régimen estándar para los cerdos destinados a matadero. Los resultados mostraron que las primerizas con un mayor ritmo de crecimiento llegaron antes a la pubertad, pero el ritmo de crecimiento no influyó en los signos del estro mostrados al llegar a la pubertad. Los animales con un bajo espesor de grasa dorsal a los 90 kg de peso corporal muestran un enrojecimiento e hinchazón de la vulva menos intensos y de menor duración en su primer estro. Los animales llegaron a la pubertad a una edad media de $210,9 \pm 19,8$ días y con un peso corporal de $118,8 \pm 14,8$ kg, pero alrededor del 10% no llegó a la pubertad hasta los 260 días de vida (Eliasson et al., 1991).

Se sabe que las deficiencias nutricionales durante la fase pre-folicular tienen varios efectos sobre la reproducción porcina. Una alimentación insuficiente durante la lactación puede afectar negativamente al intervalo subsiguiente entre el destete y

Reproducción Porcina 4

el estro, a la tasa de ovulación y a la supervivencia embrionaria (Hazeleger et al., 2005). Los efectos de un balance energético negativo sobre la reproducción porcina pueden estar relacionados con los efectos supresores de un nivel bajo de alimentación sobre la frecuencia y la amplitud de los picos de LH y el desarrollo folicular, y se sugiere que están mediados por cambios en los niveles de insulina (Cox et al., 1997).

Los resultados reportados por Clowes et al. (2003) muestran que el peor ritmo de crecimiento durante la lactación y el menor desarrollo ovárico se dieron en los animales que eran, inicialmente, menores y que movilizaron la mayor cantidad de proteínas corporales durante la lactación. Una mejor condición corporal en el momento del parto aseguró un mejor ritmo de crecimiento de la camada y estaba relacionada con un mejor desarrollo folicular.

En las cerdas primíparas, los porcentajes de estros a los 10 días después del destete son significativamente menores que en las cerdas múltiparas. El destete tras una lactación de menos de 14 días tiene un efecto negativo sobre la aparición del estro.

Destete precoz

Tras el parto, la involución completa del útero lleva unas 3 semanas. Esta es una de las razones por las que en Europa se considera que el destete de los lechones a los 17-25 días es la opción más rentable. En EE. UU., no obstante, es popular un sistema llamado Destete Precoz Segregado en el que los lechones se destetan a una edad tan temprana como la de 12-14 días. Este sistema está enfocado, principalmente, a la reducción de la posible transmisión, de la cerda a su progenie, de distintas enfermedades infecciosas una vez que los lechones se han vuelto susceptibles (a medida que la inmunidad materna disminuye).

A pesar de las claras ventajas para la salud, los sistemas de destete precoz pueden tener un profundo efecto sobre los resultados reproductivos de la cerda, y han generado una gran controversia respecto al bienestar animal. Numerosos informes indican que el destete precoz de las cerdas da como resultado

4 Reproducción Porcina

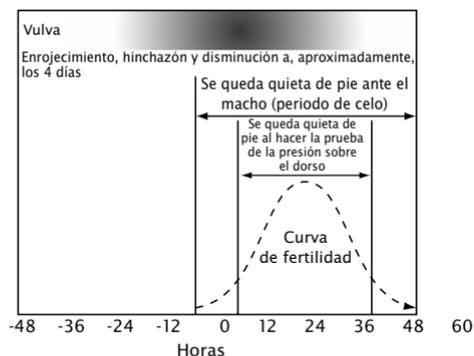
una prolongación del intervalo que va del destete al estro, a un menor porcentaje de concepción y de partos y a unas camadas de menor tamaño (Koutsotheodoros et al., 1998).

La reducción del tamaño de la camada subsiguiente de la cerda destetada precozmente es de enorme importancia, ya que puede contrarrestar cualquier ventaja obtenida mediante la reducción de la duración de la lactación. Esta reducción en el tamaño de la camada subsiguiente se debe claramente a un descenso de la supervivencia embrionaria temprana tras el destete precoz, dándose la mayor parte de las pérdidas embrionarias en o alrededor del momento de la implantación. Se ha sugerido que es necesario un intervalo de por lo menos 20 días entre el parto y la cubrición para permitir el desarrollo embrionario, ya que el útero ya se habrá recuperado morfológica e histológicamente pasadas por lo menos tres semanas tras el parto. El destete antes de los 21 días no está permitido en Europa.

4.2.4 Planificación de la cubrición y de la inseminación artificial

Se ha demostrado, repetidas veces, que la planificación de la monta o de la inseminación artificial (IA) influye en la fertilidad en términos del tamaño de la camada y del porcentaje de gestaciones, y se puede elaborar una "curva de fertilidad" (véase la Figura 4). El pico de fertilidad se da únicamente tras la monta o la IA a mediados del estro.

Figura 4 Aspecto de la vulva, comportamiento sexual de la cerda y fertilidad.



Reproducción Porcina 4

La Tabla 4 enumera los signos físicos a tener en cuenta al determinar el momento óptimo para cubrir a las cerdas.

Tabla 4 Planificación de la cubrición y de la IA.

Demasiado pronto	<ul style="list-style-type: none"> - vulva muy roja e hinchada - apenas hay moco sobre la mucosa vaginal - prueba de la presión sobre el dorso con resultado negativo; reflejo de inmovilidad sólo si el verraco está presente
Ideal	<ul style="list-style-type: none"> - vulva moderadamente roja e hinchada - mucosa vaginal con moco - prueba de la presión sobre el dorso con resultado positivo
Demasiado tarde	<ul style="list-style-type: none"> - sin enrojecimiento ni hinchazón de la vulva - mucosa vaginal "pegajosa" - prueba de la presión sobre el dorso con resultado negativo; reflejo de inmovilidad sólo si el verraco está presente

Las montas o IA repetidas sólo son necesarias, 24 horas después de la primera, en los animales que siguen mostrando un resultado positivo a la prueba de la presión sobre el dorso.

Desarrollo de la inseminación artificial en los cerdos

El uso de la inseminación artificial en la industria porcina ha aumentado enormemente en todo el mundo en los últimos 25 años. Singleton (2001) indicó que el uso actual de la IA en EE. UU. representa alrededor del 60% de todas las cubriciones, en comparación con menos del 5% en 1990.

Este avance ha sido estimulado, claramente, por la presión para la mejora genética en el porcino. Además, la estructura de la industria porcina de muchos países se ha visto alterada. Las unidades de reproducción y de partos se han tornado más grandes y especializadas, y la tecnología de la IA se ha vuelto más factible y rentable.

La amplia mayoría del semen se usa fresco y se conserva a temperatura ambiente. El uso de semen congelado es bastante restringido. Debido a los peores resultados obtenidos con este tipo de semen en comparación con el semen fresco, su uso se ha limitado a programas de reproducción especializados o con fines de exportación.

4 Reproducción Porcina

La eficacia de la inseminación con semen fresco y/o congelado todavía no es lo suficientemente constante como para que sea factible para realizar una única inseminación a tiempo fijo. Una hembra normal recibe unas 2,2 dosis de semen fresco por cubrición. Se necesitan más dosis para obtener unos resultados comparables con semen congelado.

El intervalo entre la IA y la ovulación es un factor importante que afecta a la fertilidad tanto si se usa semen fresco como congelado. Bolarín et al. (2006) propusieron que el intervalo entre la inseminación y la ovulación es la principal explicación de las diferencias de fertilidad entre las explotaciones que usan semen congelado.

La inseminación debe realizarse cerca del momento de la ovulación para obtener una fertilidad aceptable, especialmente al usar semen congelado, debido a la limitada esperanza de vida de los espermatozoides descongelados. En este caso, se ha determinado que el intervalo óptimo entre la IA y la ovulación es de entre 0 y 4 horas.

Hay una clara necesidad en cuanto al desarrollo de sistemas de sincronización del estro y la ovulación hechos a medida, claros y simples que permitan una única inseminación a tiempo fijo que diera lugar a unos mayores porcentajes de gestación y tamaños de camada.

4.3 Control del estro

Además de los ajustes en el manejo general y la nutrición, el control farmacológico del estro es, actualmente, un método bien establecido mediante el cual solucionar los malos resultados reproductivos (es decir, más días improductivos, menos lechones por cerda y año) de las cerdas que no consiguen retornar al estro y ser cubiertas una semana después del destete y de las primerizas que muestran una pubertad retardada (es decir, todos los problemas asociados con un grupo mayor de primerizas).

El control del estro tiene, pues, como objetivo:

- Optimizar el número de lechones destetados por cerda y año.
- Reducir el número de días no productivos.

Reproducción Porcina 4

Esto sólo puede conseguirse con un sistema de identificación eficaz de los verracos y las cerdas y con un programa de registros que permita análisis regulares periódicos. Los resultados técnicos deben compararse con los objetivos para la explotación, las cifras históricas de producción y las de explotaciones similares.

Actualmente se usan algunas hormonas naturales y sintéticas para controlar y/u optimizar el rendimiento reproductivo. Se pueden usar progestágenos y gonadotropinas para inducir o sincronizar un celo fértil normal.

Progestágenos

En las cerdas y las primerizas cíclicas, se pueden usar progestágenos para sincronizar el estro. El tratamiento oral (en primerizas 18 días, en cerdas 5-17 días) da lugar a la aparición del estro 5-6 días después de la finalización del tratamiento. Unos de los preparados de los que se dispone, Regumate Porcine®, contiene altrenogest, un potente progestágeno sintético. El efecto inhibitor del altrenogest sobre la hipófisis suprime la secreción de gonadotropinas durante el periodo de tratamiento. Una vez que se retira el tratamiento, el efecto inhibitor desaparece y las gonadotropinas estimulan el crecimiento rápido y sincronizado de una nueva ola folicular, dando lugar a la ovulación (Wood et al., 1992; Kauffold et al., 2000). Regumate® suele administrarse por vía oral durante 18 días consecutivos, tras los cuales los animales tratados deberían ser observados, entre 4 y 6 días, en busca de los signos propios del estro. Este sistema puede usarse en nulíparas y cerdas múltiparas cíclicas.

Manejo del estro con progestágenos en nulíparas de reemplazo

La sincronización del celo con Regumate® resulta especialmente adecuada para las nulíparas de reemplazo, ya que permite al productor ajustar el momento de su celo con el del resto de la piara. Para conseguirlo, el inicio del tratamiento debería ajustarse de modo que se proporcione la última dosis de Regumate® a las nulíparas el mismo día que se destete a las cerdas. Esta sincronización es importante cuando se usan programas de "todo dentro-todo fuera", p. ej. en la producción por lotes. No se debería proporcionar progestágenos a los animales gestantes ni a las nulíparas antes de la pubertad.

4 Reproducción Porcina

La Fig. 5 muestra un posible programa de tratamiento para la introducción de nulíparas de reemplazo al programa reproductivo de la explotación.

Figura 5 Tratamiento de las nulíparas con Regumate®



Gonadotropinas

En los animales que no están ciclando, deben usarse gonadotropinas. Son seguras para todos los animales y no tienen periodo de retirada.

Durante años, la combinación de PMSG y hCG (PG 600®) ha demostrado ser muy eficaz y más fácil de usar que dos inyecciones distintas de PMSG y hCG (Bates et al., 1991; Knox et al., 2001). Este producto combinado puede usarse, de forma rutinaria, tanto a primerizas antes de la pubertad (a partir de los 6 meses de vida) para reducir el número de días entre la selección y el primer estro espontáneo, como en cerdas el día del destete. Puede que el tratamiento sólo resulte aconsejable para las cerdas durante ciertos periodos, p. ej. para superar la infertilidad estival, o para ciertos grupos, como p. ej. las cerdas primíparas, en las que los porcentajes de retorno al estro (a <10 días tras el destete) son bajos.

Puede administrarse un tratamiento individual con PG 600® a las primerizas en anestro (>7 meses de vida) o a las cerdas 8-10 días después del destete. En ambos casos, la detección del estro debe realizarse correctamente, para minimizar el riesgo de tratar a animales cíclicos (que no responderán al tratamiento si se encuentran en la fase lútea). Para asegurarnos de que no haya tejido lúteo activo presente en el momento de la administración del tratamiento con gonadotropinas (siendo administrado a los animales más allá de los 10-14 días tras el destete), se puede

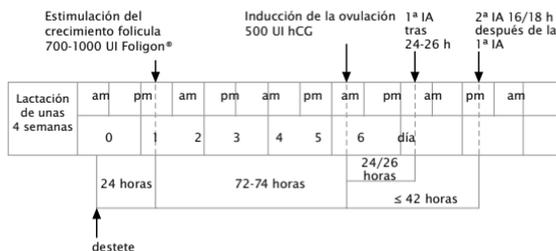
administrar PGF_{2α} 24-48 horas antes. No obstante, siempre se debería tener cuidado y disponer de una identificación adecuada para evitar tratar a los animales gestantes y a las cerdas con un cuerpo lúteo de menos de 12 días.

También se puede proporcionar un tratamiento individual a los animales con un resultado negativo en la prueba de gestación con ultrasonidos a modo de comprobación extra, para evitar el riesgo de eliminar a cualquier hembra con un diagnóstico falso de no estar gestante. Las cerdas con un resultado verdaderamente negativo responderán con un estro al cabo de 3-7 días del tratamiento, como es usual.

En el caso de un estro con una expresión débil (en los celos tanto naturales como en los inducidos), el uso de un aerosol de olor sintético de verraco sirve para estimular los signos propios del estro.

A veces se usan la PMSG y la hCG por separado para la sincronización del estro y de la ovulación en las cerdas, pero, aunque el sistema puede ser eficaz, requiere de la planificación precisa de los tratamientos, y requiere de mucha mano de obra.

Figura 6 Ejemplo del uso de PMSG y hCG para la sincronización de la ovulación con la inseminación a tiempo fijo en primerizas y cerdas (adaptado de Schnurrbusch y Huhn 1994)



Progestágenos/Gonadotropinas

Se ha reportado que la combinación del tratamiento con progestágenos seguido de la estimulación del crecimiento folicular con gonadotropinas da lugar a una sincronización precisa y a un alto porcentaje de fertilidad del estro inducido. Las hembras pueden recibir PG 600® aproximadamente 24 horas después del tratamiento estándar de 18 días con Regumate®. Como alternativa,

4 Reproducción Porcina

tal y como proponen Hühn et al. (2000), se pueden administrar 800 U.I. de PMSG (Foligon®) 24 horas después de la última dosis de Regumate®.

Manejo del estro en los sistemas de destete precoz

Los efectos adversos del destete temprano sobre la fertilidad y la fecundidad subsiguientes pueden contrarrestarse proporcionando un intervalo más prolongado entre el destete y el celo. Una forma posible de conseguirlo consiste en el tratamiento de la cerda destetada precozmente con un progestágeno, para inhibir el estro durante varios días después del destete.

En un estudio reportado por Koutsotheodoros et al. (1998), se usó altrenogest (Regumate®) en cerdas destetadas 12 días después del parto. Esto dio como resultado un grado de sincronización excelente, mostrando el 97% de las cerdas tratadas el celo 5-7 días después del final del tratamiento y una tasa de ovulación significativamente mayor en las cerdas tratadas con Regumate® en comparación con las cerdas destetadas precozmente y no tratadas y con las cerdas destetadas en una fecha estándar. Estos autores concluyeron que el tratamiento de las cerdas destetadas precozmente con Regumate® durante un periodo suficiente tras el destete dio lugar a una mayor tasa de ovulación y una mejor supervivencia embrionaria debidas, posiblemente, a un desarrollo máximo, mediado nutricionalmente, del folículo preovulatorio y, por tanto, a una maduración óptima del ovocito.

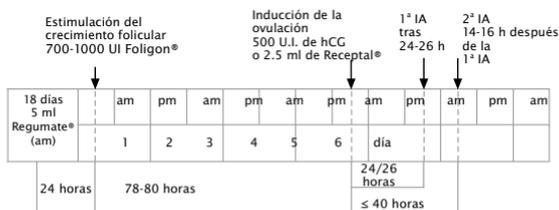
Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)

Se han administrado análogos de la GnRH, solos o en combinación con progestágenos, a las cerdas en el momento del estro para inducir la ovulación con resultados variables. Desgraciadamente, sólo unos pocos productos del mercado cuentan con la autorización para su uso en cerdos, con unas pautas de dosificación y administración bien determinadas.

Estos sistemas han usado la GnRH principalmente para inducir la ovulación para la inseminación a tiempo fijo. La Fig. 7 muestra uno de estos sistemas, usados con un considerable grado de éxito en el pasado en grandes explotaciones de multiplicación de la República Democrática Alemana.

Reproducción Porcina 4

Figura 7 Sincronización del estro y la ovulación en primerizas para la inseminación a tiempo fijo (adaptado de Schnurrbusch and Huhn 1994)



4.4 Trastornos reproductivos

El fracaso reproductivo es el responsable del mayor porcentaje de cerdas eliminadas, y varía entre el 25 y el 40% (Stein et al., 1990). Las razones de estas eliminaciones son:

- El anestro.
- Las repeticiones y la sub(in)fertilidad estacional.
- Las cerdas vacías (negativas al hacer la prueba de la gestación).
- Los abortos.
- Mala capacidad maternal.

4.4.1 Anestro

Una primeriza o una cerda en anestro pueden tener unos ovarios activos, inactivos o quísticos. En un estudio controlado llevado a cabo en primerizas (Eliasson et al., 1991), se vio que sólo el 2-3% de los animales ovularon en ausencia de los signos propios del estro, y que el 13-14% mostraban signos débiles de estro (es decir, ausencia del reflejo de inmóvilidad). En un estudio realizado en mataderos con cerdas eliminadas, se vio que la prevalencia global de ovarios inactivos era de, aproximadamente, el 14-21%, y la de ovarios quísticos del 6%. Los ovarios inactivos se hallaron con más frecuencia en animales jóvenes, mientras que los quísticos estaban distribuidos por igual en todos los grupos de edad (Geudeke 1992). No todos los quistes ováricos provocan anestro: depende del número y del tipo de quistes. Sólo los altos números (>7) de quistes foliculares tecales persistentes dan lugar a anestro (Schnurrbusch et al., 1991).

4 Reproducción Porcina

Pubertad retrasada

La pubertad retrasada en las primerizas puede suponer un verdadero problema, especialmente en las piaras con un alto porcentaje de reposición. La raza, el estado nutricional, el estrés, el alojamiento y las interacciones sociales, además de las condiciones climáticas, pueden contribuir al retraso en la llegada a la pubertad de las primerizas.

La inducción del primer estro en cerdas prepúberes puede adoptarse como rutina a modo de prevención o usarse terapéuticamente en hembras que muestran una pubertad retrasada. A veces se usan métodos biológicos para promover la aparición de la pubertad en las primerizas. Aunque su eficacia es variable, no deberían pasarse por alto, ya que pueden usarse antes de o al mismo tiempo que el tratamiento farmacológico para mejorar el éxito general de la inducción. Los métodos usados más frecuentemente incluyen el llamado *flushing* proteico/energético y la suplementación con vitamina A, E y ácido fólico (Beltranema et al., 1991; Cosgrove y Foxcroft 1996). También puede acelerarse la aparición de la pubertad en las primerizas mediante la introducción de un verraco, alojando a las primerizas con cerdas cíclicas y mediante las mejoras en el alojamiento (Dyck 1989). La norma de oro consiste en corregir cualquier deficiencia en la alimentación y el alojamiento antes de llevar a cabo cualquier tratamiento farmacológico. Debería prestarse especial atención para no incluir a ninguna primeriza de menos de 210 días de vida o 105 kg de peso. Cualquier intento por inducir la pubertad en primerizas demasiado jóvenes o por debajo del peso recomendable puede dar lugar a una falta total de respuesta o a camadas muy pequeñas. Además, se sabe bien que las primerizas que paren muy jóvenes pueden mostrar un instinto maternal insuficiente y una reducción en la producción de leche. Se pueden inducir la pubertad y el primer estro con gonadotropinas (p. ej. PG 600®), y se debería observar a las primerizas 3-6 días después del tratamiento en busca de signos propios del estro.

4.4.2 Repeticiones

Se asume, en general, que la duración del ciclo estral en la cerda es de 21 ± 3 días. Las cerdas que retornan al estro y que no consiguen concebir durante este periodo son clasificadas en el

grupo de las repeticiones regulares. Otro grupo (alrededor de la cuarta parte de las que retornan al celo en el momento normal), vuelven a mostrar los signos propios del celo a los 25 días. Esto se debe, probablemente, a las pérdidas embrionarias tempranas, que son bastante comunes en las explotaciones sin ningún otro problema reproductivo.

Desde el día 31 de la gestación hasta el parto, la muerte fetal idiopática es rara, por lo que los retornos tardíos al estro son anormales. Si se dan, suelen ser provocados por infecciones (enfermedad de Aujeszky, parvovirus porcino, leptospirosis, mal rojo, virus PRRS).

Anestro estacional/infertilidad estacional

A pesar de la capacidad innata de producir camadas a lo largo de todo el año, la cerda doméstica muestra una reducción en la fertilidad a finales de verano y principios de otoño, lo que coincide con la inactividad reproductora estacional en el jabalí europeo. Este fenómeno recibe a veces el nombre de anestro estacional, aunque pocas veces se manifiesta en forma de un cese completo de la actividad reproductiva. Las manifestaciones de esta infertilidad estacional o de la reducción de la fertilidad incluyen un menor porcentaje de partos en hembras que, por lo demás, son prolíficas (Xu et al., 1994; Peltoniemi et al., 1999), una pubertad retrasada en las primerizas (Peltoniemi et al., 1999), un intervalo del destete al estro prolongado (Prunier et al., 1996; Peltoniemi et al., 1999) y, posiblemente, una reducción en el tamaño de la camada durante los meses de finales de verano y principios de otoño. Una revisión citada por Dawson et al. (1998) demostró que los retornos a celo indicaban unas muertes embrionarias precoces significativamente mayores entre julio y septiembre. Los tamaños de camada también fueron menores, alrededor de 0,5 lechones menos por camada, en el caso de las cerdas que se cubrieron entre agosto y octubre.

El efecto de la estación y de la temperatura sobre los resultados reproductivos de los cerdos se ha tornado especialmente importante en aquellos países en los que se ha dado una tendencia creciente hacia la explotación de cerdas reproductoras en el exterior (Reino Unido) que, por tanto, quedan más expuestas a los cambios naturales en el fotoperiodo y la temperatura ambiental.

4 Reproducción Porcina

Puede usarse el tratamiento con gonadotropinas (PG 600®) para contrarrestar la influencia estacional negativa, especialmente en el momento del destete.

Mortalidad embrionaria y fetal

Las pérdidas de fetos y la mortalidad predestete se encuentran entre las causas más importantes de pérdidas en las piaras porcinas comerciales (Dial et al., 1992). Las pérdidas fetales (fetos momificados y mortinatos) pueden variar entre el 5 y el 15% (Van der Lende 2000). Se han asociado varios factores con la mortinatalidad, como las enfermedades infecciosas, la duración de la gestación, número de parto, el tamaño de la camada, la duración del parto, el intervalo entre los nacimientos, el peso al nacimiento, la distocia, el estrés debido a temperaturas ambientales altas o al traslado a la unidad de partos, la intervención humana durante el parto, la condición corporal y las deficiencias nutricionales.

4.4.3 Cerdas vacías

El manejo de la cerda durante el periodo posterior a la cubrición es crucial si queremos optimizar la eficiencia reproductiva de la explotación. El diagnóstico de gestación alrededor de un mes después de la cubrición es una práctica común en muchas explotaciones comerciales. Entre las cerdas eliminadas debido a fracasos reproductivos, hasta el 45% pueden ser eliminadas debido a una prueba de gestación negativa (Stein et al., 1990). Todas las pruebas de gestación, no obstante, tienen errores ocasionales. Los falsos negativos en las cerdas gestantes son especialmente costosos si, como consecuencia de ellos, las cerdas son eliminadas.

4.4.4 Abortos

Los abortos representan alrededor del 10% de las eliminaciones de cerdas por razones reproductivas. Sólo una pequeña proporción puede relacionarse con infecciones pero esto debe, sin duda, en parte, a la falta de disponibilidad de muestras adecuadas para el diagnóstico y al hecho de que la serología es, frecuentemente, inadecuada para fines diagnósticos.

Mortalidad embrionaria precoz

La reducción en el tamaño de la camada debido a las muertes embrionarias precoces supone una limitación importante de la rentabilidad de la producción porcina. La tasa de ovulación de la cerda es, frecuentemente, un 30-40% superior al tamaño de la camada en el momento del parto. Como el 90-95% de los óvulos son fertilizados, la mayoría de las pérdidas se deben, por tanto, a la mortalidad prenatal, que se da principalmente durante la fase embrionaria, antes del día 30 de la gestación.

Hasta cierto punto, el fenómeno de la mortalidad embrionaria precoz es un mecanismo natural. Se ha sugerido que las cerdas parecen ser capaces de asegurar el desarrollo a término de sólo un número limitado de fetos. La capacidad uterina limita el tamaño de la camada y el desarrollo fetal, incluso en las cerdas con una fecundidad convencional. Se han sugerido como mecanismos la limitación del espacio uterino disponible para los embriones en desarrollo y la competencia entre los embriones por los factores bioquímicos o los nutrientes. También se sugirió como factor potencial contribuyente a las pérdidas embrionarias la asincronía en el ritmo de desarrollo entre los embriones (Pope et al., 1990).

Los factores que pueden contribuir a las pérdidas embrionarias precoces en el porcino incluyen el alojamiento y el estrés social (Gordon 1997), la nutrición (Dziuk 1992) y las influencias estacionales (Peltoniemi et al., 2000).

4.5 Inducción del parto

(Gordon, 1997).

Si queremos obtener un alto porcentaje de supervivencia de los lechones neonatos, es esencial el control alrededor del momento del parto. Esto puede verse facilitado por la inducción del parto y el manejo cuidadoso de la cerda tras el mismo.

Todo el proceso del parto lleva 2-5 horas, naciendo los lechones a intervalos de 15 minutos. Los partos se dan con mayor frecuencia por la tarde y la noche. Las placentas son expulsadas tras el vaciamiento de un cuerno uterino o después de 4 horas del nacimiento del último lechón. Las cerdas primíparas necesitan ayuda en el parto más frecuentemente que las múltiparas.

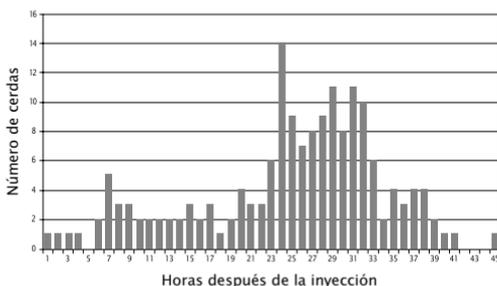
4 Reproducción Porcina

El tamaño de la camada varía enormemente (de 1 a 19 lechones). La mayoría de los lechones mortinatos mueren durante el parto. Los partos que duran más de 6 horas dan lugar a unos mayores porcentajes de lechones nacidos muertos. No sólo hay variación en las cifras de lechones entre las camadas, sino que también puede existir una enorme diferencia en el peso al nacimiento entre las camadas. Hay una relación muy estrecha entre el peso al nacimiento y la supervivencia de los lechones.

A lo largo de los últimos años, se han usado con éxito, distintos análogos de la $PGF_{2\alpha}$ para inducir y sincronizar el parto en las cerdas (Alexopoulos et al., 1992; Gielent et al., 1992; Leike y Huhn 1992; Cameron et al., 2000).

El parto puede inducirse tratando a las cerdas con prostaglandinas (Cyclix Porcino®, Prosolvin®) 2 días antes de la fecha prevista del parto. En los partos inducidos con análogos de la prostaglandina $F_{2\alpha}$, la mayoría de las cerdas inician el parto entre 20 y 30 horas después de la inyección.

Figura 8 Distribución de los partos tras la inducción con cloprostenol racémico



Los partos también pueden sincronizarse con una inyección de oxitocina 20-24 horas después del tratamiento con prostaglandina (Clark et al., 2002).

La inducción facilita la supervisión durante el parto y mejora las posibilidades de realizar adopciones poco después del nacimiento. Las adopciones no sólo permiten la creación de camadas con

Reproducción Porcina 4

el mismo número de lechones, sino también de camadas con lechones de pesos más uniformes.

Si el intervalo entre el nacimiento de dos lechones es prolongado (p. ej. >20 minutos), o si todo el parto lleva demasiado tiempo (p. ej. >5 horas), éste puede acelerarse mediante el uso de oxitocina, que también puede usarse para mejorar la involución uterina y la bajada de la leche.

Administración de prostaglandinas tras el parto

En las cerdas, la regeneración del endometrio tras el parto lleva, aproximadamente, 18 días.

Se cree que la recuperación insuficiente tras una gestación anterior contribuye a un mayor intervalo entre el destete y la concepción y a un peor porcentaje de concepciones y, por tanto, del porcentaje de partos, especialmente en los sistemas de destete precoz. Además, los trastornos uterinos como la endometritis y el síndrome de la metritis-mamitis-agalaxia (MMA) están relacionados con una reducción de la fertilidad, la pérdida de lechones e incluso la mortalidad de las cerdas.

Durante los últimos cinco años se ha postulado que la administración de prostaglandina $F_{2\alpha}$ poco después del parto puede tener un efecto beneficioso en los resultados reproductivos. Se ha sugerido que el mecanismo mediante el cual la administración de prostaglandinas puede modificar la asociación entre la duración de la lactación y el tamaño de la camada subsiguiente consiste en:

- un efecto directo de la prostaglandina sobre el útero y la aceleración de la regeneración endometrial
- la inducción de la luteolisis de los cuerpos lúteos

En algunas investigaciones, se vio que un número considerable de cerdas viejas (7,9%) tenía unas concentraciones elevadas de progesterona tras el parto (Elbers et al., 1994). Se ha postulado que algunas cerdas, especialmente las viejas, pueden conservar tejido lúteo parcialmente activo incluso después del parto. Teniendo en cuenta el efecto inmunosupresor de la progesterona sobre los mecanismos uterinos de defensa (Lewis et al., 2004) la eliminación del tejido lúteo tras el parto debería favorecer la involución uterina.

No obstante, los resultados de los estudios de campo reportados durante los últimos años se contradicen con otras pruebas

4 Reproducción Porcina

que muestran un claro beneficio en términos del intervalo entre el destete y la concepción y las tasas de fertilidad (Izeta-Mayorga et al., 2000; Prieto et al., 2002), e incluso otros que muestran dichos efectos en ciertos grupos de edad (Koketsu et al., 2002).

4.6 El verraco

Manejo del verraco

Los resultados técnicos de la unidad de cerdas dependen, en gran medida, del manejo del verraco. Al igual que sucede con el macho de otras especies domésticas, la eficiencia reproductiva del verraco puede verse influida por muchos factores ambientales y de manejo, como:

- La temperatura

Se sabe que la temperatura ambiental alta reduce la producción de espermatozoides por parte de los verracos. También se ha demostrado en muchas pruebas que tiene un efecto negativo sobre la calidad del semen, tal y como se demuestra por una reducción de la motilidad de los espermatozoides y una reducción de la proporción de espermatozoides normales (Kunavongkrit et al., 2005). Aparte de la influencia directa sobre la función testicular, la temperatura ambiental alta puede provocar que los cerdos coman menos, y el desequilibrio nutricional resultante, especialmente la reducción en la ingesta proteica, puede afectar a la calidad del semen (Rinaldo et al., 2000).

- Fotoperiodo

Claus et al. (1985) reportaron que la luz o el fotoperiodo podían influir en la calidad del semen y la libido de los verracos. También se ha visto que una duración corta del día estimula la maduración, en la pubertad, de la espermatogénesis (Andersson 2000). La adaptación artificial de la duración del día o la administración de melatonina exógena pueden tener un efecto positivo sobre el rendimiento reproductivo de los verracos durante los meses problemáticos.

- Nutrición

Una nutrición adecuada y una buena condición corporal son esenciales para la función reproductora del verraco. Se ha recomendado ampliamente un alimento que contenga un 14% de proteína y un 70% de energía, proporcionando 3-4 kg por día, dependiendo del peso y de la condición corporal. Estas

Reproducción Porcina 4

cifras pueden adaptarse y modificarse según la raza y la estirpe del verraco. Factores como la temperatura y las interacciones sociales pueden influir negativamente en la ingesta de alimento y dar lugar a una reducción de la calidad del semen.

- Alojamiento

El confinamiento de los verracos y/o forzarles a adoptar jerarquías sociales puede influir en su comportamiento sexual y, en ocasiones, puede tener efectos más profundos sobre la producción y la calidad del semen.

La eficiencia reproductiva de las piaras reproductoras puede mejorarse adaptando el manejo de los verracos para optimizar su producción de semen. Es importante un manejo eficaz del entorno del verraco, para así superar el estrés térmico, la humedad relativa alta o las temperaturas excesivamente bajas y los cambios en el fotoperíodo, además de los problemas relacionados con la ingesta de alimento.

En la Tabla 5 se proporcionan algunas directrices para el manejo del verraco reproductor.

Tabla 5 Algunas directrices para el manejo del verraco.

Relación verracos: cerdas	aproximadamente 1:25
Edad mínima para la reproducción	7,5 meses
Frecuencia de las montas	verracos < 9 meses, no más de 3 veces por semana verracos > 9 meses, no más de 5 veces por semana
Calidad del semen	Se recomiendan exámenes regulares. Además, siempre se deberían llevar a cabo 3-5 semanas después de un período de pirexia.

Todas las montas naturales deberían supervisarse, y deberían llevarse registros reproductivos de cada verraco.

IA y calidad del semen

El uso de la IA con eyaculados de alta calidad reduce el número de verracos necesarios. Un verraco puede producir hasta

4 Reproducción Porcina

1.300-1.600 dosis de IA por año. La producción de semen puede fluctuar fácilmente hasta un 25-30%, así que es esencial la valoración regular de la calidad del semen. La tabla 6 muestra algunos parámetros que pueden usarse para valorar la calidad del semen.

Tabla 6 Parámetros para evaluar la calidad del semen.

Volumen (sin la masa de gel)	>100 ml
Motilidad en el momento de la recogida	>65%
Concentración	>100 x 10 ³ espermatozoides/ml
Espermatozoides con anomalías	<20%

Una dosis de IA debería contener, como mínimo, 2 x 10⁹ espermatozoides móviles en un volumen mínimo de 80 ml. Las anomalías de la cola de los espermatozoides se consideran menos importantes que las anomalías de la cabeza.

Conservación del semen del verraco e inseminación artificial

La clave del amplio uso de la IA en todo el mundo se debe a la capacidad de conservar el semen, diluido con tampones, hasta una semana aproximadamente a temperatura ambiente. Se han desarrollado muchos diluyentes a lo largo del tiempo, incrementándose el tiempo de conservación de los 3 a los 5-7 días.

El semen congelado se ha usado, principalmente, para la exportación y en programas genéticos concretos. A pesar de la disponibilidad de la tecnología para la congelación, el semen congelado no es muy usado en la producción porcina comercial, sobre todo porque no resulta tan rentable como el semen fresco. La fertilidad que se obtiene actualmente con el semen de verraco congelado es bastante satisfactoria (Thilmant 1997; Eriksson et al., 2002). En condiciones ideales, los resultados pueden aproximarse a los obtenidos con el semen fresco. No obstante, parece que el semen congelado de verraco no tiene todavía la calidad necesaria para obtener resultados correctos en el amplio abanico de condiciones que nos encontramos en el campo.

En contraste con la reproducción bovina, todavía no se dispone de semen sexado para su uso en la reproducción comercial, aunque

la tecnología del sexaje del semen está bien establecida. En los últimos años, han aparecido numerosos informes que indican que la adición de análogos de la prostaglandina al semen tiene efectos beneficiosos. Waberski (1997), además de Horvat y Bilkei (2003), indicaron que este proceso incrementaba las posibilidades de que los espermatozoides llegaran al lugar de la fertilización y podía resultar en unos mejores porcentajes de concepciones y partos. En una investigación reportada recientemente por Kos y Bilkei (2004), los porcentajes de concepción y partos, además de los retornos regulares al estro, se vieron afectados favorablemente por la suplementación del semen con PGF_{2α}. El número total de lechones nacidos y de lechones destetados por cerda y año aumentó con el uso de semen suplementado con prostaglandinas.

Biotechnología en el porcino

La implantación de métodos para la conservación de embriones a largo plazo y su transferencia en el porcino proporcionaría un medio para el uso eficaz de los recursos genéticos más valiosos del mundo a nivel global, al tiempo que potenciaría los programas de mejora genética. Además, la transferencia embrionaria facilitaría la transferencia de potencial genético mejorado por todo el mundo, al tiempo que se minimizaría el riesgo de la transmisión de enfermedades.

La Tecnología de Crioconservación de Embriones Porcinos de la USDA (Agencia Estadounidense del Medicamento) proporciona un método no invasivo para la congelación de todas las fases de los embriones porcinos previas a la implantación, desde los cigotos a los blastocistos eclosionados, y se ha reportado que da como resultado lechones vivos y sanos que crecen de forma normal y que tienen una calidad excelente (Gerrits et al., 2005).

4 Reproducción Porcina

4.7 Referencias bibliográficas

- Alexopoulos C., Saratsis Ph., Samouilidis S., Saoulidis K., Brozos Ch., Kyriakis SC.** The effect of cloprostenol alone or with oxytocin on induction of parturition, litter characteristics and subsequent fertility of the sow. *Reprod Dom Anim* 1998;33:83-88.
- Almond GA.** Seasonal infertility in Domestic Swine. *AASP Newsletter*, 1991;3:1-5.
- Andersson H.** Photoperiodism in pigs: studies on timing of male puberty and melatonin. Thesis, Swedish University Agricultural Science, vol. 90. Uppsala, Sweden; 2000. p. 46.
- Barnet JL., Hemsworth PH.** The effects of individual and group housing on sexual behaviour and pregnancy in pigs. *Anim Reprod Sci* 1991;25:265-73.
- Bates RO., Day BN., Britt JH., Clark LK., Brauer MA.** Reproductive performance of sows treated with a combination of pregnant mare's serum gonadotropin and human chorionic gonadotropin at weaning in the summer. *J Anim Sci* 1991;69:894-898
- Beltrarena E., Foxcroft GR., Aherne FX., Kirkwood RN.** Endocrinology of nutritional flushing in gilts. *Can J Anim Sci* 1991;71:1063-1071
- Bolarin A., Roca J., Rodriguez-Martinez H., Hernandez M., Vazquez JM., Martinez EA.** Dissimilarities in sows' ovarian status at the insemination time could explain differences in fertility between farms when frozen-thawed semen is used. *Theriogenology* 2006;65: 669-680
- Cameron RDA., Kieran PJ., Martin I.** The efficacy of inducing batch farrowing and the impact on sow behaviour of the prostaglandins cloprostenol and dinoprost. *Proceedings of 16th IPVSC, Melbourne, Australia 2000*: p. 386
- Clark MH., Bilkei G.** Multiple oxytocin application increases the predictability of prostaglandin induced farrowing in swine. *Dtsch Tierarztl Wochenschr.* 2002;109:489-90.
- Claus R., Weiler U, Wagner H-G.** Photoperiodic influences on reproduction of domestic boars. II. Light influences on semen characteristics and libido. *J Vet Med Series A* 1985;32:99-109.
- Clowes EJ., Aherne FX., Schaefer AL., Foxcroft GR., Baracos VE.** Parturition body size and body protein loss during lactation influence performance during lactation and ovarian function at weaning in first-parity sows. *J. Anim. Sci.* 2003;81:1517-1528
- Cole DJA., Foxcroft GR.** *Control of Pig Reproduction*. London: Butterworth, 1982.
- Cosgrove JR., Foxcroft GR.** Nutrition and reproduction in the pig: ovarian aetiology. *Anim Reprod Sci* 1996;42:131-141
- Cox NM.** Control of follicular development and ovulation rate in pigs. *J Reprod Fertil* 1997;Suppl 52:31-46.
- Dawson A., Pitt R., Peters AR.** Seasonality and reproduction. In *Progress in Pig Science*. Eds J. Wiseman, MA. Varley, J.P. Chadwick. Nottingham 1998, Nottingham University Press, pp. 327-342
- Dial GD., Marsh WE., Polson DD., Vaillancourt JP.** Reproductive failure: differential diagnosis. In: Lemman, A.D., Straw, B.E., Mengeling, W.L., D'Allaire, S., Taylor, D.J. (Eds.), *Diseases of Swine*, seventh ed. Iowa State University Press 1992, Ames, IA, pp. 88-137.
- Dijkhuizen AA.** Economic aspects of common health and fertility problems for the individual pig producer: an overview. *The Vet Quart* 1989;11:116-24.
- Dyck GW.** Influence of sire, dietary intake and housing facilities on the attainment of puberty in crossbred gilts. *Can J Anim Sci* 1989; 69: 939-946
- Dziuk PJ.** Embryonic development and fetal growth. *Anim. Reprod. Sci.* 1992;28:299-308

- Eliasson L., Rydmer L., Emarsson S., Andersson K.** Relationships between puberty and production traits in the gilt.
 a. Age at puberty. *Anim Reprod Sci* 1991;25:143-54.
 b. Oestrus symptoms at puberty. *Anim Reprod Sci* 1991;25:255-64.
- Eriksson BM., Petersson H., Rodriguez-Martinez H.** Field fertility with exported boar semen frozen in the new flatpack container. *Theriogenology* 2002;58:1065-79.
- Findlay JK.** Physiology of the uterus and implantation. In: Batterham, ES (Ed.) *Manipulating Pig Production IV*. Australasian Pig Science Association, Attwood, Victoria, Australia 1993, pp. 235-244
- Gerrits RJ., Lunney JK., Johnson LA., Pursel VG., Kraeling RR., Rohrer GA., Dobrinsky JR.** Perspectives for artificial insemination and genomics to improve global swine populations. *Theriogenology* 2005;63:283-299
- Geudeke MJ.** The use of slaughterhouse information in monitoring systems for herd health control in sows [Thesis]. Utrecht: 1992.
- Gielen J Th., Egger W., van de Kamp J.** Induction of a synchronised farrowing in sows and gilts with luprostiol. *Proc 12th Inter Cong Anim Reprod*, The Hague, The Netherlands 1992, vol 2, pp.849-853
- Gordon I.** Controlled reproduction in pigs, 1997, CAB International U.K. ISBN 085991165.
- Hazeleger W., Soede NM., Kemp B.** The effect of feeding strategy during the pre-follicular phase on subsequent follicular development in pigs. *Dom Anim Endocrinol* 2005;29:362-370
- Horvat G., Bilkei G.** Exogenous prostaglandin F_{2a} at time of ovulation improves reproductive efficiency in repeat breeder sows. *Theriogenology* 2003;59:1479-1484
- Hunter MG., Robinson RS., Mann GE., Webb R.** Endocrine and paracrine control of follicular development and ovulation rate in farm species. *Animal Reprod Sci* 2004;82-83:461-477
- Hühn U., Wähner M.** Biotechnical integration of gilts and sows in herds with farrowing systems. 14th ICAR, Stockholm 2000, Abstracts, Vol 2: p. 56
- Izeta-Mayorga J., Ramos R., Galicia J.** Comparison of two different prostaglandins (dinoprost and cloprostenol) used 24 hours post partum in sows. *Proc 16th IPVS Congress*, Melbourne, Australia, 2000:
- Kauffold J., Rautenberg T., Richter A., Sobiraj A.** Estrus synchronisation and rebreeding of failed female swine. *Proc 16th IPVSC*, Melbourne, Australia 2000, p. 384
- Knox RV., Rodriguez-Zas SL., Miller GM., Willenburg KL., Robb JA.** Administration of PG 600 to sows at weaning and the time of ovulation as determined by transrectal ultrasound. *J Anim Sci* 2001;79:796-802
- Knox RV.** Recruitment and selection of ovarian follicles for determination of ovulation rate in the pig. *Domestic Animal Endocrinology* 2005;29:385-397
- Koketsu Y., Dial GD.** Administration of prostaglandin F_{2D} after farrowing alters the association between lactation length and subsequent litter size in mid and old parity sows. *Theriogenology* 2002;57:837-843
- Kos M., Bilkei G.** Prostaglandin F_{2a} supplemented semen improves reproductive performance in artificially inseminated sows. *Animal Reprod Sci* 2004;80:113-120
- Koutsotheodoros F., Hughes PE., Parr RA., Dunshea FR., Fry RC., Tilton JE.** The effects of post-weaning progestagen treatment (Regumate) of early-weaned primiparous sows on subsequent reproductive performance. *Animal Reproduction Science* 1998;52:71-79
- Kunavongkrit A., Suriyasomboon A., Lundeheim N., Heard TW., Einarsson S.** Management and sperm production of boars under differing environmental conditions. *Theriogenology* 2005;63:657-667

4 Reproducción Porcina

- Langendijk P, van den Brand H, Soede NM, Kemp B.** Effect of boar contact on follicular development and on estrus expression after weaning in primiparous sows. *Theriogenology* 2000;54:1295-303
- Langendijk P, Bouwman EG, Schams D, Soede NM, Kemp B.** Effects of different stimuli on oxytocin release, uterine activity and receptive behaviour in estrous sows. *Theriogenology* 2003;59:849-61.
- Leike J, Huhn U.** The synchronisation of sow parturition using a combined treatment regimen of cloprostenol Jenapharm and depotocin Spofa. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 1992;105:345-349
- Lende van der T.** Embryonic and fetal mortality in swine: causes, consequences and how to prevent these losses. In: *Proceedings of the 7th Simpósio Internacional de Reproducao e Inseminacao Artificial em Suínos, Foz do Iguaçu, Brazil 2000*, pp. 243-252
- Lewis GS.** Steroidal regulation of uterine immune defenses. *Anim Reprod Sci* 2004; 82-83: 281-294
- Lucy MC., Liu J., Boyd CK., Bracken CJ.** Ovarian follicular growth in sows. *Reproduction* 2001;Suppl.58:31-45.
- Madej A., Lang A., Brandt Y., Kindahl H., Madsen MT., Einarsson S.** Factors regulating ovarian function in pigs. *Dom Anim Endocrinol* 2005;29:347-361
- Meunier-Saiyn MC., Dantzer R.** Behaviour environment relationships in pigs: importance for the design of housing and management systems in intensive husbandry. *Pig News and Info* 1990;11:507-14.
- Peltoniemi OAT., Heinonen M., Leppävuori A., Love RJ.** Seasonal effects on reproduction in the domestic sow - a herd record study. *Acta Vet Scand* 1999a;40:133-144
- Peltoniemi OAT., Love RJ., Heinonen M., Tuovinen V., Saloniemi H.** Seasonal and management effects on fertility of the sow: a descriptive study. *Anim Reprod Sci* 1999b;55:47-61
- Peltoniemi OAT., Tast A., Love RJ.** Factors effecting reproduction in the pig: seasonal effects and restricted feeding of the pregnant gilt and sow. *Anim Reprod Sci* 2000;60-61:173-184
- Pearce GP.** Contact with oestrus female pigs stimulates and synchronizes puberty in gilts. *Vet Rec* 1992;130:318-23.
- Pope WF., Xie S. Broermann DM, Nephew KP.** Causes and consequences of early embryonic diversity in pigs. *J Reprod Fertil* 1990; Suppl 40:251-260
- Prieto C., Lopez JV., Martens MR.** Effect of postpartum luprostitol (Prosolvin) treatment on sow performance. *Proc 17th IPVS Congress, Iowa, USA, 2002; Vol 2:676*
- Prunier A., Quesnel H., Messias de Braganca M., Kermabon AY.** Environmental and seasonal influences on the return-to-oestrus after weaning in primiparous sows: a review. *Lives Prod Sci* 1996; 45: 103-110
- Pusateri AE., Smith JM., Smith JW., Thomford PJ., Diekman MA.** Maternal recognition of pregnancy in swine: I. Minimal requirement for exogenous estradiol-17 beta to induce either short or long pseudopregnancy in cycling gilts. *Biol Reprod* 1996;55:582-589
- Rinaldo D., Dividich JL., Noblet J.** Adverse effects of tropical climate on voluntary feed intake and performance of growing pigs. *Livest Prod Sci* 2000;66:223-34.
- Schnurrbusch U., Scharfe S.** Zum Vorkommen verschiedener Formen der Ovarialzysten des Schweines unter besonderer Berücksichtigung ihres Einflusses auf den Zyklusverlauf *TierSrztl Prax* 1991;19:635-43.
- Schnurrbusch U and Huhn U.** Fortpflanzungstereuerung beim weiblichen Dchwein. *Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart* 1994.
- Schukken YH., Buurman J., Huirne RBM., Willemsse AH., Vernooij JCM., Broek**

- J van den., Verheyden IHM.** Epidemiological evaluation of fertility management in swine herds. *Anim Reprod Sci* 1992;28:45-50.
- Signoret JP., Martinat-Botte F., Bariteau F., Fergerit Y., Macar C., Moreau A., Terqui M.** Control of oestrus in gilts. I. Management induced puberty. *Anim Reprod Sci* 1990;22:221-25.
- Singleton WL.** state of the art in artificial insemination of pigs in the united states. *Theriogenology* 2001;56:1305-1310
- Stein TE., Dijkhuizen A., D'Allaire S., Morris S.** Sow culling and mortality in commercial swine breeding herds. *Prev Vet Med* 1990;9:85-94.
- Thilmant P.** Congelation du sperme de verrat en paillettes de 0.5 ml. Resultats sur le terrain. *Ann Med Vet* 1997;141:457-62.
- Waberski D.** Effects of semen components on ovulation and fertilisation. *J Reprod Fertil* 1997; Suppl 52:105-109
- Wood CM., Kornegay ET., Shipley CF.** Efficacy of altrenogest in synchronizing estrus in two swine breeding programs and effects on subsequent reproductive performance of sows. *J Anim Sci* 1992;70:1357-1364
- Xue JL., Dial GD., Marsh WE., Davies PR.** Multiple manifestations of season on reproductive performance of commercial swine. *J A V M A* 1994;204:1486-1489

4 Reproducción Porcina

5 Reproducción Ovina

5.1 Fisiología

5.1.1 Estacionalidad de la actividad sexual y la ovárica

Uno de los rasgos más importantes de la reproducción ovina es la estacionalidad, aunque, por supuesto, esto no es algo exclusivo de las ovejas. En las ovejas, la reproducción sigue un patrón estacional: es decir, existe una alternancia entre los periodos de anestro y de actividad sexual. En las regiones templadas, la estacionalidad está regulada por el fotoperiodo o duración de la luz diurna (la reducción de la duración del día estimula la actividad sexual y su aumento induce el anestro). Las ovejas se consideran, pues, reproductoras “de días cortos”.

Las ovejas son capaces de “monitorizar” los cambios en el fotoperiodo diario mediante la secreción circadiana de melatonina por parte de la glándula pineal. La producción de melatonina está regulada por el fotoperiodo y se encuentran concentraciones elevadas en sangre sólo durante las horas de oscuridad (O’Callaghan 1994; Rosa et al., 2003). Las características del patrón circadiano de la secreción de la melatonina varían con los cambios en el ciclo de luz-oscuridad a lo largo del año, lo que permite que el animal “reconozca” los cambios en la proporción de luz/oscuridad. La melatonina tiene un profundo efecto sobre la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) del hipotálamo, que modula la liberación de gonadotropinas hipofisarias y éstas, a su vez, controlan la actividad reproductora estacional.

Aunque el fotoperiodo es el principal determinante de la estacionalidad, otros factores pueden influir los patrones reproductivos, como la genética (algunas razas son sensibles a la variación en la duración del día), las prácticas de manejo (p. ej. el efecto macho; véase la sección 5.3.2) y las interacciones sociales (Henderson y Robinson 2000).

La duración de la estación reproductiva varía entre razas. Las ovejas Dorset Horn son, teóricamente, capaces de parir en cual-

5 Reproducción Ovina

quier momento del año, aunque debe esperarse una estación reproductiva de 8 meses en un rebaño concreto (Henderson y Robinson 2000). Las razas de montaña, como la Scottish Blackface, la Swaledale, la Welsh Mountain y la Cheviot muestran una estación sexual mucho más corta, de aproximadamente 4 meses. Las razas cruzadas (Greyface y Mule) suelen caracterizarse por una duración limitada de la actividad reproductiva. A pesar de estas variaciones, existe un pico de fertilidad a finales del otoño (octubre-noviembre) en la mayoría de las razas del hemisferio norte. Por tanto, los mayores porcentajes de partos se registran a finales de marzo y en abril. Las razas de latitudes intermedias, como la Merino australiana y las razas mediterráneas tienen un anestro breve durante el cual una cierta proporción de las ovejas ovula espontáneamente. En los entornos tropicales y subtropicales, las ovejas son completamente no estacionales o intermitentemente poliéstricas, dictando la disponibilidad y la calidad del alimento la actividad sexual.

Durante la estación no reproductiva (anestro), no se observan los ciclos estrales como tales. Aunque los signos de comportamiento del estro y la ovulación están ausentes, se dan, no obstante, cambios dinámicos en el crecimiento folicular ovárico y la regresión a lo largo de la estación no reproductiva. El anestro se debe al fracaso de los folículos antrales para crecer y madurar, cosa que suele suceder en la fase preovulatoria del ciclo estral (O'Callaghan 1994). Sin embargo, el desarrollo posterior de estos folículos puede estimularse artificialmente, lo que permite la reproducción durante el anestro o los periodos de transición.

La estacionalidad no sólo afecta al animal adulto, sino que también puede influir en la edad del inicio de la pubertad. Aunque la genética desempeña un papel importante en la determinación de la edad a la que se llega a la pubertad, la estación en la que se da el nacimiento (es decir, el fotoperiodo en ese momento), puede adelantar o retrasar la pubertad en varios meses. La actividad propia del estro cesa con la gestación y no se restablece hasta que pasa algo de tiempo tras el parto debido al llamado "anestro postparto", también conocido como "anestro de lactación". La duración de este periodo varía con la raza, las prácticas de manejo y la fecha del parto, ya que el anestro estacional y el del postparto pueden solaparse en algunos casos. El anestro

postparto se debe, principalmente, al efecto “antigonadotrópico” del cordero lactante, por lo que suele finalizar poco después del destete, pero incluso aunque no estén amamantando a un cordero (p. ej. cuando los corderos son criados con lactoreemplazantes), el periodo inmediato del postparto de las ovejas es pasado, principalmente, en anestro.

Aunque los moruecos pueden aparearse en cualquier momento del año, la falta de libido y la menor calidad y cantidad del eyaculado durante la estación no reproductiva pueden reducir la eficacia de la reproducción fuera de la estación natural (Henderson y Robinson 2000).

Se sabe bien que, independientemente de las influencias estacionales, la nutrición afecta a muchos aspectos de la eficacia reproductiva de las ovejas (p. ej. la edad a la que se llega a la pubertad en el caso de ambos sexos, la fertilidad, la tasa de ovulación, el intervalo entre el parto y el retorno a la actividad reproductora, el crecimiento testicular y la producción de espermatozoides) (Rosa et al., 2003). La duración de la lactación también puede afectar a la estación reproductiva. En condiciones normales, en las razas muy estacionales, el nacimiento se da durante el anestro estacional y, por tanto, no hay un anestro de lactación obvio. Sin embargo, cuando se induce la reproducción de las ovejas durante el anestro estacional, paren durante la estación reproductiva usual y se sabe que el reinicio de la actividad ovárica se retrasa en los animales lactantes.

5.1.2 El ciclo estral

Las hembras no gestantes separadas del morueco o que no consiguen concebir tras el apareamiento tienen periodos alternantes de anestro y de actividad sexual. Estos últimos se caracterizan por una sucesión regular de ciclos estrales.

La duración del ciclo estral es de 16-17 días, con un rango de 14-19 días. No obstante, en el periodo de transición entre el anestro y la actividad sexual (final del verano), los ciclos cortos de menos de 12 días son bastante comunes. Las primeras ovulaciones de la estación reproductiva no suelen verse acompañadas de un comportamiento propio del estro (lo que se conoce como “estro o celo silencioso”).

5 Reproducción Ovina

Al igual que en otras especies, el ciclo estral puede dividirse en dos fases: la fase folicular (de 3-4 días de duración) y la fase luteal (que dura unos 13 días). La fase luteal se caracteriza por la maduración del cuerpo lúteo y unos niveles elevados de producción de progesterona, que alcanzan un pico alrededor de 6 días después de la ovulación.

La duración del estro varía según la edad, la raza y la estación, y oscila entre las 18 y las 72 horas, con una media de 36 horas. La ovulación es espontánea y tiene lugar aproximadamente 20-40 horas después del inicio del estro (Henderson y Robinson 2000). Al igual que en otras especies, los signos claros del estro vienen como resultado de unas concentraciones elevadas de estrógeno circulante, que alcanzan un pico justo antes del inicio del estro propiamente dicho e inmediatamente antes del pico de hormona luteinizante (LH). El estro en la oveja es menos obvio que en otras especies de rumiantes. Si hay un morueco presente, las ovejas en celo le buscarán y quizás muevan la cola de un lado a otro y le den golpes con el hocico en el escroto. Si el morueco intenta montarlas, se quedarán quietas para la monta, pero en ausencia de un morueco, o si sólo está presente un morueco inexperto, el estro puede, frecuentemente, pasar inadvertido. La tasa de ovulación (número de ovocitos liberados en la ovulación) se ve influido por algunos factores, entre los que se incluyen la raza, la edad, el estado reproductivo (seca o lactante), la estación del año, el estado nutricional y la condición corporal de la oveja. Al principio de la estación reproductiva las tasas de ovulación suelen ser menores y el estro es, generalmente, más breve, se muestra de forma menos intensa y tiene una menor fertilidad.

La fertilización tiene lugar en la ampolla de las trompas de Falopio, aproximadamente 25-31 horas después de los primeros signos del estro, descendiendo los cigotos hacia el útero 60-65 horas más tarde. Hasta el día 15 después de la fertilización los embriones ovinos migran por el lumen uterino. El periodo de gestación de la oveja es de unos 5 meses, con una media de 145-152 días. Su duración varía, principalmente, según la raza, el número de parto y el tamaño de la camada. El primer tercio de la gestación es dependiente del cuerpo lúteo, pero tras, aproximadamente, el día 50 de gestación, la progesterona es pro-

ducida fundamentalmente por la placenta. Así, la ovariectomía o la administración de dosis luteolíticas de prostaglandina $F_{2\alpha}$ durante los dos últimos tercios de la gestación no darán lugar al aborto en las ovejas.

5.2 Manejo reproductivo del rebaño

5.2.1 Introducción

La baja productividad es un rasgo característico de los sistemas tradicionales de producción de ovino en extensivo. La naturaleza estacional de la producción reduce la viabilidad económica del rebaño tradicional. Así pues, deben asociarse sistemas de manejo más modernos con distintos niveles de intensificación, cuyo éxito viene determinado, en gran medida, por la eficiencia del manejo reproductivo.

La reproducción puede manejarse o modificarse debido a varias razones:

1. Mejora en la productividad del rebaño

- mejora general de la fertilidad
- mejor prolificidad
- mayor número de partos por año

2. Reproducción planificada

- demandas estacionales: para que las razas cárnicas satisfagan al mercado en los periodos en los que el precio o la demanda son más elevados
- introducción de corderas nulíparas al rebaño
- producción lechera sostenida, asegurando la producción en periodos en los que el precio de la leche es alto
- uso eficaz de la mano de obra
- en condiciones concretas: producción extensiva, a baja escala: suministro constante de leche y carne para la comunidad/familia

3. Uso de la Inseminación Artificial

- mejora genética
- medidas de control contra el scrapie: uso de moruecos con genotipos resistentes al scrapie
- maximización del uso de los mejores moruecos
- reducción del número de moruecos necesarios en el rebaño
- reducción de la diseminación de enfermedades infecciosas

5 Reproducción Ovina

La Tabla 1 nos ofrece los parámetros básicos usados para evaluar la eficiencia reproductiva en los rebaños de ovino.

Tabla 1 Definiciones de los parámetros reproductivos usados frecuentemente en la reproducción ovina

Fertilidad	= $\frac{\text{Número de ovejas que paren}}{\text{Número de ovejas presentadas al morueco o inseminadas}}$	X 100
Prolificidad	= $\frac{\text{Número de corderos nacidos (vivos y muertos)}}{\text{Número de ovejas que paren}}$	X 100
Fecundidad	= $\frac{\text{Número de corderos nacidos (vivos y muertos)}}{\text{Número de ovejas presentadas al morueco o inseminadas}}$	X 100

La fertilidad (la proporción de ovejas que paren con respecto a las presentadas al morueco durante un periodo determinado; generalmente expresado en forma de porcentaje) varía según la raza, la estación, la edad, el estado nutricional, el manejo reproductivo y las condiciones de la explotación. Se considera que una cifra media de entre el 70 y el 80% tras la monta natural es normal para el periodo reproductivo otoñal y entre bueno y muy bueno para el periodo reproductivo primaveral. La inseminación artificial (IA) da lugar a unos resultados peores.

La prolificidad (el número de corderos que nacen por oveja que pare; generalmente expresado en forma de porcentaje) varía ampliamente, dependiendo de los mismos factores que la fertilidad. Se sabe que la raza Merina tiene una prolificidad baja, generalmente del 110-120%, mientras que la raza Romanoff frecuentemente alcanza valores del 350%.

La fecundidad representa el número de corderos nacidos por oveja apareada durante un periodo determinado.

5.2.2 Diagnóstico de gestación

El diagnóstico de gestación puede ayudar a incrementar la eficiencia reproductiva. Entre los beneficios tenemos el poder volver a aparear pronto a las ovejas no gestantes y la alimentación suplementaria de las que sí lo están. De los distintos métodos de diagnóstico de gestación en el ovino el escaneado mediante

ultrasonidos es el más preciso y fiable. Los ultrasonidos en tiempo real (ecografía) pueden detectar la gestación en un momento tan precoz como el día 23 mediante el uso de una sonda rectal y a los 40 días usando el escaneado externo transabdominal. Se puede contar con precisión el número de fetos entre, aproximadamente, el día 45 y el 100 de la gestación. Después de los 100 días resulta más difícil contarlos con precisión, por lo que las ecografías suelen llevarse a cabo entre la 12ª y la 13ª semana después de la introducción de los moruecos a las ovejas.

El Doppler y los ultrasonidos de amplitud-profundidad (modo A) son alternativas más económicas durante la segunda mitad de la gestación.

El uso de la prueba del sulfato de estrona puede detectar la gestación con precisión en las ovejas desde el día 30 al 35. Con la prueba de la proteína B específica de la gestación ovina (PSPB) se puede detectar la gestación con precisión (100%) a partir del día 26. Estos métodos, no obstante, tienen una disponibilidad limitada en las condiciones de campo y no pueden usarse para detectar el número de fetos.

5.2.3 Detección del estro

Por lo general, el estro no se expresa bien en el caso de la oveja, especialmente en ausencia de moruecos. El signo más obvio es el reflejo de inmovilidad para ser montada por el macho. Aunque la detección del estro carece de importancia para la monta natural, es vital para el éxito de la IA y de la monta controlada (véase la sección 5.2.4), ya que éstos sólo podrán llevarse a cabo con éxito en un momento prefijado en relación con la ovulación o el inicio del estro.

En el caso de las ovejas manejadas a nivel de rebaño, los métodos más comunes para la detección del estro son el uso de machos enteros con un "mandil" (el pene del morueco está tapado para evitar la penetración) o de machos "recela" vasectomizados que llevan un arnés con pintura para marcar a las ovejas. En el caso de la IA, estos métodos no son muy útiles, ya que ocupan mucho tiempo y requieren mucha mano de obra. Para la IA con semen fresco, la detección del estro sólo es de utilidad para rebaños grandes en condiciones muy especiales y sólo durante la estación reproductiva.

Una alternativa a la detección del estro es el control o la sin-

5 Reproducción Ovina

cronización de los celos (véase la sección 5.3), lo que reduce el periodo durante el que se insemina al rebaño, requiere menos mano de obra y permite un manejo más eficaz de la gestación y el parto. También puede usarse para inducir el estro y la ovulación fuera de la estación reproductiva normal.

5.2.4 Apareamiento

En condiciones naturales de apareamiento, la duración del ciclo estral y del estro implica que estadísticamente alrededor del 6-8% de las ovejas estará en celo cada día durante la estación reproductiva. Asumiendo que haya un morueco por cada 50 ovejas (una relación de 50 a 1), cada uno de ellos necesitará aparearse con una media de 3-4 ovejas por día. Esto es compatible con la capacidad sexual del macho y proporciona una buena fertilidad. La alta concentración de espermatozoides por eyaculado, junto con los apareamientos repetidos con las ovejas a lo largo del estro, asegura un buen nivel de fertilidad y de prolificidad.

Sin embargo, la eficacia reproductiva de los moruecos se ve afectada por influencias estacionales (Henderson y Robinson 2000). Las necesidades de la reproducción fuera de la estación normal, y el mayor número de ovejas que entran en celo como resultado de la sincronización impone la necesidad de un uso más racional de los machos.

La fertilidad aumenta a medida que progresa el estro, alcanzando su valor máximo hacia finales del periodo de celo. Así pues, la única forma de incrementar la fertilidad, al tiempo que se optimiza el uso del morueco, consiste en practicar la monta controlada. Esto implica alinear a los moruecos en una fila en el cobertizo y exponer a cada macho a un grupo de ovejas (preferiblemente sincronizadas). Tras observar un apareamiento, se retira a la oveja en cuestión del grupo y se pone al macho al final de la cola. El siguiente macho de la cola es entonces incorporado al grupo de ovejas que no se han apareado.

La mejora de los rasgos de producción deseables requiere la selección de animales de calidad superior para su uso como reproductores. Como los moruecos son responsables de una mayor cantidad de descendencia que las ovejas, la selección de los ma-

chos es crítica. Una de las formas de manejo de la reproducción selectiva es el apareamiento por lotes: un grupo de hembras se aparean, única y exclusivamente, con un morueco, usando la monta controlada tras la detección del estro o mediante la inseminación artificial.

5.2.5 Inseminación artificial

La inseminación artificial (IA) proporciona unos beneficios bien conocidos para la producción ovina, pero hay diferencias claras entre su uso en ovejas y su utilización más común en el vacuno. Debido a las diferencias en su anatomía, no se puede penetrar el cérvix ovino con una pipeta de inseminación. Esto fue objeto de extensas investigaciones por parte de Kershaw et al. (2005). En esencia, el lumen del canal cervical ovino es muy contorneado y tortuoso debido a la presencia de 4-7 anillos cervicales que apuntan caudalmente. Éstos suponen una barrera física para la contaminación externa, pero también suponen la principal barrera para la inseminación artificial transcervical (IATC), ya que no sólo se proyectan hacia el lumen, sino que el segundo y el tercer anillo suelen estar desalineados con respecto al primero, lo que da como resultado que la pipeta de inseminación acabe siendo desviada del lumen.

Así pues, el semen debe depositarse en la entrada del cérvix (IA intracervical) o en el fondo de la vagina (IA intravaginal) (Haresign 1992). Una alternativa consiste en el uso de la IA intrauterina, que se realiza quirúrgicamente con ayuda de un laparoscopio. No obstante, no ha sido adoptada ampliamente en la industria del ovino debido a preocupaciones relativas al bienestar animal, las limitaciones económicas y la necesidad de operarios conocedores de la técnica.

La inseminación artificial en las ovejas puede llevarse a cabo con semen fresco y congelado-descongelado. Originalmente, el uso de semen congelado estaba limitado debido a los bajos porcentajes de partos obtenidos (del 25 al 45%) usando la IA cervical. Estaba relacionado con la viabilidad reducida de los espermatozoides congelados, lo que da como resultado unos números bajos de espermatozoides viables o no dañados que llegan al lugar de la fertilización. En la actualidad, no obstante, con el

5 Reproducción Ovina

desarrollo de técnicas para la inseminación cervical, se están obteniendo unos mejores porcentajes de gestación (Anel et al., 2005; Paulenz et al., 2005)

Otro enfoque consiste en la utilización de la inseminación intrauterina (Wulster-Radcliffe et al., 2005). Al realizarla correctamente, la deposición de semen congelado en los cuernos uterinos da lugar a unos altos porcentajes de fertilidad y de partos, del 60-75% (Buckrell et al., 1994; Windsor 1995; Husein et al., 1998). Éstos son similares a los resultados obtenidos usando semen fresco y este método se usa rutinariamente en Australia para la IA con semen congelado.

Tabla 2 Resultados normales de la IA en el ovino

Tipo de semen	Método de IA	Porcentaje normal de éxito reportado
Fresco	Vaginal	50%
	Transcervical	40%
	Laparoscópica	70%
Congelado	Vaginal	10%
	Transcervical	40-50%
	Laparoscópica	65%

Para que la IA sea exitosa, el momento de la deposición del semen en la oveja debe ser preciso en relación con el tiempo de la ovulación, ya que el periodo durante el que puede darse la fertilización es limitado. En la mayoría de las ovejas, la ovulación se da alrededor de 25-30 horas después del inicio del estro.

Como la detección del estro no es práctica en la mayoría de las condiciones de campo, la IA sólo se usa en los rebaños en los que se lleva a cabo la sincronización del estro. La inseminación artificial se realiza en un momento determinado, dependiendo de la raza ovina, del tipo de semen (refrigerado o congelado), del método de sincronización y del lugar escogido para la deposición del semen (véase la Tabla 3).

Tabla 3 Momento de la inseminación en la oveja dependiendo del tipo de estro y de inseminación

Tipo de estro	Tipo de IA	Momento óptimo para la IA
Natural	Cervical o vaginal	12-18 h después del inicio del estro
Sincronizado con esponjas Chronogest®	Cervical o vaginal	45-58 h después de la retirada de la esponja IA sencilla: 55 h después de la retirada de la esponja IA doble: 48-50 y 58-60 h después de la retirada de la esponja
	Intrauterina	60-66 h después de la retirada de la esponja
	Intrauterina en ovejas superovuladas	36-48 h (preferiblemente 44-48 h) después de la retirada de la esponja

(De Evans y Maxwell, 1987)

5.3 Manejo del estro

El manejo reproductivo en el ovino puede clasificarse en natural (mediante la alteración del fotoperiodo, el flushing, el efecto macho) o farmacológico (usando progestágenos, prostaglandinas y melatonina). Sólo la modificación del fotoperiodo, el uso del efecto macho y los distintos métodos farmacológicos permiten la sincronización real del estro en las ovejas.

Los factores más importantes a tener en cuenta antes de decidir qué método usar son:

- El grado de sincronización necesario.
- La estación.
- Factores económicos y de mercado.

Los métodos farmacológicos son eficaces para la sincronización exacta del estro en la mayoría de las situaciones, asegurando unas buenas cifras de producción tras la inseminación en un momento determinado, pero con la desventaja del coste del producto y su administración. El método natural es más barato, pero da lugar a una sincronización no tan exacta y sólo es de utilidad en ciertas condiciones.

Flushing

El *flushing* implica aumentar el plano de nutrición de las ovejas (ingesta de proteína y energía) aproximadamente 3-4 semanas antes del inicio planeado de la estación reproductiva. Las ovejas

5 Reproducción Ovina

con una condición corporal que está mejorando se benefician de una mayor tasa de ovulación y, por tanto, de unos mejores porcentajes de partos.

El *flushing* es un método bien asentado para potenciar la tasa de ovulaciones, pero la respuesta a la mejor calidad del forraje en las semanas previas a los apareamientos varía dependiendo de la raza y la estación. Las ovejas suelen responder mejor al *flushing* cuando tienen una condición corporal intermedia (2,5-3,5 de Puntuación de Condición Corporal (PCC)).

El *flushing* debería usarse como método para mejorar la prolificidad y la fecundidad, pero no con la esperanza de inducir o sincronizar los estros.

5.3.1 Alteración del fotoperiodo

Esta técnica implica la exposición de las ovejas a una duración del día reducida artificialmente tras un periodo de duración prolongada del día.

Usado solo acelerará el inicio del periodo reproductivo, aunque con resultados variables y con una extensión impredecible con respecto al inicio de la ciclicidad. En la actualidad es muy usado en las ovejas en sistemas de producción intensivos en combinación con otros métodos artificiales y en los moruecos en los centros de IA.

5.3.2 El efecto macho

Se sabe que las influencias sociales (p. ej. quimiosensoriales, táctiles, visuales) tienen efectos potentes sobre la función reproductiva en variedad de especies. Los moruecos pueden estimular la secreción de gonadotropinas y la ovulación en la oveja en anestro a través de los inputs quimiosensoriales (Henderson y Robinson 2000).

El efecto macho implica la introducción de moruecos a un grupo de ovejas que han estado apartadas de los machos varias semanas de antemano (por lo menos 3-4 semanas). Sólo ha demostrado su eficacia en determinados momentos del año, generalmente justo antes del inicio de la estación reproductiva, cuando la mayoría de las ovejas no están ciclando. No es eficaz en las ovejas que ya están ciclando ni para aquellas en anestro profundo. La mayoría de las ovejas ovulan al cabo de 6 días

de la introducción del morueco, pero el primer estro suele ser silencioso y suele verse seguido de uno o dos ciclos cortos (de 6-7 días) o de un ciclo de duración normal con varios picos de actividad estral. Esta es la razón de que este estro inducido no esté sincronizado lo bastante estrechamente como para permitir la inseminación a tiempo fijo.

Se ha visto que el tratamiento de las ovejas con progesterona antes o en el momento de la introducción de los moruecos puede mejorar la eficacia de esta técnica de estimulación incrementando el número de ovejas que muestran un comportamiento de estro en la primera ovulación y reduciendo el número de ciclos cortos impredecibles.

Debería subrayarse que la eficacia del efecto macho varía con distintos factores, entre los que se incluyen la raza, la localización, el momento del año, el estado nutricional y la edad de los animales. Además, el uso del efecto macho por sí solo no sincroniza el estro ni la ovulación lo bastante estrechamente como para permitir la inseminación artificial a tiempo fijo.

5.3.3 Métodos basados en los progestágenos

Estos métodos se basan en el uso de progesterona o de sus análogos. Estos últimos suelen ser más potentes, lo que permite la administración de una dosis menor. El grado de sincronización obtenido y el intervalo entre el final del tratamiento y el inicio del estro dependen del producto usado.

En las hembras cíclicas, el tratamiento actúa suprimiendo la secreción preovulatoria de gonadotropinas por parte de la hipófisis y, por tanto, el desarrollo folicular y la ovulación. Tras la retirada del progestágeno, las cantidades crecientes de gonadotropinas secretadas dan lugar al estro y a la ovulación. Aunque algunos progestágenos pueden acortar la vida del cuerpo lúteo, en las ovejas en anestro, el progestágeno debe suplementarse con tratamientos estimulantes para los folículos (p. ej. gonadotropina sérica de yegua gestante, PMSG o eCG) para inducir el crecimiento folicular, el estro y la ovulación.

Los progestágenos pueden administrarse de distintas formas (esponjas, implantes, etc.), por distintas vías (intravaginal, i.m., s.c.) y a distintas dosis (Haresign 1992; Godfrey et al., 1999; Bari et al., 2000; Henderson y Robinson 2000). Las esponjas

5 Reproducción Ovina

intravaginales son, con diferencia, las más usadas, ya que su inserción es fácil y proporcionan unos resultados fiables tras la monta natural o la IA. Las esponjas están impregnadas de acetato de fluorogestona (Chronogest® 20 mg Liberación Controlada/Chronogest CR®) o acetato de medroxiprogesterona (MAP) y se insertan en la vagina con la ayuda de un aplicador.

Como la oveja es considerada una especie más “verde” que la vaca y el cerdo, la nueva esponja (Chronogest® 20 mg Liberación Controlada/Chronogest CR®) (Intervet) con una carga reducida de cronolona (20mg) supone una opción interesante para un manejo del estro y unos porcentajes de partos igualmente eficaces, pero usando una menor cantidad de hormona exógena.

Se administra una inyección de eCG/PMSG (p. ej., Folligon®) al retirar las esponjas. La dosis de eCG/PMSG debe adaptarse según la raza, la estación, el rebaño, la edad y el estado fisiológico de los animales. El rango de dosis más común varía entre las 300 y las 600 U.I. (véase la Tabla 4).

Tabla 4 Ajuste de la dosis de eCG/PMSG en ovejas tratadas con el método Chronogest CR®

	Estado reproductivo	Dosis de eCG (Folligon®)
Ovejas	En estación reproductiva	300-400 UI
	Fuera de estación	440-520 UI
Corderas	En estación reproductiva	250-400 UI
	Fuera de estación	350-450 UI

Para la superovulación de las ovejas donantes para la transferencia de embriones, se puede administrar eCG/PMSG unas 28 horas antes de la retirada de las esponjas y a una dosis mayor de la normal (Folligon®, 1 500 U.I.; Bari et al., 2000; Henderson y Robinson 2000). La eCG/PMSG también puede verse seguida, con el mismo fin, de una inyección intramuscular de GnRH al inicio del estro. Cuando se está sincronizando a las ovejas para la IA a tiempo fijo usando programas basados en los progestágenos, siempre se debería usar eCG/PMSG para reducir la dispersión en el momento de la ovulación debido a variaciones individuales entre ovejas.

Tras el tratamiento con progestágeno/eCG/PMSG se da un celo fértil. Una de las principales ventajas de este método es que puede usarse para inducir y/o sincronizar el estro. El alto grado de sincronización que se obtiene permite una buena eficacia reproductiva en gran variedad de condiciones. Las ovejas empezarán a entrar en estro desde alrededor de 24-48 horas después de la retirada de las esponjas. La fertilidad del estro dependerá de distintos factores relacionados con las ovejas y los moruecos. El momento de la introducción del morueco tras la retirada de las esponjas es crucial. Las ovejas empezarán a mostrar signos conductuales del estro unas 24 horas después de la retirada de las esponjas. No obstante, la mayoría no entrará en celo hasta 36-48 horas después de la retirada. Como consecuencia, los moruecos introducidos inmediatamente después de la retirada de las esponjas montarán repetidamente a las primeras ovejas que muestren el celo. Esto puede dar lugar al vaciamiento de las reservas de semen, a unos bajos porcentajes de concepción con el estro inducido, a un periodo de partos prolongado y a un número bajo de corderos nacidos. El morueco no debería, por tanto, ser introducido en el grupo de las ovejas hasta 36-40 horas después de retirar las esponjas de las ovejas.

En los rebaños sincronizados, muchas ovejas son apareadas a lo largo de un periodo de tiempo relativamente corto. Esto significa que se debe prestar especial atención a una relación de moruecos/ovejas correcta. Durante la estación reproductiva, tanto la fertilidad como la libido del macho deberían ser satisfactorias y debería bastar con un morueco por cada 10 ovejas. No obstante, fuera de la estación reproductiva, tanto la libido como la fertilidad suelen verse reducidas. Por tanto, la relación de moruecos/ovejas debería incrementarse, a grandes rasgos a 1:5. Si la necesidad de un gran número de moruecos supone un problema, se debería tener en cuenta el uso de la IA (véase la sección 5.2.5).

Una población de ovejas que conciba con un estro sincronizado parirá, generalmente, a lo largo de un periodo de 1 semana. No se debería esperar que ninguna para durante la semana siguiente, pero las repetidoras deberían comenzar a parir durante siguientes los 8-10 días. Todos los partos deberían completarse en, aproximadamente, 3-4 semanas si se permitió la repetición de una serie de montas.

5 Reproducción Ovina

5.3.4 Prostaglandinas

La prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) y sus análogos (p. ej. Prosolvin®) pueden usarse para sincronizar el estro en las ovejas cíclicas. El efecto luteolítico da lugar a la regresión del cuerpo lúteo y a un descenso de las concentraciones de progesterona en sangre. El incremento resultante en la cantidad de gonadotropina secretada por la hipófisis estimula el desarrollo folicular, y el estro se da al cabo de 2-3 días y la ovulación unas 24 horas más tarde.

Se dispone de varios análogos de la prostaglandina inyectables. Como el cuerpo lúteo sólo puede responder a las prostaglandinas entre los días 5 y 14 del ciclo estral, son necesarias dos inyecciones con un intervalo de 10-14 días para una sincronización óptima. La amplia variabilidad de la respuesta y la necesidad de inyectar a los animales cíclicos dos veces explica el uso limitado de estos productos en el caso de las ovejas en las condiciones de campo (Henderson y Robinson 2000). Además, la fertilidad del estro inducido suele ser baja, probablemente porque el tracto reproductor ha estado menos expuesto de lo normal a la progesterona. No obstante, esto puede superarse. Algunos autores han investigado recientemente el uso de prostaglandinas y GnRH en ovejas cíclicas, ofreciendo unos resultados razonables siempre que las ovejas estén en su estación reproductiva normal y dependiendo de la fase del ciclo estral en la que se inicie el tratamiento (Cárdenas et al., 2004; Deligianis et al., 2005). Los resultados de estos estudios indican que el uso de un protocolo Ovsynch modificado en ovejas cíclicas puede hacer obtener un porcentaje de concepciones aceptable que podría mejorarse aún más mediante la modificación de los intervalos entre inyecciones.

5.3.5 Melatonina

La melatonina, una hormona producida por la glándula pineal principalmente durante las horas de oscuridad, se considera el desencadenante químico que permite que el fotoperíodo controle la secreción de hormonas por parte de la hipófisis (Chemineau 1992). También puede usarse melatonina exógena para controlar la planificación de la estación reproductiva. Muchos

métodos implican la administración continua de melatonina en lugar de intentar imitar las fluctuaciones diarias naturales. En algunos países, la melatonina ha sido comercializada en forma de un implante de liberación lenta. Parece ser que deben mantenerse unas concentraciones elevadas de melatonina en sangre durante por lo menos cinco semanas para adelantar la estación reproductiva. Existen algunas pruebas de que este tratamiento puede incrementar la tasa de ovulación (Symons et al., 1988; Henderson y Robinson 2000). Se han usado implantes de melatonina de liberación lenta junto con otras técnicas ambientales, como el efecto macho o las esponjas intravaginales impregnadas de progestágenos.

En el hemisferio norte se han usado implantes de melatonina en las ovejas adultas, tradicionalmente alrededor del momento del solsticio de verano, para así adelantar la estación reproductiva. En los rebaños europeos comerciales, los implantes suelen insertarse alrededor del momento del equinoccio de primavera, ya que tienen una estación reproductiva más temprana que los genotipos de latitudes superiores, incluso al estar sujetos al mismo tratamiento para ajustar el fotoperiodo (Abecia et al., en prensa). Estos investigadores concluyeron que la melatonina podría ser una herramienta útil para mejorar la producción de corderos en las tres razas estudiadas, pero en cada raza, el grado de éxito variaba según la explotación y la estación. Debe subrayarse que el tratamiento con melatonina no sincroniza, por sí solo, el estro y la ovulación lo bastante estrechamente como para permitir ovulación a tiempo fijo.

5.4 Factores que afectan al estro y la ovulación

Aunque la mayoría de las razas ovinas pueden gestar y criar por lo menos dos corderos, los porcentajes de prolificidad suelen ser inferiores al 200%. La manipulación de la tasa de ovulación al reproducir a las ovejas dentro o fuera de la estación reproductora mediante métodos farmacológicos o naturales puede mejorar la prolificidad.

5 Reproducción Ovina

5.4.1 Efecto macho

Este es un método para inducir el estro y la ovulación en las ovejas en anestro durante el final de la estación de anestro (véanse las secciones 5.3.1 y 5.3.2).

5.4.2 Genética

Las razas difieren considerablemente en términos de la tasa de ovulación, y el cruce quizás sea el método más sencillo de incrementar la fecundidad de un rebaño. Por otro lado, hay animales concretos o estirpes de animales de distintas razas de todo el mundo que tienen una tasa de ovulación considerablemente mayor que la de la media de su rebaño o raza. Los ejemplos más conocidos son las ovejas Merinas portadoras del gen Booroola o "F". Como esta característica se basa en un único gen, puede usarse, mediante cruces retrógrados, para incrementar sustancialmente la tasa de ovulación en cualquier población de ovejas (Henderson y Robinson 2000).

5.4.3 Nutrición

Las ovejas mantenidas en un plano de alimentación bajo suelen tener una tasa de ovulación baja. Se sabe desde hace muchos años que un plano de alimentación ascendente (lo que generalmente recibe el nombre de *flushing*), puede estimular la ovulación e incrementar el tamaño de camada. No obstante, la respuesta a una alimentación de mejor calidad durante las semanas previas al apareamiento varía con la raza. Las ovejas responden generalmente mejor al *flushing* cuando su condición corporal es intermedia (PCC de 2,5-3,5) en lugar de cuando están demasiado delgadas o gordas (Henderson y Robinson 2000).

Por otro lado, se ha demostrado que una ingesta baja puede reducir la tasa de ovulación en las ovejas (Smith, 1991) y que los suplementos dietéticos con un alto contenido en energía y proteína pueden hacer aumentar la ovulación incluso en las ovejas con una condición corporal baja y que no están siendo estimuladas con gonadotropinas exógenas (Downing et al., 1995). O'Callaghan et al. (2000) vieron que las ovejas no estimuladas con una ingesta dietética de alta calidad tenían un mayor número

ro de folículos en comparación con las ovejas con una ingesta menor. En general, para obtener resultados fiables se debería repartir a las ovejas en grupos, después del destete, según su condición corporal, y cada grupo debería recibir un manejo de forma que tengan una condición corporal correcta antes de aparearse.

En Australia, se ha visto que la suplementación de la dieta con altramuces mejora la tasa de ovulación. Este efecto parece ser independiente de la condición corporal y no parece darse una sobreestimulación. Se debe alimentar a los animales con 500-750 g de altramuces/cabeza/día durante un mínimo de 6 días antes del estro para esperar un incremento modesto de la tasa de ovulación de 20-30 ovulaciones por cada 100 ovejas.

5.4.4 Gonadotropinas

Las gonadotropinas, como la eCG/PMSG o la hormona foliculoestimulante porcina (pFSH), pueden usarse para hacer superovular a las ovejas (Henderson y Robertson 2000). Estos tratamientos deben administrarse a las ovejas cíclicas durante la fase folicular del ciclo estral o tras un periodo de cebado con progesterona si se usan fuera de la estación reproductiva. Las gonadotropinas derivadas de la hipófisis (p. ej. la pFSH) tienen un periodo de actuación breve y son necesarias inyecciones frecuentes, por lo que su uso está limitado, en la práctica, a los programas de transferencia de embriones (Haresign 1992).

La eCG/PMSG (p. ej. el Folligon®) tiene una mayor duración y suele usarse para inducir el estro y la ovulación fuera de la estación reproductiva normal o para asegurar unas buenas tasas de concepción en un estro sincronizado con un programa de inseminación durante la estación reproductiva (Husein et al., 1998; Henderson y Robertson 2000). La dosis necesaria depende, en gran medida, de las condiciones de uso, de la raza y de la estación. Como norma empírica, se debería usar una dosis de 300-400 U.I. para las hembras en la estación reproductiva y de 400-500 U.I. fuera de la estación reproductiva. Estas dosis deberían proporcionar un incremento moderado de la prolificidad del rebaño.

5 Reproducción Ovina

5.4.5 Técnicas de inmunización

La inmunización reduce el efecto inhibitorio de los esteroides ováricos o de la inhibina ovárica sobre el hipotálamo y la hipófisis, lo que da como resultado un aumento de la tasa de ovulación. La inmunización contra la inhibina ha sido estudiada experimentalmente (Anderson et al., 1998; Dhar et al., 2001), pero esta técnica no es ampliamente usada todavía. La androstenediona, un esteroide secretado por el folículo ovárico, tiene un efecto regulador sobre la tasa de ovulación mediante su acción de retroalimentación sobre el eje hipotálamo-hipofisario (Cognie 1988; Henderson y Robinson 2000). Hay una vacuna (Androvax®) disponible comercialmente. El momento de la vacunación es importante para el éxito de esta técnica. Las ovejas deben ser sexualmente activas cuando se introduzca a los machos. Por tanto, si la técnica va a ser usada fuera de la estación reproductiva, el rebaño de ovejas deberá ser cebado con esponjas de progesterona y eCG/PMSG para estimular la actividad propia del estro. La dosis de eCG/PMSG debe evaluarse entonces cuidadosamente, ya que los efectos de la eCG/PMSG y de la vacuna serán aditivos (Henderson y Robinson 2000).

5.5 Problemas reproductivos

La investigación de los problemas reproductivos en las ovejas debe centrarse en el rebaño en lugar de en el individuo. Las pérdidas de eficiencia reproductiva más relevantes en el ovino pueden ser consecuencia de:

- Factores ambientales y sociales que provocan la mortalidad embrionaria y la infertilidad.
- Infecciones que provocan infertilidad, aborto enzoótico y pérdidas perinatales.
- Una nutrición insuficiente.

5.5.1 Factores ambientales y mortalidad embrionaria

La relación entre la nutrición y la reproducción en los rumiantes, especialmente por lo que respecta a los porcentajes de supervivencia embrionaria, es compleja y frecuentemente variable. Generalmente, es de esperar que las ovejas con una mejor condición corporal en el momento del apareamiento tengan unos mejores porcentajes de concepción. Pero se vio que los niveles

Reproducción Ovina 5

altos de nutrición en el periodo alrededor del apareamiento estaban asociados con unos peores porcentajes de supervivencia embrionaria, lo que ha influido en el consejo actual sobre la alimentación tras el apareamiento. Aunque el mecanismo sigue sin estar claro, se ha postulado que una alimentación mejorada puede hacer aumentar el flujo de sangre hacia el hígado y, por tanto, potenciar la eliminación metabólica de la progesterona.

Se suele considerar que el estrés térmico tiene un efecto directo negativo sobre el porcentaje de supervivencia embrionaria en las ovejas. Aunque la variación diurna normal de la temperatura y la aclimatación moderarán este efecto en condiciones de campo, no debería ser pasada por alto en las regiones en las que son de esperar unas temperaturas ambientales altas. El estrés térmico también puede reducir el crecimiento fetal mediante el retraso del flujo de sangre en el útero (Henderson y Robinson 2000).

Aunque no se cree que otros factores de estrés (a no ser que sean prolongados) contribuyan en gran medida a la mortalidad embrionaria en el ovino, los ganaderos deberían intentar evitar siempre cualquier exposición innecesaria de las ovejas apareadas a factores de estrés.

La edad tiene un profundo efecto sobre los porcentajes de prolificidad y, en concreto, sobre la supervivencia embrionaria. Las corderas muestran unos porcentajes de pérdidas embrionarias muy altos debido al potencial relativamente bajo para el desarrollo de sus óvulos fertilizados.

Un estudio de Khan et al., (2003) demostró que el tratamiento de las corderas con 150 U.I. de hCG en el momento del apareamiento mejora el crecimiento de los productos de la concepción, de la placentación y del número de corderos nacidos.

5.5.2 Enfermedades infecciosas

El aborto enzoótico infeccioso es una causa importante de preocupación en el ganadero de ovino. Suelen estar implicados los mismos agentes en las pérdidas perinatales. La Tabla 5 resume los agentes causales que se encuentran con más frecuencia y los principales signos de cada uno de ellos.

La infección natural por *Neospora caninum* parece ser infrecuente en el ovino, y sólo se han reportado unos pocos casos de abortos o enfermedades congénitas (Dubey 2003). Sin embargo,

5 Reproducción Ovina

el papel de *N. caninum* como causa de abortos en los pequeños rumiantes necesita una mayor investigación, ya que la inoculación experimental con *N. caninum* durante la gestación provoca unos efectos similares a los observados en el vacuno.

5.5.3 Nutrición

Las ovejas que gestan dos o más fetos pueden sufrir la toxemia de la gestación hacia finales de la misma como resultado de una nutrición insuficiente. Un grado variable de desequilibrio metabólico, acompañado de hipoglucemia y cetosis es provocado por una ingesta de alimento inferior a la normal con respecto al número de corderos gestados. También pueden estar implicados otros factores predisponentes. Los signos clínicos son la anorexia y una serie de signos nerviosos que dan lugar al aborto y/o la muerte de la oveja. Como el pronóstico es malo a no ser que la oveja sea tratada en las primeras fases de la enfermedad, el control se basa principalmente en la prevención: la identificación de las ovejas que gestan más de un feto y la atención a su nutrición, especialmente en el último tercio de la gestación.

5.6 Inducción del parto

El parto puede inducirse si se necesita un periodo de partos muy corto, ya sea para optimizar la supervisión y así conseguir la máxima supervivencia de los corderos o para simplificar el manejo del rebaño, o ambos.

Sólo resulta práctico cuando el estro ha sido sincronizado previamente, por lo que disponemos de las fechas previstas de parto. No se debe inducir el parto de las ovejas antes del día 144 de la gestación si queremos evitar el nacimiento de corderos prematuros. No puede usarse la prostaglandina $F_{2\alpha}$ para inducir el parto en las ovejas porque la gestación no depende de la progesterona del cuerpo lúteo: la placenta produce su propia progesterona y, por tanto, la luteolisis no tiene ningún efecto. No obstante, se pueden usar con éxito tanto los estrógenos como los corticoesteroides. Algunos investigadores han reportado unos mayores porcentajes de distocia y de mortalidad perinatal tras el tratamiento con estrógenos. La betametasona y la dexametasona, a una dosificación de 8 a 16 mg, son los corticoesteroides usados con mayor frecuencia. La inyección intramuscular a la dosis más alta da como resultado el parto al cabo de 26-62 horas (Henderson y Robinson 2000).

Tabla 5 Las enfermedades infecciosas más importantes que provocan abortos y pérdidas perinatales en el ovino.

Enfermedad	Signos clínicos	Lesiones	Diagnóstico	Control
Brucelosis 1. <i>Brucella melitensis</i>	Abortos en la segunda mitad de la gestación. Mortinatalidad, mortalidad perinatal. Efectos sistémicos en la oveja: fiebre, cojera, etc.	Placentitis con edema y necrosis de los cotiledones.	Cultivo, Microscopia directa Test de fijación del Complemento Test Rosa de Bengala Test amiló de leche	Erradicación: Test y sacrificio Vacunación Antibioterapia: normalmente no recomendada
2. <i>Brucella ovis</i>	Orquitis. Infertilidad. Ocasionalmente, abortos.	Moruco: Epididimitis Orquitis Oveja: Placentitis	Como el anterior Palpación testicular Tinción de Koster de semen o preparación de cotiledones	Erradicación: Test y sacrificio
Salmonelosis (aborto paratífico) <i>Salmonella abortus ovis</i>	Aborto que en casos endémicos tiende a afectar sólo a las ovejas más jóvenes. Mortinatalidad y mortalidad perinatal. Algunas ovejas y corderos pueden mostrar diarrea.	Lesiones no específicas en la placenta en los casos de muerte perinatal.	Cultivo Test de Seroglutinación	Vacunación Antibioterapia
Aborto enzoótico (aborto por <i>Chlamydophila</i>) <i>Chlamydophila psittaci</i>	Abortos tardíos, partos prematuros mortinatalidad, momificación, pérdidas perinatales. Generalmente aborto en la segunda gestación. Retención placentaria.	Placentitis con necrosis de los cotiledones y edema y engrosamiento de los espacios intercotiledonarios. Similar a la brucelosis ovina.	Tinción de muestras de placenta y descarga vaginal ELISA Cultivo en embrión de pollo Test de fijación del Complemento	Medidas de higiene y manejo Vacunación Antibioterapia (oxitetraciclinas)
Toxoplasmosis (<i>Toxoplasma gondii</i>)	Infertilidad. Momificación. Abortos en la última fase de la gestación que en las regiones endémicas afecta sólo a las ovejas más jóvenes. Pérdidas perinatales.	Lesiones macroscópicas de los cotiledones (focos grises-biancos). Fétos momificados. Leucomalacia focal en el cerebro de los corderos que mueren.	Examen histológico de cotiledones y cerebro fetal Serología	Vacunación

5 Reproducción Ovina

5.7 El morueco

Como se ha mencionado en el capítulo 5.1.1, la actividad sexual y la eficiencia reproductiva de los moruecos están sujetas a influencias estacionales. En las zonas de clima templado, las variaciones estacionales del fotoperiodo y otros cambios ambientales afectan a la actividad reproductora de los moruecos, al tamaño testicular, al equilibrio endocrinológico de las gónadas, a la cantidad y la calidad del semen y al comportamiento sexual. En los moruecos, la actividad sexual suele estimularse 1-1,5 meses antes que en las ovejas, para que así ya sean plenamente activos sexualmente cuando las ovejas empiecen a ciclar. En las regiones tropicales y subtropicales, es la disponibilidad de forraje y la humedad las que parecen tener la mayor influencia sobre la estacionalidad de la eficiencia reproductiva de los moruecos.

El manejo de los moruecos antes de la reproducción

Es necesario un manejo planificado adecuadamente para optimizar la eficiencia reproductiva de los moruecos y, por tanto, para mejorar las posibilidades de conseguir unos mejores porcentajes de prolificidad. Los moruecos deberían tener una buena salud y un buen estado corporal bastante antes de la estación reproductiva para así poder corregir las posibles deficiencias, además de para permitir la evaluación de su salud y de la calidad de su semen. En esta fase también podremos identificar y eliminar a los machos infértiles.

Evaluación recomendada de los moruecos antes de la estación reproductiva:

- 12 semanas antes de los apareamientos
 - corrección de una posible deficiencia de selenio
- 6 semanas antes de los apareamientos
 - flushing con el objetivo de conseguir una PCC de 3,5 al inicio de los apareamientos
 - tratamiento para eliminar los ecto y los endoparásitos
 - cuidados de los aplomos
 - separación de las ovejas al menos 3 semanas antes de los apareamientos
 - examen clínico

2 semanas antes de los apareamientos

→ examen clínico detallado

→ evaluación del semen

El estado general de salud y la eficacia de los moruecos reproductores también deberían monitorizarse bien a lo largo de la estación reproductiva. Se pueden hacer ajustes en la alimentación para asegurar un estado óptimo para la reproducción y se pueden tener preparados reemplazos para los animales problemáticos.

5.8 Tecnología embrionaria

La transferencia embrionaria y la producción de embriones *in vitro* son técnicas bien asentadas en el ovino, aunque su uso a gran escala comercial es muy limitado. Esto viene como resultado de la relación costo/beneficio adversa en el caso del ovino, en el que el coste de un animal, incluso de uno con un gran mérito genético, suele ser relativamente bajo.

No obstante, la producción de embriones *in vitro* proporciona una rica fuente de embriones de un coste relativamente bajo para investigaciones básicas, además de para el desarrollo del uso comercial de técnicas emergentes, como la transferencia nuclear y la transgénesis.

5 Reproducción Ovina

5.9 Referencias bibliográficas

- Abecia JA., Valares JA., Forcada F., Palacin I., Martin S., Martino A.** The effect of melatonin on the reproductive performance of three sheep breeds in Spain. *Small Ruminant Research* in press.
- Anderson ST., Bindon BM., Hillard MA., O'SheaT.** Increased ovulation rate in Merino ewes immunized against small synthetic peptide fragments of the inhibin alpha unit. *Reprod Fertil Dev* 1998;10: 421-431
- Anel L., Kaabi M., Abroug B., Alvarez M., Anel L., Boixo JC., de la Fuente LF., de Paz P.** Factors influencing the success of vaginal and laparoscopic artificial insemination in churra ewes: a field assay. *Theriogenology* 2005;63:1235-1247
- Bari F., Khalid M., Olf B., Haresign W., Murray A., Merrel B.** The repeatability of superovulatory response and embryo recovery in sheep. *Theriogenology* 2001;56: 147-155
- Buckrell BC., Buschbeck C., Gartley CJ., Kroetsch T., McCutcheon W., Martin J., Penner WK., Walton JS.** Further development of a transcervical technique for artificial insemination in sheep using previously frozen semen. *Theriogenology* 1994;42:601-611
- Cardenas H., Wiley TM., Pope WF.** Prostaglandin F_{2α}-induced estrus in ewes exhibiting estrous cycles of different duration. *Theriogenology* 2004;62:123-129
- Chemineau P.** Medio ambiente y reproducción animal. 6as jornadas Int. Reprod. Anim. e I.A., Salamanca, 2-5 Junio, libro de ponencias y mesas redondas, 1992:292-306.
- Cognie Y.** Nouvelles méthodes utilisées pour améliorer les performances de reproduction chez les ovins. *INRA Prod Anim*, 1988;1:83-92.
- Deligiannis C., Valasi I., Rekkas CA., Goulas P., Theodosiadou E., Lainas T., Amiridis GS.** Synchronization of ovulation and fixed time intrauterine insemination in ewes. *Reprod Domest Anim.* 2005;40:6-10.
- Dhar A., Doughton BW., Pruyers E., Brown RW., Findlay JK.** Effect of immunization against the alpha N (alphaN) and alpha C (alphaC) peptides of the alpha 43 subunit of inhibin on antral follicular growth and atresia and the patterns of gonadotrophin secretion in ewes. *Reprod* 2001;121:707-718
- Downing JA., Joss J., Connell P., Scaramuzzi RJ.** Ovulation rate and the concentrations of gonadotrophic and metabolic hormones in ewes fed lupin grain. *J Reprod Fertil* 1995;103:137-145
- Dubey JP.** Review of *Neospora caninum* and neosporosis in animals. *Korean J. Parasitol.* 2003; 41: 1-16
- Figliuolo LPC., Kasai N., Ragozo AMA., de Paula VSO., Dias RA., Souza SLP., Gennari SM.** Prevalence of anti-Toxoplasma gondii and anti-Neospora caninum antibodies in ovine from Sao Paulo State, Brazil. *Vet. Parasitol.* 2004;123:161-166.
- Godfrey RW., Collins JR., Hansley EL., Wheaton JE.** Estrus synchronization and artificial insemination of hair ewes in the tropics. *Theriogenology* 1999; 51:985-997
- Henderson DC and Robinson JJ.** The reproductive cycle and its manipulation. In: Martin WB, Aitken ID. *Diseases of Sheep*. 3rd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 2000.
- Haresign W.** The influence of nutrition on reproduction in the ewe. I. Effects on ovulation rate, follicle development and luteinizing hormone release. *Anim Prod* 1981;32:197-202
- Heresign W.** Manipulation of reproduction in sheep. *J Reprod Fertil* 1992; Suppl. 45:127-139.
- Husein MQ., Bailey MT., Ababneh MM., Romano JE., Crabo BG., Wheaton JE.** Effect of eCG on the pregnancy rate of ewes transcervically inseminated

- wi9th frozen-thawed semen outside the breeding season. *Theriogenology* 1998;49:997-1005
- Kershaw CM., Khalid M., McGowan MR., Ingram K., Leethongdee S., G Wax., Scaramuzzi RJ.** The anatomy of the sheep cervix and its influence on the transcervical passage of an inseminating pipette into the uterine lumen. *Theriogenology* 2005;64:1225-1235
- Khan TH., Hastie PM., Beck NFG., Khalid M.** hCG treatment on day of mating improves embryo viability and fertility in ewe lambs. *Animal Reproduction Science* 2003;76:81-89
- O'Callaghan D.** Physiology of seasonality in sheep: role of photoperiod and melatonin. *Proceedings of the First European Conference on Progress in embryo technology and genetic engineering in cattle and sheep breeding, Krakow* 1994, 35-43
- O'Callaghan D., Yaakub H., Hyttel P., Spicer LJ., Boland M.** Effect of nutrition and superovulation on oocyte morphology, follicular fluid composition and systemic hormone concentration in ewes. *J Reprod Fertil* 2000;118:303-313.
- Paulenz H., Söderquist L., Adnøy T., Nordstoga AB., Andersen Berg K.** Effect of vaginal and cervical deposition of semen on the fertility of sheep inseminated with frozen-thawed semen. *Veterinary Record* 2005;156:372-375
- Rosa HJD., Bryant MJ.** Seasonality of reproduction in sheep: Review. *Small Rum Res* 2003;48:155-171
- Symons AM., Arendt J., Poulton AL., English J.** The induction of ovulation with melatonin. *Proceedings of the 11th International Congress on Animal Reproduction*; Dublin, June 26-30,1988:155-9.
- Windsor DP.** Factors influencing the success of transcervical insemination in merino ewes. *Theriogenology* 1995;43:1009-1018
- Wulster-Radcliffe MC., Wang S., and Lewis GS.** Transcervical artificial insemination in sheep: effects of a new transcervical artificial insemination instrument and traversing the cervix on pregnancy and lambing rates. *Theriogenology* 2004;62:990-1002

5 Reproducción Ovina

6 Reproducción Caprina

6.1 Fisiología

6.1.1 Estacionalidad de la actividad sexual y la ovárica

La cabra es poliéstrica estacional. La duración de la estación reproductiva está gobernada, principalmente, por una combinación de factores genéticos y ambientales. Distintos elementos climáticos, como la temperatura y el fotoperiodo, regulan la respuesta fisiológica. En las regiones templadas, la cabra se comporta como una reproductora estacional, con un claro periodo de anestro o falta de celo que depende de la variación del fotoperiodo. La cabra es una "reproductora de días cortos" (véase el capítulo sobre la Reproducción Ovina). En el caso de las cabras tropicales, el fotoperiodo es menos importante que la temperatura, la pluviometría, la vegetación y la disponibilidad de pastos.

La estación sexual o del estro de la mayoría de las razas lecheras del hemisferio norte suele estar restringida al periodo entre agosto y diciembre. Las cabras productoras de carne tienen un breve periodo de anestro en primavera. Las cabras Anglo-Nubias y las Pigmeas tienen una estación reproductiva extremadamente larga. Siempre debería tenerse en cuenta la influencia estacional al diseñar programas reproductivos para cabras importadas, ya que a las transferidas recientemente de una región a otra puede llevarles algo de tiempo adaptarse a las diferencias estacionales.

El inicio de la pubertad está relacionado con el peso corporal que, a su vez, depende del nivel de nutrición, la edad, el tipo de nacimiento y la estación en la que tiene lugar. La mayoría de las razas alcanzan la pubertad entre los 5 y los 10 meses de vida, pero a las razas con una mayor dependencia estacional puede llevarles 15-18 meses estar lo suficientemente desarrolladas para mostrar los signos propios del estro. El clima, la nutrición y la presencia de un macho pueden modificar la edad a la que se alcanza la pubertad. No es aconsejable aparear, por el bien de su propio desarrollo, además de por la viabilidad de su descendencia, a las cabras jóvenes hasta que hayan alcanzado por lo

6 Reproducción Caprina

menos el 60-75% de su peso corporal adulto. La mayoría de las razas europeas suelen ser apareadas al cumplir los 7-8 meses y con un peso corporal de por lo menos 30-35 kg.

El fotoperiodo decreciente también estimula la actividad reproductora del macho. Aunque la mayoría se aparearán en cualquier momento del año, se han observado reducciones de la libido y la calidad del semen al usarlos fuera de la estación reproductiva (Ahmad y Noakes 1996).

Los machos alcanzan el punto álgido de su actividad reproductora a finales de verano y en otoño, como respuesta a un fotoperiodo decreciente.

Este periodo, conocido como el celo o berrea, está asociado con:

- el pico en la producción de testosterona
- una gran actividad de las glándulas sebáceas (olor característico)
- comportamiento agonista (peleas)
- comportamiento de cortejo en presencia de hembras

En las razas con una marcada estacionalidad, el peso testicular suele ser mínimo en primavera y máximo a finales de verano, asociado esto con cambios marcados en la producción de espermatozoides. En el caso de los machos de raza Alpina, se han observado grandes variaciones en el volumen del eyaculado, la concentración de espermatozoides, el número total de los mismos, su calidad (motilidad, porcentaje de espermatozoides) y la fertilidad (Delgadillo et al., 1991).

6.1.2 El ciclo estral

La duración del ciclo estral varía ampliamente: desde tan sólo 3 días hasta 62 días. La mayoría de los ciclos estrales dura 19-21 días, pero una cierta proporción de ellos son más cortos (<12 días) y otros son más largos (>26 días). La incidencia de ciclos cortos se ve influida por la estación del año, el inicio de la estación de celos o de un periodo de transición, del "efecto macho" y del periodo inmediatamente posterior al parto. Los ciclos cortos se observan con frecuencia, en especial en las cabras tropicales alojadas en instalaciones. Los ciclos más largos suelen observar-

Reproducción Caprina 6

se a finales de la estación reproductiva, antes de que las cabras entren en anestro. También pueden estar asociados con la pérdida embrionaria temprana o la persistencia del cuerpo lúteo.

La fase folicular del ciclo estral es relativamente corta (3-4 días), mientras que la fase lútea ocupa el resto del ciclo (es decir, unos 17 días en un ciclo "normal"). Los estudios ultrasonográficos diarios han indicado que entre ovulaciones existe un patrón de ondas de desarrollo folicular, tal y como ocurre en otras especies de ruminantes (Rubianes et al., 2003). Distintos autores reportan que el número de ondas foliculares oscila entre las dos y las cinco por ciclo, aunque el patrón en un ciclo "normal" suele constar de cuatro (de Castro et al., 1999; Schwarz y Wierzychos 2000; Menchaca et al., 2002).

El estro parece tener una duración variable, que suele reportarse como de 36 horas, oscilando entre las 22 y las 60 horas. La ovulación se produce unas pocas horas después del final del celo visible.

El número medio de ovulaciones oscila entre 1 y 4 por ciclo, con una reducción en los porcentajes de gestación debida a un fracaso en la fertilización o a la mortalidad embrionaria precoz.

6.1.3 Gestación

La gestación en la cabra depende de la progesterona del cuerpo lúteo a lo largo de todo el periodo, y cualquier interferencia con la función del cuerpo lúteo dará como resultado un aborto. La placenta caprina produce una cantidad considerable de prostaglandina a lo largo de toda la gestación lo que, junto con la hormona luteinizante (LH) y el lactógeno placentario, forma un complejo luteotrófico que asegura la producción continua de progesterona por parte de los ovarios y, por tanto, el mantenimiento de la gestación (Ford et al., 1995). La duración de la gestación varía entre los 144 y los 151 días, con una media típica de 149 días.

La duración del anestro postparto (el periodo entre el parto y el primer estro) puede variar entre las 5 semanas (o incluso menos) y las 27, y se ve influido por la raza, la duración de la lactación y la nutrición.

6 Reproducción Caprina

6.2 Manejo reproductivo del rebaño

6.2.1 Introducción

Las cabras suelen clasificarse en cuatro tipos según su producción: leche, carne y piel, pelaje y de doble utilidad (leche y carne). Para los pequeños ganaderos y los habitantes de las zonas rurales, las cabras son únicas entre los ruminantes domésticos debido a su capacidad para sobrevivir y reproducirse en condiciones desfavorables.

Hay una gran diversidad en los sistemas de producción, lo que hace que resulte difícil caracterizar a esta industria pero, independientemente del tipo de cabra producida, sus resultados reproductivos son un determinante importante de la productividad y, por tanto, de la viabilidad económica de las explotaciones caprinas comerciales.

El control de la reproducción puede resultar necesario para evitar cruces, consanguinidad o una planificación incorrecta (todo ello nada deseable), además de para producir animales mejor adaptados a distintas condiciones ambientales.

Los métodos más sofisticados para controlar la reproducción tienen su uso restringido a los sistemas intensivos y muy rentables. Los rebaños tenidos en extensivo y que proporcionan pocos ingresos deben basarse en medidas más sencillas, como las modificaciones en el entorno, como por ejemplo el efecto macho, la alteración del fotoperiodo y las modificaciones en la dieta (p.ej. el *flushing*) y del patrón reproductivo (p.ej. hormonas exógenas, destete). Tanto los métodos de manejo como los farmacéuticos pueden, por supuesto, combinarse.

La estacionalidad de la reproducción en las cabras da lugar a una menor eficiencia reproductiva (retraso en alcanzar la pubertad, prolongación del intervalo entre partos, etc.), mientras que la estacionalidad de la producción da lugar a variaciones de los precios en el mercado. Así, cualquier mejora en los resultados reproductivos contribuirá a dar lugar a mejoras en la eficiencia de la producción de carne o de leche y, por tanto, de la rentabilidad.

Reproducción Caprina 6

El intervalo entre partos, que puede oscilar entre los 240 y los 350 días, comprende el muy variable periodo entre el parto y la concepción con el consecuente periodo de gestación. El intervalo entre partos se ve afectado por la raza, la edad y la parición de la cabra, el nivel de producción de leche, el porcentaje de partos, la estación del año y el nivel de nutrición. Estas influencias pueden agruparse en las propias del manejo (es decir, el intervalo entre el parto y la introducción de los machos), las fisiológicas (el anestro estacional y de postparto, el porcentaje de concepciones) y las patológicas (muerte embrionaria, aborto). Las diferencias en el tamaño de la camada están asociadas, principalmente, con la raza, la estación, la parición y la condición corporal. El número de cabritos nacidos por parto varía entre 1,01 y 2,05. En las reproductoras estacionales, la prolificidad tras el apareamiento otoñal suele ser mayor que durante el resto del año. El número de cabritos nacidos por parto suele aumentar entre el primer y el quinto parto y a partir de ahí desciende.

6.2.2 Diagnóstico de gestación

Las principales indicaciones para el diagnóstico de gestación en la cabra son un mejor manejo (estrategia de alimentación, mano de obra, vacunación, etc.) y la reducción del número de hembras no gestantes. La mayoría de los animales que se han apareado pero no han concebido retornarán al estro 17-23 días después del apareamiento. Hacia finales de la estación reproductiva, es probable que se den ciclos más largos y, en algunos casos, los animales no gestantes vuelven al anestro. Las cabras suelen, frecuentemente, mostrar signos del celo durante la gestación. Por tanto, se debe tener cuidado para distinguir entre la gestación, la actividad cíclica normal y la pseudogestación.

Se han diseñado varios métodos para el diagnóstico de la gestación en la cabra, ya que las señales en las que solemos basarnos en el caso de otros ruminantes no se aplican a la cabra. Por ejemplo, no podemos fiarnos del no retorno al estro. Muchas cabras no muestran signos de celo a lo largo de su estación reproductiva, lo que puede estar asociado con el anestro estacional o la pseudogestación. Tampoco deberíamos fiarnos del desarrollo de la glándula mamaria en las cabras primíparas, ya que las "cabras nulíparas lactantes" son comunes.

6 Reproducción Caprina

Los niveles de hormonas en la sangre, la leche y la orina proporcionan un medio mediante el que se puede confirmar la presencia o la ausencia de gestación. Las concentraciones de sulfato de estrona en la leche y el plasma aumentan a un ritmo constante durante la gestación y pueden usarse para diagnosticar la gestación unos 50 días después del apareamiento. La progesterona secretada por el cuerpo lúteo de una cabra gestante puede detectarse con las pruebas RIA o ELISA en la leche o el plasma. El muestreo aleatorio puede dar lugar a resultados erróneos, ya que el cuerpo lúteo de las cabras cíclicas y el de aquellas con una pseudogestación también produce progesterona. No obstante, un nivel bajo de progesterona siempre indicará que la hembra no está gestante y puede considerarse que tiene una precisión del 100%.

Con la llegada de los ultrasonidos, disponemos de métodos eficaces y seguros para la detección de la gestación. Las técnicas Doppler pueden detectar el pulso fetal tras unos dos meses de gestación, ya sea mediante una sonda intrapélvica o externa. Con la ayuda de los ultrasonidos en tiempo real, puede detectarse la gestación a partir del día 40, pero es mejor hacerlo entre el día 50 y el 100. Se estima que el escaneado mediante ultrasonidos (ecografía) tiene una precisión de, virtualmente, el 100% a la hora de determinar la gestación y de un 96-97% para diagnosticar gestaciones gemelares y de trillizos. Los operarios experimentados pueden distinguir entre la pseudogestación y la reabsorción fetal, además de identificar a los cabritos vivos. La ecografía transabdominal suele llevarse a cabo mientras la cabra está de pie.

6.2.3 Detección del celo y cubrición

El celo se ve precedido del proestro, que suele durar un día, durante el que la hembra es seguida de cerca por el macho, aunque no se quedará quieta para ser montada. El único signo seguro del celo es que la hembra se quede quieta de pie y que permita que el macho la monte ("reflejo de inmovilidad"). Las cabras buscan activamente al macho cuando están en celo, y el olor del macho tiene un efecto estimulante sobre la expresión de los signos del estro. El macho puede mostrar la reacción de Flehmen, hacer movimientos rápidos con la lengua y golpear a

Reproducción Caprina 6

la hembra con una extremidad anterior (Ott 1980). En la hembra, los signos del estro también incluyen el menear la cola, los balidos y orinar cuando está cerca del macho. También puede haber una hinchazón de la vulva y una secreción mucosa. Algunas cabras no muestran más signos que el meneo limitado de la cola y quedarse quietas de pie para ser montadas por el macho. No obstante, en contraste con las vacas, la mayoría de las cabras no se quedarán quietas para que las monten otras hembras, incluso cuando estén en celo.

A medida que el celo avanza, se puede ver una cantidad variable de moco transparente en el cérvix y en el suelo de la vagina. Este moco se torna, más tarde, turbio y, por último, a finales del estro, de un color blanco parecido al del queso. La concepción es más probable si la hembra se aparea cuando su moco cervical está turbio y el cérvix está relajado.

El celo silencioso no es tan frecuente en el postparto de las cabras como en el caso de las ovejas. En condiciones de campo, la detección del celo tiene poca importancia. Generalmente se darán varios apareamientos en el rebaño, por lo que la planificación de los mismos no será, necesariamente, de gran interés. Sin embargo, si se va a practicar la inseminación artificial (IA), debería llevarse a cabo hacia el final del estro. Así, con el uso de la IA en las cabras lecheras, por ejemplo, la detección del estro puede ser importante.

La ovulación es espontánea y tiene lugar unas 30-36 horas después del inicio del estro. Aunque suele darse tarde a lo largo del estro, cuando el ciclo es corto puede darse después del final del celo.

6.2.4 Inseminación artificial

En países como en Francia, donde se persigue sistemáticamente la mejora genética de las cabras lecheras, la IA se ha tornado parte de la rutina de manejo. La recogida de semen de los machos requiere de un animal incitador y de una vagina artificial, siendo una técnica bien asentada.

Puede usarse semen fresco no diluido en caso de que los donantes y las receptoras vivan cerca. La principal ventaja es que sólo

6 Reproducción Caprina

es necesario un utillaje muy sencillo, pero la desventaja es que es difícil valorar la calidad del semen. El semen refrigerado y diluido nos proporciona más tiempo entre la recogida y la IA (12 horas), durante el que podremos valorar la motilidad del semen. No obstante, es necesario usar diluyentes especiales y bastante más utillaje. Como la motilidad y la capacidad fertilizante del semen de algunos machos están reducidas durante la época no reproductiva, su semen almacenado no deberá usarse para inseminar a hembras a las que se ha inducido la ovulación en la estación no reproductiva. El uso de semen congelado-descongelado es, desgraciadamente, muy limitado en aquellos países con un nivel tecnológico menos avanzado (Corteel 1981).

Si se realiza de forma correcta, la inseminación de las cabras con semen fresco da lugar a unos porcentajes de fertilización similares a los de la monta natural. Como norma, el uso de semen congelado da lugar a unos porcentajes de gestación inferiores. Sin embargo, los porcentajes de fertilidad tras la IA cervical con semen congelado son mayores en la cabra que en la oveja. Esto se debe, principalmente, a las diferencias estructurales en el cérvix durante el estro. En un número importante de cabras (50-60%), el semen puede depositarse a una buena profundidad en el canal cervical o incluso en el útero. Con la IA laparoscópica se suelen poder obtener unos porcentajes de gestación, incluso mejores y más constantes. No obstante, el uso de esta técnica se ve limitada por la necesidad de un utillaje especial y unos operarios cualificados. Se han reportado unos porcentajes de partos del 71% con otra técnica descrita recientemente por Sohnrey y Holtz (2005), en la que el semen se deposita a bastante profundidad, en los cuernos uterinos, por vía transcervical. El porcentaje de partos en los controles de esta prueba, inseminados laparoscópicamente, fue del 53%.

La planificación de la IA varía según el método de IA usado, del tipo de celo (espontáneo o inducido), la edad y la raza del animal, y si es sencilla o doble (véase la Tabla 1). La inseminación no coordinada con la ovulación puede ser perjudicial para la fertilidad. Cuando se usa semen conservado o congelado, la planificación de la IA es incluso más crítica. La inseminación a tiempo fijo en las cabras (celo inducido mediante hormonas) debe valorarse específicamente para las distintas razas y condiciones fisiológicas.

Reproducción Caprina 6

Tabla 1 Planificación de la inseminación en cabras.

Tipo de estro	Momento de la inseminación
Natural*	12-18 horas después del inicio del estro
Inducido mediante esponjas de Chronogest®**	Tratamiento largo o corto con progestágeno: dos IA unas 30 y 50 horas después de la retirada de las esponjas Tratamiento corto con progestágeno: una única IA entre 43 y 46 horas después de la retirada de las esponjas, dependiendo de la raza Cabras primerizas unas 45 ± 1 hora después de la retirada de las esponjas

* Según Evans y Maxwell (1987)

** Según Corteel et al., (1988)

6.3 Control del estro

El control del estro y de la reproducción fuera de la estación reproductiva tiene un interés creciente, ya que permiten a los productores de leche mantener unos niveles de producción regulares y constantes, además de permitir 3 partos cada 2 años en el caso de las cabras productoras de pelaje. Los métodos de control del celo en las cabras son análogos a los descritos para las ovejas, pero existen algunas peculiaridades dignas de mención. Además, debería subrayarse que los mejores resultados se obtienen cuando la inducción y la sincronización del celo se llevan a cabo para prolongar la estación reproductiva en lugar de para hacer criar a las cabras fuera de estación, cuando se encuentran en anestro profundo.

6.3.1 Efecto macho

La introducción de los machos a hembras anovulatorias tras un periodo de segregación completa (que debe durar un mínimo de 4-6 semanas), induce ovulaciones sincronizadas durante los días siguientes. Aunque es un estímulo olfatorio el que desempeña el papel principal, probablemente están implicados todos los sentidos en la respuesta de las hembras. El contacto con los machos induce la aparición de un pico preovulatorio de LH que desencadena la ovulación. Las primeras ovulaciones inducidas son silenciosas en el 40% de las cabras y se ven seguidas, en el 75% de ellas, de una breve fase lútea. Más adelante, los ciclos

6 Reproducción Caprina

estral y ovárico vuelven a la normalidad.

La calidad de la respuesta depende de la intensidad de la estimulación y de la profundidad del anestro en el momento de la introducción de los machos. De forma similar, la fertilidad de las hembras también es variable. Generalmente, cuanto más cerca de la estación reproductiva, mejor es la respuesta en forma de estros y también la fertilidad. El efecto macho es más eficaz en las razas con una baja estacionalidad. Sin embargo, incluso en las razas que responden bien a este estímulo, suele ser necesario un progestágeno para obtener una buena fertilidad en la primera ovulación inducida por el efecto macho.

6.3.2 Métodos basados en los progestágenos

El uso de progestágenos para el manejo del estro en las cabras permite:

- La sincronización del estro en la estación reproductiva.
- Una fuerte sincronización del estro y la ovulación para una IA a tiempo fijo.
- La prolongación de la estación reproductiva.
- La cría fuera de estación.

Existen algunas diferencias en la fisiología de la reproducción caprina que requieren modificaciones con respecto al programa usado en las ovejas.

Se usan los mismos progestágenos que en el ovino, pero cuando son usados sin un tratamiento luteolítico complementario, la duración del tratamiento debe igualar o superar a la de la vida del cuerpo lúteo (es decir, 16-18 días) para conseguir una sincronización eficaz.

Como los progestágenos no aceleran la luteolisis en la cabra como sí lo hacen en la oveja, es necesario un tratamiento de larga duración. En la actualidad, los progestágenos disponibles para el manejo del estro en las cabras incluyen: esponjas intravaginales impregnadas con fluorogestona (Chronogest CR[®], Intervet) o medroxiprogesterona y dispositivos intravaginales impregnados con progesterona. Existen algunos informes del uso de implantes de norgestomet para la sincronización del celo y la ovulación en estas especies.

Reproducción Caprina 6

El protocolo varía según la estación, el método de cría y factores relacionados específicamente con las hembras que tienen que ser tratadas (véanse las Tablas 2 y 3). Cuando se va a usar la monta natural se pueden retirar las esponjas 17-22 días después de su inserción. En el caso de la IA, las esponjas no deben retirarse antes de que hayan pasado 21 días (es un tratamiento más prolongado). En ambos casos es aconsejable inyectar gonadotropina sérica de yegua gestante (eCG/PMSG; Folligon®) en el momento de la retirada de la esponja. Durante la época previa a la estación reproductiva o en los periodos de anestro poco profundo, e incluso en anestro profundo, se puede usar el mismo régimen de progestágenos, pero es necesario inyectar dosis mayores de eCG/PMSG 24-48 horas antes del final del tratamiento con progestágenos. La fertilidad obtenida tras el estro inducido con estos tratamientos oscila entre el 50 y el 70%; y cuanto más cerca de la estación reproductiva, mejor es la fertilidad (Corteel et al., 1982). El intervalo entre el parto y el inicio del tratamiento influye enormemente en la fertilidad del celo inducido. Es necesario un mínimo de cuatro meses en la cabra lechera europea para obtener buenos resultados.

Se ha adoptado un programa de tratamiento más corto que implica la administración intravaginal de esponjas de FGA durante 11-12 días y eCG/PMSG y una PGF_{2α} (0,5-1 ml de Prosolvin®, dependiendo de la edad y del peso corporal) 48 horas antes del fin del tratamiento con progestágenos (véase la Tabla 2). Este tratamiento tiene ventajas con respecto al tratamiento largo: una tasa de ovulación menos variable, un estro mejor sincronizado y una mayor fertilidad. Proporciona buenos resultados con una única IA cervical, y puede usarse en cabras primerizas con resultados satisfactorios, siempre que la dosis de eCG/PMSG (Folligon®) se reduzca (250-300 UI).

Las cabras tratadas con esponjas impregnadas con progestágenos suelen mostrar unos signos comportamentales propios del estro muy marcados. El celo suele darse aproximadamente 24-72 horas después de la retirada de las esponjas, siendo el momento óptimo para la IA a tiempo fijo a las 36-40 horas después de la retirada de la esponja.

6 Reproducción Caprina

Tabla 2 Programas de tratamiento con las esponjas Chrono-gest® en cabras.

Tratamiento	Inserción de las esponjas	Inyección de 0,5 ml de Prosolvin®	Retirada de las esponjas
Largo	Día 0	-	Día 17-21
Corto	Día 0	Día 10	Día 12

Tabla 3 Ajuste de la dosis de eCG/PMSG en cabras tratadas con el método Chronogest® (Estas dosis son sólo orientativas. La dosis exacta debe ser decidida por un técnico)

	Producción de leche	Dosis de eCG/PMSG (Folligon®)
En la estación reproductiva	<1/3 pico lactación	300-400 U.I.
	>1/3 pico lactación	Esperar a <1/3 pico lactación
Periodo de transición	<1/3 pico lactación	300-500 U.I.
	>1/3 pico lactación	Esperar a <1/3 pico lactación
Fuera de estación	<1/3 pico lactación	400-500 U.I.
	>1/3 pico lactación	Esperar a <1/3 pico lactación

6.3.3 Prostaglandinas

Las prostaglandinas o sus análogos pueden usarse para sincronizar el celo en las cabras cíclicas. Como la luteolisis se provoca sólo en presencia de un cuerpo lúteo funcional (del día 5 al 19 del ciclo), los animales deben ser presincronizados, ya sea mediante un tratamiento con progestágenos o con una inyección previa de PGF_{2α}. Dos inyecciones intramusculares de 8 mg de PGF_{2α} administradas con una separación de 11 días dieron como resultado un alto grado de sincronización (el 94% de los animales entraron en celo 53 ± 3 horas después de la segunda inyección) y un porcentaje de concepciones similar al de los controles no tratados tras el servicio natural (Ott et al., 1980). El uso más común de la PGF_{2α} a la hora de sincronizar el celo es en combinación con un tratamiento de corta duración con progestágenos, en cuyo caso se han usado dosis de 3,75 mg de luprostiol (Prosolvin®, 0,5 ml).

6.3.4 Melatonina

Se ha demostrado experimentalmente que el tratamiento con melatonina puede estimular el estro y la actividad ovulatoria en cabras lecheras anovulatorias y fuera de la estación reproductiva. Para que haya una estimulación máxima, la administración de melatonina debe verse precedida de un periodo de 2 meses de "días largos" (usando luz artificial) y del efecto macho. Sin embargo, al usarse poco después del parto, la melatonina redujo ligeramente la producción de leche (Evans et al., 1987).

6.3.5 Régimenes de fotoperiodo

Como la estacionalidad de la reproducción se encuentra bajo el control de la duración del día, se puede obtener actividad reproductiva de forma exitosa durante el anestro estacional usando luz artificial, lo que adelanta la estación reproductiva, pero también induce un estado reproductivo en medio del periodo de anestro (Chemineau et al., 1986, 1988, 1999; Delgadillo et al., 2002). Aunque induce la ovulación, no la sincroniza.

Un régimen usado implicaba el uso de luz diurna artificial durante los meses invernales seguido de un retorno abrupto a la duración normal del día en primavera. Este sistema permite la reproducción fuera de temporada de abril a junio (Matthews 1992). La combinación de programas de luz artificial junto con la introducción del macho o el tratamiento con progestágenos (similar al de las ovejas) puede mejorar los resultados.

6.4 Superovulación y transferencia embrionaria

Los mismos métodos usados para inducir la ovulación en la oveja también son aplicables a la cabra, pero el programa y las dosis deben adaptarse en consonancia. El principal objetivo de este tratamiento consiste en inducir la superovulación para los programas de transferencia embrionaria. Aunque se han usado la eCG/PMSG y la hormona foliculoestimulante porcina, con o sin un tratamiento con progestágenos, la FSHp parece ser superior con respecto a la tasa de ovulación y al número de crías nacidas de las receptoras.

Los regímenes de superovulación con FSH suelen consistir en

6 Reproducción Caprina

dos inyecciones intramusculares diarias a lo largo de un periodo de 3 a 4 días, en cantidades descendentes, para obtener una relación descendente de FSH/LH a lo largo del tratamiento (Baril et al., 1990). Baril et al. (1996) reportaron muy buenos resultados en la superovulación con un pretratamiento con progesterona seguido, 12 horas más tarde, de una administración de un antagonista de la GnRH.

Aunque la transferencia embrionaria es un método eficaz para conseguir la mejora genética en el vacuno, no es usada muy ampliamente en el caprino, siendo las principales razones el menor valor económico de las cabras y las dificultades técnicas considerablemente mayores para la recolección y la transferencia de sus embriones. Se han desarrollado técnicas quirúrgicas y laparoscópicas para la transferencia embrionaria, pero requieren anestesia, además del uso de un utillaje sofisticado y unos conocimientos técnicos considerables. Además, las adherencias postoperatorias suponen una complicación frecuente, lo que limita el número de posibles recolecciones.

Pereira et al. (1998), Holtz et al. (2000) y Suyadi et al. (2000) describieron un método no quirúrgico novedoso, y desde entonces se ha convertido en estándar en distintos grupos de transferencia de embriones.

6.5 Problemas reproductivos

6.5.1 Intersexualidad (gen acorne)

La intersexualidad o hermafroditismo es una causa frecuente de infertilidad en las cabras de las razas acornes (Smith 1980). Es una anomalía anatómica y funcional que suele implicar la masculinización de las hembras y anomalías relacionadas con la criptorquidia en los machos. El problema está relacionado genéticamente con la ausencia de cuernos en distintas razas de cabras lecheras (Riera 1984).

El rasgo acorne es dominante, mientras que el rasgo hermafrodita relacionado es recesivo y ligado al sexo. Si un progenitor tiene cuernos, la descendencia casi nunca consistirá en uno de los intersexos. El uso de un macho con cuernos es el método estándar para evitar el problema (Smith 1980).

6.5.2 Pseudogestación

Este problema, también conocido con el nombre de hidrometra, mucometra o “explosión turbia”, consiste en una acumulación de cantidades variables de un líquido estéril en el interior del útero (Pieterse et al., 1986). Es una causa significativa de infertilidad en la cabra (Smith 1980), lo que provoca un anestro permanente debido a la permanencia espontánea de la función del cuerpo lúteo (Taverne et al., 1988).

Un signo externo de la hidrometra consiste en la distensión abdominal provocada por la acumulación de líquido en el útero. Esto, junto con un falso positivo en una prueba de gestación, puede prolongar el periodo no productivo en las cabras afectadas, ya que parecen estar gestantes.

La etiología del problema sigue sin conocerse bien. El término “explosión turbia” hace referencia a aquellos casos en los que se ve un líquido turbio (uterino) alrededor del momento previsto del parto en los animales no apareados (Pieterse et al., 1986). Es relativamente fácil de diagnosticar con la ayuda de los ultrasonidos en tiempo real, y se puede tratar con prostaglandinas, tras lo cual la gestación vuelve a ser posible.

6.5.3 Aborto infeccioso

El aborto es una causa relativamente común de la pérdida de eficiencia reproductiva en las cabras, al igual que sucede con el ovino. Las causas más frecuentes de abortos en las cabras son *Brucella spp.* y *Chlamydophila abortus*. El aborto por *Brucella* es provocado, principalmente, por *B. melitensis* y, ocasionalmente, por *B. abortus*. El principal signo es el aborto, generalmente el cuarto mes de la gestación, pero también puede estar asociado con otros signos clínicos, como la cojera, la mamitis y la orquitis. La *Chlamydophila abortus* (anteriormente clasificada como *Chlamydia psittaci*) provoca el aborto enzoótico. Suele darse tras el tercer mes de gestación y con mayor frecuencia durante las dos últimas semanas de la misma (Smith 1980).

6 Reproducción Caprina

6.5.4 Ovulación retardada/atresia folicular

Sólo hay pruebas limitadas, en la literatura científica, sobre estos problemas en el caprino, en comparación con el vacuno. No obstante, en la práctica, suele usarse un tratamiento para mejorar la fertilidad usando gonadotropina coriónica humana (hCG; Chorulon®, 500 UI) o GnRH (Receptal®/Conceptal®, 2,5 ml) en el momento de la IA, especialmente en el caso de las cabras lecheras de alta producción.

6.6 Inducción del parto

Se ha visto que dosis de 5,0 y de 2,5 mg de PGF_{2α} han mostrado ser eficaces para la inducción del parto en cabras tratadas el día 144 de la gestación (Bretzlaff et al., 1983). Sin embargo, se debería tener cuidado para evitar un tratamiento prematuro, ya que las dosis altas de estrógenos o de análogos de la PGF_{2α} provocarán abortos en cualquier fase de la gestación. Así, si la fecha del apareamiento y la duración de la gestación no se conocen con seguridad, es más aconsejable usar corticoesteroides, que inducirán el parto sólo si los fetos están preparados para dar la señal para el inicio del parto (Corteel et al., 1982). En la práctica, no obstante, rara vez son usados.

6.7 Referencias bibliográficas

- Ahmad N., Noakes DE.** Seasonal variation in the semen quality of young British goats. *Br Vet J* 1996;152:225-236.
- Baril G., Vallet J.** Time of ovulations in Dairy goats induced to superovulate with porcine follicle stimulating hormone during and out of the breeding season. *Theriogenology* 1990;34:303-309.
- Baril G., Pougnaud JL., Freitas VJF., Leboeuf B., Saumande J.** A new method for controlling the precise time of occurrence of the preovulatory surge in superovulated goats. *Theriogenology* 1996;45:697-706.
- Bretzlaff KN., Ott RS.** Doses of prostaglandin F_{2α} effective for induction of parturition in goats. *Theriogenology* 1983;19:849-853.
- de Castro T., Rubianes E., Menchaca A., Rivero A.** Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the interovulatory interval in goats. *Theriogenology* 1999;52:399-411.
- Chemineau P.** Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats - a review. *Livest Prod Sci* 1987;17:135-147.
- Chemineau P., Pelletier J., Guerin Y., Colas G., Ravault JP., Tour G., Almeida G., Thimonier J., Ortavant R.** Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reprod Nutr Develop*

- 1988;28:409-422.
- Chemineau P., Baril G., Leboeuf B., Maurel MC., Roy F., Pellicer-Rubio M., Malpoux B., Cognie Y.** Implications of recent advances in reproductive physiology for reproductive management of goats. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 1999;54:129-142.
- Corteel JM.** Collection, Processing and Artificial Insemination of goat semen. In: C. Gall (ed), *Goat Production*. London: Academic Press Inc, 1981; pg 171-191.
- Corteel JM., Gonzalez C., Nunes JF.** Research and development in the control of reproduction. *Proc 3rd Inter Conf Goat Prod Disease*; Tucson, Arizona, 1982.
- Delgadillo JA., Leboeuf B., Chemineau P.** Decrease in the seasonality of sexual behaviour and sperm production in bucks by exposure to short photoperiod cycles. *Theriogenology* 1991;36:755-770.
- Delgadillo JA., Flores JA., V'eliz FG., Hernandez HF., Duarte G., Vielma J., Poindrón P., Chemineau P., Malpoux B.** Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J Anim Sci* 2002;80:2780-2786.
- Ford MM., Young IR., Thoburn GD.** Prostaglandins and the maintenance of pregnancy in goats. *J Reprod Fertil* 1995;Suppl 49:555-559.
- Evans G., Maxwell WMC.** Salamon's artificial Insemination of sheep and goats. Sydney: Butterworths, 1987.
- Holtz W., Pereira RJTA., Suyadi Wang XL., Padilla G., Sohnrey B.** Collection of goat embryos via transcervical route. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Goats*, Tours, France, 2000;15-21 May, pp. 490-491.
- Matthews J.** *Diseases of the goat*. Blackwell Science 1992; pg 17.
- Menchaca A., Pinczak A., Rubianes E.** Follicular recruitment and ovulatory response to FSH treatment initiated on Day 0 or Day 3 post-ovulation in goats. *Theriogenology* 2002;58:1713-1721.
- Ott RS.** Breeding techniques for dairy goats. *Inter Goat and Sheep Res* 1980; 1:1-5.
- Ott RS., Nelson DR., Hixon JE.** Fertility of goats following synchronization of oestrus with prostaglandin $F_{2\alpha}$. *Theriogenology* 1980; 13:341-345.
- Pereira RJTA., Sohnrey B., Holtz W.** Nonsurgical embryo collection in goats treated with prostaglandin $F_{2\alpha}$ and oxytocin. *J. Anim. Sci.* 1998;76:360-363.
- Pieterse MC., Taverne MAM.** Hydrometra in goats: diagnosis with real-time ultrasound and treatment with prostaglandins or oxytocin. *Theriogenology* 1986;26:813-821.
- Riera GS.** Some similarities and differences in female sheep and goat reproduction. *Proc 10th Inter Cong Anim Reprod*; Urbana-Champaign, Illinois, 1984.
- Rubianes E., Menchaca A.** The pattern and manipulation of ovarian follicular growth in goats. *Anim Reprod Sci* 2003;78:271-287
- Schwarz T., Wierzchos E.** Relationship between FSH and ovarian follicular dynamics in goats during the estrous cycle. *Theriogenology* 2000;53:381 (abstract).
- Smith MC.** *Caprine Production*. In: Morrow DA (ed). *Current Therapy in Theriogenology: diagnosis, treatment and prevention of reproductive diseases in animals*. Philadelphia: WB Saunders, 1980;pg 969-1004.
- Sohnrey B., Holtz W.** Transcervical deep cornual insemination of goats. *J. Anim. Sci* 2005;83:1543-1548.
- Suyadi Sohnrey B., Holtz W.** Transcervical embryo collection in Boer goats. *Small Ruminant Res.* 2000;36:195-200.

6 Reproducción Caprina

7 Reproducción Canina

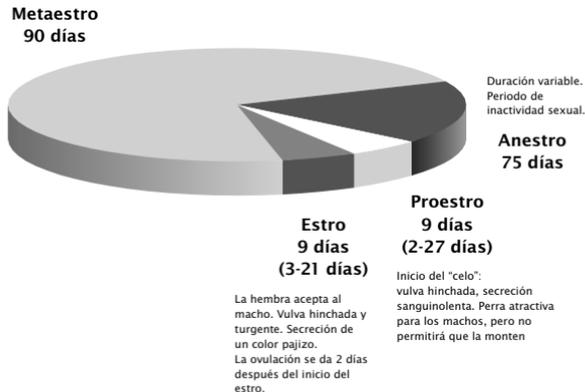
7.1 Fisiología

7.1.1 El ciclo estral de la hembra

Las perras son monoéstricas, ya que sólo tienen un ciclo estral durante cada estación reproductiva. El ciclo estral de la perra puede dividirse en cuatro fases (Figura 1). Hay un periodo de inactividad sexual (anestro) que va seguido por el proestro, caracterizado por hinchazón y hemorragia vulvares. El estro, que es el momento en el que la hembra aceptará al macho, sigue inmediatamente al proestro, y la ovulación se da espontáneamente al principio de esta fase del ciclo. Si no se produce la gestación, el estro se ve seguido por el metaestro (también conocido como diestro), que se funde de forma imperceptible con el anestro. El término “celo” es usado por los propietarios de perros para describir la suma del proestro y el estro. No existe una terminología vulgar para el resto del ciclo estral de la perra.

Figura 1 El ciclo estral de la perra

En las perras que no se han apareado: las concentraciones hormonales en sangre son equivalentes a las que se ven durante la gestación. Pueden mostrar signos de pseudogestación.

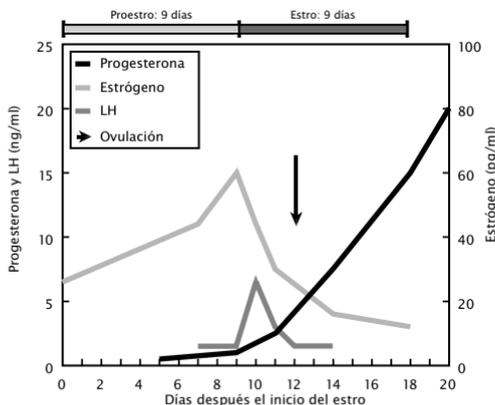


7 Reproducción Canina

La duración de las fases del ciclo estral puede variar considerablemente entre individuos. La situación se ve complicada por el hecho de que la duración y la intensidad de los cambios externos y los signos conductuales (hinchazón de la vulva, hemorragia vaginal y aceptación del macho), mediante los cuales se reconocen el proestro y el estro en la perra, no son constantes entre los animales. Además, el inicio, el final y la duración del metaestro no pueden determinarse fácilmente mediante la simple observación, ya que esta fase del ciclo no se caracteriza por la presencia de signos externos característicos. Todos estos factores, combinados con el hecho de que los signos externos pueden no suponer el reflejo del estado hormonal subyacente, son de gran importancia al pensar en la reproducción o en la manipulación del ciclo. Técnicas relativamente sencillas que incluyen la citología del exfoliado vaginal, la medición de las concentraciones de hormonas (especialmente la progesterona) o la endoscopia vaginal pueden reducir enormemente estas dificultades (Jeffcoate y Lindsay 1989) (Figura 2).

Figura 2 Concentraciones de hormonas y citología vaginal en el proestro y el estro

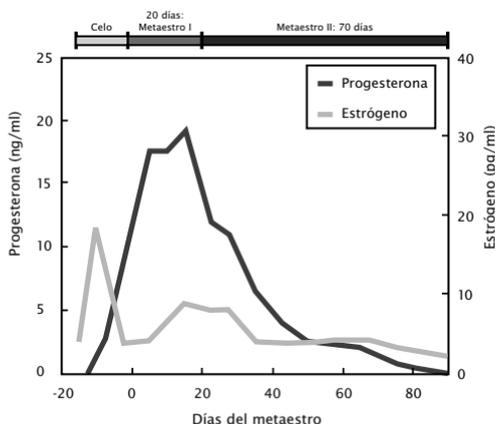
	Principio del proestro	Final del proestro	Principio del estro	Final del estro
Hematíes	+++	++	+	
Células queratinizadas		+	++	+++
Leucocitos	+			+
Suciedad	+++	++	+	



El metaestro puede dividirse (Figura 3) en las etapas progresiva (fase 1) y regresiva (fase 2). Originalmente, esta división se basaba en el aspecto histológico del útero, pero estas dos etapas pueden relacionarse directamente con la función lútea. La fase 1 hace referencia a la fase del desarrollo lúteo tras el estro (aproximadamente 20 días) y la fase 2 al momento que va desde el inicio de la regresión lútea hasta que el útero retorna al estado propio del anestro, lo que dura 70 días más. Así, el metaestro suele durar aproximadamente 3 meses, declinando la función lútea después de los primeros 20 días de esta fase. La descamación endometrial empieza alrededor del día 90 del ciclo estral (día 0 = primer día del estro) y prosigue durante unos 21 días, siendo el tejido eliminado reabsorbido o expulsado vía cervice. El endometrio se regenera por completo el día 150 como media.

Figura 3 Concentraciones de hormonas y citología vaginal en el “celo” y en el metaestro

	“Celo”	Metaestro
Hematíes	+++ a +	
Células queratinizadas	- a +++	++
Leucocitos	+ a 0 a +	+++
Suciedad	+++ a +	



7 Reproducción Canina

La actividad estacional puede verse ligeramente incrementada durante el periodo que va de febrero a mayo (Christie y Bell 1971), pero, en esencia, las perras empiezan a ciclar, y se aparean y paren a lo largo de todo el año. Parece haber una cierta estacionalidad, ya que la mayoría de las perras alojadas juntas suelen mostrar signos de celo a lo largo de un periodo limitado. Puede verse lo mismo en regiones en las que la densidad de la población canina es alta (por ejemplo residencias caninas, protectoras y algunas zonas urbanas). No se trata de una verdadera estacionalidad, sino de una inducción "natural" del celo, presumiblemente debida a las feromonas, y puede influir en la eficacia de la intervención farmacológica usada.

7.1.2 Cambios hormonales en las perras

En el control del ciclo ovárico de la perra están implicadas hormonas de distintos orígenes (hipofisario, placentario y ovárico) (Onclin et al., 2002). La actividad cíclica innata y la función reproductora están controladas por el hipotálamo, que es sensible a los estímulos externos (ambientales) e internos. El ciclo estral está, por tanto, controlado por la compleja interacción entre el hipotálamo y el tracto reproductor, actuando la hipófisis anterior a modo de central de transmisión. A continuación se ofrece un resumen de los cambios hormonales.

Durante las 2-3 semanas previas al inicio del proestro, la hipófisis anterior secreta hormona foliculoestimulante (FSH) en pulsos de frecuencia creciente. La FSH controla el desarrollo de los folículos ováricos que, a su vez, secretan principalmente estrógeno, pero también, a medida que alcanzan la madurez, progesterona. Las concentraciones bajas de estrógeno ejercen una retroalimentación positiva sobre la hipófisis anterior, lo que estimula que secrete más FSH, lo que da como resultado un mayor crecimiento folicular y unas mayores concentraciones de estrógenos. Este proceso sigue hasta que los folículos son maduros y están a punto de romperse. En esta fase, las concentraciones más altas de estrógenos tienen un efecto de retroalimentación negativa que inhibe la secreción de FSH y que desencadena la secreción de hormona luteinizante (LH) de la hipófisis anterior en forma de un gran pulso, lo que provoca la ovulación (Figura 2).

Reproducción Canina 7

El folículo roto se convierte rápidamente en un cuerpo lúteo. El desarrollo de los cuerpos lúteos se inicia como respuesta a la LH y éstos se mantienen mediante factor(es) luteotrófico(s)-prolactina (Okkens et al., 1990). Los cuerpos lúteos secretan progesterona que, a altas concentraciones, ejerce una retroalimentación negativa sobre la producción de LH, lo que mantiene a estos cuerpos secretores hasta el día 35. Los niveles descendentes de progesterona tienen un efecto de retroalimentación positiva sobre la secreción de prolactina, la gonadotropina que mantiene la función lútea después del día 35.

La perra es particular en algunos aspectos:

- Antes de la ovulación existen unas concentraciones bajas de progesterona producida por folículos preovulatorios y esto, junto con los niveles descendentes de estrógeno, probablemente sean responsables de la iniciación del reflejo de inmovilidad del estro (Figura 2). La señal que marca el final del proestro y el inicio del estro son las concentraciones de progesterona por encima de la meseta crítica de 0,5 ng/ml junto con las concentraciones descendentes de estrógenos (Figura 2).
- Existe un periodo largo de dominancia de la progesterona, probablemente debido a que el útero canino no elabora factor luteolítico (Figura 3).

Los cambios hormonales únicos implicados en el ciclo estral de las perras dan lugar a dos fenómenos característicos: la pseudogestación y el complejo de la hiperplasia quística endometrial (HQE)-piometra. Además, la exposición prolongada a concentraciones altas de progesterona durante cada ciclo estral puede dar como resultado un síndrome de producción excesiva de hormona del crecimiento por parte de la glándula mamaria, lo que daría como resultado acromegalia en algunas perras (Kooistra y Okkens 2002).

7.1.3 Inducción del estro

La inducción del estro se usa, clínicamente, junto con el manejo reproductivo rutinario (ej. cuando perdemos oportunidades para el apareamiento o tras un fracaso en la reproducción) o como tratamiento para un ancestro primario o secundario (intervalo en-

7 Reproducción Canina

tre estros >12 meses). Los más de 40 programas distintos que se han usado fueron revisados recientemente (Kutzler 2005). No todos estos programas resultan adecuados en la práctica clínica. A continuación ofrecemos un breve resumen de algunos de los distintos enfoques.

Cualquiera que sea el procedimiento adoptado, el momento oportuno del tratamiento es crucial para el éxito, especialmente si éste se expresa no sólo como inducción del estro, sino también de la ovulación y de la gestación subsiguiente. En general, se debería desalentar que los propietarios de perros intenten inducir el celo en las perras en metaestro y a principios del anestro, ya que los resultados suelen ser pobres, independientemente del tratamiento usado. Tampoco es inusual que las hembras en las que la inducción se inicia a principios del anestro tengan un estro anovulatorio o una insuficiencia del cuerpo lúteo, dando lugar a un porcentaje de gestaciones muy bajo (Chaffaux et al., 1984; Jeukenne y Verstegen 1997; Verstegen et al., 1999). Generalmente, cuanto más tarde en el anestro se lleve a cabo la inducción del celo, mejores serán los resultados, siendo el momento óptimo 3-4 semanas antes del momento en que se espera el próximo celo espontáneo.

Gonadotropinas

En las perras, el fin del anestro está asociado a unas concentraciones séricas o una frecuencia de los pulsos de LH crecientes (Concannon 1993). La PMSG/eCG (Folligon®) tiene efectos potentes, que suelen darse antes de que pase una semana tras el inicio del tratamiento diario a finales del anestro (Chaffaux et al., 1984). No obstante, la respuesta al tratamiento varía y la duración del estro inducido es más corta que la del estro espontáneo (Chaffaux et al., 1984). Como la PMSG/eCG, por sí sola, no parece ser suficiente para restablecer una actividad ovárica completa, suele verse seguida de un tratamiento con hCG (Chorulon®). De hecho, muchos de los estudios fueron llevados a cabo usando PMSG/eCG a una dosis de 500 U.I./perra o de 20 U.I./kg durante 10 días consecutivos, seguida de una única inyección de 500 U.I. de hCG el día 10. Arnold et al. (1989) y Weilenmann et al. (1993) reportaron buenos resultados con el estro inducido en perras en anestro usando 20 U.I./kg de PMSG/eCG administradas durante 5 días consecutivos junto con una

única inyección de 500 U.I. de hCG el día 5. Los porcentajes de gestaciones tras el apareamiento en el estro inducido se sitúan en el rango del 30-50%.

Hormona liberadora de las gonadotropinas

Se pueden usar agonistas sintéticos potentes de la GnRH para inducir el estro en las perras (Cain et al., 1989; Concannon et al., 2006), pero es necesaria la administración diaria de dosis suficientes durante más de 7 días. Las inyecciones intravenosas pulsátiles, aunque eficaces cuando el tratamiento se inicia en el anestro (Concannon et al., 1997; Vanderlip et al., 1987), no son prácticas en circunstancias normales. Inaba et al. (1998) obtuvieron resultados alentadores usando una formulación de liberación sostenida de un agonista de la GnRH. Los agonistas de la GnRH formulados como implante subcutáneo inducen el estro en las primeras semanas tras su administración a perras, salvo que el tratamiento se administre antes de la pubertad (Trigg et al., 2006). Esto se ve seguido de una posposición del estro (Rubion et al., 2003).

Agonistas de la dopamina

La prolactina parece tener, en la perra, un papel en el intervalo interestro (Kutzler 2005). Los agonistas D2 de la dopamina reducen la concentración plasmática de prolactina y reducen la duración del anestro (Beijerink et al., 2004; Kutzler 2005), pero probablemente tienen también otros efectos agonistas de la dopamina, probablemente un incremento en la secreción de FSH (Beijerink et al., 2004). Las dosis reductoras de prolactina de agonistas de la dopamina administradas los días 90 y 135 del ciclo pueden dar como resultado un proestro prematuro y un estro fértil. El proestro tiene lugar entre unos pocos y varios días después del tratamiento, dependiendo de lo tardíamente, en el anestro que se inicie. Se han usado con éxito la bromocriptina (Okkens et al., 1985; Zoldag et al., 2001) y la cabergolina (Jeukenne y Verstegen 1997; Verstegen et al., 1994). El tratamiento con cabergolina provoca unos efectos secundarios menos intensos, lo que hace que suponga una elección más adecuada para la inducción del estro en las perras (Verstegen et al., 1999).

7 Reproducción Canina

7.1.4 Estro prolongado o persistente

La GnRH puede administrarse vía intramuscular a una dosis de 0,05 a 0,10 mg por perra cada 24 a 48 horas hasta un total de tres dosis (Davidson y Feldman 2000). Como alternativa se puede administrar hCG a una dosis de 22 U.I./kg cada 24 a 48 horas (Davidson y Feldman 2000). Se ha reportado que los porcentajes de éxito del tratamiento médico son bajos.

7.1.5 Infertilidad en las perras

La infertilidad en las perras (la incapacidad para concebir y producir descendencia viable) se asocia, muy frecuentemente, con un manejo reproductivo incorrecto (Davidson y Feldman 2000; Grundy et al., 2002). Así, la mayoría de las hembras presentadas para su evaluación reproductiva están sanas. Antes de llevar a cabo cualquier tratamiento para la infertilidad, debería llevarse a cabo un historial y un examen físico completos y, en caso necesario, evaluaciones de laboratorio. El tratamiento específico de las causas más comunes de infertilidad se centra en torno al manejo reproductivo adecuado (Davidson y Feldman 2000; Grundy et al., 2002).

7.1.5.1 Incapacidad para ciclar

Hay varias razones por las que una perra puede no ciclar. Entre ellas se incluyen la esterilización (ovariohisterectomía) previa y el celo silente o pasado por alto.

7.1.5.2 Anestro prolongado o primario

Se suele considerar que una perra que no haya experimentado su primer estro a los 23 meses de vida sufre un anestro primario. El anestro primario puede estar asociado con el hermafroditismo o el pseudohermafroditismo, la insuficiencia tiroidea o el infantilismo. Antes de llevar a cabo la inducción del estro, se debería obtener un historial detallado de la perra y llevarse a cabo un examen físico completo. Si se diagnostica alguna causa concreta de anestro prolongado/primario, se pueden aplicar medidas terapéuticas enfocadas a la solución del problema. Si no se halla una causa primaria concreta, se puede intentar la inducción del estro (véase la sección 7.1.3).

7.1.5.3 Pubertad retardada

La pubertad suele alcanzarse a los 6-7 meses de vida (rango: 4-22 meses); no obstante existe una amplia variabilidad individual y racial. Las razas pequeñas tienden a tener su primer celo entre los 6 y los 10 meses de edad, pero las razas de mayor tamaño pueden no empezar a ciclar hasta los 18-20 meses, y parece que en los Galgos esto puede retrasarse hasta los 20-24 meses. La ausencia de ciclos estrales cumplidos los 24 meses puede ser indicativa de un problema en el eje hipotálamo-hipófisis-ovárico y requiere una evaluación reproductiva detallada (Kutzler 2005).

7.1.6 Intervalos interestro cortos o prolongados y celos partidos

La frecuencia del celo en la perra se determina, en primer lugar, mediante la duración del anestro, que varía entre cada perra. El intervalo interestro medio en la perra es de 7 meses (Christie y Bell 1971), aunque varía entre los 4 y los 12 meses. La variabilidad entre razas puede ser sorprendente: p. ej., los Pastores Alemanes suelen tener un intervalo interestro de 4-4,5 meses, y las razas africanas, como el Basenji (Fuller 1956) ciclan sólo una vez por año. La gestación incrementa el intervalo hasta el siguiente celo en, como media, 28 días.

En la perra madura y sexualmente activa, un intervalo de más de 12 meses (excluyendo al Basenji) se considera un intervalo interestro prolongado. Las razones de un anestro prolongado incluyen el hipotiroidismo, la administración de progestágenos, un tratamiento prolongado con glucocorticoides y el desnutrición/malnutrición. También deberían tenerse en cuenta la incapacidad de reconocer los síntomas del estro y una manifestación pobre del mismo.

Los celos partidos se dan cuando los signos del estro se interrumpen poco antes de la ovulación y vuelven a comenzar entre 1 y 10 semanas más tarde (Davidson y Feldman 2000; Grundy et al., 2002). El segundo celo suele estar asociado con la ovulación. El celo partido es común en las perras que experimentan el estro por primera o segunda vez y es menos común en las perras de más de 2 años. No suele ser necesario un tratamiento, y el momento de la inseminación puede determi-

7 Reproducción Canina

narse mediante la medición de las concentraciones seriadas de progesterona sérica.

7.1.7 Estro prolongado/persistente

Si la ovulación no se ha producido al cabo de los 25 días del estro y siguen los signos externos del celo, se considera que la hembra sufre un estro prolongado/persistente. La causa más común de este problema es la persistencia de folículos ováricos que no han conseguido ovular. Las perras jóvenes suelen tener estros prolongados durante su primer o su segundo ciclo. Siempre debería tenerse en cuenta la variabilidad individual en la duración del celo.

7.1.8 Incapacidad para concebir/reabsorción temprana

Una de las causas más comunes de la incapacidad de concebir es el manejo reproductivo inadecuado. Los diagnósticos diferenciales incluyen el manejo reproductivo incorrecto (incluyendo los problemas relativos a los machos), la infección uterina, la patología uterina y las enfermedades sistémicas.

7.2 Apareamiento

El apareamiento de las perras ha sido revisado en profundidad por distintos autores (Christiansen 1984; Feldman y Nelson 2004). Esto está resumido a continuación.

7.2.1 Comportamiento propio del apareamiento

Las perras son atractivas para los machos durante, aproximadamente, 9 días, mientras están en proestro. El apareamiento se da cuando la hembra está en celo y tiene el reflejo de inmovilidad. Antes de montar a la hembra, el perro puede llevar a cabo un proceso prolongado de cortejo pero, de forma frecuente, simplemente le lamerá la vulva brevemente antes de montarla. Como resultado de esta atención, normalmente la hembra se quedará quieta de pie con la cola a un lado, dejando la vulva expuesta. En el caso del perro, la penetración se consigue sin erección gracias

a la presencia del hueso peneano. No obstante, una vez en el interior de la vagina, se da el engrosamiento del bulbo del glande, y esto se ve acompañado de fuertes movimientos de penetración. Esto da como resultado la eyaculación de líquido prostático. Una vez que acaban los movimientos pélvicos de penetración, el perro dejará de montarla y, elevando una extremidad posterior por encima de la hembra, acabará "unido" a ella, cola, con cola, trabados por el bulbo engrosado, lo que hará que su separación resulte difícil. Dicha unión puede durar entre 5 y 60 minutos (media: 20 minutos) y, durante este rato, la hembra y el macho pueden arrastrarse el uno al otro de un lado para otro. Durante la unión prosigue la eyaculación de líquido seminal. Esta segunda parte del eyaculado es rica en espermatozoides. Finalmente, la unión concluye de forma bastante espontánea y puede verse algo de líquido seminal drenando de la vulva de la perra. Este acto de quedarse unidos no es esencial para la concepción.

7.2.2 Planificación del apareamiento

Aunque la mayoría de los perros se reproducirá en un momento adecuado, de modo que tendrá lugar la concepción, la causa más común de fracaso reproductivo es la planificación incorrecta (Goodman 2001). Tradicionalmente, los propietarios de perras hacen que se apareen dos veces, 11 y 13 días después del inicio del proestro, para intentar asegurarse de que haya espermatozoides presentes en el tracto reproductor femenino en o alrededor del momento de la ovulación. Esto suele tener bastante éxito, debido a la sorprendente longevidad de los espermatozoides del perro (6-11 días) en el tracto reproductor femenino (Concannon et al., 1989; Goodman 2001). No hay duda de que muchos problemas de fertilidad son resultado de la concertación del apareamiento en un momento conveniente, más que en el día más adecuado. Si se determina con mayor precisión el momento de la ovulación, es probable que los porcentajes de fertilidad aumenten y que la fecha esperada para el parto pueda predecirse con mayor precisión. Además, los fracasos a la hora de concebir serán menos probables y se puede simplificar el manejo de la hembra.

7 Reproducción Canina

7.2.3 Detección de la ovulación

En esencia, los veterinarios disponen de tres métodos para la detección de la ovulación: la citología vaginal, la vaginoscopia y la medición de las concentraciones de hormonas (Feldman y Nelson 2004; Jeffcoate y Lindsay 1989; Schaeffers-Okkens 2000).

Citología (exfoliado) vaginal

La evaluación citológica de los frotis vaginales puede usarse para monitorizar el progreso del llamado ciclo vaginal. Se trata de una serie de cambios consecutivos en el número y los rasgos morfológicos de las células del epitelio vaginal que reflejan los cambios en el entorno endocrinológico y los cambios relacionados con la actividad ovárica durante el ciclo estral.

Durante el proestro, desciende el número de células parabasales e intermedias pequeñas con núcleos fácilmente visibles, mientras que el número de células superficiales aumenta (Figura 3). A medida que progresa el proestro, aumenta el número de células superficiales queratinizadas con núcleos picnóticos o no identificables, alcanzando el 60-80% en la transición al estro (Figura 3). Se suelen observar hematíes a lo largo del proestro, y desaparecen a medida que comienza el estro. No obstante, no deberíamos fiarnos de esto, ya que los hematíes pueden persistir en los frotis vaginales. No hay un cambio fiable en el frotis que sea indicativo del pico de LH o de la ovulación (Concannon et al., 1989). De hecho, la citología sólo puede usarse para detectar, retrospectivamente, el momento de la ovulación, ya que el primer día del metaestro es la única etapa del ciclo que puede señalarse con precisión mediante esta técnica.

El primer día del metaestro se caracteriza por un descenso espectacular en el porcentaje de las células superficiales y en la reaparición de glóbulos blancos (Figuras 2 y 3). En la mayoría de las perras, esto sucede 8-10 días después del pico de LH y proporciona una indicación, a grandes rasgos, de que la ovulación sucedió, aproximadamente, 6 días antes. Esto no tiene un valor práctico para el manejo reproductivo. Así, la citología vaginal no es un método muy fiable para determinar el momento adecuado para el apareamiento de las perras. Además, la citología vaginal es un índice bastante grosero para predecir el primer día del celo con reflejo de inmovilidad. No obstante, puede ser de gran utilidad cuando es necesaria una buena monitorización de las

fases consecutivas de las fases del ciclo estral.

Cuando se use la citología vaginal para planificar el apareamiento, nunca debería basarse en una única muestra, incluso aunque haya sido tomada en el momento del celo con reflejo de inmovilidad. De hecho, la citología vaginal debería llevarse a cabo tres veces, empezando el día 5 después de la detección de la secreción sanguinolenta y, posteriormente, los días 7 y 9. Si el porcentaje de células cornificadas no ha llegado al 60% el día 9, la próxima muestra debería obtenerse al cabo de 2 días. Los veterinarios experimentados sugieren que el apareamiento debería intentarse cuando la cantidad de cornificación supere el 80% y repetirse cada dos días mientras la hembra acepte al macho.

Vaginoscopia

Los cambios en la mucosa vaginal observados mediante un vaginoscopio concuerdan con los observados en la citología vaginal. No obstante, en el momento de la ovulación, un observador experimentado notará el inicio del "arrugamiento". Las arrugas se tornan muy obvias unos 4 días después de la ovulación: el momento más crítico para el apareamiento (Jeffcoate y Lindsay 1989). Es necesario, no obstante, familiarizarse con la técnica y examinar a la hembra por lo menos cada dos días desde el día 4-5 tras el inicio del proestro si queremos que este método sea eficaz.

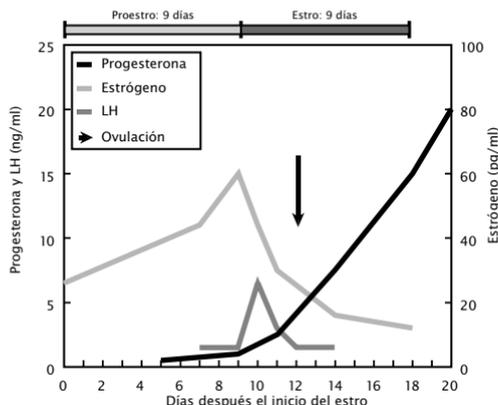
Medición de la concentración de hormonas

En la Figura 1 se muestran los cambios hormonales que se dan durante el proestro y el estro en relación con el momento de la ovulación. El pico preovulatorio de LH suele ser considerado el evento central del ciclo (Concannon et al., 1989). La mayoría de los sucesos importantes que se dan en el ciclo están muy sincronizados con este evento (Tabla 4).

7 Reproducción Canina

Figura 4 Momentos de los principales eventos reproductivos en relación con el pico de LH

Ovulación	48 horas
Maduración de los ovocitos	4-5 días (es decir, 2-3 días después de la ovulación)
Pico de fertilidad	0-5 días
Implantación	18 días
Parto	64-66 días



Sería ideal que se pudiera detectar el pico de LH de forma sencilla y fácil. No obstante, esto no es práctico, ya que las concentraciones de LH se elevan sólo transitoriamente durante un período de 1-3 días, por lo que serían necesarios muestreos frecuentes de sangre para asegurarnos la detección de este pico. Las concentraciones de progesterona aumentan durante el pico de LH y alcanzan concentraciones de 2-5 ng/ml alrededor del día 2 tras el pico de LH. Las concentraciones siguen aumentando a lo largo del estro y alcanzan sus niveles máximos 13-28 días más tarde (Concannon et al., 1989). Es posible medir las concentraciones de progesterona en, simplemente, una gota de sangre o plasma. Basándonos en el muestreo cada dos o tres días, el momento óptimo para el apareamiento es alrededor de los 12±3 días (6-21 días) tras el inicio de la secreción sanguinolenta por la vulva (van Haften et al., 1989).

7.3 Gestación

7.3.1 Duración

Siempre se ha considerado que la duración de la gestación de la perra es de 63 días tras el apareamiento. No obstante, es más probable que lo correcto sea un rango de 56-72 días desde el primer apareamiento hasta la fecha potencial del parto (Linde-Forsberg y Eneroth 2000). Esta gran variación se debe, en parte, a la longevidad de los espermatozoides caninos (Concannon et al., 1989). También hay algo de variación inter-raza y variación relacionada con el tamaño de la camada: las perras con cuatro o menos cachorros tienen una gestación significativamente más larga que aquellas con cinco o más (Eilts et al., 2005). A pesar de esto, la duración de la gestación es, de hecho, notablemente constante: 65 ± 1 días tras el pico de LH, dándose la implantación 18 días después del pico de LH (Figura 4).

7.3.2 Cambios hormonales durante la gestación

Los cambios endocrinológicos que se dan durante la gestación de la perra han sido descritos detalladamente por varios autores (Concannon et al., 1975; Concannon et al., 1989; Feldman y Nelson 2004). Se sabe bien que las concentraciones de progesterona, estrógeno y prolactina circulantes en las perras gestantes, las no apareadas en metaestro y las que no han conseguido quedar gestantes son muy similares (Figura 3). La fase lútea en las perras gestantes y las no gestantes es notablemente similar, manteniéndose unos niveles altos de progesterona durante 50-60 días después del pico de LH. No obstante, en la perra gestante, hay, frecuentemente, incrementos secundarios en las concentraciones de progesterona circulante entre los días 25 y 40 que pueden ser reflejo de mecanismos específicos de la gestación que dan como resultado una estimulación adicional de la producción de progesterona. Los cuerpos lúteos funcionales son esenciales para la gestación: después del día 30 de gestación, el aborto se da 24-72 horas después de una ovariectomía. Durante el último tercio de la gestación, se pueden detectar concentraciones elevadas de estrógeno. La función lútea finaliza bruscamente en las perras gestantes mediante la luteolisis, 62-65 días después del pico de LH (Concannon 1986).

7 Reproducción Canina

Las concentraciones de prolactina aumentan tras el estro tanto en las perras gestantes como en las no gestantes, aunque las concentraciones son algo más altas en las gestantes y muestran un pico transitorio durante el rápido descenso de las concentraciones de progesterona que se da 1-2 días antes del parto. Las concentraciones de prolactina siguen elevadas tras el parto hasta que los cachorros son destetados. La relaxina (hormona específica de la gestación) puede detectarse en la sangre de una perra gestante 26-30 días después del pico de LH, pero no está presente en las perras no gestantes (Concannon et al., 1996).

7.3.3 Diagnóstico de gestación

La ganancia media de peso de una perra gestante desde el estro hasta el parto es de un 36% (rango: 20-55%), dándose el incremento más notable en el último tercio de la gestación. Suele poder apreciarse un cambio en la forma corporal alrededor del día 56 de la gestación, y alrededor de esta época pueden notarse también movimientos fetales. Los pezones aumentan de tamaño y el desarrollo mamario se da durante la segunda mitad de la gestación, y puede estar presente una secreción serosa poco antes del parto (Christiansen 1984).

Los propietarios de perras quieren, frecuentemente, saber si su hembra está gestante tras un apareamiento planeado, principalmente por curiosidad, pero también para poder planear las cosas antes de la fecha prevista de parto.

Palpación abdominal

La palpación abdominal, generalmente 3-4 semanas tras el apareamiento, suele ser usada para el diagnóstico de gestación en la perra. Aunque los falsos positivos por parte de un veterinario experimentado son raros, es difícil asegurar que una perra no esté gestante. Podemos encontrarnos con problemas en el caso de algunas razas, los animales gordos y en las perras que escondan el abdomen.

Radiografías

Las radiografías pueden usarse para confirmar una gestación canina, pero los esqueletos de los fetos no se tornan radioopacos hasta el día 45.

Ultrasonografía

La ultrasonografía puede usarse para visualizar las vesículas fetales a partir del día 16-20 de la gestación. Pueden verse los latidos cardíacos, usando ultrasonografía en tiempo real, a partir del día 24-28 de la gestación.

Mediciones de hormonas

Los niveles de hormonas convencionales (p.ej. progesterona) no pueden usarse para diagnosticar la gestación. Los niveles de proteínas de fase aguda se elevan significativamente a partir del día 21-50 tras el apareamiento en las hembras gestantes en comparación con las no gestantes (Concannon et al., 1996; Evans y Anderton 1992). No todas las proteínas de fase aguda son de utilidad para el diagnóstico temprano de la gestación, las hembras deben estar sanas y deben conocerse las fechas de los apareamientos para evitar los resultados falsos negativos y positivos (Vannucchi et al., 2002).

7.4 Parto

Varios autores han descrito los eventos que tienen lugar inmediatamente antes y durante el parto (Christiansen 1984; Concannon et al., 1989; Feldman y Nelson 2004; Linde-Forsberg y Eneroth 2000).

7.4.1 Eventos iniciadores

Los mecanismos hormonales concretos que precipitan el parto no se han dilucidado claramente en las perras. Se cree que el parto es provocado por una serie de cambios hormonales que empiezan con una elevación de las concentraciones de estrógeno y una caída de la de progesterona y la producción de cantidades luteolíticas de prostaglandina $F_{2\alpha}$ por parte de la unión fetoplacentaria. Esta prostaglandina induce la producción de relaxina, que da como resultado la relajación de la pelvis y del tracto reproductor y que provoca contracciones uterinas y tensión abdominal, directamente y mediante la secreción de oxitocina por parte de la hipófisis. Las concentraciones crecientes de cortisol resultantes de la maduración del eje hipotálamo-hipofisario-adrenal fetal desencadenan toda esta cascada de eventos.

7 Reproducción Canina

7.4.2 Signos previos al parto

Durante los 2-3 días previos al parto, las perras suelen mostrar un comportamiento característico, como la búsqueda de soledad, la intranquilidad y la construcción del nido. La presencia o ausencia de leche es algo demasiado variable como para ser un signo fiable de un parto inminente. Justo antes del parto no es infrecuente que la vagina se vuelva edematosa y que se observe una ligera secreción vaginal. Las perras suelen rechazar el alimento 1-2 días antes del parto.

La temperatura corporal disminuye, signo que suele ser considerado por los criadores como una indicación de que el parto se dará en las siguientes 24 horas, pero no es un signo fiable de que el parto vaya a suceder inminentemente en la perra (Veronesi et al., 2002). Hay un descenso significativo en las concentraciones de progesterona desde las 24 horas previas al parto en adelante (Veronesi et al., 2002).

7.4.3 Parto

Clásicamente, el parto se divide en tres etapas, modificándose cada fase a medida que se expulsa cada feto:

Primera etapa del parto: relajación y dilatación cervical

Durante esta etapa, que dura 4 horas (como media) y puede durar hasta 36 horas, el cérvix se relaja y se dilata. La perra se torna más intranquila y nerviosa, tiembla, jadea y puede vomitar y/o rasgar el lecho. Pueden observarse contracciones uterinas débiles.

Segunda etapa del parto: la expulsión de las crías

Esta fase se caracteriza por unas contracciones uterinas potentes y esfuerzos visibles. Entre cada contracción, la hembra se lamerá la vulva, especialmente una vez que se haya roto el saco fetal y se haya liberado el líquido placentario. Una vez que la cabeza o la pelvis del feto han encajado, se estimula un esfuerzo abdominal potente. La duración de la segunda fase del parto es extremadamente variable entre cada ejemplar y entre los cachorros de una camada. Como norma empírica, no obstante, no se debería permitir que pasen más de 6 horas desde el

Reproducción Canina 7

nacimiento del primer cachorro antes de llevar a cabo una investigación, ya que un retraso largo podría dar como resultado la separación de la placenta y la muerte de cualquier cachorro viable que pudiera permanecer en el interior. El intervalo entre cada nacimiento también es variable. El segundo y los siguientes cachorros suelen ser expulsados después de no más de 30 minutos de esfuerzos. Los periodos de descanso de más de 3-4 horas deberían considerarse anormales. No es infrecuente que el parto de una camada numerosa lleve hasta 24 horas. Las perras que son buenas madres limpiarán y amamantarán a los cachorros entre los nacimientos sucesivos.

Tercera etapa del parto: la expulsión de las placentas

Esta es la fase durante la cual se expulsan las membranas fetales. Los cachorros pueden nacer con las membranas intactas o simplemente unidas por el cordón umbilical, quedando la placenta en el interior del tracto genital. En este último caso, la placenta será expulsada por separado antes, al tiempo o después de los nacimientos subsiguientes. La perra puede comerse las placentas: se ha sugerido que las hormonas placentarias promueven la involución uterina y la producción de leche. Probablemente no sea buena idea dejar que la perra se coma todas las placentas si la camada es numerosa. El final del parto queda marcado por la relajación de la perra y el amamantamiento, satisfecio, de sus cachorros.

7.4.3.1 Inducción del parto

Se ha informado de que el tratamiento con aglepristona (antagonista de los receptores de la progesterona) dos veces, a un intervalo de 9 horas, el día 58 de la gestación resulta adecuado para la inducción del parto en la perra (Baan et al., 2005).

7.4.3.2 Parto retardado (Inercia uterina)

La inercia uterina o la inexistencia de contracciones uterinas es, probablemente, la causa más común y preocupante de distocia en la perra. La causa no está totalmente clara, pero están implicados factores mecánicos, físicos, genéticos y hormonales, posiblemente combinados. Se conocen dos tipos de inercia uterina.

7 Reproducción Canina

Inercia primaria

En el caso de una inercia uterina completa, la hembra no consigue mostrar ningún signo de parto inminente o no consigue pasar de la primera a la segunda fase del parto. En tales casos, las inyecciones de oxitocina tienen un efecto pequeño o nulo. Está indicada la cesárea si queremos obtener cachorros vivos. La producción de cantidades copiosas de líquido verde oscuro/negro por parte de una perra que no muestra signos de la primera etapa del parto también nos indica la necesidad de una cesárea. En los casos de una inercia uterina primaria parcial, es importante asegurarse de que no existen obstrucciones maternas o fetales. Si no hay obstrucciones presentes, el manejo médico suele tener éxito. Lo mejor es proporcionar oxitocina, mediante inyección intramuscular o intravenosa, en dosis pequeñas (1-12 U.I. por vía intravenosa o 2,5-10 U.I. por vía intramuscular) y repetidas con una separación de 30 minutos (Linde-Forsberg y Eneroth 2000). Si la respuesta es insuficiente, cada inyección de oxitocina puede precederse de una infusión intravenosa lenta (1 ml/min) de 2-20 ml de gluconato de calcio (Linda-Forsberg y Eneroth 2000).

Inercia secundaria

Lo más frecuente es que se deba al agotamiento de la musculatura uterina y viene tras un esfuerzo prolongado, en casos de distocia obstructiva o en el parto de camadas numerosas. A no ser que permanezca en el interior un gran número de fetos, una inyección de oxitocina restablecerá frecuentemente con éxito las contracciones uterinas. Si esto no surte efecto o si quedan en el interior muchos fetos, está indicada una cesárea.

7.4.3.3 Retención placentaria

La expulsión de las placentas retenidas puede tratarse usando oxitocina a una dosis de 1-5 U.I. por perra administrada por vía subcutánea o intramuscular entre dos y cuatro veces diarias durante hasta 3 días (Linde-Forsberg y Eneroth 2000).

7.5 Gestación no deseada (Apareamiento no deseado)

Es importante elaborar un historial completo en los casos en los que se sospeche de un apareamiento no deseado. En caso de que no se haya observado el apareamiento, la presencia de espermatozoides o de las cabezas de los mismos en un frotis vaginal puede ser de utilidad. No obstante, se debería interpretar una citología vaginal negativa con extrema precaución, ya que la inexistencia de espermatozoides en una muestra no supone una prueba de que no se produjera un apareamiento. Por el contrario, la presencia de espermatozoides en un frotis supone una prueba de que el apareamiento sí se produjo.

7.5.1 Perras a las que no se tiene la intención de hacer criar

La ovariectomía (esterilización) es el tratamiento de elección en tales casos, y debería recomendarse en especial cuando el manejo indique que existe un riesgo real de que la hembra pueda escapar y volver a aparearse. La operación quirúrgica puede llevarse a cabo 3-4 semanas después del apareamiento. Esta programación nos aporta la posibilidad adicional de realizar un diagnóstico de gestación antes de llevar a cabo la operación quirúrgica. La ovariectomía es relativamente segura y elimina el riesgo futuro de otros problemas reproductivos, como el complejo de la hiperplasia quística endometrial (HQE)-piometra.

A pesar de las indiscutibles ventajas de la esterilización de una perra que ha tenido un apareamiento no deseado, muchos propietarios no aceptarán esta opción debido a los riesgos relacionados con cualquier operación quirúrgica (Burrow et al., 2005) o las preocupaciones relacionadas con complicaciones futuras, como la incontinencia urinaria o los cambios en el comportamiento. El alto coste de la intervención también puede hacer que los propietarios se abstengan de la esterilización de la perra. En tales casos se puede pensar en la finalización farmacológica de la gestación no deseada.

7 Reproducción Canina

7.5.2 Perras a las que se tiene la intención de hacer criar

Se pueden usar distintos tratamientos farmacológicos para dar por concluida la gestación (Verstegen 2000). El propietario de la perra siempre debería ser informado de la eficacia predecible y de los posibles efectos secundarios del tratamiento escogido.

Estrógenos

En la perra, los óvulos son fertilizados en las Trompas de Falopio y les lleva 6-10 días migrar hacia los cuernos uterinos. Grandes dosis de estrógeno prolongan el tiempo de transporte por el oviducto y estrechan la unión uterotubárica. Esto da como resultado un fracaso de la implantación en el útero y la mortalidad embrionaria (Feldman y Nelson 2004). A este respecto, el tratamiento con estrógenos debería considerarse como un medio para evitar la implantación y no como un abortivo.

Varios estrógenos, incluyendo el benzoato de estradiol, se han usado con éxito durante muchos años para evitar la gestación en las perras. Tradicionalmente, se administraba una única dosis relativamente alta de benzoato de estradiol (0,3 mg/kg hasta un máximo de 10 mg por perra) mediante inyección intramuscular o subcutánea entre las 24 y las 96 horas (1-4 días) tras el apareamiento. Este régimen de dosificación estaba asociado con un riesgo relativamente alto de efectos secundarios, como la piometra yatrogénica, la supresión de la médula ósea, la infertilidad y un comportamiento propio del estro prolongado. Para reducir estos posibles inconvenientes, se ha desarrollado un régimen alternativo con dosis bajas (Mesalin®): 0,01 mg/kg administrados el tercer y el quinto día después del apareamiento (Sutton et al., 1997). Se aconseja una tercera dosis, 7 días después del apareamiento, si las circunstancias lo dictan: por ejemplo si se ha visto que la hembra se ha apareado varias veces o si se desconoce el momento exacto del apareamiento no deseado. Un estudio de campo que implicaba a 358 perras mostró que esta nueva dosificación está asociada con un menor riesgo de efectos secundarios (Sutton et al., 1997).

Para evitar posteriores complicaciones y posibles quejas, los propietarios de perras tratadas deberían recibir instrucciones claras de que se debe vigilar a la perra para evitar otro apareamiento no deseado. La supervisión debería mantenerse a lo largo del tratamiento y continuar hasta que ya no se observe

secreción vaginal y la hembra ya no sea atractiva para los machos. En algunas perras, los signos propios del estro pueden prolongarse tras la administración de estradiol.

Antagonistas de la progesterona

Los antagonistas de la progesterona o antiprogestinas son esteroides sintéticos que se unen con gran afinidad a los receptores de la progesterona, evitando así que ésta ejerza sus efectos biológicos (Hoffmann et al., 2000). Es posible dar por finalizada la gestación desde el momento del apareamiento hasta el día 45 de la gestación. La aglepristona está indicada para dar por concluida la gestación y parece ser segura y eficaz (Galac et al., 2000; Gobello 2006). Este tratamiento tiene pocos efectos secundarios (dolor en el lugar de la inyección).

Agonistas de la dopamina

La secreción de prolactina proporciona un respaldo luteotrófico esencial y es necesaria para el mantenimiento de la gestación en el perro. Los alcaloides del cornezuelo, como la bromocriptina, la cabergolina y la metergolina son agentes abortivos eficaces al usarlos después del día 30-35 de la gestación (Feldman y Nelson 2004).

- La bromocriptina puede administrarse por vía oral a una dosis de 0,1 mg/kg una vez al día durante 6 días consecutivos a partir del día 35 o a una dosis de 0,03 mg/kg dos veces al día durante un periodo de 4 días consecutivos a partir del día 30 (Feldman y Nelson 2004). Los efectos secundarios, como la anorexia, los vómitos y la depresión son bastante comunes.
- La cabergolina puede administrarse por vía oral a una dosis de 0,005 mg/kg una vez diaria a partir del día 40. La cabergolina provoca menos efectos secundarios que la bromocriptina (Feldman y Nelson 2004).
- La metergolina administrada por vía oral a una dosis de 0,6 mg/kg dos veces al día a partir del día 28 dieron como resultado la finalización de la gestación en ocho de nueve perras, aunque el intervalo del tratamiento mostró una variación inter-individual considerable (3-23 días) (Nöthling et al., 2003).

Prostaglandinas

Las prostaglandinas funcionan mediante la inducción de la luteólisis, la estimulación de las contracciones uterinas y la dilata-

7 Reproducción Canina

ción del cérvix. Las prostaglandinas tienen limitaciones considerables como abortivos en la especie canina (Feldman y Nelson 2004; Verstegen 2000). Son necesarias dosis altas de prostaglandinas para inducir la luteolisis a principios del metaestro y para dar por concluida la gestación. Tales dosis altas dan lugar a efectos secundarios intensos (que suelen durar alrededor de 20-30 minutos), entre los que se incluyen los vómitos, la salivación, la diarrea y las dificultades respiratorias. Se ha reportado que dosis bajas de análogos de la prostaglandina (0,03 mg/kg dos veces por día) son eficaces para dar por concluida la gestación desde el día 35 en adelante (Concannon y Hansel 1977; Wichtel et al., 1990). A pesar de algunos resultados alentadores, el éxito de la finalización de la gestación usando prostaglandinas es variable. Como resultado, no se recomienda el uso de las prostaglandinas únicamente para dar por concluida la gestación en las perras.

Las perras tratadas durante la segunda mitad de la gestación deberían ser hospitalizadas debido a los posibles efectos secundarios y al tiempo variable para la expulsión fetal tras el tratamiento. Se abortan fetos plenamente formados, por lo que este procedimiento resulta todavía más inaceptable para muchos propietarios y veterinarios. Deberían usarse las radiografías o la ultrasonografía para confirmar la expulsión de todos los fetos.

Agonistas de la dopamina más prostaglandinas

Se puede usar, con éxito, una combinación de un agonista de la dopamina y una prostaglandina para interrumpir la gestación a partir del día 25 después del pico de LH (Gobello et al., 2002; Onclin y Verstegen 1990). Estos agentes reducen las concentraciones de progesterona circulante. El uso combinado de estos fármacos reduce el riesgo de efectos secundarios (asociados con la prostaglandina).

Se ha visto que dosis bajas de cabergolina o bromocriptina combinadas con cloprostenol son relativamente seguras y eficaces (Onclin y Verstegen 1990, 1996) y dan como resultado la reabsorción fetal si el tratamiento se inicia el día 25. Se ha reportado que el mesilato de bromocriptina (vía oral, 0,015-0,030 mg/kg, dos veces al día) combinado con dinoprost trometamina (inyección subcutánea, 0,1-0,2 mg/kg, una vez al día) o cloprostenol (inyección subcutánea, 0,001 mg/kg, cada dos días) hasta la finalización de la gestación es eficaz y provoca unos efectos secundarios mínimos (Gobello et al., 2002).

Glucocorticoides

Los glucocorticoides no son tan constantemente eficaces para la finalización de la gestación en la perra (Wanke et al., 1997).

7.6 Control del estro

La producción excesiva de cachorros hace necesario el sacrificio de grandes cantidades de animales no deseados. Así, el control del celo en las perras tiene una gran importancia socioeconómica. Además, si se lleva a cabo de forma adecuada, proporciona beneficios en la salud de las hembras. Existen dos métodos para el control del estro: quirúrgico (ovariectomía u ovariosterectomía) y médico.

7.6.1 Control quirúrgico del estro

Existe una tendencia hacia la esterilización temprana en varios países (Root Kustritz y Olson 2000). La eliminación quirúrgica de los ovarios y/o el útero (ovariectomía o ovariosterectomía; esterilización) suele ser muy eficaz y segura y aporta muchos beneficios. No obstante, aunque es rentable a largo plazo, la esterilización puede no resultar adecuada para todas las hembras, especialmente para aquellas que tengamos intención de hacer criar en el futuro. La ovariosterectomía no está totalmente libre de riesgos y algunos propietarios no quieren que su mascota sea sometida a una operación de cirugía mayor (Burrow et al., 2005). Pueden observarse efectos secundarios como la incontinencia urinaria (especialmente en las razas grandes con la cola amputada), la obesidad, la vulva infantil, la pérdida de pelo y los cambios en el color y la textura del pelaje.

7.6.2 Control médico del estro

La mayoría de los fármacos usados para el control químico del estro son hormonas esteroideas naturales o sintéticas: principalmente progestágenos o andrógenos. Más recientemente, se han investigado enfoques no esteroideos (ej. vacunas, agonistas de la GnRH, antagonistas de la GnRH) (Gobello 2006; Verstegen 2000), pero hasta la fecha ninguno de estos fármacos ha sido aprobado para su uso en perras.

7 Reproducción Canina

Progestágenos

Los estudios en distintas especies animales han mostrado que los progestágenos tienen distintas acciones:

- Antigonadotrópica: supresión del desarrollo folicular y, por tanto, de la producción de estrógeno y para evitar la ovulación y la formación de cuerpos lúteos.
- Antiestrogénica: control del sangrado vaginal.
- Antiandrogénica: reducción del impulso sexual en los perros machos.
- Anticonceptiva: interferencia con el transporte de espermatozoides y desincronización de los eventos que deben ser planificados con exactitud si queremos que se produzca la gestación.
- Progestagénica: mantenimiento de la gestación y obtención de un endometrio secretor.

La potencia relativa de los distintos progestágenos varía y, por tanto, los hallazgos relacionados con un compuesto no se aplican a otros.

Se usan distintos esteroides sintéticos, entre los que se incluyen los progestágenos (ej. la proligestona (Covinan®, también conocido como Delvosteron® en algunos países), el acetato de medroxiprogesterona, el acetato de megestrol (Burke y Reynolds 1975), el acetato de clormadinona y los andrógenos (ej. el acetato de mibolerona) para controlar la ciclicidad ovárica en los perros (Verstegen 2000).

El ciclo estral de la perra puede controlarse de tres formas:

- La supresión del estro (celo) y la prevención de la concepción pueden conseguirse mediante el tratamiento al principio del proestro.
- El aplazamiento temporal del estro hasta un momento más conveniente puede conseguirse mediante el tratamiento justo antes de un celo previsto.
- El aplazamiento permanente del estro puede conseguirse mediante el tratamiento repetido, iniciándolo en el anestro o el proestro.

La proligestona es un progestágeno sintético de segunda generación (Van Os, 1982). Puede usarse para la supresión o el aplazamiento temporal o permanente del celo en las perras.

La incidencia de la falsa gestación en las perras con un aplaza-

miento permanente del estro inducido mediante inyecciones de proligestona es de sólo el 3,9%, menor que la de las hembras a las que se deja ciclar de forma natural (van Os y Evans 1980).

Se han observado grandes diferencias individuales en el tiempo desde la última administración de proligestona hasta el inicio de la actividad cíclica. En la mayoría de las perras, el celo se observará al cabo de 3-6 meses después de la última dosis de proligestona. En casos concretos, no obstante, el bloqueo de la actividad reproductora puede durar hasta 2 años. Esto significa que no todas las perras mostrarán el celo 3-6 meses después de una administración única de proligestona. Esta es una consideración importante si sólo se pretende un aplazamiento temporal del celo. La fertilidad en el primer celo tras la retirada del tratamiento de proligestona no se ve afectada negativamente.

Siempre que se usen progestágenos de larga duración se deberían tener en cuenta los siguientes factores, que pueden afectar a la eficacia del tratamiento:

Variabilidad individual/raacial

Existe una variación individual del efecto bloqueante de los progestágenos sobre la actividad reproductora de las perras. Después del régimen de dosificación inicial, la continuación con una inyección cada 5-6 meses es eficaz para la prevención del estro en la mayoría de las perras. No obstante, en algunos ejemplares, la duración de la acción de los progestágenos de larga duración es de menos de 5-6 meses. En tales perras, es aconsejable el acortamiento del tiempo entre inyecciones consecutivas (ej. cada 4 meses). El progestágeno debería administrarse a la dosis recomendada por el fabricante.

Factores ambientales

En general, las influencias ambientales y/o estacionales no afectan a la eficacia del tratamiento de las perras con progestágenos. No obstante, las perras alojadas juntas (es decir, con otras perras que están ciclando) pueden requerir un intervalo más corto entre inyecciones consecutivas.

7 Reproducción Canina

Fase del ciclo estral

El anestro es el momento más adecuado para la iniciación del tratamiento con progestágenos en las perras. Los progestágenos de larga duración tienen la máxima eficacia al ser administrados durante el anestro. La eficacia de estos fármacos puede reducirse si se administran durante el proestro.

La supresión del celo durante el proestro se obtiene más fácilmente usando progestágenos orales de corta duración.

Los progestágenos tienen algunos efectos secundarios y contraindicaciones bien conocidos. Los efectos secundarios de los progestágenos exógenos pueden manifestarse en forma de un incremento transitorio del apetito, ganancia de peso y, rara vez, aletargamiento. Las hembras tratadas con progestágenos durante la gestación pueden tener un parto retardado, con la consiguiente muerte de los fetos si persisten unas concentraciones eficaces de progestágenos durante más tiempo que la duración normal de la gestación (van Os 1982).

- Debido al potencial diabético de la terapia a largo plazo con progestágenos, las perras diabéticas no deberían ser tratadas con estos preparados. La esterilización es el tratamiento de elección en estos animales. Ésta debería llevarse a cabo lo antes posible, incluso antes de iniciar el tratamiento con insulina.
- El acetato de medroxiprogesterona estimuló el desarrollo de nódulos hiperplásicos y neoplásicos en las glándulas mamarias de las perras tratadas (van Os et al., 1981). Las perras con cualquier cambio neoplásico o hiperplásico en las glándulas mamarias deberían ser esterilizadas, mejor que tratadas con progestágenos.
- Si se ha diagnosticado cualquier cambio patológico en el endometrio, el tratamiento con progestágenos de larga duración está contraindicado (véase la sección 7.6.2).

Por último, los compuestos inyectables pueden provocar reacciones locales en el punto de inyección, como la pérdida de pelo, la decoloración del mismo y, posiblemente, la atrofia de la piel y de los tejidos circundantes, lo que suele recibir el nombre de "picado". Estos efectos pueden minimizarse si la inyección se administra estrictamente por vía subcutánea (Evans y Sutton 1989; van Os 1982).

Andrógenos

La testosterona y la mibolerona han sido usadas para suprimir el celo, pero tienen varias desventajas. Aunque son muy eficaces, se sabe que los andrógenos provocan efectos secundarios graves en las perras. Estos efectos secundarios están directamente relacionados con su actividad androgénica e incluyen la masculinización, caracterizada por la hipertrofia del clítoris, la colpitis recurrente y los cambios en el comportamiento. Las perras tratadas a largo plazo con andrógenos sienten atracción por otras perras y muestran un comportamiento típicamente masculino (ej. montas, micción para marcar el territorio). La terapia con andrógenos en las perras también ha sido asociada con cambios yatrogénicos hipertróficos en el endometrio y con piometra y enfermedades hepáticas.

La terapia con andrógenos no debería utilizarse en el caso de las perras gestantes, ya que da lugar a la masculinización y a anomalías graves de los tractos reproductor y urinario de los fetos hembra. La administración de andrógenos en el proestro también debería evitarse, ya que siempre existe el riesgo de que la hembra pueda escaparse y aparearse.

7.7 Otros problemas del tracto urogenital femenino**7.7.1 Falsa gestación**

La falsa gestación (pseudogestación o pseudociesis) se da en las perras intactas antes de que pasen 6-8 semanas después del estro. Los signos pueden variar en intensidad: desde una distensión abdominal con hiperplasia mamaria y producción de leche hasta una réplica prácticamente completa del parto (incluyendo el nerviosismo, la excitabilidad y el jadeo) y el amamantamiento (incluyendo la producción de cantidades variables de leche) (Harvey et al., 1999). La perra también puede mostrar tendencias maternas para con objetos inanimados. La incidencia de la pseudogestación es difícil de valorar, ya que los signos pueden, en algunos casos, ser muy leves. No obstante, suele considerarse que la mayoría de las perras (50-75%) mostrarán algunos signos de este problema fisiológico normal.

7 Reproducción Canina

Se sabe que la prolactina es el factor luteotrófico más importante desde el día 35 del ciclo, estando estimulada su secreción por parte de la hipófisis anterior por las concentraciones decrecientes de progesterona. La prolactina es la hormona clave para la lactogénesis y para el inicio y el mantenimiento de la lactación. Se cree que la pseudogestación aparece como resultado de las concentraciones crecientes de prolactina a medida que progresa el metaestro. Esto se ve apoyado por el hecho de que se da una lactación muy prolongada si se eliminan los ovarios de las perras que muestran signos de pseudogestación. No hay pruebas de que las hembras que muestran signos significativos de falsa gestación tengan más posibilidades de sufrir el complejo de la hiperplasia quística endometrial (HQE)-piometra o infertilidad.

La necesidad de tratar la pseudogestación depende del tipo y la gravedad de los signos. Este problema suele ser leve y la mayoría de los casos curan espontáneamente en el transcurso de unas pocas semanas. En los casos más graves, está indicado el tratamiento médico (con un agonista de la dopamina) (Harvey et al., 1997).

Los agonistas de la dopamina inhiben a la prolactina de forma eficaz mediante una acción directa (bromocriptina, cabergolina) sobre los receptores D2 de la dopamina de las células lactotróficas de la hipófisis anterior (Gobello 2006). El tratamiento con bromocriptina está, no obstante, relacionado frecuentemente con efectos secundarios como los vómitos. La cabergolina, un agonista de la dopamina más novedoso, parece tener muchos menos efectos secundarios asociados (Harvey et al., 1997; Feldman y Nelson 2004). Los progestágenos inhiben la producción de leche mediante una retroalimentación negativa sobre la hipófisis anterior, que inhibe la producción de prolactina. Los progestágenos también pueden ayudar a reducir los signos comportamentales debido a su efecto calmante sobre el hipotálamo.

En las perras que padecen brotes graves de pseudogestación tras cada estro, la esterilización quirúrgica (ovariectomía/ovariohisterectomía) es el tratamiento de elección, ya que evitará la recurrencia del problema. La operación quirúrgica no debería llevarse a cabo mientras estén presentes los signos de la pseudogestación (Harvey et al., 1999) o mientras esté siendo supri-

mida médicamente. El incumplimiento de esta norma puede dar como resultado una lactación persistente intratable.

7.7.2 Complejo de la hiperplasia quística endometrial (HQE)-piometra

El complejo de la hiperplasia quística endometrial (HQE)-piometra es un problema grave en el que el útero se llena de líquido y puede existir contaminación bacteriana (Feldman 2000). La toxemia resultante da lugar a signos clínicos característicos, especialmente una sed excesiva (debida a (inicialmente reversible) la glomerulonefritis), vómitos, inapetencia, shock y la muerte. Normalmente, el problema se da 4-6 semanas después del estro, pero en algunas hembras se ha diagnosticado en una etapa tan temprana como a finales del estro y tan tardía como a las 12-14 semanas tras el reflejo de inmovilidad del celo. La piometra se da, principalmente, en perras mayores (>5 años) que no han sido usadas para la reproducción. Sin embargo, este problema puede darse en perras más jóvenes e incluso ha sido registrado en perras tras su primer celo.

Se dan dos tipos fundamentales de piometra: la abierta y la cerrada. En la abierta, el contenido del útero sale, por lo menos en parte, por la vagina, que está abierta. En la piometra cerrada no hay secreción vaginal (el cérvix está cerrado) y la perra muestra signos de enfermedad más agudos.

La causa del complejo de la HQE-piometra no está totalmente clara, pero se cree que está asociado con un desequilibrio hormonal progresivo ligado a la sensibilidad del útero canino a la progesterona. Se cree que los periodos secuenciales de dominio de los estrógenos, que potencian los efectos estimulantes de la progesterona sobre el útero, seguidos de un dominio prolongado de la progesterona, ya sea natural (metaestro) o tras la administración de progestágenos, da lugar al desarrollo de la HQE que, a su vez, puede verse seguida de una mucometra o una piometra.

7 Reproducción Canina

La eliminación quirúrgica del útero y los ovarios tras una rehidratación adecuada (terapia líquida intravenosa), es el tratamiento de elección (Nelson y Feldman 1986), también para las hembras con un estado clínico deficiente. El tratamiento médico de la HQE-piometra puede usarse en aquellas hembras a las que se quiere hacer criar (Nelson y Feldman 1986). Una combinación de prostaglandina y de aglepristona (antagonista de la progesterona) ha demostrado ser el enfoque médico más exitoso hasta la fecha (Gobello et al., 2003).

Las prostaglandinas incrementan las contracciones del miometrio y son luteolíticas. Hacen descender las concentraciones séricas de progesterona, pero dan lugar a una relajación cervical variable en las perras. El uso de prostaglandinas en el tratamiento de la piometra cerrada (es decir, cuando el cérvix está cerrado) está asociado con un riesgo muy alto de ruptura uterina, una complicación peligrosa para la vida. La administración de prostaglandinas también puede estar asociada con la depresión circulatoria y respiratoria, que son complicaciones graves que pueden dar lugar, fácilmente, a un resultado fatal en las perras y que, por tanto, deberían administrarse con mucho cuidado.

La aglepristona es un antagonista de la progesterona (o anti-progestágeno) que se une con gran afinidad a los receptores uterinos de la progesterona, evitando así que la progesterona ejerza sus efectos biológicos (Hoffmann et al., 2000). La combinación del cloprostenol (análogo sintético de la prostaglandina) (0,001 mg/kg vía subcutánea) y la aglepristona (10 mg/kg vía subcutánea) en un cierto número de ocasiones a lo largo de un periodo de 15 días ha demostrado ser bastante eficaz (Gobello et al., 2003).

7.7.3 Incontinencia urinaria

La incontinencia urinaria consiste en una falta de control de la micción voluntaria y da como resultado la pérdida incontrolada de orina. En las hembras, el músculo esfínter uretral contiene receptores del estrógeno mediante los cuales los estrógenos influyen en el tono muscular y el grado de cierre del esfínter uretral. Así, la deficiencia (relativa) de estrógeno puede provocar

incontinencia urinaria. La deficiencia de estrógenos puede ser resultado de la esterilización y/o de la ancianidad.

Los factores que predisponen a la incontinencia urinaria incluyen:

- La esterilización a una edad temprana.
- La raza (tamaño grande, raza pesada, amputación de la cola).
- La obesidad.

Se usan estrógenos para tratar la incontinencia urinaria, para intentar restablecer el tono normal del esfínter uretral. Aunque no existen grandes diferencias en las concentraciones de estrógenos entre las perras esterilizadas y las intactas, la mayoría de las esterilizadas con incontinencia urinaria responden a la terapia con estrógenos.

Los estrógenos como el etinil estradiol y el dietilestilbestrol han sido usados con este fin, pero provocan los llamados efectos estrogénicos a largo plazo, como la supresión de la médula ósea. Más recientemente, uno de los estrógenos naturales, el estriol (Incurin® comprimidos) ha sido autorizado para el tratamiento de la incontinencia urinaria en las perras esterilizadas.

El estriol es un estrógeno de corta duración debido a su breve tiempo de ocupación de los receptores. El estriol es seguro para el tratamiento de la incontinencia urinaria y no está asociado con efectos secundarios estrogénicos a largo plazo. En un estudio de campo con 133 perras con incontinencia urinaria, el 83% mostraron una respuesta positiva al tratamiento (Mandigers y Nell 2001). Los efectos estrogénicos a corto plazo (ej. la hinchazón vulvar) se observaron, aproximadamente, en el 5-9% de las perras esterilizadas tratadas con estriol.

7.8 Perros macho

En los perros macho, las características sexuales secundarias y el comportamiento se dan como resultado de la interacción entre las hormonas producidas por la hipófisis anterior (las gonadotropinas), las gónadas y el hipotálamo. Como respuesta a la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), secretada por el hipotálamo, dos hormonas gonadotrópicas, la FSH y la LH, son secretadas por la hipófisis anterior. La FSH es responsable de la

7 Reproducción Canina

espermatogénesis, mientras que la LH, también conocida como hormona estimulante de las células intersticiales (HECI), mantiene la producción de andrógenos (testosterona y dihidrotestosterona). La LH es secretada continuamente de forma episódica, y sus concentraciones varían a lo largo del día.

El principal andrógeno (la testosterona) actúa sobre órganos diana para mantener las características y la función sexuales secundarias masculinas, incluyendo la libido, y ayuda a mantener la espermatogénesis. Esta hormona ejerce también un efecto de retroalimentación negativa sobre la hipófisis anterior y/o el hipotálamo. Por tanto, puede verse que los andrógenos no sólo controlan los procesos reproductivos sino el comportamiento asociado: la monta, la agresividad y el marcaje territorial. Partes del córtex cerebral de la región hipotalámica también están implicados en la determinación del comportamiento sexual.

7.8.1 Hipersexualidad

Tal y como se ha indicado anteriormente, hay dos mecanismos distintos que controlan el comportamiento sexual: las hormonas sexuales masculinas y partes del córtex cerebral. Estos sistemas están relacionados porque se cree que los esteroides, incluyendo las hormonas sexuales, se unen a la región hipotalámica y controlan mecanismos de retroalimentación positiva y negativa para la actividad hormonal y el comportamiento sexual.

Es importante apreciar que existen grandes diferencias en cuanto a la dependencia relativa del comportamiento sexual a los andrógenos y al córtex cerebral, tanto entre especies como entre ejemplares pertenecientes a una especie (Dunbar 1975).

La hipersexualidad es, en esencia, un comportamiento sexual excesivo o aberrante, aunque a veces también engloba un comportamiento sexual normal que queda fuera de lugar en la sociedad actual, y se manifiesta en forma de:

- Agresividad.
- La monta de otros perros, personas y objetos inanimados.
- El marcado territorial, especialmente la micción en casa.
- El vagabundeo.
- Comportamiento destructivo.
- Excitabilidad, incluyendo los ladridos excesivos.

La mayoría de los propietarios no muestran preocupación por este tipo de comportamiento de sus perros y no buscan tratamiento para solucionarlo. Esto probablemente se deba a que este tipo de comportamiento es aceptado como parte del “paquete” que conlleva la propiedad de un perro entero. De hecho, algunos de estos rasgos son normales en los machos y es, simplemente, una cuestión de gravedad, frecuencia y lugar lo que hace que el comportamiento resulte inaceptable.

Para tratar la hipersexualidad en los perros se usan la castración quirúrgica o la médica y el adiestramiento comportamental (Andersson y Linde-Forsberg 2001). No obstante, el éxito del tratamiento depende del signo clínico principal: la agresividad entre machos suele responder peor al tratamiento que otras manifestaciones de la hipersexualidad.

- La castración quirúrgica extirpa la principal fuente de andrógenos, pero no tiene ningún efecto sobre el córtex cerebral y no tendrá ningún efecto sobre las acciones de los andrógenos de fuentes alternativas, como las glándulas adrenales.
- Los progestágenos, como el acetato de medroxiprogesterona, el acetato de delmadinona y la proligestona, han sido usados para controlar la hipersexualidad en los perros. Estos fármacos pueden ser eficaces. Los efectos secundarios incluyen el aletargamiento y un mayor apetito.
- El adiestramiento conductual suele ser eficaz, pero la eficacia varía dependiendo de los signos de comportamiento observados. El estado hormonal del perro no se ve afectado. El adiestramiento conductual requiere tiempo y dedicación considerables por parte del propietario.

7.8.2 Criptorquidia

Los testículos del perro están situados intraabdominalmente en el momento del nacimiento y normalmente descienden hasta el escroto durante los primeros 7-10 días de vida. A las dos semanas de edad los testículos suelen poder palpase en el escroto o el canal inguinal, aunque en algunos ejemplares el descenso puede retrasarse.

7 Reproducción Canina

Los perros criptórquidos unilaterales suelen ser fértiles, ya que el testículo que ha descendido suele tener una función normal. Los perros con una retención testicular bilateral son infértiles, pero suelen tener una libido normal y características sexuales secundarias masculinas. La principal importancia de la criptorquidia en los perros tenidos como mascotas consiste en que hay un riesgo significativo de que el/los testículo(s) retenido(s) sufran cambios neoplásicos y/o la torsión del conducto esper-mático.

Alrededor del 6-12% de los perros son criptórquidos (uno o ambos testículos no han descendido del modo normal alcanzada la pubertad). Se desconoce la causa exacta, pero es probable que exista una anomalía hereditaria hormonal subyacente, ya que la incidencia es notablemente mayor en algunas razas caninas (ej. los Boxer). Debido a esto, los perros criptórquidos no deberían ser usados como reproductores. En vista de la probable naturaleza hereditaria de este problema, el tratamiento médico se considera no ético. Si hay un tumor testicular presente, se recomienda la extirpación quirúrgica de ambos testículos.

Se puede administrar GnRH a razón de 0,002 mg/kg por vía intravenosa o 0,050 mg/kg por vía intramuscular, tomándose muestras de sangre para medir las concentraciones de testosterona antes de la administración de la GnRH y 60 minutos más tarde, para comprobar si un perro tiene un testículo localizado en el abdomen (Purswell y Wilcke 1993). En los perros de más de 12 meses de vida (es decir, tras la pubertad), deberían extirparse quirúrgicamente los testículos retenidos, y lo ideal es que esto se haga antes de que el animal alcance la edad madura (4-6 años), para así evitar la neoplasia.

7.9 Referencias bibliográficas

- Anderson A and Linde-Forsberg C.** Castration and progestagen treatment of male dogs, part 2. *Svensk Veterinar tidning* 2001;53:391-397
- Arnold S., Arnold P., Concannon P., Weilenmanns R., Hubler M., Casal M., Fairburn A., Eggenberger E., Rusch P.** Effect of duration of PMSG treatment on induction of oestrus, pregnancy rates and complications of hyperoestrogenism in dogs. *J Reprod Fertil Suppl* 1989;39:115-122
- Baan M., Taverne MAM., Kooistra HS., De Gier J., Dieleman SJ., Okkens AC.** Induction of parturition in the bitch with the progesterone receptor blocker aglepristone. *Theriogenology* 2005;63:1958-1972.
- Bejerink NJ., Kooistra HS., Dieleman SJ., Okkens AC.** Serotonin antagonist-induced lowering of prolactin secretion does not affect the pattern of pulsatile secretion of follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone in the bitch. *Reproduction* 2004;128:181-188.
- Burke TJ., Reynolds HA Jr.** Megestrol acetate for estrus postponement in the bitch. *J Am vet Med Assoc.*1975;167:285-287.
- Burrow R., Batchelor D., Cripps P.** Complications observed during and after ovariohysterectomy of 142 bitches at a veterinary teaching hospital. *Vet Rec* 2005;157:829-33.
- Cain JL., Lasley BL., Cain GR., Feldman EC., Stabenfeldt GH.** Induction of ovulation in bitches with pulsatile or continuous infusion of GnRH. *J Reprod Fertil Suppl* 1989;39:143-147
- Chaffaux S., Locci D., Pontois M., Deletang F., Thibier, M.** Induction of ovarian activity in anoestrus beagle bitches, *Br Vet J* 1984;140:191-195.
- Christiansen IB J.** *Reproduction in the dog and cat.* Eastbourne, England: Ballyere Tindall 1984:80-109.
- Christie DW., Bell ET.** Some observations on the seasonal incidence and frequency of oestrus in breeding bitches in Britain. *J Small Anim Pract* 1971;12:159-167.
- Concannon PW.** Canine pregnancy and parturition. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1986;16: 453-475.
- Concannon PW.** Biology of gonadotropin secretion in adult and prepubertal female dogs. *J Reprod Fertil Suppl* 1993;47:3-27.
- Concannon PW., Gimpel P., Newton L., Castracane VD.** Postimplantation increase in plasma fibrinogen concentration with increase in relaxin concentration in pregnant dogs. *Am J Vet Res* 1996;57:1382-1385.
- Concannon PW., Hansel W.** Prostaglandin F_{2a} induced luteolysis, hyperthermia and abortions in Beagle bitches. *Prostaglandins* 1977;13:533-542.
- Concannon PW., Hansel W., Visek WJ.** The ovarian cycle of the bitch: plasma estrogen, LH and progesterone. *Biol Reprod* 1975;13:112-121.
- Concannon PW., McCann JP., Temple M.** Biology and endocrinology of ovulation, pregnancy and parturition in the dog. *J Reprod Fertil Suppl* 1989;39:3-25.
- Concannon PW., Lasley B., Vanderlip S.** LH release, induction of oestrus and fertile ovulations in response to pulsatile administration of GnRH to anoestrus dogs. *J Reprod Fertil Suppl* 1997;51:41-54.
- Concannon P., Temple M., Montanez A., Newton L.** Effects of dose and duration of continuous GnRH-agonist treatment on induction of estrus in beagle dogs: Competing and concurrent up-regulation and down-regulation of LH release. *Theriogenology* 2006: in press
- Davidson AP and Feldman EC.** Ovarian and estrus cycle Abnormalities. In: *Textbook of Veterinary Internal Medicine*, 5th edn. Eds. SJ. Ettinger and EC. Feldman. Saunders 2000; XIII:1520-1256
- Dunbar IF.** Behaviour of castrated animals. *Vet Rec* 1975;96:92.

7 Reproducción Canina

- Eilts BE., Davidson AP., Hosgood G., Paccamonti DL., Baker DG.** Factors affecting gestation duration in the bitch. *Theriogenology* 2005;64:242-251.
- Evans JM., Sutton DJ.** The use of hormones, especially progestagens, to control oestrus in bitches. *J Reprod Fertil Suppl* 1989;39:163-173.
- Evans JM., Anderton DJ.** Pregnancy diagnosis in the bitch: the development of a test based on the measurement of acute phase protein in the blood. *Ann Zootech* 1992;41:397-405.
- Feldman EC.** Cystic Endometrial Hyperplasia, Pyometra, and fertility. In: *Textbook of Veterinary Internal Medicine*, 5th edn. Eds. SJ Ettinger and EC. Feldman. Saunders 2000; XIII: 1549-1565
- Feldman EC., Nelson RW.** Canine & Feline Endocrinology and Reproduction. Philadelphia: WB Saunders, 2004;7:751-1014.
- Fuller JL.** Photoperiodic control of estrus in the Basenji. *J Hered* 1956;47:179-180.
- Galac S., Kooistra HS., Butinar J., Bevers MM., Dieleman SJ., Voorhout G, et al.** Termination of mid gestation pregnancy in bitches with a progesterone receptor antagonist. *Theriogenology* 2000;53:941-950.
- Gobello C.** Dopamine agonists, anti-progestins, anti-androgens, long-term release GnRH agonists and anti-estrogens in canine reproduction: A review. *Theriogenology* 2006; in print
- Gobello C., Castex G., Corrada Y., Klima L., de la Sota RL., Rodriguez, R.** Use of prostaglandins and bromocriptine mesylate for pregnancy termination in bitches. *J Am Vet Med Assoc* 2002;220:1017-1019.
- Gobello C., Castex G., Klima L., Rodriguez R., Corrada Y.** A study of two protocols combining a progesterone and cabergoline to treat open cervix pyometra in the bitch. *Theriogenology* 2003;60:901-908.
- Goodman M.** Ovulation timing. Concepts and controversies. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2001;31:219-234.
- Grundy SA., Feldman E., Davidson A.** Evaluation of infertility in the bitch. *Clin Tech SA Pract* 2002;17:108-115.
- Harvey MJA., Cauvin A., Dale M., Lindley S., Ballabio, R.** Effect and mechanisms of the anti-prolactin drug cabergoline on pseudopregnancy in the bitch. *J Small Anim Pract* 1997;38:336-339.
- Harvey MJA., Dale MJ., Lindley S., Waterston MM.** A study of the aetiology of pseudopregnancy in the bitch and the effect of cabergoline therapy. *Vet Rec* 1999;144:433-436.
- Hoffmann B and Schuler G.** Receptor blockers – general aspects with respect to their use in domestic animal reproduction. *Anim Reprod Sci* 2000;60-61:295-312
- Inaba T., Tani H., Gonda M., Nakagawa A., Ohmura M., Mori J., Torii R., Tamada H., Sawada T.** Induction of fertile estrus in bitches using a sustained-release formulation of a GnRH agonist (leuprolide acetate). *Theriogenology* 1998;49(5):975-982
- Jeffcoate IA., Lindsay FEF.** Ovulation detection and timing of insemination based on hormonal concentrations, vaginal cytology and the endoscopic appearance of the vagina in domestic bitches. *J Reprod Fertil Suppl* 1989;39:277-287.
- Jeukenne P., Verstegen J.** Termination of dioestrus and induction of oestrus in dioestrus nonpregnant bitches by the prolactin antagonist cabergoline. *J Reprod Fert Suppl* 1997;51:59-66.
- Kooistra HS., Okkens AC.** Secretion of growth hormone and prolactin during progression of the luteal phase in healthy dogs: a review. *Mol Cell Endocrinol* 2002;197:167-172.
- Kutzler MA.** Induction and synchronization of estrus in dogs. *Theriogenology* 2005;64:766-75.
- Linde-Forsberg C and Eneroth A.** Abnormalities in Pregnancy, Parturition, and the Periparturient Period. In: *Textbook of Veterinary Internal Medicine*, 5th

- edn. Eds. SJ. Ettinger and EC. Feldman. Saunders 2000; XIII:1527-1238
- Mandigers PJ., Nell T.** Treatment of bitches with acquired urinary incontinence with oestriol. *Vet Rec* 2001;149:764-7.
- Nelson RW., Feldman EC.** Pyometra. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1986;16:561-576.
- Nöthling JO., Gerber D., Gerstenberg C., Kaiser C., Döbeli M.** Abortifacient and endocrine effects of mesterolone in beagle bitches during the second half of gestation. *Theriogenology* 2003;59:1929-40.
- Okkens AC., Bevers MM., Dieleman SJ., Willems AH.** Shortening of the interoestrous interval and the lifespan of the corpus luteum of the cyclic dog by bromocryptine treatment. *Vet Q* 1985;7:173-176.
- Okkens AC., Bevers MM., Dieleman SJ., Willems AH.** Evidence for prolactin as the main luteotrophic factor in the cyclic dog. *Vet Q* 1990;12:193-201.
- Onclín K., Murphy B., Versteegen JP.** Comparisons of estradiol, LH and FSH patterns in pregnant and nonpregnant beagle bitches. *Theriogenology* 2002;57:1957-1972.
- Onclín K., Versteegen JP.** Comparison of different combinations of analogues of PGF_{2α} and dopamine agonists for termination of pregnancy in dogs. *Vet Rec* 1990;144:416-19
- Onclín K., Versteegen JP.** Practical use of a combination of a dopamine agonist and a synthetic prostaglandin analogue to terminate unwanted pregnancy in dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 1996; 37:211-216.
- Purwell BJ., Wilcke JR.** Response to gonadotrophin-releasing hormone by the intact male dog: serum testosterone, luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone. *J Reprod Fertil Suppl* 1993;47:335-341.
- Root Kustritz MV and Olson PN.** Early Spy and Neuter. In: *Textbook of Veterinary Internal Medicine*, 5th edn. Eds. SJ. Ettinger and EC. Feldman. Saunders 2000; XIII:1539-1541
- Rubion S., Guerin C., Riviere-Godet E., Horspool L., Rutten F., Driancourt MA.** Treatment with a subcutaneous GnRH agonist containing device suppresses FSH and ovarian function in bitches. *Reprod Dom Anim* 2003;79:355.
- Schaefer-Okkens AC.** Estrous Cycle and Breeding Management of the Healthy Bitch. In: *Textbook of Veterinary Internal Medicine*, 5th edn. Eds. SJ. Ettinger and EC. Feldman. Saunders 2000; XIII:1510-1519
- Sutton DJ., Geary MR., Bergman JGHE.** The prevention of pregnancy in bitches following unwanted mating: a clinical trial using low dose oestradiol benzoate. *J Reprod Fert Suppl* 1997;51: 239
- Trigg TE., Doyle AG., Walsh JD., Swangchan-Uthai T.** A review of advances in the use of the GnRH agonist deslorelin in control of reproduction. *Theriogenology* 2006; in press
- Vanderlip SL., Wing AE., Felt P., Linkie D., Rivier J., Concannon PW., Lasley BL.** Ovulation induction in anoestrus bitches by pulsatile administration of gonadotrophin-releasing hormone. *Lab Anim Sci* 1987;37:459-64
- Van Haften B., Dieleman SJ., Okkens A.C., Willems AH.** Timing the mating of dogs on the basis of blood progesterone concentration. *Vet Rec* 1989;125:524-26.
- Van Os JL.** Oestrus control in the bitch with proligestone. A clinical study [Thesis]. Utrecht University: 1982.
- Van Os JL., Evans JM.** False pregnancy and proligestone. *Vet Rec* 1980;106:36.
- Van Os JL., van Laar PH., Oldenkamp EP., Verschoor JSC.** Oestrus control and the incidence of mammary nodules in bitches, a clinical study with two progestagens. *Vet Quar* 1981;3:46-56.
- Vannucchi Cl., Mirandola RM., Oliveira CM.** Acute-phase protein profile during gestation and diestrus: proposal for an early pregnancy test in bitches.

7 Reproducción Canina

Anim Reprod Sci 2002;74:87-99.

Veronesi MC., Battocchio M., Marinelli L., Faustini M., Kindahl H., Cairoli F. Correlations among body temperature, plasma progesterone, cortisol and prostaglandin F_{2α} of the periparturient bitch. J Vet Med A 2002;49:264-268.

Vesterger J. Contraception and Pregnancy termination. In: Textbook of Veterinary Internal Medicine, 5th edn. Eds. SJ. Ettinger and EC. Feldman. Saunders 2000; XIII:1542-1548

Verstegen J., Onclin K., Silva L., Concannon PW. Early termination of anestrus and induction of fertile estrus in dogs by the dopamine superagonist cabergoline. Biol Reprod 1994; Suppl 1:157

Verstegen JP., Onclin K., Silva LDM., Concannon PW. Effect of stage of anestrus on the induction of estrus by the dopamine agonist cabergoline in dogs. Theriogenology 1999;51:597-611.

Wanke M., Loza ME., Monachesi N., Concannon P. Clinical use of dexamethasone for termination of unwanted pregnancy in dogs. J Reprod Fertil Suppl 1997;51:233-238.

Wichtel JJ., Whitacre MD., Yates DJ and Van Camp SD. Comparison of the effects of PGF_{2α} and bromocriptine in pregnant beagle bitches. Theriogenology 1990;33:829-836

Weilenmann R., Arnold S., Dobeli M., Rusch P., Zerobin K. Estrus induction in bitches by the administration of PMSG and HCG. Schweiz Arch Tierheilkd 1993;135: 236-241

Zoldag L., Fekete S., Csaky I., Bersenyi A. Fertile estrus induced in bitches by bromocryptine, a dopamine agonist: a clinical trial. Theriogenology 2001;55:1657-66.

8 Reproducción felina

8.1 Fisiología

8.1.1 El ciclo estral

Las gatas domésticas suelen llegar a la pubertad a los 6-9 meses de edad o al alcanzar los 2,3-2,5 kg de peso corporal (Verstegen 2000). La actividad sexual de los gatos que pueden desplazarse con libertad dentro y fuera de casa depende del fotoperiodo y, por tanto, el inicio de la pubertad puede verse influido por el momento del año en que haya nacido la gata (Goodrowe et al., 1989).

La gata es poliéstrica estacional, y tiene un anestro prolongado como resultado de los días cortos o el fotoperiodo decreciente (Johnston et al., 1996). El inicio y la duración de la actividad ovárica también están muy ligadas a la duración del día. En el hemisferio norte, las gatas ciclan entre enero y septiembre, con picos de actividad sexual en febrero, mayo y junio, y ocasionalmente en septiembre.

En términos de comportamiento, el ciclo estral de la gata puede dividirse en los periodos de celo y de no-celo (Verstegen 2000). Los periodos de celo se observan cada 4-30 días (moda: 14-19 días) a lo largo de la estación reproductiva (Lawler et al., 1993; Root et al., 1995; Verstegen 2000). La duración y los signos mostrados en cada fase vienen indicados en la Tabla 1.

La duración media del ciclo estral es de alrededor de 6 días (rango: 2-19 días) (Root et al., 1995). El periodo de celo puede dividirse en el proestro y el estro. El proestro (1 a 4 días) se ve seguido del estro (3-10 días). Esto se ve seguido de un corto periodo de inactividad sexual (interestro), cuando las concentraciones plasmáticas de estrógeno suelen descender hasta alcanzar valores basales. En ausencia de apareamiento o de ovulación espontánea (Gudermuth et al., 1997), este ciclo de eventos se repite hasta el final de la estación reproductiva. El último interestro de la estación reproductiva se ve seguido de una estación no-reproductiva de mayor duración (el anestro, la estación no reproductiva), que dura hasta el primer proestro del siguiente periodo de actividad sexual. Esto suele suceder cuando la duración natural del día es corta (de septiembre a finales de enero

8 Reproducción felina

en el hemisferio norte) y puede estar ausente en los gatos sometidos a una duración artificial del día constantemente larga (ej. dentro de casa).

La pseudogestación, que dura unos 36 días (rango: 25-45 días), puede darse tras cualquier apareamiento no fértil o si la ovulación se estimula manualmente. La pseudogestación del gato no suele estar asociada con cambios en el comportamiento o con la lactación (Christiansen 1984). El estro siguiente se ve retrasado, en promedio, en 45 días (rango 35-70 días), es decir, alrededor de la mitad de la duración normal de la gestación felina. El retraso será mayor si el anestro sigue a la pseudogestación.

Tabla 1 Las fases del ciclo estral en la gata

Fase del ciclo	Duración	Comentarios
Proestro	1-4 días	El periodo en el que los machos se sienten atraídos por las hembras no receptivas. El proestro se caracteriza por cambios del comportamiento, como frotar la cabeza y el cuello contra objetos convenientes, la vocalización constante, la postura y dar vueltas sobre sí misma. Esta etapa suele pasar desapercibida. El comportamiento afectuoso puede ser el único signo obvio.
Estro	3-10 días	La etapa en la que la hembra aceptará al macho. En presencia de un macho el estro durará 4 días (rango: 3-6 días), pero se extiende hasta los 10 días si la gata no se aparea. La ovulación se da 27 horas (rango: 24-30 horas) después del apareamiento. Los signos del estro son similares a los descritos en el proestro, pero son mucho más exagerados. Las gatas en celo pueden orinar con mayor frecuencia, estar más intranquilas y mostrar un mayor deseo por vagabundear. Algunas gatas se vuelven más afectuosas con sus propietarios, mientras que otras se vuelven más agresivas.
Interestro	6-16 días	Se caracteriza por la inactividad sexual.
Anestro	3-4 meses	Inactividad sexual prolongada.

Cambios hormonales

El estro comportamental se da durante el pico del crecimiento folicular. El proestro está asociado con un incremento brusco en la concentración de estrógenos circulantes (estradiol-17 β), que marca el inicio de la fase folicular. Durante esta fase, las concentraciones de estrógenos aumentan rápidamente desde las concentraciones basales (15-20 pg/ml) hasta más de 40-80 pg/ml, permanecen elevadas 3-4 días y descienden a lo largo de los siguientes 2-3 días hasta llegar a los niveles basales.

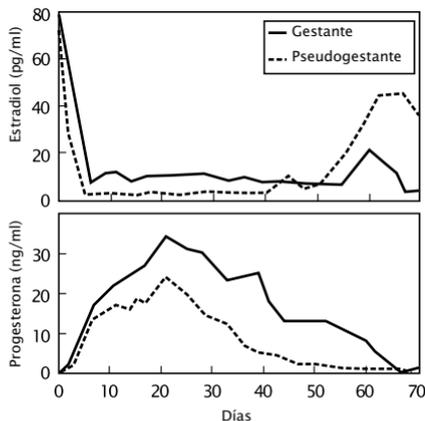
La estimulación coital de la vagina va seguida inmediatamente de un incremento de la actividad neural en el hipotálamo, que va seguida de la secreción de hormona luteinizante (LH). La respuesta en forma de LH varía considerablemente entre cada animal y no está correlacionada con las concentraciones plasmáticas de estradiol o de progesterona (Johnson y Gay 1981). Pueden ser necesarios apareamientos múltiples para estimular la secreción de hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), que se cree que provoca el pico de LH que inicia la ovulación (Concannon et al., 1980). El intervalo entre el coito y la ovulación no es un índice fiable en el gato, ya que la respuesta en forma de LH y la ovulación no están aseguradas por una única cópula o cópulas múltiples (Wildt et al., 1981).

La ovulación se ve seguida de la formación de un cuerpo lúteo o de cuerpos lúteos. Las concentraciones de progesterona aumentan 2-3 veces tras un apareamiento exitoso y alcanzan un pico de alrededor de 30-60 ng/ml más o menos el día 20-25 después del apareamiento. A partir de ahí, las concentraciones descienden y permanecen estables alrededor de 15-30 ng/ml hasta justo antes del parto (más o menos el día 60, cuando descienden hasta menos de 1-1,5 ng/ml) (Figura 1) (Verstegen et al., 1993). Los cuerpos lúteos de la gestación son funcionales a lo largo de toda la gestación (Goodrowe et al., 1989; Schmidt et al., 1983; Verhage et al., 1976).

En la gata pseudogestante, las concentraciones de progesterona imitan a las existentes en los animales gestantes y alcanzan un pico alrededor del día 20-25, pero retornan a los niveles basales alrededor del día 30-40 (Figura 1). El descenso en las concentraciones de progesterona en estos animales es lento y progresivo, debido probablemente a la falta de un factor luteolítico (Verstegen 2000).

8 Reproducción felina

Figura 1 Concentraciones medias de progesterona y estradiol en gatas gestantes y pseudogestantes (de Verhage et al., 1976)



La relaxina es una hormona específica de la gestación. Es secretada, fundamentalmente, por la placenta. Las concentraciones de relaxina son basales durante el estro y la pseudogestación, pero aumentan a partir del día 25-30 tras el apareamiento. Esto coincide con lo que sucede poco antes del incremento de la concentración de la prolactina.

La prolactina parece desempeñar un importante papel luteotrópico: su supresión mediante la administración de un agonista de la dopamina como la cabergolina da como resultado un rápido descenso de las concentraciones de progesterona y el aborto. Las concentraciones de prolactina son basales durante el estro y aumentan alrededor del día 30-35 de la gestación, alcanzando el valor máximo unos pocos días antes del parto. La prolactina desempeña un papel importante en la secreción de la glándula mamaria y el mantenimiento de la lactación. Así, las concentraciones de prolactina permanecen altas durante la lactación, pero descienden durante las 2 últimas semanas de producción de leche.

Durante el anestro, las concentraciones plasmáticas de estrógeno y progesterona permanecen a niveles basales y las concentraciones de gonadotropinas sufren sólo fluctuaciones pequeñas.

8.1.2 Cambios hormonales en los machos

Los machos alcanzan la madurez sexual a los 9 meses de vida (rango: 7-12 meses) (Christiansen 1984). La espermatogénesis se aprecia alrededor de las 20 semanas, y los primeros espermatozoides aparecen en el cordón espermático a las 30-36 semanas de vida (Verstegen 2000).

La secreción de LH está controlada por efectos de retroalimentación de la testosterona sobre la hipófisis anterior. Existe una considerable variación interindividual en las concentraciones de LH y testosterona (Goodrowe et al., 1989). Las concentraciones basales de testosterona son altas (alrededor de 4-8 ng/ml) en los machos intactos y los castrados (y en las gatas) (Verstegen 2000). La administración de un agonista exógeno de la GnRH (gonadorelina, Fertagyl®; uso empírico, 1-2 µg) o de gonadotropina coriónica humana (hCG, Chorulon®, 50-100 U.I.) provoca la secreción de LH y un ascenso consecuente en las concentraciones de testosterona circulantes (Verstegen 2000). Se alcanzan unas concentraciones máximas de 12-16 ng/ml 20-24 horas después de la administración.

8.2 Apareamiento

Durante el estro, la gata, al igual que durante el proestro, frota su cuello contra distintos objetos y las piernas de las personas. Normalmente, las gatas se agachan, colocan la cola a un lado y se bambolean y pisan fuertemente al llamar al macho. La vocalización, que suele implicar la emisión de gemidos graves, se da con más frecuencia que durante el proestro. Estos signos suelen pasar desapercibidos en las gatas que ya son de por sí afectuosas, aunque pueden ser interpretadas, por algunos propietarios, como un signo de enfermedad o dolor (Christiansen 1984; Feldman y Nelson 2004; Verstegen 2000).

Durante el apareamiento, el macho muerde con fuerza el cuello de la gata y la monta, sujetando el tórax de la hembra con sus patas delanteras. Generalmente, en esta fase ambos gatos pisan firmemente y la gata adopta una postura que hace que la región vulvar sea más accesible. El pene del macho suele apuntar hacia atrás, pero a medida que entra en erección se dirige

8 Reproducción felina

hacia delante. La penetración se ve seguida, rápidamente, de la eyaculación. Toda esta secuencia de eventos puede darse en tan sólo 30 segundos y rara vez dura más de 5 minutos. Cuando el macho retira el pene, la gata suele emitir un “grito copulatorio” alto y desgarrador, y el macho se retira a una distancia segura. El apareamiento suele repetirse 6-7 veces a intervalos variables, aunque, normalmente, bastante frecuentes hasta que la hembra ya no permite al macho que la monte. Los apareamientos pueden repetirse a lo largo de 2-4 días (Christiansen 1984; Feldman y Nelson 2004; Versteegen 2000).

8.3 Gestación

Se supone que en la gata la fertilización se produce en los oviductos y que los blastocistos migran hacia el útero 4-5 días después del apareamiento. Se cree que la implantación se da alrededor de los 15 días después del apareamiento.

La duración de la gestación es de 63 días (rango: 61-69 días) en condiciones controladas, pero puede oscilar entre los 56 y los 72 días (Feldman y Nelson 2004; Versteegen 2000). La variación en el intervalo que va del coito al parto quizás se explique mejor por el hecho de que el coito no siempre produce un pico ovulatorio y la ovulación, que por diferencias entre razas.

La gestación se confirma normalmente mediante la palpación abdominal: se pueden sentir fácilmente una serie de engrosamientos uterinos discretos, firmes y esféricos a los 17-25 días de gestación (Feldman y Nelson 2004; Versteegen 2000). Se pueden usar los ultrasonidos para detectar la gestación en un momento tan temprano como el día 11-15, y se pueden observar los latidos cardíacos a partir del día 22-24. Los esqueletos fetales pueden observarse mediante radiografía desde el día 38-43 en adelante. Las radiografías después del día 45 raramente darán lugar a resultados no concluyentes.

8.4 Parto

8.4.1 Parto normal

El parto en las gatas puede dividirse en tres fases. La primera etapa del mismo, que suele durar 24 horas, se caracteriza por

Reproducción felina 8

la intranquilidad, la vocalización y el comportamiento de hacer el nido. Algunas gatas ya de por sí afectuosas pueden mostrar signos de agresividad a medida que se acerca el momento del parto. Una vez que se inicia la segunda fase del parto, los gatitos nacen bastante rápidamente y con relativamente pocas contracciones abdominales. El nacimiento del primer gatito suele llevar 30-60 minutos, y el intervalo entre el nacimiento de los siguientes gatitos varía entre los 5 y los 60 minutos. La tercera fase del parto, la expulsión de las placentas, suele darse tras el nacimiento de cada gatito. La mayoría de las gatas cortarían el cordón umbilical, se comerán las placentas y limpiarán a los gatitos sin necesitar ayuda.

Existen unas pocas diferencias clave entre el parto del perro y del gato (Feldman y Nelson 2004; Verstegen, 2000):

- En el gato, la placenta es de color rojo-marrón (en el perro es verde oscura).
- El parto de la gata puede durar tan sólo 1 hora, aunque también puede durar hasta 1-2 días.
- Puede darse un parto retardado si existe estrés ambiental.
- La segunda etapa del parto puede dividirse en dos partes, descansando la gata hasta 12-24 horas entre la producción de dos grupos de gatitos (Christiansen 1984).

La raza y el estado corporal de la gata y el número de camadas producidas afectan al tamaño de la camada. El tamaño de la camada crece hasta el cuarto parto y luego desciende. El número de gatitos nacidos vivos por camada es de 4 (rango: 1-8) (Christiansen 1984; Root et al., 1995). La mortalidad hasta las 8 semanas de vida es de alrededor del 30% (rango: 15-45%; Root et al., 1995).

El proestro puede seguir rápidamente al parto o puede verse precedido de un periodo de anestro. Como media, las gatas entrarán en celo 4-8 semanas (rango: 1-21 semanas) después de parir una camada. El intervalo depende de la edad a la que son destetados los gatitos y, en los gatos con una estación no reproductiva, del momento del año en que han nacido los gatitos.

8.4.2 Distocia

La distocia es rara en las gatas. Ésta puede ser el resultado de factores maternos, como una pelvis congénitamente estrecha,

8 Reproducción felina

fracturas pélvicas mal tratadas, la torsión uterina o la inercia uterina, que pueden estar asociadas a la obesidad, o a factores fetales, como un tamaño excesivo relativo del feto y una mala presentación. Se debería pensar en poner remedio si se dan esfuerzos improductivos por parir durante más de 1 hora o si se observa una gran cantidad de secreción vaginal manchada de sangre (Feldman y Nelson 2004). Si un gatito se encuentra en la vagina, puede resultar posible retirarlo manualmente, aunque esta operación debe llevarse a cabo con cuidado.

Si se sospecha de una inercia uterina en gatas con camadas pequeñas, la oxitocina (Oxytocin-S®, Intertocin-S®) a una dosis de 2-4 U.I./gata mediante inyección intravenosa o intramuscular puede ser de ayuda (Feldman y Nelson 2004). Si esto no surte efecto, se puede repetir el tratamiento 20 minutos después administrando 1-2 ml de gluconato de calcio al 10%, que puede verse seguido, al cabo de 20 minutos, de 2 ml de dextrosa al 50% por vía intravenosa y un tratamiento posterior con oxitocina (Feldman y Nelson 2004). Si sigue sin surtir efecto, debería efectuarse una cesárea.

8.5 Apareamiento no deseado y prevención de la implantación

No se suele solicitar a los veterinarios que traten un apareamiento no deseado o que den por concluida una gestación no deseada en los gatos, ya que la gestación suele pasar desapercibida. Se dispone de distintas opciones tras intentar determinar si hubo o no un apareamiento. Estos métodos, con la excepción de una única dosis oral (2 mg) del progestágeno acetato de megestrol durante el estro (Feldman y Nelson 2004), suelen llevarse a cabo tras haberse confirmado la gestación. La resección quirúrgica del útero tras la confirmación de la gestación es posible, pero no resulta adecuada para las gatas reproductoras.

Agonistas de la dopamina y/o prostaglandinas

La cabergolina (un agonista de la dopamina) administrada en el alimento a una dosis de 0,005-0,015 mg/kg una vez al día desde el día 36 hasta el final de la gestación (generalmente unos pocos días) (Jöchle y Jöchle 1993). La cabergolina por sí sola puede no ser eficaz cuando el tratamiento se inicia a finales

de la gestación (después del día 45) (Erüna-Maral et al., 2004) siendo necesarios 9 o más días de tratamiento y dándose como resultado el parto prematuro de gatitos vivos y una lactación insuficiente (Jöchle y Jöchle 1993). La eficacia puede incrementarse combinando la cabergolina (0,005 mg/kg por vía oral una vez diaria) junto con un análogo sintético de la prostaglandina $F_{2\alpha}$, como el cloprostenol (0,005 mg/kg cada 2 días por inyección subcutánea) (Onclin y Verstegen 1997).

Antagonistas de los receptores de la progesterona

La aglepristona (antagonista de los receptores de la progesterona) administrada por vía subcutánea a una dosis de 10 mg/kg los días 25 y 26 después del apareamiento fue eficaz para dar por concluida la gestación al cabo de alrededor de 5 días (rango: 4-7 días) tras el inicio del tratamiento en el 87% de las gatas (n=23) sometidas al estudio (Georgiev y Wehrend 2006). Se observó, infrecuentemente, prurito en el lugar de la inyección inmediatamente después de la misma, y este fue el único efecto colateral reportado (Georgiev y Wehrend 2006).

8.6 Control de la reproducción

Aunque los métodos quirúrgicos (gonadectomía: ovariopsectomía (esterilización) y castración) son usados ampliamente para controlar la reproducción en los gatos, este enfoque no resulta adecuado para los animales reproductores. A la hora de la verdad, los propietarios de mascotas pueden mostrar reticencia a la cirugía (Kutzler y Wood 2006).

8.6.1 Métodos quirúrgicos

La ovariopsectomía (esterilización), que consiste en la completa eliminación de los ovarios, generalmente junto con el útero, es el método de elección de las gatas a las que no se tiene intención de usar como reproductoras. La castración, que consiste en la completa eliminación de ambos testículos, es el método de elección para los machos a los que no se tiene intención de hacer criar. Los métodos quirúrgicos son relativamente baratos y suelen ser muy seguros y estar libres de efectos secundarios, especialmente si se llevan a cabo alrededor de la pubertad.

8 Reproducción felina

La esterilización a una edad temprana, conocida también con el nombre de gonadectomía prepubertal, ha ganado popularidad en algunos países, especialmente en Estados Unidos. La esterilización a una edad temprana no parece afectar negativamente al crecimiento, pero puede alterar el ritmo metabólico de los gatos (Olson et al., 2001; Root Kustritz y Olson 2000). Hasta la fecha, los efectos adversos no parecen ser mayores en los animales esterilizados a una edad temprana (7 semanas) que en los esterilizados a una edad convencional (>4 meses de edad, alrededor de la pubertad) (Olson et al., 2001; Root Kustritz y Olson 2000).

8.6.2 Métodos no quirúrgicos

Se dispone de varios métodos no quirúrgicos para el control de la reproducción en los gatos. En las gatas se dispone de dos métodos: la inducción de la ovulación o la supresión o el retraso del estro mediante el uso de hormonas. Actualmente no existe una alternativa adecuada a la esterilización quirúrgica en los machos.

8.6.2.1 Inducción de la ovulación sin cópula

Gonadotropina coriónica humana

Existe una respuesta lineal entre la dosis de hCG y la respuesta ovulatoria en la gata dentro del rango de dosis que va de 0 a 500 U.I. (Wildt y Seager 1978). Generalmente, se administra una dosis de 50-250 U.I. de hCG mediante inyección intravenosa o intramuscular para inducir la ovulación, y esto también retrasa las llamadas al macho subsiguientes (Verstegen 2000). Se trata de un medio seguro y relativamente eficaz de eliminar las llamadas en las gatas con estro estacional. Con este régimen, los signos conductuales del estro se detienen al cabo de 1-2 días de la inyección y la siguiente llamada al macho no tiene lugar hasta el inicio de la siguiente estación. En las gatas con una estacionalidad menos marcada los resultados no son tan duraderos pero, una vez se ha conseguido una pausa en las llamadas se puede esterilizar a la hembra o se puede iniciar una terapia con progestágenos.

Estimulación vaginal

Se ha sugerido la estimulación mecánica de la vagina usando un bastoncillo de vidrio o un objeto similar introducido por lo menos 4-8 veces a intervalos de 5-20 minutos durante 2,5 segundos cada vez (Feldman y Nelson 2004). Esta acción no acortará el período del estro, pero si tiene éxito retrasará el inicio del siguiente estro.

8.6.2.2 Retraso o supresión del estro mediante el uso de progestágenos

Los progestágenos son hormonas esteroideas exógenas que han sido usadas ampliamente durante muchos años en las gatas. No obstante, gran parte de los datos disponibles se basan en la extrapolación de su uso en perras (Kutzler y Wood 2006). La proligestona (Covinan®) es un progestágeno único (de segunda generación) que tiene una actividad progestágena más débil que otros progestágenos sintéticos. En las gatas, la proligestona actúa, principalmente, como antigonadotropina.

Hay tres formas en que se pueden usar los progestágenos para controlar el estro en las gatas. Sin embargo, la terapia con progestágenos debería iniciarse, en condiciones ideales, en el anestro (Feldman y Nelson 2004), para minimizar el riesgo de inducir efectos colaterales adversos.

- Retraso permanente: dosis repetidas iniciadas en el anestro o en el interestro.
- Retraso temporal: administración durante el anestro o el interestro para retrasar el siguiente estro.
- Supresión: la administración de progestágenos tan pronto como se observan los signos de llamada al macho suprimen las llamadas e intentan evitar la concepción durante esa llamada si se diera un apareamiento.

La administración de cualquier progestágeno, especialmente durante un período prolongado, puede dar como resultado la hiperplasia quística endometrial (HQE), la piometra o la hiperplasia y/o neoplasia mamaria, la diabetes mellitus y otros efectos colaterales, como la depresión y un aumento del apetito (Feldman y Nelson 2004; Kutzler y Wood 2006).

8 Reproducción felina

Retraso del estro

Se pueden usar progestágenos de primera generación, ej. las inyecciones “depot” de acetato de medroxiprogesterona (MPA) o comprimidos que contengan MPA o acetato de megestrol (MA) para retrasar las llamadas al macho. Las inyecciones “depot”, administradas generalmente cada 6 meses, tienen la ventaja de su comodidad, pero la aparición de las siguientes llamadas al macho es impredecible, ya que la duración de su efecto puede variar ampliamente entre una gata y otra. Los comprimidos que contienen MPA o MA (ej. 5 mg por gata) se administran oralmente, ya sea a diario o una vez por semana, para retrasar las llamadas al macho (Kutzler y Wood 2006).

La proligestona (progestágeno de segunda generación) puede usarse para el retraso permanente del estro en las gatas con un régimen de dosis similar al aconsejable para las perras, principalmente inyecciones (1 ml por gata) a intervalos de 3, 4 y 5 meses. Si se espera que el momento de la siguiente dosis de, por ejemplo, proligestona y la estación reproductiva coincidan, es aconsejable acortar el tiempo entre inyecciones a 4 meses. De hecho, puede resultar necesario administrar el tratamiento cada 4 meses para evitar brechas durante el periodo en el que hay una influencia estacional intensa, especialmente en las gatas que muestran una actividad reproductora estrictamente estacional. De forma similar, puede que las gatas alojadas junto con otras gatas intactas necesiten un régimen de tratamiento más intenso. Es desaconsejable un incremento de la dosificación.

Supresión del estro

Los progestágenos (de primera generación) administrados por vía oral resultan adecuados para la prevención del estro una vez se han observado los signos de la llamada al macho. Esto se consigue administrando una dosis bastante alta de un progestágeno activo por vía oral durante un corto periodo de tiempo (1-3 días), iniciando la administración tan pronto como se observen los signos de la llamada al macho. Frecuentemente, la gata dejará de mostrar signos de comportamiento sexual tras sólo una dosis, pero puede llevar más tiempo.

Frecuentemente, el retraso del estro, en lugar de su supresión, es el método de elección en el caso de que se planee la reproducción.

Tras la inyección de proligestona, un progestágeno de segunda

Reproducción felina 8

generación (1 ml por gata), al inicio de las llamadas al macho, los signos del estro generalmente desaparecerán al cabo de 1-4 días, pero en unos pocos casos, esta respuesta puede no observarse durante 7 días. Las gatas aún pueden concebir durante unos pocos días tras la administración de la proligestona, incluso aunque los signos del estro ya hayan desaparecido. El contacto con los machos debería, por tanto, evitarse siempre que sea posible durante los cinco primeros días tras la inyección en esta fase del ciclo estral.

Retorno al estro

La recidiva de las llamadas al macho tras el tratamiento es muy variable. No es posible determinar con precisión cuándo volverá a llamar una gata al macho tras el retraso del estro con progestágenos.

Tras la administración de un progestágeno de primera generación activo por vía oral (MA o MPA) para el retraso del estro, las gatas pueden llamar al macho poco después de acabar la dosificación, pero es más normal que se dé un retraso de 2-3 meses. Generalmente, las gatas llaman al macho antes en el caso de la supresión del estro que en el de su retraso, siendo usual que esto suceda 4 semanas después de finalizar el tratamiento. Esto significa que sólo existe un ligero retraso en comparación con el intervalo normal entre ciclos.

En el caso de los preparados inyectables es incluso más difícil decir cuándo volverá una hembra al estro. Tras el tratamiento con proligestona (progestágeno de segunda generación), la mayoría de las gatas volverán a llamar al macho 6-7 meses después de la administración. Es importante recordar que tras la supresión o el retraso del estro, el inicio subsiguiente de las llamadas al macho dependerá del momento del año. Si la gata es tratada al final de la estación reproductiva, la siguiente llamada al macho puede no darse hasta el inicio del siguiente ciclo reproductivo, y dichas llamadas podrían retrasarse hasta seis meses.

Seguridad

Los progestágenos de primera generación están asociados con una incidencia bastante alta de efectos colaterales (Kutzler y Wood 2006), como la HQE, la piometra o la hiperplasia y/o neoplasia mamaria, la *diabetes mellitus* y otros efectos colaterales, como la depresión y un aumento del apetito. La proligestona

8 Reproducción felina

(progestágeno de segunda generación) no promovió el desarrollo de trastornos uterinos o neoplasias mamarias durante pruebas clínicas extensas en perros (Van Os et al., 1981). Los progestágenos están contraindicados en las gatas con una infección del tracto genital.

8.6.3 Alternativas para el control de la reproducción en los gatos

Se han estudiado varias alternativas para el control no quirúrgico de la reproducción en los gatos. Algunos de estos enfoques se han revisado recientemente (Kutzler y Wood 2006) y algunos de ellos se resumen a continuación. La búsqueda de una alternativa no quirúrgica adecuada para controlar las poblaciones felinas continúa.

Vasectomía química

Se ha probado la inyección intraepididimaria de digluconato de clorhexidina al 4,5% en gatos (Poineda y Doohey 1984). Aunque esto esterilizó a los gatos con éxito, la administración estaba asociada con dolor e hinchazón durante hasta 2 semanas después de la inyección y con la formación de granulomas intraepididimarios. Este enfoque no ha hallado una amplia aceptación.

Agonistas de la GnRH

La exposición continuada a la GnRH reduce la secreción de gonadotropinas estimulada por la GnRH mediante la regulación descendente y la internalización de los receptores de la GnRH y el desacoplamiento de la señal. Esto puede usarse para dar lugar a una anticoncepción reversible (Kutzler y Wood 2006).

Inmunoanticoncepción

Se han identificado varios objetivos (incluyendo la LH y sus receptores, la zona pelúcida del ovocito y la GnRH) como objetivos adecuados para una vacuna inmunoanticonceptiva. La inmunoanticoncepción parece ofrecer algunas expectativas para el control de la reproducción en gatos, y se esperan avances en este campo. A continuación presentamos algunos de los objetivos inmunológicos y su uso en gatos.

Reproducción felina 8

Las vacunas contra la zona pelúcida del ovocito se han usado con éxito en muchas especies, pero hasta la fecha han resultado ser problemáticas en las gatas (Kutzler y Wood 2006; Levy et al., 2005). La vacunación de gatas con una vacuna contra los receptores de la LH ha demostrado suprimir el estro durante más de 11 meses mediante la supresión de la función del cuerpo lúteo (Saxena et al., 2003).

El desarrollo de vacunas contra la GnRH ha sido problemático, debido principalmente a la mala inmunogenicidad de la GnRH. En los machos, una única inyección de GnRH sintética junto con hemocianina extraída de la lapa californiana (*Megathura crenulata*) y combinada con un adyuvante micobacteriano para potenciar la inmunogenicidad resultó ser eficaz (concentraciones basales de testosterona y atrofia testicular) durante entre 3 y 6 meses en las dos terceras partes de los nueve gatos sometidos a la prueba (Levy et al., 2004). Un antígeno de GnRH recombinante ha demostrado producir, en los gatos, unos títulos anti-GnRH biológicamente relevantes durante 20 meses tras la administración en dos ocasiones a gatos de entre 8 y 12 semanas de vida (Robbins et al., 2004). La revacunación tras 20 meses dio como resultado una respuesta anamnésica importante.

8.7 Trastornos del tracto reproductor

8.7.1 Gatas

8.7.1.1 Complejo de la hiperplasia quística endometrial-piometra

Este trastorno es menos común en los gatos que en los perros (Verstegen 2000). Se ve con más frecuencia en las gatas de 5 o más años (Potter et al., 1991), debido esto, presumiblemente, a las concentraciones elevadas de progesterona que se dan durante la pseudogestación en las gatas no gestantes (Christiansen 1984; Verstegen 2000). El complejo de la HQE-piometra también puede ser provocado yatrogénicamente por la administración de hormonas exógenas, especialmente los progestágenos de primera generación.

Las gatas con el complejo de la HQE-piometra no siempre muestran signos clínicos. Éstos pueden ser un hallazgo casual du-

8 Reproducción felina

rante la ovariectomía rutinaria en las gatas (Potter et al., 1991). Si existen signos clínicos, serán menos marcados que en la perra (Kenney et al., 1987) y suelen incluir la secreción vaginal, la distensión abdominal, la deshidratación, un útero palpable y la pirexia (Kenney et al., 1987).

Tratamiento quirúrgico

La cirugía (ovariectomía) es el tratamiento de elección, especialmente en los casos graves.

Tratamiento médico

Puede intentarse el tratamiento médico (p. ej. usando prostaglandinas naturales o antagonistas de los receptores de la progesterona) (Davidson et al., 1992), pero rara vez es el tratamiento de elección. Pueden apreciarse efectos secundarios por el tratamiento con prostaglandinas (Christiansen 1984; Feldman y Nelson 2004) y se ha reportado que las dosis bajas y repetidas de PGF_{2α} se toleran mejor (Verstegen, 2000). Un estudio pequeño y preliminar con aglepristona (antagonista de los receptores de la progesterona) (dos dosis de 10 mg/kg separadas 24 horas) sugiere que este agente es eficaz y está libre de efectos secundarios en los gatos (Hecker et al., 2000).

8.7.1.2 Incapacidad de ciclar

Puede darse un anestro aparentemente prolongado por una mala detección del celo y un mal manejo, aunque puede ser consecuencia de la administración de progestágenos (Verstegen 2000). Las gatas con un comportamiento reproductor estrictamente estacional pueden tener una respuesta peor que cuando se intenta la inducción del celo durante el anestro. Cuanto más cerca del momento del inicio de la estación reproductiva se administre el tratamiento, mejores serán los resultados. El estrés, la malnutrición, las enfermedades sistémicas, los extremos de temperatura, una iluminación insuficiente (falta de exposición a la luz diurna), los problemas yatrogénicos (administración de progestágenos o glucocorticoides) o los folículos quísticos provocan el fracaso del estro en las gatas. El estro silencioso puede venir como resultado de una densidad excesiva, especialmente en el caso de las gatas muy subordinadas en la escala jerárquica (Feldman y Nelson 2004).

Tratamiento

El tratamiento escogido dependerá de la causa subyacente. Es importante eliminar las causas funcionales, anatómicas e infecciosas antes de iniciar el tratamiento con hormonas exógenas. El ajuste del patrón de iluminación (exposición a 14 horas de luz diurna/día o a 12 horas/día tras un periodo de días más cortos) y/o el alojamiento con otras gatas que estén ciclando pueden tener éxito (Christiansen 1984). La estimulación de la actividad ovárica mediante la inducción del estro usando 150 U.I. de gonadotropina sérica de yegua gestante (PMSG/eCG, Folligon®) seguida, 3-4 días más tarde, de 100 U.I. de hCG, ambas por inyección intramuscular, puede tener éxito (Donoghue et al., 1993; Swanson et al., 1997). Unas dosis mayores de PMSG/eCG pueden provocar la hiperestimulación ovárica y el desarrollo de folículos quísticos y unos perfiles endocrinológicos anómalos (Wildt et al., 1978; Cline et al., 1980).

8.7.1.3 Síndrome de los restos ováricos

Este problema viene definido como la presencia de tejido ovárico funcional a pesar de una ovariectomía previa (esterilización). El síndrome de los restos ováricos se manifiesta en forma de un comportamiento propio del estro de intensidad variable con o sin un patrón estacional. En las gatas afectadas, el inicio del comportamiento propio del estro puede darse entre días y años después de la esterilización (Johnston et al., 1996).

La laparotomía exploratoria puede llevarse a cabo cuando la gata se encuentra en la fase de estro comportamental. No obstante, esto está asociado con un mayor riesgo de hemorragias. Es más ventajoso llevar a cabo este procedimiento quirúrgico 2-3 semanas después, y especialmente después de la inducción de la ovulación con hCG (250 U.I./gata) o con un agonista de la GnRH (0,025 mg/gata) (Johnston et al., 1996). El mayor riesgo de hemorragias se verá entonces eliminado por el inicio de la pseudogestación, y los cuerpos lúteos formados hacen que la búsqueda del fragmento de tejido ovárico todavía presente resulte bastante más sencilla.

8 Reproducción felina

8.7.1.4 Hipertrofia mamaria

La hipertrofia mamaria (también conocida como fibroadenomatosis o hiperplasia fibroadenomatosa) es una hiperplasia de las glándulas mamarias. Se cree que las concentraciones descendentes de progesterona (endógena o exógena) estimulan la producción de prolactina lo que, a su vez, estimula el crecimiento del tejido mamario (Feldman y Nelson 2004). Este problema es progesterona-dependiente y se desarrolla en las gatas en la postovulación (incluyendo a las gatas gestantes) y en las tratadas con progesterona y también, ocasionalmente, en machos.

La fibroadenomatosis se caracteriza por una proliferación rápida del estroma mamario y del epitelio del conducto de una o más glándulas y afecta predominantemente a gatas jóvenes. El cuadro clínico es, generalmente, variable y oscila entre un engrosamiento leve y una hiperplasia extremadamente pronunciada de todas las glándulas mamarias (Feldman y Nelson 2004). Los signos clínicos suelen incluir la ulceración cutánea, dolor en las glándulas mamarias, el aletargamiento, la anorexia y la taquicardia (Görlinger et al., 2002).

Como este problema es progesterona-dependiente, no se deberían administrar progestágenos a las gatas con un historial de engrosamiento de las glándulas mamarias ni antes de su primer celo. Las gatas con un historial de engrosamiento de las glándulas mamarias deberían ser esterilizadas, ya que la progesterona endógena también puede provocar este trastorno.

Tratamiento

Las opciones de tratamiento incluyen la retirada del tratamiento con progestágenos, la extirpación quirúrgica de los ovarios (ovariectomía) o la administración de un bloqueante de los receptores de la progesterona o de un agonista de la dopamina.

Si el trastorno es grave, pueden resultar necesarias la cirugía radical o la eutanasia. En los casos moderados, la esterilización puede ser eficaz, pero el trastorno generalmente se resolverá espontáneamente con la regresión de los cuerpos lúteos o la retirada/eliminación del progestágeno.

Se ha reportado que la administración subcutánea de aglepristona (bloqueante de los receptores de la progesterona) durante

Reproducción felina 8

uno (20 mg/kg) o dos días consecutivos (10 mg/kg/día) una vez por semana durante 1-4 semanas es eficaz (Görlinger et al., 2002). También se ha reportado que la bromocriptina (agonista de la dopamina) (0,25 mg una vez al día durante 5-7 días por vía oral) también es eficaz, pero está asociado a efectos secundarios marcados (Feldman y Nelson 2004).

8.7.2 Machos

8.7.2.1 Marcaje territorial (conducta sexual inadecuada)

Se ha reportado que el 10% de todos los gatos muestra marcaje territorial en la edad adulta (Dehasse 1997). Los veterinarios deben distinguir cuidadosamente entre la micción inadecuada y el marcaje territorial. Los gatos macho rocían orina como medio químico de comunicación y para marcar el territorio. Esta actividad, que puede ser llevada a cabo por machos enteros y castrados (y que también puede darse en las hembras) debería diferenciarse cuidadosamente de la micción normal y la anormal relacionada con la enfermedad del tracto urinario inferior felino.

Adiestramiento conductual

Tras haber llegado al diagnóstico correcto, la clave para el tratamiento exitoso consiste en la introducción de cambios del ambiente y del comportamiento. El adiestramiento conductual tiene como objetivo reducir el estrés y hacer disminuir el comportamiento territorial y el marcaje y fomentar una relación positiva con el gato.

Tratamiento adicional

La castración de los machos enteros suele provocar que el marcaje territorial disminuya o cese y, al mismo tiempo, hará que la orina tenga un olor menos pungente. Esto no es universalmente eficaz: se ha reportado que los porcentajes de efectividad son de alrededor del 78% (Hart y Barrett 1973).

La administración de progestágenos es a veces eficaz en los machos enteros y los castrados (Christiansen 1984). La medicación puede administrarse continua o intermitentemente. Se cree que el modo de acción es mediante un *feedback* negativo sobre el

8 Reproducción felina

hipotálamo y un efecto calmante vía córtex cerebral. Los compuestos progestacionales están asociados con una amplia gama de efectos secundarios que incluyen hiperplasia y/o neoplasia mamaria, diabetes mellitus y otros efectos secundarios, como depresión e incremento del apetito tanto en los machos como las hembras enteros o castrados. Se ha reportado que la depresión y el aumento del apetito se dan más comúnmente tras el tratamiento con MA (Hart 1980) y, probablemente, este agente debería evitarse en el caso de indicaciones de tipo comportamental.

También se ha reportado que algunos fármacos sedantes o psicotrópicos son de ayuda. El diazepam (benzodiacepina) se ha usado con éxito a corto plazo, pero no es eficaz a largo plazo, retornando más del 90% de los gatos tratados al rociado de orina o al marcaje territorial cuando el tratamiento se iba suspendiendo gradualmente (Cooper y Hart 1992). Se ha reportado que la buspirona (fármaco ansiolítico no-benzodiacepina) es más eficaz que el diazepam. El 50% de los gatos volvieron a marcar el territorio tras suspender el tratamiento después de 2 meses (Hart et al., 1993). Se ha reportado que el tratamiento a largo plazo con buspirona es seguro en el caso de los gatos (Hart et al., 1993). Se ha reportado que el antidepresivo tricíclico clomipramina (0,25-0,5 mg/kg dos veces al día) es eficaz en más del 75% de los casos (Dehasse 1997).

Se ha observado que el tratamiento con feromonas es eficaz en un porcentaje similar de los casos al administrarlo mediante un aerosol (Frank et al., 1999) o un difusor (Mills y Mills 2001). También se ha visto que el hidrocloreto de fluoxetina (inhibidor selectivo de la reabsorción de la serotonina) es un tratamiento eficaz, pero estaba asociado con una reducción en la ingesta de alimento en casi la mitad de los gatos tratados (Pryor et al., 2001).

8.7.2.2 Criptorquidia o restos testiculares

En los machos, los testículos normalmente han descendido y están presentes en el escroto en el momento del nacimiento (Feldman y Nelson 2004; Verstegen 2000) y pueden palparse fácilmente a las 6-8 semanas de vida. La criptorquidia unilateral o bilateral se da, pero es relativamente rara en los gatos. El testículo o testículos retenidos pueden estar situados intraabdo-

minalmente o en el canal inguinal. Este problema se considera hereditario y por ello, y porque existe algún riesgo de que los testículos retenidos se tornen neoplásicos, su eliminación quirúrgica es el tratamiento de elección.

Prueba de estimulación con GnRH o hCG

Se puede llevar a cabo una prueba de estimulación con GnRH o hCG para comprobar la existencia de tejido testicular funcional. Un incremento positivo y significativo en la concentración de testosterona 60 minutos después de la inyección intravenosa de 0,001-0,002 mg/kg de un agonista de la GnRH o de 50-100 U.I. de hCG por gato diagnostica la presencia de tejido testicular (Verstegen 2000). La ausencia de espinas queratinizadas hormona-dependientes en el pene, una prueba que es fácil y rápida de llevar a cabo, sugiere igualmente una castración previa (Verstegen 2000).

8.8 Referencias bibliográficas

- Christiansen IBJ.** In Reproduction in the dog and cat. London: Bailliere Tindall 1984
- Cline EM., Jennings LL., Sojka NL.** Breeding laboratory cats during artificially induced estrus. *Lab Anim Sci* 1980; 30(6): 1003-1005
- Concannon P., Hodgson B., Lein D.** Reflex LH release in estrous cats following single and multiple copulations. *Biology Repro* 1980;23:111-117.
- Davidson AP., Feldman EC., Nelson RW.** Treatment of pyometra in cats, using prostaglandin F_{2α}: 21 cases (1982-1990). *J Am Vet Med Assoc* 1992;200:825-828.
- Dehasse J.** Feline urine spraying. *Appl Anim Behav Sci* 1997;52:365-371.
- Donoghue AM., Johnston LA., Goodrowe KL., O'Brien SJ., Wildt DE.** Influence of day of oestrus on egg viability and comparative efficiency of in vitro fertilization in domestic cats in natural or gonadotrophin-induced oestrus. *J Reprod Fertil* 1993;98:58-90.
- Erünal-Maral N., Aslan S., Findik M., Yüksel N., Handler J., Arbeiter K.** Induction of abortion in queens by administration of cabergoline (Galastop™) solely or in combination with the PGF_{2α} analogue Alfaprostol (Gabbrostim™). *Theriogenology* 2004;61:1471-1475.
- Feldman EC., Nelson RW.** Feline reproduction. In *Canine and Feline Endocrinology and Reproduction*. Philadelphia: WB Saunders, 2004;3rd edn:pp. 1016-1043.
- Frank DF., Erb HN., Houpt KA.** Urine spraying in cats: Presence of concurrent disease and effects of a pheromone treatment. *Appl Anim Behav Sci* 1999;61:263-272.
- Georgiev P., Wehrend A.** Mid-gestation pregnancy termination by the progesterone antagonist aglepristone in queens. *Theriogenology* 2006;65: 1401-1406.
- Goodrowe KL., Howear JG., Schmidt PM., Wildt DE.** Reproductive biology of

8 Reproducción felina

the domestic cat with special reference to endocrinology, sperm function and in vitro fertilisation. *J Reprod Fert Suppl* 1989;30:73-90.

Görlinger S., Kooistra HS., Van Den Broek A., Okkens AC. Treatment of fibroadenomatous hyperplasia in cats with aglepristone. *J Vet Intern Med* 2002;16:710-713.

Gudermuth DF., Newton L., Daels P., Concannon P. Incidence of spontaneous ovulation in young, group-housed cats based on serum and faecal concentrations of progesterone. *J Reprod Fert Suppl* 1997;51:177-184.

Hart BL. Objectionable urine spraying and urine marking in cats: Evaluation of progestin treatment in gonadectomized males and females. *J Am Vet Med Assoc* 1980;177:529-533.

Hart BL., Barrett RE. Effects of castration on fighting, roaming, and urine spraying in adult male cats. *J Am Vet Med Assoc* 1973;163:290-292.

Hart BL., Eckstein RA., Powell KL., Dodman NH. Effectiveness of buspirone on urine spraying and inappropriate urination in cats. *J Am Vet Med Assoc* 1993;203:254-258.

Hecker BR., Wehrend A., Bostedt H. Treatment of pyometra in cats with the progesterone-antagonist aglepristone. *Kleintierpraxis* 2000;45:845-848.

Jöchle W., Jöchle M. Reproduction in a feral cat population and its control with a prolactin inhibitor, cabergoline. *J Reprod Fert Suppl* 1993;47:419-424.

Johnson LM., Gay VL. Luteinizing hormone in the cat. II. Mating-induced secretion. *Endocrinology* 1981;109:247-252.

Johnston SD., Root MV., Olson PNS. Ovarian and testicular function in the domestic cat: clinical management of spontaneous reproductive disease. *Anim Reprod Sci* 1996;42:261-274.

Kenney KJ., Matthiesen DT., Brown NO., Bradley RL. Pyometra in cats: 183 cases (1979-1984). *J Am Vet Med Assoc* 1987;191:1130-1132

Kutzler M., Wood A. Non-surgical methods of contraception and sterilization. *Theriogenology* 2006; in press

Lawler DF., Johnston SD., Hegstad RL., Keltner DG., Owens SF. Ovulation without cervical stimulation in domestic cats. *J Reprod Fert Suppl* 1993;47:57-61

Levy JK., Miller LA., Cynda Crawford P., Ritchet JW., Ross MK., Fagerstone KA. GnRH immunocontraception of male cats *Theriogenology* 2004;62:1116-1130.

Levy JK., Mansour M., Crawford PC., Pohajdak B., Brown RG. Survey of zona pellucida antigens for immunocontraception of cats. *Theriogenology* 2005;63:1334-1341.

Leyva H., Madley T., Stabenfeldt GH. Effect of light manipulation on ovarian activity and melatonin and prolactin secretion in the domestic cat. *J Reprod Fert Suppl* 1989a;39:125-a33.

Leyva H., Madley T., Stabenfeldt GH. Effect of melatonin on photoperiod responses, ovarian secretions of oestrogen and coital responses in the domestic cat. *J Reprod Fert Suppl* 1989b;39:135-142.

Mills DS., Mills CB. Evaluation of a novel method for delivering a synthetic analogue of feline facial pheromone to control urine spraying by cats. *Vet Rec* 2001;149:197-199.

Onclin K., Verstegen J. Termination of pregnancy in cats using a combination of cabergoline, a new dopamine agonist, and a synthetic PGF2 alpha, cloprostenol. *J Reprod Fert Suppl* 1997;51:259-263.

Olson PN., Kustritz MV., Johnston SD. Early-age neutering of dogs and cats in the United States (a review). *J Reprod Fert Suppl* 2001;57:223-232.

Pineda MH., Dolley MP. Surgical and chemical vasectomy in the cat. *Am J Vet Res* 1984;45:291-300.

Potter K., Hancock DH., Gallina AM. Clinical and pathologic features of endometrial hyperplasia, pyometra, and endometritis in cats: 79 cases (1980-1985).

- J Am Vet Med Assoc 1991;198:1427-1431.
- Pryor PA., Hart BL., Cliff KD., Bain MJ.** Effects of a selective serotonin reuptake inhibitor on urine spraying behavior in cats. J Am Vet Med Assoc 2001;219:1557-1561
- Robbins SC., Jelinski MD., Stotish RL.** Assessment of the immunological and biological efficacy of two different doses of a recombinant GnRH vaccine in domestic male and female cats (*Felis catus*). J Reprod Immunol 2004;64:107-119.
- Root Kustritz MV., Olson PN.** Early spay and neuter. In SJ Ettinger, EC Feldman Eds Textbook of Veterinary Internal Medicine 5th edn. Saunders 2000; pp. 1539-1541.
- Root MV., Johnston SD., Olson PN.** Estrous length, pregnancy rate, gestation and parturition lengths, litter size, and juvenile mortality in the domestic cat. J Am Anim Hosp Assoc 1995; 31: 429-433.
- Saxena BB., Clavio A., Sigh M., Rathnam P., Bukharovich EY., Reimers Jr TJ., Saxena A., Perkins S.** Effect of immunization with bovine luteinizing hormone receptor on ovarian function in cats. Am J Vet Res 2003;64:292-298.
- Schmidt PM., Chakraborty PK., Wildt DE.** Ovarian activity, circulating hormones and sexual behaviour in the cat. II. Relationship during pregnancy, parturition, lactation and the post-partum oestrus. Biol Reprod 1983;28:657-671.
- Swanson WF., Wolfe BA., Brown JL., Martin-Jimenez T., Riviere JE., Roth TL., Wildt DE.** Pharmacokinetics and ovarian-stimulatory effects of equine and human chorionic gonadotropins administered singly and in combination in the domestic cat. Biology Reprod 1997;57:295-302.
- Van Os JL., van Laar PH., Oldenkamp EP., Verschoor JSC.** Oestrus control and the incidence of mammary nodules in bitches, a clinical study with two progestagens. Vet Q 1981;3:46-56.
- Verhage HG., Beamer NB., Brenner RM.** Plasma levels of oestradiol and progesterone in the cat during poly-oestrus, pregnancy and pseudo-pregnancy. Biol Reprod 1976;14:579-585.
- Verstegen J.** Feline Reproduction In SJ Ettinger, EC Feldman Eds Textbook of Veterinary Internal Medicine 5th edn. Saunders 2000; pp. 1585-1598.
- Verstegen JP., Onclin K., Silva LD., Wouters-Ballman P., Delahaut P., Ectors F.** Regulation of progesterone during pregnancy in the cat: studies on the roles of corpora lutea, placenta and prolactin secretion. J Reprod Fertil Suppl 1993;47:165-173.
- Wildt DE., Chan SYW., Seager SWK., Chakraborty PK.** Ovarian activity, circulating hormones, and sexual behavior in the cat. I. Relationships during the coitus-induced luteal phase and the estrous period without mating. Biology Repro 1981;25:15-28.
- Wildt DE., Kinney GM., Seager SWJ.** Gonadotrophin-induced reproductive cyclicity in the domestic cat. Lab Anim Sci 1978;28:301-307.
- Wildt DE., Seager SWJ.** Ovarian response in the estrual cat receiving varying dosages of hCG. Hormone Res 1978;3:144-150.

8 Reproducción felina

9 La reproducción en el Búfalo

9.1 Introducción

El búfalo doméstico, *Bubalus bubalis*, es una especie perteneciente a la familia Bovidae. La población de búfalos está en continuo aumento: se estimó que era de 160 millones en 2002 (FAO, 2003), más del 95% de los cuales viven en Asia, dónde desempeñan un importante papel en las producciones animales rurales, proporcionando fuerza de tiro y leche y carne. En las últimas décadas, la ganadería de búfalos ha aumentado ampliamente en las regiones mediterráneas y en América Latina.

El búfalo de pantano o carabao del sudeste asiático (Indonesia, Malasia, Tailandia y Australia) tiene 48 pares de cromosomas. Es usado, principalmente, por su fuerza de tiro y no es un buen productor de leche.

Los búfalos de río de Murrah y Surti (India, Pakistán) tienen 50 pares de cromosomas y una mayor producción de leche, que tiene un contenido en grasa muy alto (8%). La mayoría de los animales son tenidos en pequeñas granjas en las aldeas y bajo sistemas de manejo tradicionales. No obstante, en algunos países, como Italia y Brasil, hay explotaciones que se están dedicando a la producción, a gran escala, de leche de búfala y beneficiándose del control general de la producción y la reproducción.

9.2 Fisiología

Los órganos reproductores de los búfalos son de menor tamaño, aunque bastante similares a los de las vacas.

El ovario de la búfala, que es de menor tamaño que el de la vaca, es más alargado, y el cuerpo lúteo no sólo tiene un tamaño menor, sino que, además, suele encontrarse a mayor profundidad en el estroma ovárico.

La pubertad del búfalo es más tardía que la del vacuno, y la edad a la pubertad varía ampliamente, oscilando desde los 16-22 hasta los 36-40 meses en distintos países. En condiciones de campo, el primer estro se da entre los 24 y los 36 meses de edad. En el caso de los animales bien alimentados, la pubertad puede alcanzarse antes de los 20 meses y se ve afectada signi-

9 La reproducción en el Búfalo

ficativamente por la raza, la estación, el clima, los sistemas de alimentación y el ritmo de crecimiento, siendo el peso corporal de la hembra el factor determinante más importante, al igual que se observa en el vacuno. La edad media al primer parto se encuentra, por tanto, entre los 3 y los 4 años, pero muchas búfalas paren a una edad mayor.

El búfalo puede considerarse un animal poliéstrico estacional que se reproduce cuando el fotoperiodo es decreciente. En el caso del búfalo de río, la hembra es sexualmente activa desde julio hasta finales de febrero. El pico de los primeros apareamientos se da durante el otoño y el invierno (Nasir Hussain Shah et al., 1989). Las razones más probables de esta estacionalidad son las condiciones de calor y sequedad durante el verano, y la nutrición también puede desempeñar un papel. La búfala de pantano cicla continuamente a lo largo de todo el año, aunque se observa un patrón estacional relacionado con los cultivos. En Tailandia, la reproducción se concentra entre diciembre y febrero (la estación posterior a las cosechas), que es cuando se permite a los animales pastar en los arrozales.

El estro dura, de media, entre 12 y 28 horas. La ovulación se produce unas 10 horas después del final del celo. El comportamiento de la búfala durante el estro es menos intenso que en el caso de la vaca y, como consecuencia, su detección es más difícil. Los principales signos de celo son la secreción vaginal mucosa, la vulva hinchada, el comportamiento de monta (bastante menos frecuente que en el vacuno) y el reflejo de inmovilidad. La duración media del ciclo estral es de 20-21 días: 20-22 días para el búfalo de río y 19-20 días para el de pantano (Singh et al., 2000).

Las investigaciones de Baruselli et al. (1997), Manik et al., (2002) y Ali et al., (2003) confirmaron que, al igual que en el vacuno, el desarrollo folicular durante el ciclo estral también se da por olas, y la mayoría de las búfalas presentan ciclos de dos olas.

El periodo de gestación de la búfala es más largo que el de las vacas, y dura entre 310 y 330 días. El búfalo de río de Murrah tiende a tener un periodo de gestación más corto (315 días) que el búfalo de pantano (330 días).

Los patrones de la actividad hormonal de los búfalos y las vacas parecen, básicamente, idénticos, pero las concentraciones de

La reproducción en el Búfalo 9

progesterona durante el ciclo y la gestación son mucho menores en los búfalos, especialmente en el de pantano.

El intervalo entre partos de los búfalos oscila entre los 400 y los 600 días, aunque, por supuesto, no son excepcionales intervalos más largos. Los factores estacional, nutricional y de manejo desempeñan un papel importante. La primera ovulación tras el parto no suele darse, en los búfalos de río, antes de 55 días, aunque puede retrasarse hasta los 90 si están amamantando a un ternero. El primer estro se detecta, en las vacas que amamantan, a los 130 días tras el parto, aunque puede retrasarse mucho más dependiendo de las condiciones nutricionales y climáticas.

9.3 Manejo reproductivo

La eficiencia reproductiva es el principal factor que afecta a la productividad y, en el caso de la hembra, se ve condicionado por la llegada tardía a la pubertad, la estacionalidad de los partos, el largo anestro postparto y el consecuente intervalo entre partos. Las tasas de gestación tras la inseminación artificial (IA) son similares (>60%) a las obtenidas en el vacuno, lo que indica que las técnicas de recogida, procesado y crioconservación del semen de búfalo están bien establecidas. Sin embargo, y aunque es de gran importancia para la mejora genética y la prevención de enfermedades, la IA no se realiza a gran escala en el caso del búfalo debido a la débil expresión del estro y la variabilidad de su duración, que hacen que su detección sea muy difícil. Además, debido a la gran incidencia de celos silenciosos, muchas búfalas no son inseminadas, lo que contribuye de forma importante a las cifras generales de “días no productivos”. Es por estas razones por las que los programas de inducción y de sincronización del celo han ido ganando interés en los últimos años.

Todos los sistemas farmacológicos para el manejo del estro que se usan actualmente en el caso del búfalo han sido adaptados, con una base empírica, a partir de los usados en el vacuno, y cuentan con el respaldo de un creciente número de datos que aparecen en la literatura científica. En los búfalos se están usando los mismos productos que para el vacuno, aunque pocos de ellos cuentan en el prospecto con una especificación de su uso en el caso de los búfalos.

9 La reproducción en el Búfalo

Prostaglandinas

Al igual que en el vacuno, el cuerpo lúteo del búfalo es sensible a la acción luteolítica de las prostaglandinas exógenas desde el 5º día del ciclo estral en adelante. En los animales cíclicos se puede inducir el celo con una única inyección de $\text{PGF}_{2\alpha}$ (e.g. Prosolvin®, Cyclix®/Iliren C®), siempre que haya un cuerpo lúteo funcional presente. Como alternativa se puede adoptar un régimen de doble inyección con un intervalo de 11-14 días (Singh et al., 2000). En general, se piensa que tanto la respuesta en forma de estro como los porcentajes de fertilidad obtenidos en el búfalo son menores que en el vacuno tras el tratamiento con prostaglandinas. Las razones más probables de estas diferencias son una mala condición corporal (que frecuentemente puede verse en las búfalas tras el parto, lo que afecta al crecimiento folicular) y una baja tasa de detección de celos.

El-Belely et al. (1995) observaron un 77% general de estros tras dos tratamientos con $\text{PGF}_{2\alpha}$ pero sólo se vio una respuesta del 25% tras el primer tratamiento, y Phadnis et al. (1994) observaron un 55,7% de estros tras la administración de dos dosis.

A pesar de estas limitaciones, el manejo del estro con prostaglandinas debe ser considerado como la herramienta más fácilmente disponible y valiosa para facilitar la inseminación artificial y para mejorar la eficiencia reproductiva en el búfalo.

Rutas alternativas de administración de la prostaglandina en los búfalos

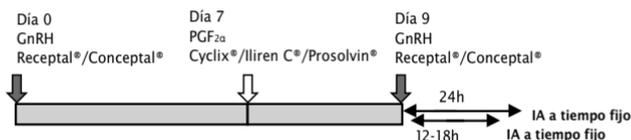
En la búsqueda de posibles ahorros en el manejo de la reproducción en el búfalo, la inyección submucosa-intravulvar ha sido probada por varios investigadores y veterinarios (Chohan 1998). Se ha descrito que esta vía de administración permite que la dosis de $\text{PGF}_{2\alpha}$ se reduzca en un 50%. No obstante se debería tener cuidado al usar una dosis tan reducida, ya que se reportó que la reducción de la concentración de progesterona y el inicio del estro fueron más lentos en las vacas tratadas con una dosis reducida administrada por esta vía que en las tratadas con la dosis estándar por vía intramuscular (Chauhan et al., 1986; Canizal et al., 1992).

Los programas de sincronización tipo Ovsynch

En las búfalas cíclicas se obtienen buenos resultados con el protocolo Ovsynch clásico (Berber et al., 2002; Baruselli et al., 1999; Neglia et al., 2003; Paul y Prakash 2005). Algunos autores, no obstante, indican el efecto beneficioso de dos inseminaciones a las 12-18 horas y a las 24 horas tras el segundo tratamiento con GnRH (Neglia et al., 2003; Paul y Prakash 2005). De Arujo Berber et al. (2002) describió unas tasas de gestación del 56,5% en condiciones de campo cuando se utilizó el protocolo Ovsynch, usando Receptal®/Conceptal® y Prosolvin®, en búfalas.

En la prueba descrita por Paul y Prakash (2005), el protocolo Ovsynch sincronizó la ovulación de forma eficiente en las búfalas Murrah, y dio como resultado unos porcentajes de concepción (con dos inseminaciones en momentos fijados) comparables a los obtenidos con una única IA tras un estro detectado.

Figura 1 Protocolo Ovsynch usado en el búfalo



Las investigaciones de Baruselli et al. (1999) sugieren que para obtener unos resultados óptimos en el búfalo con el protocolo Ovsynch, los animales deberían ser tratados durante su estación reproductiva y deben tener una buena condición corporal (>3,5). Ovsynch es de especial interés para el manejo de la reproducción en los búfalos, ya que la mayoría viven en regiones en las que la temperatura es alta y donde el estrés por el calor puede afectar al desempeño reproductivo. Al igual que en el ganado vacuno, el tratamiento con el protocolo Ovsynch debería aportar los beneficios de la GnRH adicional y, por tanto, del apoyo de la LH para el crecimiento folicular y la formación del cuerpo lúteo.

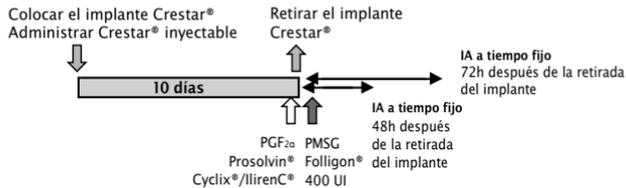
Progestágenos

La alta incidencia de anestro postparto y de dificultades en la detección del celo convierten a los progestágenos en una opción muy interesante para la inducción del estro y de la ovulación en

9 La reproducción en el Búfalo

el búfalo. En esta especie se han usado tanto los dispositivos intravaginales impregnados de progesterona como los implantes subcutáneos que liberan norgestomet (Crestar®), ya sea solos o en combinación con el protocolo Ovsynch (Singh et al., 1988; Hattab et al., 2000; Bartolomeu et al., 2002; De Rensis et al., 2005).

Figura 2 Sistema de sincronización del estro con Crestar®



9.4 Trastornos reproductivos

9.4.1 Trastornos uterinos

Las investigaciones en mataderos sugieren que la incidencia de endometritis en las búfalas es mayor que en las vacas. Los datos sobre el retraso en la involución uterina en las búfalas tras el parto son muy variables, pero sugieren que un porcentaje considerable de búfalas sufren infecciones uterinas y endometritis en el periodo del postparto (El-Wishy, en prensa, a). La mala higiene, la estimulación vaginal para la bajada de la leche y, posiblemente, el que los animales se revuelquen en el agua, pueden ser factores contribuyentes. La antibioterapia local es el tratamiento de elección. Como la endometritis está asociada, en un alto porcentaje de las búfalas, con la presencia de tejido lúteo persistente, se recomienda el tratamiento adicional con PGF_{2α} para mejorar el tono uterino y eliminar la suciedad uterina y el efecto inmunosupresor de la progesterona.

9.4.2 Trastornos ováricos

El trastorno ovárico más importante en la búfala es el anestro verdadero (es decir, los ovarios inactivos). Esto se observa, especialmente, durante los calurosos meses estivales. Otros trastornos son el subestro/estro silencioso, el retraso en la ovulación y el cuerpo lúteo persistente. En comparación con las vacas lecheras, la incidencia de quistes ováricos es baja (1,8%).

Anestro verdadero

Los ovarios inactivos o no funcionales son la causa más importante del anestro y el mal desempeño reproductivo en las búfalas. En una revisión realizada por El-Wishy (en prensa, b), se reportó que la inactividad ovárica es más frecuente en las búfalas con un plano de alimentación bajo (30%) que en las que recibían un plano de alimentación alto (3%) y que, además, era más frecuente en las búfalas que parían en verano (41–46%) que en las que parían en otras estaciones (7–33%). En la literatura científica se informa de un amplio rango de frecuencias del anestro verdadero, que oscila entre el 8 y el 80%.

La administración de un análogo de la GnRH (Receptal®/Conceptal®, 2,5ml) 14 días después del parto favorece la reanudación temprana de la actividad ovárica. La inducción de la actividad ovárica también puede conseguirse con la aplicación de un implante de progestágeno Crestar® durante 9-10 días en combinación con 400-600 UI de PMSG/eCG (Folligon®) al retirar el implante. Se recomienda la inseminación a tiempo fijo 48 y 72 horas después de la retirada del implante (Virakul et al., 1988; Nasir Hussain Shah et al., 1990).

Subestro y sincronización e inducción del estro

El celo silencioso es el factor responsable, con mayor frecuencia, del mal desempeño reproductivo del búfalo. Basándose en los resultados de la palpación rectal de los ovarios y/o en los análisis de progesterona, se reportó una amplia variación en la frecuencia de subestros (entre el 15 y el 73%) en las búfalas en anestro a los 60-240 días postparto (resumido en El-Wishy, en prensa, b). El subestro es más frecuente en el periodo temprano del postparto, durante las estaciones húmedas y de baja reproducción, además de en las búfalas malnutridas y que están ama-

9 La reproducción en el Búfalo

mantando y en las que paren en la estación calurosa (revisado en El-Wishy, en prensa).

El control artificial del ciclo estral ha proporcionado un medio efectivo de incrementar la capacidad reproductiva en esta especie, eliminando la necesidad de la inspección visual frecuente para la detección de celos. Para ver una revisión de los métodos disponibles véase la sección 9.3.

Ovulación retardada

Si se sospecha de la ovulación retardada, ésta se puede inducir con la administración de un análogo de la GnRH (p. ej. Receptal®/Conceptal®, 2,5ml) o con hCG (Chorulon®, 1.500 UI). Al igual que en el vacuno, se puede administrar una inyección de GnRH o de hCG en el momento de la inseminación artificial. Como alternativa se puede usar el protocolo Ovsynch completo, induciendo la ovulación la segunda administración de GnRH.

Cuerpo lúteo persistente

Los resultados de la palpación rectal de los ovarios (dos veces, con un intervalo de 10 días) junto con el análisis de la progesterona, reveló una actividad lútea prolongada en un 8% de las búfalas que no mostraban estro antes de los 60-90 días postparto (Shah et al., 1990). Se diagnosticó endometritis en el 45% de los casos.

La regresión del cuerpo lúteo persistente puede conseguirse con una inyección de PGF_{2α} (p. ej. Prosolvin®, Cyclix®/Iliren C®). Como este problema suele estar asociado con trastornos uterinos como la endometritis o la piometra, se recomienda la valoración del estado del útero y la administración de un tratamiento adecuado.

9.5 Referencias bibliográficas

- Ali A., Abdel-Razek AK., Abdel-Ghaffar S., Glatzel PS. Ovarian follicular dynamics in buffalo cows (*Bubalus bubalis*). *Reprod Domest Anim* 2003;38:214-8.
- Bartolomeu CC., Del Rei AJM., Madureira EH., Souza AJ., Silva AO., Baruselli PS. Timed insemination using synchronization of ovulation in buffaloes using CIDR-B, CRESTAR and Ovsynch. *Anim Breed Abstr* 2002;70:332.
- Baruselli PS., Mucciolo RG., Visintini JA., Viana WG., Arruda RP., Madureira EH., Oliveira CA., Molero-Filho JR. Ovarian follicular dynamics during oestrus cycle in buffalo (*Bubalus bubalis*). *Theriogenology* 1997;47:1531-1547
- Baruselli PS., Madureira EH., Visintini JA., Barnabe VH., Barnabe RC., Amaral R. Timed insemination using synchronization of ovulation in buffalo. *Rev Bras Reprod Anim* 1999;23:360-2.
- Berber RC de A., Madureira EH., Baruselli PS. Comparison of two Ovsynch protocols (GnRH versus LH) for fixed-timed insemination in buffalo (*Bubalus bubalis*). *Theriogenology* 2002;57:1421-30.
- Canizal A., Zarco L., Lima V. Luteolytic failure of a reduced dose of prostaglandin F_{2α} injected in the vulvular submucosa of Holstein heifers. *Proc of 12th Cong Anim Reprod* 1992;4:1109-1111
- Chauhan FS., Mgongo FOK., Kessy BM., Gombe S. Effects of intravulvovaginal mucosal cloprostenol injections on hormonal profiles and fertility in subestrus cattle. *Theriogenology* 1986;26:69-75
- Chohan KR. Estrus synchronization with lower dose of PGF_{2α} and subsequent fertility in subestrus buffalo. *Theriogenology* 1998;50:1101-8
- El-Belely MS., Eissa HM., Omaira HE., Ghoneim I.M., Assessment of fertility by monitoring changes in plasma concentrations of progesterone, oestradiol-17B, androgens and oestrone sulphate in subestrus buffalo cows treated with prostaglandin F_{2α}. *Anim Reprod Sci* 1995;40:7-15.
- El-Wishy AB. The post partum buffalo: A review. I. Endocrinological changes and uterine involution. *Anim Reprod Sci*, 2006a, in press
- El-Wishy AB. The post partum buffalo. II. Acyclicity and anestrus. *Review. Anim Reprod Sci* 2006b, in press
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), FAOSTAT Agriculture Data, 2003. <http://apps.fao.org/default.htm>.
- Hattab SA., Kadoom AK., Palme R., Bamberg E. Effect of CRESTAR on estrus synchronization and the relationship between fecal and plasma concentrations of progestagens in buffalo cows. *Theriogenology* 2000;54:1007-17.
- Manik RS., Palta P., Singla SK., Sharma V. Folliculogenesis in buffalo (*Bubalus bubalis*): a review. *Reprod Fertil Dev*. 2002;14:315-25.
- Nasir Hussain Shah S., Wiel DFM van de., Willemsse AH., Engel B. Opposite breeding seasons in dairy Zebu cows and dairy River Buffaloes as assessed by First insemination records. *Anim Reprod Sci* 1989;21:23-35
- Nasir Hussain Shah S., Willemsse AH., Wiel DFM van de. Reproductive performance of Nili-Ravi buffaloes after single injection of GnRH early post partum. In: Nasir Hussain Shah S. Prolonged calving intervals in the Nili-Ravi buffalo (Thesis). Utrecht 1990
- Neglia G., Gasparri B., Di Palo R., De Rosa C., Zicarelli L., Campanile G. Comparison of pregnancy rates with two oestrus synchronisation protocols in Italian Mediterranean Buffalo cows. *Theriogenology* 2003;60:125-133
- Paul VP and Prakash PS. Efficacy of the Ovsynch protocol for synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Theriogenology* 2005;64:1049-1060

9 La reproducción en el Búfalo

Phadnis YP, Bhosrekar MR., Mangurkar BR. On farm studies on oestrus synchronization in cows and buffaloes. *Indian J Anim Sci* 1994;64:1151-1154.

Rensis de F., Ronci G., Guarneri P, Nguyen BX., Presicce GA., Huszenicza G., Scaramuzzi RJ. Conception rate after fixed time insemination following ovsynch protocol with and without progesterone supplementation in cyclic and non-cyclic Mediterranean Italian buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Theriogenology* 2005;63:1824-1831

Shah NH., Willemsse AH., Van de Weil DFM. Descriptive epidemiology and treatment of postpartum anestrus in dairy buffalo under small farm conditions. *Theriogenology* 1990;33:1333-1345.

Singh G., Singh GB., Sharma RD., Nanda AS. Ovarian and uterine response in relation to Norgestomet-PMMSG treatment in the true anoestrous buffalo. *Anim Reprod Sci* 1988;16:71-4.

Singh J., Nanda AS., Adams GP. The reproductive pattern and efficiency of female buffaloes. *Anim Reprod Sci* 2000;60-61:593-604

Virakul P., Chantaraprateep P., Lohachit C., Prateep P., Demakan T. Synchronisation of oestrus in Swamp buffalo by using norgestomet and norgestomet plus PMMSG. *Buffalo J* 1988;1:95-98

10 Reproducción en los camélidos

Hay muy pocos informes completos sobre la reproducción de los camélidos. La mayoría de los artículos publicados versan sobre el *Camelus dromedarius* (dromedario), pero la reproducción es comparable entre toda la familia Camelidae: *Camelus bactrianus* (camello común o bactriano), *Lama glama* (llama), *Lama pacos* (alpaca), *Lama guanicoa* (guanaco) y *Vicugna vicugna* (vicuña).

10.1 Fisiología

Camellos

Excepto en la forma de los ovarios, el tracto genital de la camella es comparable, a grandes rasgos, con el de los bóvidos, con dos cuernos uterinos en la cavidad abdominal, un cérvix corto (3,5-5 cm) y una vagina larga (30 a 35 cm). Los ovarios son relativamente pequeños (10 g) y son aplanados bilateralmente, con folículos de una morfología similar a la de los bóvidos.

El dromedario alcanza la pubertad a la edad de 3-4 años, pero no se hace criar a las hembras hasta que tienen 5-6 años. Los machos alcanzan la pubertad alrededor de los 3 años, pero no desarrollan su plena actividad reproductora hasta los 6-7 años. La vida reproductiva de un camello puede durar 20 años.

Camélidos del Nuevo Mundo

La mayoría de las investigaciones sobre la reproducción en los camélidos sudamericanos se ha llevado a cabo en las dos especies domesticadas: la alpaca (*Lama pacos*) y la llama (*Lama glama*). Se dispone de mucha menos información sobre las dos especies no domesticadas: la vicuña (*Vicugna vicugna*) y el guanaco (*Lama guanicoe*). Vaughan et al. (2006) han presentado una excelente revisión de la fisiología reproductiva en los camélidos del Nuevo Mundo.

Los camélidos del Nuevo Mundo tienen un útero bicorne con un cuerpo de unos 3 cm de longitud y 3 cm de diámetro. En las hembras prepúberes, el cuerno uterino izquierdo suele ser mayor que el derecho, y esta diferencia es incluso más pronunciada en las hembras múltiparas, ya que el 98% de las gestaciones se

10 Reproducción en los camélidos

da en el cuerno izquierdo. Los ovarios de la llama y la alpaca son entre redondos y ovalados y tienen una forma globular, con una textura irregular y firme y un tamaño de, aproximadamente, 1,5-2,5 cm × 1,2 cm × 1,0 cm.

La pubertad se da, aproximadamente, a la edad de 6 meses, pero no se suele hacer criar a las alpacas y las llamas hasta los 12 meses. La llegada a la pubertad depende enormemente del peso corporal del animal, mientras que el porcentaje de concepciones y gestaciones se ve afectado por el peso de la hembra en el momento del apareamiento.

10.1.1 Estacionalidad

El camello es un animal estacional poliéstrico. La estación de actividad sexual pronunciada más comúnmente descrita en el hemisferio norte es el invierno, pero esto puede verse alterado en las condiciones propias de un zoológico. El estímulo para el inicio de la actividad reproductiva en los camellos parece ser el fotoperiodo decreciente (Musa et al., 1993). En los camellos que habitan cerca del ecuador, los factores como la pluviometría, la nutrición y el manejo pueden superar al efecto del fotoperiodo y permitir que la reproducción se dé durante todo el año.

Las alpacas y las llamas son consideradas de reproducción no estacional. No obstante, la reproducción y los partos suelen ser restringidos por los ganaderos sudamericanos a los meses lluviosos y más calurosos (diciembre-abril) para asegurarse de que dispongan de unos pastos de mejor calidad. Las vicuñas peruanas, en su hábitat natural, se reproducen en el otoño del hemisferio sur, que va de marzo a mayo. En un hábitat no natural, se aparean a los camélidos del Nuevo Mundo a lo largo de todo el año (por ejemplo a las alpacas en Australia y Nueva Zelanda) o en estaciones determinadas por factores climáticos o nutricionales (Norteamérica).

10.1.2 El ciclo estral

Los camélidos son de ovulación inducida. Las hembras necesitan la estimulación coital y la eyaculación para la inducción de la ovulación del folículo dominante y no muestran una fase lútea en ausencia del apareamiento.

Reproducción en los camélidos 10

Camellos

El crecimiento folicular se da en olas regulares a lo largo de la estación reproductiva. El ciclo estral, en comparación con el del vacuno, es incompleto y consta del proestro (crecimiento folicular), estro (maduración folicular) y diestro (atresia folicular en los animales que no se han apareado). Los celos se observan cada 20-25 días. El estro, en el que las hembras están inquietas y buscan al macho, dura unos 4-6 días. Los signos externos del estro son nerviosismo, berridos, movimientos rápidos de la cola (hacia arriba y abajo), una secreción vaginal y la hinchazón de la vulva. Los pulsos de la hormona luteinizante (LH), que dan lugar a la ovulación, se dan, aproximadamente, 2 horas después del apareamiento y finalizan 10 horas después (Driancourt 1991, en: Thibault y Levasseur 1991). La ovulación en el camello es inducida y se da en las 48 horas siguientes al apareamiento. Tres días después de la ovulación, la progesterona sérica se eleva hasta los 4 ng/ml y permanece a ese nivel hasta el día 12-14.

Camélidos del Nuevo Mundo

Estudios ultrasonográficos han mostrado que las llamas, alpacas y vicuñas sexualmente maduras que no se han apareado muestran una renovación continua de las olas foliculares (Vaughan et al., 2006). La receptividad sexual de los camélidos sudamericanos está asociada con un nivel bajo de progesterona sérica. Las hembras suelen ser receptivas al apareamiento, independientemente de la fase del desarrollo folicular, y el que una hembra rechace a un macho no implica, necesariamente, la ausencia de un folículo maduro.

El comportamiento reproductivo mostrado por una hembra de camélido sudamericano receptiva sexualmente puede dividirse en las fases de cortejo y de cópula. La fase de cortejo se da cuando el macho persigue activamente a la hembra. La fase de cópula se da con la hembra tumbada sobre el esternón y con las patas recogidas debajo del cuerpo. El intervalo entre el apareamiento y la ovulación es de, aproximadamente, 30 horas (rango: 24-48 horas) en la alpaca y la llama (Tibary y Memon 1999). La ovulación de da, con la misma frecuencia, en el ovario derecho y el izquierdo, aunque la mayoría de las gestaciones se da en el cuerno uterino izquierdo.

10 Reproducción en los camélidos

Entre 3 y 5 días tras el apareamiento (2-4 días después de la ovulación), se forma un cuerpo lúteo en el punto de la ovulación y, concurrentemente, se elevan los niveles de progesterona sérica a partir de los 4-6 días tras el apareamiento. La vida del cuerpo lúteo es, por tanto, de 8-9 días. Las hembras deberían mostrarse de nuevo receptivas sexualmente aproximadamente 12-14 días después del apareamiento si no se produce la concepción.

10.1.3 Gestación y parto

Camellos

La duración de la gestación varía entre los 355 y los 389 días, como en la mayoría de los camélidos. El tapón cervical tiene unas propiedades únicas y sella el orificio vaginal externo durante la gestación de la camella (Guyton 1991). La presencia del tapón cervical también supone una indicación de la gestación en esta especie.

El parto se da con la hembra de pie o tumbada y dura entre 24 y 40 minutos, dependiendo del tamaño del feto. Si estaba tumbada, la camella se pone de pie inmediatamente después del parto y nunca lame a la cría. La placenta suele expulsarse al mismo tiempo que la cría, aunque se considera normal un retraso de 15 minutos. Con una buena nutrición, el celo puede darse al cabo de un mes tras el parto pero, tradicionalmente, se deja pasar un año.

Camélidos del Nuevo Mundo

La literatura científica reporta una duración variable de la gestación en los camélidos sudamericanos, con una gran variabilidad individual y estacional, dándose las gestaciones más largas en las hembras que se han apareado en primavera ($351,0 \pm 4,1$), seguidas de las apareadas en verano ($346,7 \pm 2,1$), otoño ($336,9 \pm 4,3$) e invierno ($330,6 \pm 2,8$) (Vaughan 2001). El cuerpo lúteo es la principal fuente de progesterona a lo largo de la gestación, y su presencia es necesaria para mantenerla.

El intervalo entre el parto y el reinicio de la actividad folicular ovárica es de unos 5-7 días. El apareamiento y la ovulación son posibles a los 10 días después del parto. En los camélidos, la involución uterina es rápida y, en la mayoría de los animales, la involución anatómica principal se completa a los 21 días tras el parto.

Reproducción en los camélidos 10

10.2 Manejo de la reproducción

Camellos

La reproducción suele manejarse de una de dos formas. La tradicional, usada principalmente en África, se basa en el sistema pastoral. Es difícil de comparar con el manejo comercial en los ranchos que se da en países como Arabia Saudita, Kenia e Israel. En condiciones comerciales (Kenia), la mayoría de los partos se dan en mayo/junio o en noviembre/enero. Williamson y Payne (en: Mukasa-Mugerwa 1985) observaron que el camello joven es uno de los mamíferos más frágiles, especialmente durante las tres primeras semanas de vida. Con el sistema tradicional de manejo, el porcentaje de mortalidad durante el primer año se estima que es de alrededor de un 50%, del que el 26% se da durante las 6 primeras semanas (Mukasa-Mugerwa 1985), principalmente porque las crías no reciben suficiente calostro.

Camélidos del Nuevo Mundo

Actualmente hay dos sistemas de producción para los camélidos sudamericanos (CSA) en el mundo. El primero es el sistema pastoral tradicional de los altiplanos andinos, donde los limitados recursos financieros y de mano de obra disponibles y las condiciones climáticas como la temperatura y la altitud pueden suponer un verdadero reto. En el segundo sistema, los animales son tenidos en un entorno que no es el nativo (Australia, Nueva Zelanda, Norteamérica), en el que estos animales son criados no sólo por su pelaje, sino también como animales de compañía. El interés por la aplicación de las tecnologías reproductivas modernas ha aumentado en la última década, ya que los productos de las especies domésticas y salvajes se han tornado apreciados internacionalmente, y en la región andina se han iniciado varios programas para mantener esta agricultura sostenible.

10.2.1 Parámetros reproductivos

En general, las hembras jóvenes no son apareadas antes de los 4-6 años. Puede hacerse antes en el caso de las vicuñas domésticas, pero las salvajes no son fértiles antes de los 2 ó 3 años de vida. La mayoría de la literatura científica registra un porcentaje de concepción que oscila entre el 40 y el 50%. En la mayoría de las

10 Reproducción en los camélidos

hembras, el intervalo entre los partos sucesivos es, generalmente, de alrededor de 2 años, pero puede variar dependiendo del sistema de manejo. En el sistema de manejo comercial propio de los ranchos, Wilson (1989) registró intervalos de entre 14 y 18 meses en algunas manadas lecheras. En el informe de Watson (en: Mukasa-Mugerwa 1985), el 73% de las hembras no quedaron gestantes durante los 12 meses posteriores al parto, y el 74% de las crías no fueron destetadas con menos de un año de edad. Véase la Tabla 1.

Tabla 1

Intervalo entre partos (meses)	Número de camellos
12	1
14	1
15	1
16	1
24	14
30	1
36	7
Intervalo parto-concepción (meses)	
1 - 3	1
3	2
6	2
7 - 11	19
Edad al destete (meses)	
3	1
6 - 11	6
12	17
24	3

De Mukasa-Mugerwa, 1985

10.2.2 Monta natural e inseminación artificial

Monta natural

La monta controlada con machos seleccionados y con un buen valor genético se ha practicado durante mucho tiempo en la cría de los camellos, las alpacas y las llamas. El principal inconveniente de la cría controlada es el hecho de que los machos suelen escogerse basándose únicamente en sus rasgos externos o su desempeño deportivo (camellos de carreras), mientras que su capacidad reproductiva, especialmente la calidad de su semen, rara vez es examinada.

Reproducción en los camélidos 10

Inseminación artificial

Hace falta mucha más investigación antes de poder explotar al máximo los beneficios de la IA, lo que incluye la determinación del momento óptimo para la inseminación, la dosis de semen y el uso de hCG o de GnRH para inducir la ovulación.

La recogida de semen de los camélidos presenta muchas dificultades debido a la naturaleza de su comportamiento copulatorio y el lento proceso de la eyaculación (goteo). Las principales técnicas usadas son la vagina artificial, la electroeyaculación o la aspiración de la hembra tras el coito. De ellos, la vagina artificial y la electroeyaculación son las usadas con mayor frecuencia y aseguran los mejores estándares higiénicos. Se ha reportado la recogida exitosa de semen en los camellos mediante el uso de la vagina artificial (revisión: Bravo et al., 2000; Mosaferi et al., 2005), las alpacas (Vaughan et al., 2003) y las llamas (Lichtenwalner et al., 1996b).

El semen del camello tiene las siguientes características:

volumen	: 3.5 ml (1-10 ml)
color	: blanco
aspecto	: limoso
concentración	: 140-760 millones/ml
pH	: 7,8 (7,2-8,8)
espermatozoides vivos	: 55%
espermatozoides/dosis	: 400 millones

La inseminación artificial con semen fresco es una técnica bien asentada en el camello, y un creciente número de informes demuestra unos buenos resultados tras la inseminación con semen congelado (Al Eknah et al., 2000; Aminu et al., 2003).

Una dificultad importante en el caso de la inseminación artificial en el camello consiste en asegurarse de que las hembras inseminadas ovulen. Así, tras la IA, la ovulación suele inducirse con 3.000 U.I. de hCG o con 20 mcg de buserelina (Receptal®/Conceptal®). En los camélidos sudamericanos suele usarse, principalmente, semen fresco no diluido o diluido, alcanzando los porcentajes de gestación de hasta el 68%, mientras que la inseminación con semen refrigerado o congelado no está todavía fácilmente disponible (Miragaya et al., 2006).

10 Reproducción en los camélidos

10.2.3 Diagnóstico de gestación

Pueden usarse los ultrasonidos para el diagnóstico de gestación (Tinson et al., 1992) pero, en la práctica, ésta suele determinarse mediante la observación de una dilatación en el flanco derecho de la camella (el sexto mes). Algunos veterinarios usan la palpación rectal (como en el caso de la vaca) para comprobar si la hembra está gestante y la presencia de un cuerpo lúteo en el ovario. Como la camella tiene una ovulación inducida, sólo se puede palpar un cuerpo lúteo durante la gestación (Mukasa-Mugerwa 1985).

Bono et al. (1992) propusieron una prueba basada en los niveles séricos de sulfato de estrona 15-20 días después del apareamiento. La mayoría de las gestaciones se da en el cuerno uterino izquierdo (Musa y Sineina 1976, en: Mukasa-Mugerwa 1985), siendo muy frecuente la migración embrionaria temprana en el camello (también ha sido observada en la llama; Shalash 1965, en: Novoa 1970). Los partos gemelares han sido reportados sólo en unos pocos estudios, registrándose un porcentaje de partos gemelares de sólo el 0,4% (Musa et al., 1976). Las ovulaciones múltiples se dan con relativa frecuencia, pero parece que sólo uno de los óvulos es fertilizado o que los otros embriones parecen muy pronto.

10.3 Control del estro

Se han llevado a cabo amplias investigaciones y avances en la sincronización del celo y la cría controlada en el ganado vacuno, cosa que no ha alcanzado el mismo nivel en la familia Camelidae.

10.3.1 Inducción del estro

Tanto en los camellos como en los camélidos del Nuevo Mundo con un cuerpo lúteo funcional se puede inducir el estro con una inyección de un análogo de la PGF_{2α}.

También se han usado varios preparados de progestágenos en los camellos y las alpacas para inducir y sincronizar el celo y la ovulación. Bono et al. (1992) reportaron el uso de progestágenos en combinación con PMSG/eCG en el dromedario como técnica segura y eficaz para inducir celos fértiles. Bourke et al. (1992)

Reproducción en los camélidos 10

también mencionaron el uso de implantes a lo largo de un periodo de siete días en un programa de superovulación en la llama. En el camello se ha usado la PMSG/eCG a dosis que oscilan entre las 1.000 y las 8.000 U.I. para inducir el estro en las estaciones no reproductivas y reproductivas, pero se ha visto que el número de gestaciones obtenidas es muy bajo (Al Eknah 2000).

10.3.2 Inducción de la ovulación

Se ha inducido con éxito la ovulación en el camello con un único tratamiento con GnRH o hCG. Skidmore et al. (1996) administraron 20 mcg de un análogo de la GnRH o 3.000 U.I. de hCG cuando el folículo dominante tenía un diámetro de 0,9-1,9 cm. En las llamas se ha probado la administración de una dosis de 8 mcg de GnRH (Buserelina, Receptal®/Conceptal®) en el momento del apareamiento, obteniéndose buenos resultados (McEvoy et al., 1992). La ovulación se dio 29 horas después de la inyección. Cooper et al. (1992) observaron el mismo efecto en el dromedario con una dosis de 20 mcg.

10.3.3 Superovulación

Los tratamientos superestimulantes consisten en la administración de hormonas gonadotrópicas, de gonadotropina coriónica equina (PMSG/eCG) o de hormona foliculoestimulante porcina (pFSH) tras la sincronización de la ola folicular usando una fase lútea normal (inducción de la ovulación) o artificial (con progesterona exógena).

Se ha probado la PMSG/eCG usando dosis de entre 5.500 y 8.000 U.I., entre las 48 y las 72 horas antes del apareamiento. Los resultados mostraron un porcentaje de partos del 100%, pero la prueba implicó a sólo 7 animales. En la llama, 1.000 U.I. es una dosis suficiente para inducir la superovulación (Bourke et al., 1992).

También se ha probado, en el dromedario, la FSH ovina purificada (Cooper et al., 1992), pero con unos resultados pobres.

10 Reproducción en los camélidos

10.4 Problemas reproductivos

En común con el vacuno y los caballos, el camello puede sufrir infecciones uterinas en el periodo del postparto, con una incidencia que varía entre el 53% y el 71% (usando la clasificación bovina). Los microorganismos aislados son los mismos que en el ganado bovino (Wernery et al., 1992).

Se sabe que en el camello se dan tanto abortos como nacimientos de crías muertas. La incidencia de la brucelosis (*B. melitensis* y *B. abortus*) varía entre países (1-26%). Otras causas infecciosas importantes de abortos son la tripanosomiasis, la pasteurelosis y la salmonelosis.

En los camélidos del Nuevo Mundo, las razones más comunes de que se presenten hembras infértiles para su examen veterinario son las repeticiones (75%), la pérdida de la gestación (18%), las anomalías visibles de los genitales (5%) y el rechazo continuo del macho (2%) (Tibary 2004a,b; Tibary et al., 2001)

Actividad lútea persistente

La actividad lútea persistente se halla con una relativa frecuencia en la práctica veterinaria. Las hembras afectadas muestran un alto nivel de progesterona sérica y rechazan al macho. Se recomienda la inyección de análogos de la PGF_{2α}, como el cloprostenol (175 mcg i.m. en el caso de las alpacas, 250 mcg para las llamas), aunque los productos disponibles comercialmente rara vez cuentan con la autorización para su uso en estas especies. Se debería usar la dinoprost trometamina con extremado cuidado, ya que se han reportado signos de toxicidad (problemas respiratorios y muerte) en algunos animales (Fowler 1998).

Fracaso de la ovulación

El fracaso de la ovulación se da comúnmente tanto en los camellos como en los camélidos del Nuevo Mundo. En la práctica veterinaria se usan análogos de la GnRH (Buserelina, Receptal®/Conceptal®, 4 mcg) o hCG (Chorulon®, 1.500 U.I.), ya sea como medios de prevención o para incrementar los porcentajes de gestación en las alpacas y las llamas, mientras que se usan dosis de 20 mcg of buserelina o 3.000 U.I. de hCG en los camellos.

Reproducción en los camélidos 10

Infecciones uterinas

Las infecciones uterinas son el problema reproductivo adquirido más frecuente que da como resultado la infertilidad en los camélidos. Se debería sospechar de una infección uterina en las hembras con un historial de repeticiones, muerte embrionaria temprana o distocia y/o retención de las membranas fetales durante su último parto. La metritis postparto puede verse acompañada de signos sistémicos, mientras que la endometritis crónica puede pasar desapercibida. No hay pautas de tratamiento establecidas para las infecciones uterinas en los camélidos, ya que pocos preparados antibióticos están autorizados para su uso en estas especies. A veces se usan prostaglandinas y oxitocina, pero con resultados variables.

Pérdidas embrionarias

La mortalidad embrionaria temprana es común en los camélidos y se estima que afecta al 10-15% de todas las gestaciones durante los primeros 60 días de la gestación (Vaughan et al., 2006). La incidencia de las pérdidas embrionarias puede ser mucho mayor en condiciones extremas, ya que los factores nutricionales y climáticos parecen tener un profundo efecto en el mantenimiento de la gestación de los camélidos.

Hasta el momento se sabe poco sobre la eficacia de los intentos farmacológicos por respaldar la función lútea con progesterona, GnRH o hCG en estas especies.

10 Reproducción en los camélidos

10.5 Referencias bibliográficas

- Al Eknah MM.** Reproduction in Old World camels. *Animal Reprod Sci* 2000;60-61:583-592
- Aminu D., Sumant V., Sahani MS.** Semen collection, cryopreservation and artificial insemination in the dromedary camel. *Animal Reproduction Science* 2003;77:223-233
- Bono G., Bolelli GF., Moallin Dahir A., Sciajno R., Parini C.** The early appearance of oestrone sulphate in peripheral blood of pregnant she-dromedaries. *Proceedings of the 12th International Congress on Animal Reproduction; The Hague* 1992;4:568.
- Bourke DA., Adam CL., Kyle CE., Mc Evoy TG.** Superovulation and embryo transfer in the llama. *Proceedings of the 1st International Camel Symposium; Dubai* 1992:50.
- Bravo PW., Skidmore JA., Zhao XX.** Reproductive aspects and storage of semen in Camelidae. *Anim Reprod Sci* 62;2000:173-193
- Cooper MJ., Skidmore J., Allen WR., Wensvoort S., Billah T., Chaudhry MA., Billah AM.** Attempts to stimulate and synchronize ovulation and superovulation in dromedary camels for embryo transfer. *Proceedings of the 1st International Camel Symposium; Dubai* 1992:51.
- Al Eknah MM.** Reproduction in Old World camels. *Animal Reproduction Science* 2000;60-61:583-592
- Fowler ME., Bravo PW.** Reproduction. In: Fowler, M.E (Ed.), *Medicine and Surgery of South American Camelids*, second ed. Iowa State University Press, Ames, USA, 1998;pp. 381-429.
- Guyton AC.** In: *Textbook of Medical Physiology*. Saunder. London, UK, 1991, p. 915
- Lichtenwalner AB., Woods GL., Weber JA.** Seminal collection, seminal characteristics and pattern of ejaculation in llamas. *Theriogenology* 1996;46:293-305.
- McEvoy TG., Kyle CE., Young P., Adam CL., Bourke DA.** Aspects of artificial breeding and establishment of pregnancy in South American camelids. *Proceedings of the 12th International Congress on Animal Reproduction; The Hague* 1992;4:573.
- Miragaya MH., Chaves MG., Aguero A.** Reproductive biotechnology in South American camelids. *Small Rum Res* 2006;61:299-310
- Mosaferi S., Niasari-Naslaji A., Abarghani A., Gharahdaghi AA., Gerami A.** Biophysical and biochemical characteristics of bactrian camel semen collected by artificial vagina. *Theriogenology* 2005;63:92-101
- Musa EE., Abusineina ME.** Some observations on reproduction in the female camel (*Camelus dromedarius*). *Acta Vet* 1976;26:63-69
- Musa BE., Siema H., Merkt H., Hago BEO., Willmen T.** Artificial insemination of dromedary camel. *Proceedings of the 1st International Camel Symposium; Dubai* 1992:35.
- Musa BE., Siema H., Merkt H., Hago B., Cooper M., Allen WR., Jochle W.** Manipulation of reproductive functions in male and female camels. *Anim Reprod Sci* 1993;33:289-306
- Mukasa-Mugerwa E.** Le chameau (*Camelus dromedarius*): Etude bibliographique. Cipea monographie. Addis-Abeda, Ethiopie 1985.
- Novoa C.** Reproduction in Camelidae. *Review. J Reprod Fert* 1970;22:3-20.
- Skidmore JA., Allen WR., Cooper MJ., Wensvoort S., Ali Chaudhry M., Billah T., Billah AM.** Attempted recovery and transfer of embryos in dromedary camels: results of preliminary experiments. *Proceedings of the 1st International Camel Symposium; Dubai* 1992:52.

Reproducción en los camélidos 10

- Tibary A., Memon M.A.** Reproductive physiology in the female South American camelidae 1999;6:217-233.
- Tibary A., Anouassi A., Memon AM.** 2001. Approach to infertility diagnosis in camelids: retrospective study in alpacas, llamas and camels. *J Camel Pract Res* 2001;8:167-179.
- Tibary A.** Infertility in female camelids 2: causes and treatment. In: Proceedings of North American Veterinary Conference, Orlando, Florida, 17-21 January 2004, pp. 287-289
- Tinson AH., McKinnon.** Ultrasonography of the female dromedary camel reproductive tract. Proceedings of the 1st International Camel Symposium; Dubai 1992:36.
- Thibault C., Levasseur MC.** La reproduction chez les mammiferes et l'homme. INRA ellipses 1991.
- Vaughan JL.** Control of ovarian follicular growth in the alpaca (*Lama pacos*). Ph.D. Thesis. Central Queensland University, 2001.
- Vaughan JL., Galloway D., Hopkins D.** The development of artificial insemination technology in alpacas (*Lama pacos*). A report of the Rural Industries Research and Development Corporation, RIRDC Publication 2003;No. 03/104.
- Vaughan JL., Tibary A.** Reproduction in female South American camelids: A review and clinical observations. *Small Ruminant Research* 2006;61:259-281
- Wernery U., Wernery R.** A review of uterine infections in the dromedary camel. Proceedings of the 1st International Camel Symposium; Dubai 1992:42.
- Wilson RT.** Performances de reproduction du dromadaire. Base empirique. *Revue Elev Med Vet Pays Trop* 1989;42(1):117-25.

10 Reproducción en los camélidos

11 La reproducción del conejo

La inseminación artificial (IA) se ha venido usando en el conejo desde la década de 1950 (véase, por ejemplo, Murphree et al., 1951). Esta técnica ha seguido siendo objeto de numerosas investigaciones que se han centrado, sobretudo, en la mejora de la conservación del semen, que ha evolucionado mucho desde que se usó por primera vez, durante la década de 1960 (véase, por ejemplo, O'Shea and Wales 1969).

11.1 Fisiología

11.1.1 El macho

El macho tiene unos testículos de forma ovalada en el interior del escroto que conservan la comunicación con la cavidad abdominal y pueden recogerse. Los testículos descienden hacia los 2 meses de vida. El pene, que es corto y está inclinado hacia atrás, apunta hacia delante cuando está erecto.

La madurez sexual, que se define como el momento en el que la producción diaria de espermatozoides deja de aumentar, se alcanza a las 32 semanas en el caso de los conejos de raza Blanca Neozelandesa que viven en climas templados. Sin embargo, un macho joven que vive en estas condiciones puede usarse para la reproducción a partir de las 20 semanas de vida, aunque las primeras manifestaciones del comportamiento sexual aparecen a los 60-70 días de edad.

El volumen de semen eyaculado es de unos 0,3-0,6 ml, con una concentración de 150-500 millones de espermatozoides por ml. La "falsa monta", 1-2 minutos antes de la cópula, hace aumentar la concentración del eyaculado. La producción máxima de espermatozoides se obtiene usando al macho regularmente una vez por día.

11 La reproducción del conejo

11.1.2 La hembra

La hembra tiene unos ovarios pequeños y de forma ovalada y dos úteros independientes (de unos 7 cm de longitud) que se abren por separado hacia la vagina mediante dos conductos cervicales.

Los primeros folículos aparecen el 13º día después del nacimiento, y los primeros folículos antrales alrededor del día 65-70.

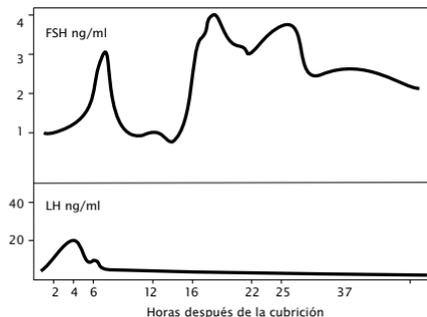
Las hembras pueden empezar a aparearse a las 10-12 semanas lo que, como norma no dará lugar a la ovulación. El inicio de la pubertad varía enormemente según la raza: la precocidad sexual es mayor en las razas pequeñas o las medianas (4-6 meses) que en las grandes (5-8 meses). El comportamiento sexual (aceptación de la monta) aparece mucho antes que la capacidad de ovular y de gestar una camada.

La coneja no tiene un ciclo estral con periodos regulares de "celo" durante los que la ovulación se da de forma espontánea. Se considera que las conejas están en celo de forma más o menos permanente. No obstante, en el periodo que va de octubre a diciembre en el hemisferio norte, los conejos pueden mudar, y muchas hembras no conciben durante la muda.

La coneja es una hembra de ovulación inducida, aunque también es posible la ovulación espontánea (Morrell 1995). La cubrición induce un reflejo neuroendocrino que provoca un pico de LH que da lugar a la ovulación (Bakker and Baum 2000). El ritmo en forma de pulsos de la hormona luteinizante (LH) aumenta al cabo de 10-15 minutos de la estimulación sexual y alcanza una meseta durante por lo menos 1 hora (Jones et al., 1976). La ovulación se da entre 10 y 12 horas después del pico de LH. La hormona foliculoestimulante (FSH) se segrega en forma de pulsos frecuentes, mientras que la LH retorna a niveles basales 5-6 horas después de la monta (Duffy-Barbe et al., 1973) (Figura 1). Simultáneamente, el hipotálamo segrega oxitocina y los ovarios prostaglandina, lo que facilita la ovulación.

La reproducción del conejo 11

Figura 1 Evolución de la secreción de FSH y LH tras la cubrición (Dufy-Barbe et al., 1973).



La actividad muscular del istmo del oviducto (11,7-18,7 contracciones/min durante el estro) aumenta 2 horas después de la ovulación (natural o inducida), manteniéndose durante 2-3 días (Bourdage y Halbert 1980). Los periodos de actividad elevada y disminuida se relacionan estrechamente con el transporte pre-ovulatorio rápido de los espermatozoides (que llegan a la zona de la fertilización - cerca de la ampolla distal y del istmo - 30 minutos después de la cubrición) y el transporte lento de los óvulos por el istmo tras la ovulación (llegan al útero 72 horas después de la ovulación), lo que sugiere la posibilidad de la regulación del transporte de los gametos por parte de la musculatura del oviducto (Bourdage y Halbert 1980). La implantación tiene lugar 7 días después de la monta, en la fase de blastocisto.

Las concentraciones de progesterona aumentan desde el día 3 hasta el 15 después de la cubrición, manteniéndose elevadas hasta justo antes el parto.

En la coneja, la fertilidad se ve influida por un gran número de factores: la temperatura, la luz y la alimentación son los tres principales relacionados con el efecto estacional. La exposición creciente a la luz diurna puede mejorar el tamaño de la camada en las conejas púberes (Kamwanja y Hauser 1983). Las hembras nacidas en verano alcanzan la pubertad más tarde que las nacidas en otras estaciones (Kamwanja y Hauser 1983). Las hem-

11 La reproducción del conejo

bras alimentadas ad *libitum* alcanzan la pubertad 3 semanas antes que conejas similares que reciben sólo el 75% del mismo alimento diario (Lebas et al., 1986). En la práctica, las conejas suelen ser cubiertas o inseminadas cuando alcanzan el 80-85% del peso adulto para su raza. Otro factor importante que influye en la fertilidad es la receptividad (la aceptación voluntaria de la cubrición) de la hembra. Esto puede medirse por el color de la vulva (un signo externo de la fase estrogénica) en el momento de la monta (Caillol et al., 1983). La influencia de la receptividad sobre la fertilidad aparece en la Tabla 1.

Tabla 1 Influencia de la receptividad (medida según el color de la vulva) sobre la fertilidad con la IA (Theau-Clement y Roustand, 1991).

Color de la vulva	Blanco	Rosado	Rojo	Rojo oscuro
Fertilidad	35%	55%	75%	40%

La gestación del conejo dura 31 días (rango: 30-33 días). Si la gestación dura menos de 29 días, las crías no suelen ser viables. Puede ser necesario un mínimo de cuatro cuerpos lúteos para el mantenimiento exitoso de la gestación en el conejo Blanco Neozelandés (Feussner et al., 1992). El número mínimo de cuerpos lúteos necesarios puede depender de la estirpe y puede guardar una relación con el tamaño normal de la camada de la estirpe (Feussner et al., 1992).

Al final de la gestación, la coneja prepara un nido para su camada con su propio pelo y con materiales de los que disponga, como paja y virutas. Este comportamiento está relacionado con un incremento en la relación estrógeno/progesterona y con la secreción de prolactina. El parto dura 15-30 minutos, dependiendo del tamaño de la camada, la cual consta de 7-9 gazapos de media (rango: 3-12). El destete de las crías suele darse a los 30-42 días de vida.

La pseudogestación es un suceso fisiológico normal que se da tras un apareamiento sin éxito o infértil y dura entre 15 y 19 días, para, luego, resolverse de forma espontánea. Inicialmente, el cuerpo lúteo y el útero se desarrollan como en una gestación normal. Sin embargo, estos cambios empiezan a revertir alrededor del día 12 debido a la acción de un factor luteolítico secretado por el útero. Las conejas pseudogestantes pueden mostrar

La reproducción del conejo 11

un agrandamiento de las glándulas mamarias y el comportamiento de confección del nido. Las conejas usadas para la IA deben alojarse aparte durante por lo menos 19 días antes de la inseminación para evitar la posibilidad de la pseudogestación.

11.2 Manejo de la reproducción en los conejos comerciales

Hay tres sistemas principales de reproducción cunícola:

- El sistema extensivo, en el que las hembras se cubren cuando los gazapos son destetados (5-6 semanas después del parto), algo común entre los cuidadores aficionados de conejos.
- El sistema semi-intensivo, en el que las conejas se cubren 10-12 días después del parto y el destete se produce a las 4-5 semanas de vida. Es el sistema más usado en la producción cunícola comercial.
- El sistema intensivo, en el que las conejas se cubren 2 días después del parto. El destete se da, como máximo, a las 4 semanas. En este sistema, el intervalo entre camadas es de alrededor de 5 semanas. La tasa de fertilidad y el tamaño de las camadas son algo menores que en el sistema semi-intensivo, pero el número de gazapos destetados puede ser mayor debido al mayor número de camadas por hembra y año.

Algunos productores usan una combinación entre los sistemas semi-intensivo e intensivo. Las conejas con una camada pequeña (<5) se cubren 2 días después del parto, mientras que las que tienen una camada de tamaño normal se cubren 10-12 días después el parto.

En los sistemas de reproducción intensiva de las explotaciones europeas, 1 coneja puede producir 50-60 gazapos destetados por año. Con el mismo nivel tecnológico, se pueden obtener 45-55 conejos con un sistema de reproducción semi-intensiva. Con el ritmo extensivo, los mejores criadores obtienen 30-35 gazapos destetados por coneja y año.

La vida reproductiva de la coneja suele ser de menos de un año, con una media de ocho gestaciones a término, mientras que el macho puede seguir siendo sexualmente activo 5-6 años en estado salvaje. En las condiciones propias de las explotaciones, el macho suele ser reemplazado al cabo de un año, principalmente debido a la falta de libido.

11 La reproducción del conejo

11.2.1 Monta natural

Las hembras jóvenes suelen ser cubiertas por vez primera a las 16-17 semanas de vida, aunque generalmente alcanzan la pubertad antes (Rommers et al., 2001). Como consecuencia de ello es importante retirar a los machos del lote antes de las 10 semanas de edad. La monta natural es ampliamente usada en la producción cunícola y, normalmente, da lugar a unos porcentajes de fertilidad altos.

La monta natural se usa mucho en la producción cunícola y se basa en la cubrición de las hembras uno o dos días, previamente fijados, a la semana, obteniéndose generalmente unos porcentajes de fertilidad altos. Los criadores escogen a las conejas lactantes para su monta 10 días después del parto: se trata de un sistema semi-intensivo con un ciclo de 42 días (31 días de gestación más 10 días hasta el siguiente apareamiento). Esto implica que, en condiciones favorables, una coneja se cubre cada 6 semanas, el mismo día de la semana.

11.2.2 Inseminación artificial

Los porcentajes de fertilidad tras la IA pueden ser equivalentes o mejores a los obtenidos con la monta natural. Además, la IA ofrece los mismos beneficios para la reproducción cunícola que para la de otras especies: el control de la diversidad genética, el progreso genético rápido, el asentamiento de la gestación en las conejas que rechazan la monta y la limitación de la difusión de enfermedades infecciosas.

La principal limitación del uso de la IA en los conejos consiste en la capacidad de conservar el semen de conejo (Roca et al., 2000). Se puede usar semen congelado, pero es necesario prestar especial atención a la técnica de crioconservación para asegurar unas buenas tasas de fertilidad (Morrell 1995).

No existe un verdadero efecto estacional sobre la calidad del semen (volumen, motilidad en masa, motilidad individual, número de espermatozoides vivos), aunque los eyaculados recogidos en marzo son mejores que los recolectados en noviembre (Theau-Clement et al., 1991). Existe una correlación significativa entre la tasa de partos y el porcentaje de células móviles totales (va-

La reproducción del conejo 11

lorado mediante el análisis de semen asistido por ordenador), el índice de linealidad y el porcentaje de espermatozoides con anomalías en la muestra (Lavara et al., 2005).

El rendimiento reproductivo se ve influido, predominantemente, por el estado fisiológico de la coneja (fase de la lactación y receptividad) en el momento de la inseminación (Brun et al., 2002). Las conejas apareadas entre julio y octubre tiene una fertilidad significativamente menor (Theau-Clement y Vrillon 1991). Los porcentajes de gestación (74%) y el tamaño de las camadas en el momento del nacimiento (9 gazapos) son similares, tanto si se usan 16 como 4 millones de espermatozoides para la IA (Viudes de Castro y Vicente 1997).

El semen para la IA es recogido con una vagina artificial y tiene las siguientes características:

- volumen 0,5 ml
- concentración 500 millones/ml
- pH 6,8-7,3

Se puede usar la IA en el sistema semi-intensivo cada 42 días, al igual que la monta natural, pero resulta igualmente adecuada en el sistema intensivo cada 33 días. Entre los 34 y los 40 días, la hembra no es receptiva y no puede ser fertilizada.

Semen fresco

Si se va a usar semen fresco (es decir, el mismo día de su recogida), debe procederse a una evaluación de su calidad: una valoración subjetiva de la proporción de espermatozoides móviles y del patrón de motilidad para la identificación y la exclusión de los eyaculados de mala calidad. El semen fresco suele tener, de media, un 84% de espermatozoides vivos (no manchados), y el 88% tiene unos acrosomas normales (Chen et al., 1989). Tras la valoración de la calidad, el eyaculado se diluye en un diluyente adecuado (p. ej. Dilap 2000, suero salino) y puede conservarse unas pocas horas a 18°C.

Semen refrigerado

El semen puede conservarse entre 24 y 36 horas a 5°C en un diluyente especial, dando lugar a unos porcentajes de fertilidad de

11 La reproducción del conejo

alrededor del 64% (Théau-Clément and Roustan 1991). El semen puede conservarse en buen estado durante hasta 96 horas a 15°C usando diluyentes con tampón Tris (Roca et al., 2000). Más recientemente se han probado diluyentes basados en glucosa y fructosa que contienen gelatina (1,4 g/100ml) en un estudio controlado tras la conservación del semen a 15°C durante hasta 5 días (Lopez-Gatius et al., 2005). Los porcentajes de partos de las conejas inseminadas con semen suplementado con gelatina y conservado durante 48 horas (88%) o 72 horas (83%) fueron similares a los registrados en el caso de los controles (81%), mientras que los porcentajes descendieron significativamente cuando el semen era sólido y se conservaba durante más tiempo (Lopez-Gatius et al., 2005).

Semen congelado

En el pasado, el semen conservado en nitrógeno líquido (44% de espermatozoides vivos, 54% de acrosomas normales) proporcionaba unos resultados peores que el semen fresco (Chen et al., 1989). Recientemente se reportó que los porcentajes de fertilidad obtenidos con semen congelado eran similares a los conseguidos con semen fresco (Si et al., 2006), con unas tasas de fertilidad y de partos del 73,9% y el 56.5% para un único ciclo de congelación y descongelación. No obstante, la elección del macho (diferencias en la resistencia de los espermatozoides) puede afectar al resultado de la congelación (Moce et al., 2005).

Para congelar el semen de conejo es necesario un medio complejo que contenga crioprotectores. Se ha reportado que el diluyente con Tris, glucosa y ácido cítrico con 1,75 M de DMSO y 0,05 M de sacarosa resulta adecuado para la congelación del semen de conejo (Moce et al., 2005), ya que contiene un 15,3% de yema de huevo con 0,88 M de DMSO (Si et al., 2006). La conservación en un congelador a -30°C puede resultar mejor que con nitrógeno líquido (Viudes de Castro et al., 2005).

11.2.3 Diagnóstico de gestación

El diagnóstico de gestación suele llevarse a cabo mediante palpación abdominal el día 12-14 después de la monta o la IA. Se ha observado que los tests de enzimo-inmunoensayo (ELISA) desarrollados para la detección de la progesterona en plasma en otras especies pueden usarse en el plasma y el suero de conejo

La reproducción del conejo 11

(Morrell 1990, 1993). Con un buen diagnóstico de gestación, se puede alojar las conejas en sus jaulas a finales de la gestación, mientras que podremos retirar a las conejas no gestantes e incluirlas en el siguiente lote de hembras que serán montadas o inseminadas.

11.3 Control de la reproducción

Se han desarrollado métodos farmacológicos para controlar la receptividad y la ovulación para mejorar los resultados de la IA en el conejo.

11.3.1 Inducción de la receptividad

La receptividad supone uno de los mayores problemas en la coneja.

La manipulación del fotoperiodo se usa con frecuencia para mejorar la receptividad y sincronizar el celo (Quintela et al., 2001). Un fotoperiodo de 12 horas de luz/12 horas de oscuridad hasta 6 días antes de la IA da lugar a una mejor receptividad sexual que 8 horas de luz/16 horas de oscuridad (Quintela et al., 2001). La receptividad también puede mejorarse mediante la separación transitoria de la coneja y la camada (Ubilla et al., 2000), lo que da como resultado una reducción de las concentraciones de prolactina y una mejor respuesta a la administración de GnRH. Se ha desarrollado un protocolo que usa gonadotropina sérica de yegua gestante (eCG/PMSG, Folligon®, 40 UI) 48 horas antes de la fecha prevista de la monta natural o la IA y un análogo de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) (Receptal®/Conceptal® 0,2 ml) en el momento de la IA (Molina et al., 1991; Parez y Chmitelin 1992, Remmen et al., 1979) (Figura 2). Los resultados obtenidos con este protocolo son especialmente interesantes en las hembras cubiertas por segunda vez (primíparas) y en las conejas lactantes (Parez 1992), tal y como se muestra en las Tablas 2 y 3.

La eCG/PMSG (20 UI 48 h antes de la IA) también se ha usado con éxito (Remmen et al., 1979), junto con la manipulación del fotoperiodo, para mejorar la receptividad y sincronizar el celo (Quintela et al., 2001). El estro se sincronizó mejor cuando se usaba la eCG/PMSG con cualquiera de los dos programas de ilu-

11 La reproducción del conejo

minación mencionados anteriormente. La productividad global (número de gazapos destetados por cada 100 conejas inseminadas) fue mejor al usar la eCG/PMSG con cualquiera de los dos programas de iluminación.

Figura 2 Protocolo para controlar la receptividad

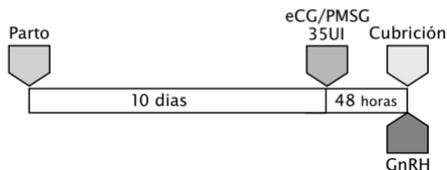


Tabla 2 Resultados de la utilización del protocolo Folligon® más un análogo de la GnRH en conejas primíparas y multiparas sometidas a IA (Parez and Chmitelin 1992)

	Primíparas		Multiparas	
	Controles	Tratadas	Controles	Tratadas
Número de IA	38	34	166	179
Fertilidad (%)	29,4*	57,6*	76,6	79,6
Nacidos totales/coneja	10,56*	13,29*	10,35	11,03
Nacidos vivos/coneja	9,80*	12,59*	9,47	10,19

* diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los controles y los animales tratados

Tabla 3 Resultados del uso del protocolo Folligon® más un análogo de la GnRH en conejas lactantes y no lactantes sometidas a IA (Parez and Chmitelin 1992)

	Conejas lactantes		No lactantes	
	Controles	Tratadas	Controles	Tratadas
Número de IA	200	212	56	43
Fertilidad (%)	68,3*	76,5*	85,7	79,1
Nacidos totales/coneja	10,37*	11,29*	10,36	11,23
Nacidos vivos/coneja	9,49*	10,46*	9,66*	10,54*

* diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los controles y los animales tratados

La reproducción del conejo 11

11.3.2 Inducción de la ovulación

La inducción de la ovulación es un elemento esencial en la inseminación artificial del conejo. La ovulación puede inducirse con fiabilidad mediante la presencia de un macho vasectomizado o con la administración de un agonista de la GnRH (buserelina (Receptal®/Conceptal®) o de gonadotropina coriónica humana (hCG, Chorulon®).

hCG

La hCG (25 UI; Chorulon®), que actúa directamente sobre los ovarios, es muy eficaz para inducir la ovulación en la coneja, pero ya no se usa, porque, independientemente de la dosis, la eficacia desciende después de cinco inyecciones. Además, la hCG da lugar a un mayor porcentaje de embriones degenerados (Molina et al., 1991).

Análogos de la GnRH

Este método es usado en el campo tanto en la IA como en la monta natural (para incrementar el efecto estimulante del apareamiento). La GnRH actúa sobre la hipófisis para inducir la secreción inmediata de LH y FSH. La GnRH actúa sobre la hipófisis para inducir un pulso de LH. Produce un efecto inmediato, y la concentración plasmática de LH alcanza su valor máximo 10-30 minutos después de la inyección intramuscular de un agonista de la GnRH (Receptal®/Conceptal®, 0,2 ml). Si el fármaco se inyecta por vía subcutánea en el momento de la inseminación, la ovulación se dará 10-12 horas más tarde. También pueden mejorarse los porcentajes de concepción tras la monta natural induciendo la ovulación con GnRH. Recientemente, se vio que la buserelina incluida en la dosis de semen (0,016 mg por coneja por vía intravaginal) daba lugar a unos porcentajes de partos similares (87,5%), pero una prolificidad mejor (11,7 gazapos, respectivamente) (Quintela et al., 2004).

11 La reproducción del conejo

11.4 Inducción del parto

Oxitocina

Las concentraciones de oxitocina permanecen bajas en la coneja a lo largo de toda la gestación y se elevan sólo una vez comienzan las contracciones uterinas durante el parto (Fuchs and Darwood 1980; O'Byrne et al., 1986). Las inyecciones de oxitocina sintética provocaron un incremento dosis-dependiente en la concentración plasmática de oxitocina y en la actividad uterina (Fuchs and Darwood 1980). Una inyección de oxitocina puede inducir el parto el día 31 (Ubilla y Rodríguez 1990). Algunos autores han reportado una gran incidencia de distocias y un porcentaje de mortalidad del 5,7% en las camadas resultantes. No obstante, sigue siendo utilizada con éxito en algunas explotaciones cunícolas.

Prostaglandinas

La principal utilidad de las prostaglandinas consiste en la inducción de la luteolisis y la posibilidad de controlar el momento del parto. No se han reportado efectos colaterales. Ninguno de estos productos cuenta con autorización para su uso con esta indicación. En la práctica se usan las dosis siguientes:

- Luprostiol 0,5 mg/kg
- Cloprostenol 0,0015 mg/kg (Partridge et al., 1985)
- Etiproston 0,050 mg/coneja (Ubilla y Rodríguez 1990)

11.5 Reproducción en los conejos mascotas

11.5.1 Machos

La castración de los machos se lleva a cabo para evitar la gestación en las hembras, el comportamiento agresivo y el marcaje territorial con orina. Lo mejor es castrar a los machos poco después de que alcancen la madurez sexual (a partir de los 4-6 meses de vida; hasta los 9 meses en las razas gigantes). Los machos castrados no deberían ser puestos en contacto con hembras intactas durante por lo menos 3 semanas, ya que sigue pudiendo haber espermatozoides vivos en el conducto deferente y los niveles de testosterona descienden lentamente.

La reproducción del conejo 11

11.5.2 Conejas como mascotas

Ovariohisterectomía

Las conejas pueden ser esterilizadas (ovariohisterectomía) a partir de los 4 meses de vida, para así prevenir la gestación no deseada, el comportamiento agresivo y el comportamiento de marcaje territorial con orina.

La ovariohisterectomía es también el tratamiento de elección en varios trastornos de las conejas (Redrobe 2000) entre los que se incluyen:

- Los pólipos endometriales/la hiperplasia quística y la neoplasia uterina se dan en las conejas intactas de más de 2-3 años de vida.
- La piometra y la endometritis son problemas comunes en las conejas (incluyendo a las conejas vírgenes), aislándose comúnmente *Pasteurella multocida* y *Staphylococcus aureus*.

Control hormonal del estro

Hay pocos informes sobre el uso de los progestágenos para controlar el estro/la ovulación en las conejas. Un estudio mostró que el acetato de medroxiprogesterona inhibió la ovulación inducida por la monta durante 40-65 días y evitó la fertilización tras la ovulación inducida con hCG desde los 15 a los 83 días después del tratamiento (Chang 1985). La proligestona (Covinan®/Delvosteron®) se usa a dosis de alrededor de 33 mg/kg en las conejas. Este producto no cuenta con la autorización para su uso en conejos.

Distocias

Las distocias son raras en la coneja (Redrobe 2000). La obesidad, las deficiencias nutricionales, las deformidades fetales, el tamaño excesivo de los fetos, la inercia uterina, un canal pélvico estrecho (congénito o como secuela de fracturas) puede contribuir a la distocia. En los casos de distocia no obstructiva y en los que se sospecha de inercia uterina, 5-10 ml de gluconato de calcio al 10% seguidos 30 minutos después de oxitocina (1-2 unidades por vía intramuscular), pueden estimular las contracciones uterinas. La coneja debería ser alojada en un lugar oscuro y tranquilo y no debe ser molestada durante 40-60 minutos. Se puede llevar a cabo una cesárea o una ovariohisterectomía si no nacen las crías, dependiendo de la viabilidad de los fetos y del útero.

11 La reproducción del conejo

11.6 Referencias bibliográficas

- Bakker J., Baum MJ.** Neuroendocrine regulation of GnRH release in induced ovulators. *Front Neuroendocrinol* 2000;21:220-262.
- Bourdaque RJ., Halbert SA.** In vivo recording of oviductal contractions in rabbits during the perioovulatory period. *Am J Physiol* 1980;239:R332-R336.
- Brun JM., Théau-Clément M., Bolet G.** The relationship between rabbit semen characteristics and reproductive performance after artificial insemination. *Anim Reprod Sci* 2002;70:139-149.
- Caillol M., Dauphin-Villemant C., Martinet L.** Oestrous behaviour and circulating progesterone and oestrogen levels during pseudopregnancy in the domestic rabbit. *J Reprod Fertil* 1983;69:179-186.
- Chang MC.** Inhibition of fertilization in the rabbit long after injection of Depo-Provera. *Fertil Steril* 1985;43:652-655.
- Chen Y., Li J., Simkin ME., Yang X., Foote RH.** Fertility of fresh and frozen rabbit semen inseminated at different times is indicative of male differences in capacitation time. *Biol Reprod* 1989;41:848-853.
- Dufy-Barbe L., Franchimont P., Faure JM.** Time-courses of LH and FSH release after mating in the female rabbit. *Endocrinology* 1973;92:1318-1321.
- Feussner EL., Lightkep GE., Hennesy RA., Hoberman AM., Christian MS.** A decade of rabbit fertility data: study of historical control animals. *Teratology* 1992;46:349-365.
- Fuchs AR., Darwood MY.** Oxytocin release and uterine activation during parturition in rabbits. *Endocrinology* 1980;107:1117-1126.
- Jones EE., Bain JB., Odell WD.** Postcoital luteinizing hormone release in male and female rabbits as determined by radioimmunoassay. *Fertil Steril* 1976;27:848-852.
- Kamwanja LA., Hauser ER.** The influence of photoperiod on the onset of puberty in the female rabbit. *J Anim Sci* 1983;56:1370-1375.
- Lavara R., Moce F., Lavara F., Viudes de Castro MP., Vicente JS.** Do parameters of seminal quality correlate with the results of on-farm inseminations in rabbits? *Theriogenology* 2005;64:1130-1141.
- Lebas F., Coudert P., Rouvier R., De Rochambeau H.** Reproduction In: The rabbit husbandry, health and production FAO, Rome, 1986;Chapter 3.
- Lopez-Gatius F., Sances G., Sancho M., Yaniz J., Santolaria P., Gutierrez R., Nunez M., Nunez J., Soler C.** Effect of solid storage at 15 degrees C on the subsequent motility and fertility of rabbit semen. *Theriogenology* 2005;64:252-260.
- Moce E., Lavara R., Vicente JS.** Influence of the donor male on the fertility of frozen-thawed rabbit sperm after artificial insemination of females of different genotypes. *Reprod Domest Anim* 2005;40:516-521.
- Molina I., Pla M., Vicente JS., Martin A., Romeu A.** Induction of ovulation in rabbits with pure urinary luteinizing hormone and human chorionic gonadotrophin: comparison of oocyte and embryo quality. *Hum Reprod* 1991;6:1449-1452.
- Morrell JM.** Use of an ELISA for plasma progesterone to facilitate rabbit husbandry. *Vet Rec* 1990;127:521-524.
- Morrell JM.** Preliminary investigation of an ELISA kit as a qualitative assay for rabbit progesterone. *Vet Rec* 1993; 132: 434-436.
- Morrell JM.** Artificial insemination in rabbits. *Br Vet J* 1995;151:477-487.
- Murphree R., Black WG., Otto G., Casida LE.** Effect of site of insemination upon the fertility of gonadotrophin-treated rabbits of different reproductive stages. *Endocrinology* 1951;49:474-480.
- O'Byrne KT., Ring JP., Summerlee AJ.** Plasma oxytocin and oxytocin neurone activity during delivery in rabbits. *J Physiol* 1986;370:501-513.

La reproducción del conejo 11

- O'Shea T., Wales RG.** Further studies of the deep freezing of rabbit spermatozoa in reconstituted skim milk powder. *Aust J Biol Sci* 1969;22:709-719.
- Parez V., Chmitelin F.** Effect of a PMSG treatment on reproduction in the rabbit. Proc 12th International Congress Animal Reproduction, The Hague. 1992:1166.
- Partridge GG., Lamb IC., Finlay M.** The use of a synthetic prostaglandin analogue (cloprostenol) to control parturition in the commercial rabbit. *Anim Prod* 1985;42:281-286.
- Quintela L., Pena A., Barrio M., Vega MD., Diaz R., Maseda F., Garcia P.** Reproductive performance of multiparous rabbit lactating does: effect of lighting programs and PMSG use. *Reprod Nutr Dev.* 2001;41:247-257.
- Quintela L., Pena AI., Vega MD., Gullon J., Prieto MC., Barrio M., Becerra JJ., Maseda F., Herradon PG.** Ovulation induction in rabbit does submitted to artificial insemination by adding busserelin to the seminal dose. *Reprod Nutr Dev* 2004;44:79-88.
- Redrobe S.** In: Manual of Rabbit Medicine and Surgery, Ed. PA Flecknell, BSAVA 2000;160 pp.
- Remmen JL., van de Steen G., Vente JP.** Some results obtained in artificial insemination on a large rabbit farm. *Tijdschr Diergeneeskd* 1979;104:301-307.
- Roca J., Martinez S., Vazquez JM., Lucas X., Parrilla I., Martinez EA.** Viability and fertility of rabbit spermatozoa diluted in Tris-buffer extenders and stored at 15 degrees C. *Anim Reprod Sci* 2000;64(1-2): 103-112.
- Rommers JM., Kemp B., Meijerhof R., Noordhuizen JP.** The effect of litter size before weaning on subsequent body development, feed intake, and reproductive performance of young rabbit does. *J Anim Sci* 2001;79:1973-1982.
- Si W., Hildebrandt TB., Reid C., Kreig R., Ji W., Fassbender M., Hermes R.** The successful double cryopreservation of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) semen in large volume using the directional freezing technique with reduced concentration of cryoprotectant. 2006;65:788-798.
- Théau-Clément M., Vrillon C A.** L'insemination artificielle chez la lapine. *El et Ins* 1991;245:3-12.
- Théau-Clément M., Thebault RG., Bolet G., de Rochambeau H.** Reproduction of French Angora rabbits: ovulation in the female, semen production in the male. *Reprod Nutr Dev* 1991;31:667-673.
- Théau-Clément M., Roustan A.** A study on relationships between receptivity and lactation in the doe, and their influence on reproductive performances. *J Appl. Rabbit Res.* 1992;15:412-421.
- Ubilla E., Rebollar PG., Pazo D., Esquifino AI., Alvarino JM.** Pituitary and ovarian response to transient doe-litter separation in nursing rabbits. *J Reprod Fert* 2000;118:361-366.
- Ubilla E., Rodriguez JM.** Induction hormonale de la mise bas et la production de la lapine. *Cuniculture* 1990;17:171-174.
- Viudes de Castro MP., Moce E., Vicente JS., Marco-Jimenez F., Lavara R.** In vitro evaluation of in vivo fertilizing ability of frozen rabbit semen. *Reprod Domest Anim* 2005;40:136-140.
- Viudes de Castro MP., Vicente JS.** Effect of sperm count on the fertility and prolificity rates of meat rabbits. *Anim Reprod Sci* 1997;46:313-319.

11 La reproducción del conejo

12 Reproducción en los Peces

12.1 Introducción

La reproducción de los peces se ha practicado desde tiempos inmemoriales en distintas partes el mundo. Los acuicultores, especialmente los implicados en la cría y la reproducción de los peces, suelen contar con el inconveniente de criar especies cuyo suministro de alevinos depende enormemente de las capturas en estado salvaje.

Las técnicas para la producción de cantidades suficientes de alevinos de alta calidad a partir de peces reproductores capturados en estado salvaje son necesarias para la continuación y la expansión a gran escala de la acuicultura. La falta de tales técnicas ha supuesto un límite importante en la cría controlada y exitosa de varias especies que se pueden criar en acuicultura. El desarrollo de estas técnicas proporcionaría la opción de desarrollar un sistema de ciclo de producción cerrado que no tendría que basarse en los reproductores y/o alevinos capturados en estado salvaje y abriría la puerta a los programas de mejora genética y a un mejor control de las enfermedades. El manejo reproductivo de primera categoría de los peces debe equivaler a la consecución del potencial fisiológico de cada especie de pez para producir una descendencia de gran calidad, en gran cantidad y del sexo deseado, incluidos los peces estériles.

Esta revisión tiene un propósito doble: en primer lugar hablar brevemente sobre la fisiología reproductiva de los peces, poniendo énfasis en las especies criadas en acuicultura, y en segundo lugar, para indicar las zonas de la fisiología reproductiva en las que es necesaria la intervención artificial para criar con éxito a las especies objeto de la acuicultura en cautividad. Esta evaluación considera a los teleosteos como grupo, sin hacer referencia a las grandes diferencias existentes entre las especies en cuanto a los parámetros relacionados con la reproducción.

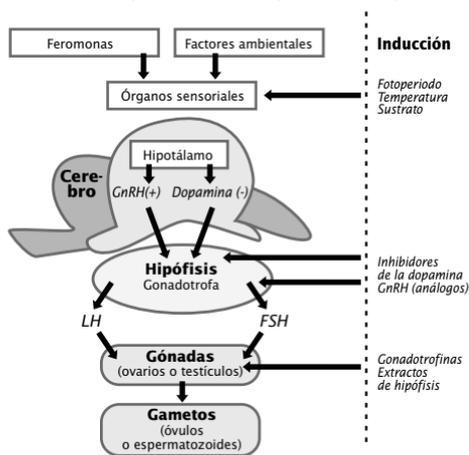
12.2 Fisiología y acondicionamiento

Al igual que sucede en el caso de las especies de mamíferos, la ruta hormonal de la reproducción gira en torno al eje hipotálamo-

12 Reproducción en los Peces

mo-hipófisis-gonadal (Figura 1). El hipotálamo, como parte del cerebro, es activado por factores ambientales y químicos, como las feromonas. Tras esta activación, se sintetizan y secretan distintos neuropéptidos [hormonas liberadoras de gonadotropinas (GnRH)]. Las distintas especies de peces poseen distintas formas de GnRH (Somoza et al., 2002; Sherwood and Woo 2005), y el número de tipos de GnRH por especie oscila entre dos y tres. A pesar de la multitud de tipos de GnRH en los peces, sólo un tipo de GnRH (la forma especie-específica, producida en el área preóptica del cerebro y la única que se proyecta hacia la hipófisis mediante fibras neurosecretoras) regula la producción y la secreción de gonadotropinas (GtH) por parte de la hipófisis. La hipófisis produce dos GtH (GtH-I y GtH-II), que actúan directamente sobre las gónadas (Suzuki et al., 1988a). Debido a su significativo grado de homología con respecto a la hormona luteinizante (LH) y la hormona foliculoestimulante (FSH) de los mamíferos (Suzuki et al., 1988b; Itoh et al., 1990), la GtH-I ha sido identificada ya claramente como la FSH de los peces, y la GtH-II como la LH (Yaron et al., 2003).

Figura 1 Ruta hormonal en el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal y niveles de intervención externa que se pueden usar para inducir la maduración y la ovulación/producción de espermia en los peces teleosteos.

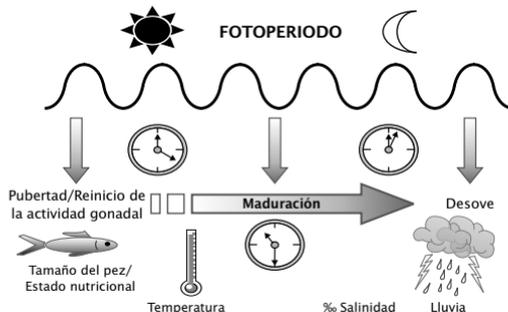


Reproducción en los Peces 12

La estacionalidad del ciclo reproductivo está determinada por las condiciones ambientales a las que están expuestos los peces. Las señales ambientales se traducen en forma de cambios endocrinos que controlan la gametogénesis.

En las especies poiquilothermas, como los peces, existe una interacción entre la temperatura del agua y el fotoperiodo para el control del ciclo reproductivo. Dependiendo de la especie, uno de estos factores será el mecanismo transductor principal. En los ciprinidos, la temperatura desempeña el papel principal, mientras que en los salmónidos y en otras familias de peces, es el fotoperiodo el que regula la actividad endocrina (Bayarri et al., 2002). Se asume que la fotoperiodicidad es percibida, en los peces, tanto por los ojos como por los fotorreceptores de la glándula pineal, un órgano endocrino situado en la parte superior del cerebro. La glándula pineal sintetiza y secreta la hormona melatonina, que participa en la determinación del momento del desarrollo gonadal (Bromage et al., 1996). Sin embargo, los datos sobre las relaciones entre la secreción de gonadotropinas y de melatonina en los peces son bastante escasos. Generalmente, la melatonina estimula la secreción de LH, pero su efecto depende de la fase del ciclo día-noche (Khan y Thomas 1996).

Figura 2 Reproducción y entorno del pez



12 Reproducción en los Peces

Ciclos reproductivos

La mayoría de los peces teleósteos son reproductores estacionales, aunque unas pocas especies se reproducen continuamente. Entre los reproductores estacionales existe una considerable variación con respecto al momento del año en que se da la reproducción. Los peces de agua dulce de regiones templadas desovan en primavera y a principios de verano, mientras que otros, como la mayoría de los salmónidos, lo hacen en otoño (Billard 1992), estando programado el momento del desove de modo que el momento del nacimiento de la descendencia, en estado salvaje, coincida con la disponibilidad de alimento.

La estacionalidad del desove supone un problema importante en el manejo de los reproductores de la mayoría de las especies de peces. Los factores ambientales, como el fotoperiodo, la temperatura, la salinidad, las precipitaciones estacionales y varios aspectos relacionados con los estímulos implicados en la interacción entre las hembras y los machos, como las señales táctiles, visuales, auditivas y eléctricas, interfieren en el ciclo reproductivo de los peces teleósteos (Chadhuri, 1994; Weerd et al., 1990). En el bagre o pez gato africano, *Clarias gariepinus*, los ritmos endógenos circunuales de reactivación y regresión gonadal que se dan en la naturaleza se pueden evitar en cautividad, criando a la descendencia desde la fase de huevo hasta la madurez a una temperatura alta constante (Richter et al., 1995). En el caso de los salmónidos, la programación de secuencias de fotoperiodos cortos y largos aplicados a la cría de distintas estirpes (desovadoras primaverales u otoñales) puede permitir su reproducción en cualquier momento del año.

Hipotálamo

Se cree que sólo un tipo de GnRH regula la secreción de GtH. La GnRH pertinente induce la secreción de FSH y LH (Zohar, 1996). Sin embargo, existen datos que muestran que la GnRH no puede estimular la secreción de FSH (Breton et al., 1988a). La regulación neuroendocrina de la secreción de LH en los peces teleósteos se realiza, fundamentalmente, bajo el control de un sistema neurohormonal dual. La secreción de LH es estimulada por la GnRH e inhibida por la dopamina, que funciona a modo de factor inhibidor de la secreción de gonadotropinas (GRIF). La dopamina actúa directamente a nivel de la hipófisis para modular las acciones de la GnRH, además de la secreción espontánea de

Reproducción en los Peces 12

LH, y también inhibe la secreción de GnRH (Peter et al., 1993). Esta inhibición tónica de la dopamina sobre la GnRH depende del estradiol, evitando los niveles altos durante la vitelogénesis la secreción de LH. El descenso en la concentración de estradiol al final de este proceso da como resultado la finalización de la inhibición por parte de la dopamina (Saligaut et al., 1998).

Hipófisis

Una de las principales razones de la falta de ovulación y desove en distintas especies de peces de acuicultura consiste en la incapacidad de la hipófisis para secretar LH (Lin y Peter, 1996). La FSH y la LH inducen la esteroidogénesis en células gonadales específicas. Se cree que la FSH está implicada, principalmente, en la regulación de las fases más tempranas de la gametogénesis, es decir, la vitelogénesis (acumulación de vitelo) en las hembras y la espermatogénesis en los machos. Una vez que estos procesos finalizan, los niveles de FSH en sangre descienden, mientras que los de LH aumentan rápidamente. Se cree que la LH está implicada, fundamentalmente, en la regulación de la maduración final de los ovocitos y la ovulación en las hembras y en la espermiogénesis y espermiación en los machos (Swanson, 1991; Breton et al., 1998a, Chyb *et al.*, 1999).

Ovario, maduración de los ovocitos y ovulación

El ovario de la mayoría de los peces teleosteos es un órgano en forma de un saco hueco en el que existen numerosos pliegues recubiertos de epitelio germinal. Las células germinales (las ovogonias que derivan del endodermo) se multiplican por mitosis y se transforman en ovocitos primarios sin vitelo, deteniéndose la meiosis en la profase de la primera división meiótica hasta la maduración. Los ovocitos primarios pasan por la vitelogénesis, y en ella el vitelo se deposita en el ovoplasma. Durante la maduración, se elimina el primer corpúsculo polar y la segunda división meiótica se detiene en la metafase. Los óvulos son desovados en esta fase, y el segundo corpúsculo polar sólo es eliminado tras la fertilización. En algunas especies de peces, la ovulación y el desove se dan casi al mismo tiempo, mientras que en el caso de la trucha arco iris y del sabalote o pez leche (*Chanos chanos*) los ovocitos ovulados son retenidos en la cavidad ovárica y el desove se da más adelante (al cabo de unos pocos días) (Billard, 1992).

12 Reproducción en los Peces

Regulación hormonal

Como se ha mencionado anteriormente, las gonadotropinas actúan en las gónadas sobre la esteroidogénesis (Nagahama, 1994). En la hembra, los principales esteroides reproductivos son los estrógenos (principalmente el estradiol-17 β), que induce la producción de vitelogenina (vitelo) en el hígado. La vitelogenina es transportada por la sangre hacia los ovarios, donde es incorporada en los gránulos de vitelo de los ovocitos vitelogénicos. Los progestágenos (principalmente 17 α -20 β -dihidroxi-4-pregnen-3-ona y 17 α -20 β -2-trihidroxi-4-pregnen-3-ona) inducen la maduración final de los ovocitos. La LH es significativamente más activa que la FSH para estimular la producción de 17 α -hidroxi-20 β -dihidroxiprogesterona (Esteroido Inductor de la Maduración, MIS) para la reiniciación de la meiosis al final del ciclo sexual de la hembra. Un pico de LH es la condición necesaria para la producción *in vivo* de MIS (Suzuki et al., 1988c). La MIS estimula la producción del Factor Promotor de la Maduración (FPM). Este factor no esteroideo contiene dos componentes: la cdc2 kinasa y la ciclina B (Nagahama et al., 1993). La MPF desencadena el mecanismo celular del metabolismo de la vesícula germinal (GVBD), la reiniciación de la meiosis y la hidratación de los ovocitos justo antes de la ovulación.

Fecundidad y calidad de las huevas

Una gran diferencia entre los peces y muchos otros animales domésticos es su gran fecundidad. También existen diferencias significativas entre las especies de peces con respecto a la fecundidad. Por ejemplo, los peces planos y otras especies de peces marinos producen millones de huevos en un único desove, mientras que otras especies, como los salmónidos, producen sólo miles (Bromage, 1988). Estas diferencias entre especies tienen una enorme importancia en la planificación y el manejo de las instalaciones de los animales reproductores, necesitando las especies menos fecundas de más reproductores y una mayor cantidad de instalaciones para producir el mismo número de huevas que las especies marinas.

Se ha visto que distintos factores bióticos y ambientales influyen en la fecundidad y en el tamaño y la calidad de los óvulos. Generalmente, a medida que aumenta el tamaño del pez, también lo hace la fecundidad y el tamaño de los óvulos producidos, mientras que la edad del pez parece tener una menor importan-

Reproducción en los Peces 12

cia (Bromage, 1995). La calidad de los óvulos se define como aquellas características de las huevas que determinan su capacidad de supervivencia (Bromage et al., 1992). Se ha implicado a muchos factores como posibles agentes causales respecto a la calidad de las huevas: p. ej. la dieta, la ración y la formulación, los métodos de desove, la cría, las manipulaciones, el desove inducido, el entorno, la selección y las condiciones de cría.

Testículos, espermatogénesis y espermiación

Los testículos de los peces teleósteos son, en la mayoría de los casos, un par de estructuras alargadas compuestas por túbulos seminíferos ramificados incrustados en el estroma. El testículo consiste en unos túbulos de paredes finas o lóbulos que contienen células germinales: las espermatogonias, que están presentes durante todo el año y que se dividen mediante mitosis para dar lugar a espermatogonias secundarias que se transforman en espermatocitos primarios. Éstos se dividen mediante meiosis y dan lugar a las espermátides, a partir de las cuales se forman los espermatozoides. Los túbulos seminíferos están llenos de espermatozoides en los periodos de la prefreza y la freza (Winkoop et al., 1995).

Regulación hormonal

La testosterona es el principal regulador de la espermatogénesis, mientras que la 11-ketotestosterona y la 17 α -hidroxi-20 β -dihidroxiprogesterona están implicadas en la espermiogénesis y la espermiación.

12.3 Manejo reproductivo mediante el uso de preparados hormonales

En la mayoría de las especies objeto de la acuicultura, la gametogénesis suele darse normalmente en cautividad si los peces son tenidos en unas condiciones de temperatura y de fotoperiodo correctas, pero los importantes últimos pasos fisiológicos no suelen darse de forma espontánea, dando así lugar a una producción baja de espermatozoides en los machos y al bloqueo de la ovulación en las hembras. Esto está relacionado con una falta de estímulos ambientales necesarios para la secreción de

12 Reproducción en los Peces

GnRH y/o a un descenso en el tono inhibitorio de dopamina que permita la inducción de un pico ovulatorio de LH.

El nivel más lógico para la intervención a nivel reproductivo es el ambiental (p. ej. ajustando las condiciones ambientales para inducir el desove). No obstante, aunque este enfoque ha tenido éxito en algunas especies, en muchas otras ha fracasado. En el transcurso de la mejora del manejo de los peces reproductores, existen cuatro campos que se pueden manipular para proporcionar a la industria una descendencia en la cantidad y con la calidad deseadas en cualquier época del año.

Maduración y ovulación

La ovulación inducida implica la inducción de la maduración del ovocito final (migración y metabolismo de la vesícula germinal) en las hembras reproductoras. Se usan distintas hormonas y otros compuestos farmacológicos para inducir la maduración y la ovulación de los ovocitos postvitelogénicos. Estos procesos pueden inducirse mediante el extracto de hipófisis de pez (FPE), la gonadotropina coriónica humana (hCG), la 17 α -hidroxi-20 β -dihidroxi progesterona, análogos de la GnRH y antagonistas de la dopamina (Chaudhuri, 1994; Zohar y Mylonas, 2001). La mayoría de las especies necesitan del desove manual (freza artificial) tras la ovulación inducida.

Espermiación

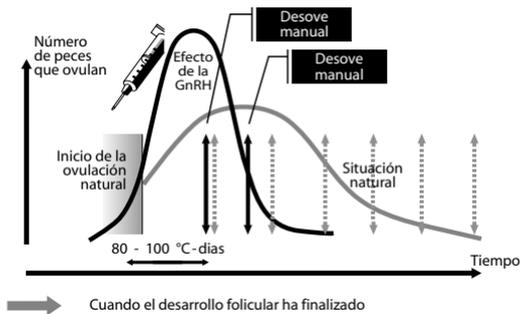
Para la mayoría de los machos reproductores teleósteos, la espermatogénesis y la espermiación suelen ser correctas y no necesitan un tratamiento hormonal. No obstante, muchos propietarios de criaderos de salmónidos se encuentran con el problema de una espermiación adelantada o retardada con respecto a la ovulación de la hembra, lo que da lugar a una falta de esperma, a una baja disponibilidad de lecha o una producción baja de espermatozoides, lo que suele ser el caso en muchas especies marinas, que necesitan de la cría de un gran número de machos maduros. Goren et al. (1995) mostraron que los implantes de un análogo de la GnRH daban como resultado una mejora en el volumen de la lecha en el salmón atlántico (70 ml por pez en el grupo tratado en comparación con 12 ml por pez en los controles).

Reproducción en los Peces 12

Sincronización

La sincronización de un grupo de peces reproductores reduce el periodo durante el que se da la freza al compararlo con grupos control de hembras reproductoras no tratadas (para revisar, véase Zohar y Mylonas, 2001). Cuando los salmónidos son tratados con GnRH varias semanas antes del desove normal, hasta el 90-100% de ellas pueden ovular al cabo de 12-15 días del inicio del tratamiento. En el grupo no tratado, frecuentemente sólo el 10% ovula en este mismo periodo de tiempo, mientras que los controles restantes ovulan de manera no sincrónica a lo largo de 30-60 días (Breton et al., 1990; Goren et al., 1995; Haffray et al., 2005).

Figura 3 Sincronización e inducción de la ovulación en los peces



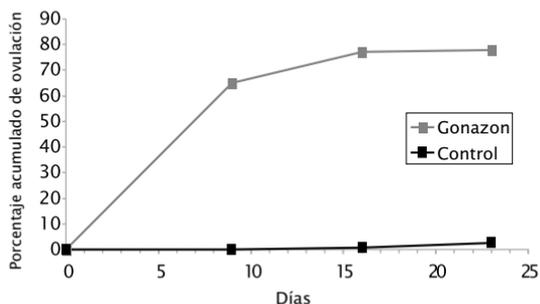
Desove fuera de estación

El uso de patrones de luz o de fotoperiodo modificados y la manipulación de la temperatura tienen una gran aplicación práctica para la alteración del ritmo de maduración y del momento del desove. En el caso del salmón atlántico, en concreto, un modesto adelanto del desove de 4-6 semanas constituye una considerable ventaja comercial porque se dispone de alevinos que pueden transformarse en S1 (juveniles de 1 año que pueden ser soltados en el mar) (Bromage, 1995). En general, los agonistas de la GnRH son eficaces (para la inducción y el adelanto del desove, aunque la calidad de las huevas puede verse un poco

12 Reproducción en los Peces

afectada) al administrarse en una fase tan temprana como 6 semanas antes del desove natural, y se puede conseguir un adelanto de la maduración de hasta 4 semanas (Goren et al., 1995; Haffray et al., 2005).

Figura 4 Ovulación acumulativa en el salmón atlántico tras una inyección única de Gonazon (producto que ayuda al desove). Escocia, inyectado el 7 de Dic., agua salobre a 9°C, 0% de ovulación natural en el momento de la ovulación).



12.4 Inducción del desove

Los estudios de la reproducción controlada en los peces con el fin de la producción de alevinos en acuicultura pueden dividirse en los estudios sobre los parámetros ambientales y los estudios de los efectos de distintas hormonas (de origen tanto de peces como de mamíferos).

Manipulación ambiental

Se sabe bien que los factores ambientales influyen en la reproducción de muchos animales, incluyendo los peces. Los factores ambientales importantes que se cree que influyen en la maduración y el desove de los peces son la temperatura, la luz (fotoperiodo), la salinidad, el pH, la turbidez y los factores meteorológicos como la lluvia, las inundaciones, las corrientes de agua y la periodicidad lunar (para ver una revisión, véase Bromage et al., 2001; Glasser et al., 2004). La estacionalidad del desove im-

Reproducción en los Peces 12

pone unas limitaciones considerables en la acuicultura del salmón y la trucha, ya que las restricciones consiguientes sobre el suministro de huevas y alevinos hacen que resulte difícil, en las explotaciones que están creciendo, mantener una continuidad en la producción de peces con un tamaño comercial de ración a lo largo del todo el año (Bromage et al., 1992). Los días largos al principio del ciclo reproductivo y los días cortos en cualquier momento en los 3-4 meses anteriores al verano adelantan la madurez sexual, mientras que los días cortos durante los primeros meses del ciclo o los días largos después del solsticio de verano retardan la maduración sexual en la trucha arco iris (Bormage et al., 1982).

Tratamiento hormonal

La inducción hormonal del desove suele llevarse a cabo en peces que normalmente no desovan espontáneamente en cautividad. En el caso de las especies que desovan de forma natural en cautividad, la manipulación hormonal se lleva a cabo para sincronizar el desove de un grupo de hembras para la producción en masa de alevinos (Ayson, 1992; Yaron, 1995; Peter y Yu, 1997).

Hipofisación

Usamos el término "hipofisación" aquí para explicar la inyección de extractos de hipófisis de pez fresca (FPE). Este método se desarrolló en Argentina hace muchos años (Houssay, 1930). La FPE posee hormonas gonadotrópicas que estimulan la maduración de las gónadas y la reproducción en los peces. En muchos países, los extractos de hipófisis son usados ampliamente, aunque hay problemas periódicos con la pureza, especificidad, continuidad del suministro, potencia y seguridad microbiológica.

Hormonas liberadoras de gonadotropinas (GnRH/LHRH)

La GnRH, que está compuesta por una cadena lineal de 10 aminoácidos, es un potente inductor de la secreción de GtH. En la práctica, se usan análogos sintéticos de la GnRH porque son más potentes o porque tienen una acción más duradera que la hormona natural (es decir, pueden resistir mejor la degradación enzimática) (Zohar, 1996). Además de la inducción de la secreción de GtH por parte de la GnRH, existen pruebas de que, en los peces teleósteos, la secreción de LH se encuentra bajo el

12 Reproducción en los Peces

control de una hormona inhibidora: la dopamina (Peter et al., 1988). Dependiendo de la especie, el tono inhibitor ejercido por esta hormona puede bloquear la acción de la GnRH, como sucede en la mayoría de los ciprínidos y los silúridos, mientras que en otras especies, como los salmónidos y la mayoría de las especies marinas, no es lo suficientemente potente como para bloquear la acción de la GnRH. Cuando es necesario, el tratamiento con antagonistas de la dopamina, como el pimozide o la domperidona, junto con GnRH, da lugar a una secreción potenciada de GtH al comparar con la GnRH sola (Sokolowska et al., 1985; Lin et al., 1986; Micolajczyk et al., 2004).

Gonadotropina coriónica humana (hCG)

Desde principios de la década de 1960, la hCG ha sido usada ampliamente para la inducción de la maduración gonadal y del desove en los peces. La hCG tiene una gran ventaja sobre otras hormonas y la FPE, y consiste en que su potencia puede estandarizarse en unidades internacionales (UI), lo que implica que se pueden comparar los resultados de las distintas investigaciones. Chaudhuri (1994) proporcionó una lista bastante larga de resultados positivos obtenidos mediante la administración de hCG a varias especies de peces.

Esteroides sexuales, feromonas, prostaglandinas

Se sabe que las gonadotropinas estimulan la producción de esteroides sexuales que, a su vez, inducen la maduración y la ovulación en los peces (Resink et al., 1987; Weerd *et al.*, 1990). Los experimentos sobre los esteroides sexuales no han sido, hasta la fecha, muy alentadores. Además, los progestágenos como el 17 α -hidroxi-20 β -dihidroxi progesterona son compuestos muy caros.

Las feromonas son sustancias secretadas por un ejemplar que pueden provocar una reacción específica en el sexo opuesta de la misma especie. Al igual que sucede en el caso de los mamíferos, también hay feromonas en los peces, y pueden ejercer influencias potentes. Por ejemplo, Weerd et al. (1990) demostraron un efecto significativo de las feromonas masculinas sobre el índice gonadosómico (GSI) de las hembras de bagre o pez gato africano.

Las prostaglandinas han sido implicadas en la ovulación de ovocitos de los folículos en algunas especies (Stacey y Goetz, 1982).

12.5 Forma de administración

Existen, básicamente, dos vías para la administración de distintos productos endocrinológicos a los peces teleósteos. La técnica más común consiste en la inyección de la solución del producto (normalmente el principio activo disuelto en un solvente), aunque los métodos más novedosos, como la inyección de implantes impregnados o la administración oral o no se usan ampliamente (es decir, no están registrados) o están siendo evaluados.

Inyección

La mayoría de las especies de peces tratadas con preparados hormonales son inyectados con una solución, ya sea intramuscular o intraperitoneal. Si este segundo método es llevado a cabo por una persona inexperta, implica el riesgo de dañar o infectar el intestino del pez. Dependiendo de la especie, la rápida eliminación de la circulación del análogo de la GnRH inyectado puede requerir de inyecciones múltiples para conseguir una respuesta eficaz al tratamiento. El manejo excesivo de los peces debido a las múltiples inyecciones puede dar lugar a lesiones relacionadas con el estrés, mortalidad y la supresión de los procesos reproductivos. Un método relativamente nuevo consiste en la implantación de sistemas de liberación controlada (Zohar, 1996; Zohar y Mylonas, 2001). La difusión prolongada del implante evita los problemas relacionados con las inyecciones múltiples (Goren et al., 1995). No obstante, por lo que sabemos, estos implantes y muchas otras soluciones que contienen GnRH o GnRH-antagonistas de la dopamina no cuentan con la autorización para la comercialización en muchos países. Por ejemplo, a fecha de 2006, el único producto que contiene GnRH aprobado para su uso en peces en los países de la UE y Noruega es el Gonazon® (Intervet).

Tratamiento dietético

Ciertas especies de peces son especialmente susceptibles al estrés propio del manejo cuando están en la época del desove: pueden no conseguir ovular o incluso morir si no son anestesiados antes de capturarlos con una red, manejarlos y administrarles una inyección si las condiciones ambientales son subópti-

12 Reproducción en los Peces

mas (Thomas et al., 1995). Thomas y Boyd (1989) administraron 1,0-2,5 mg de un análogo de la GnRH por kg de peso corporal por vía oral, lo que dio como resultado el desove de las truchas marinas tras 32-38 h, con unos altos porcentajes de fertilización y eclosión. Se obtuvieron resultados similares en bagres africanos y carpas comunes (Breton et al., 1998b; Mikolajczyk *et al.*, 2002), barbos plateados de Tailandia (Sukumasavin et al., 1992) y bacalao negro (Solar et al., 1990). Este método tiene algunas desventajas, ya que suele ser imposible conseguir la dosis correcta por ejemplar y algunas especies no aceptan el alimento durante la época del desove.

12.6 Multiplicación

La multiplicación de los peces empieza con la recogida de los óvulos y el esperma. Generalmente, estos gametos son obtenidos "ordeñando" a los ejemplares "maduros" o recogiendo los huevos fertilizados tras el apareamiento en recintos artificiales (Huisman, 1976).

Recogida de los óvulos

Para asegurar el máximo control sobre los óvulos, la mayoría de las especies son ordeñadas manualmente usando uno de entre tres métodos distintos.

- Los óvulos son ordeñados masajeando el vientre suavemente hacia el poro genital;
- El vientre se abre quirúrgicamente y los óvulos se extraen manualmente;
- Se inserta una aguja en el extremo posterior del vientre para introducir aire y así ayudar a que salgan los óvulos del extremo anterior.

Recogida del esperma

La recogida del esperma de los machos reproductores puede conseguirse mediante el ordeño u obteniendo los testículos maduros mediante cirugía. La calidad del esperma es muy variable y depende de distintos factores externos, como los regímenes de alimentación, la calidad del alimento y la temperatura a la que son tenidos los machos. Los parámetros más habituales para la valoración de la calidad del esperma son la capacidad de motilidad y la supervivencia durante la conservación (Billard et al., 1995).

Reproducción en los Peces 12

Fertilización

En general, se usan tres métodos distintos de fertilización artificial. Todos ellos tienen en común que los gametos se obtienen manualmente de los reproductores.

- a. Método húmedo de fertilización: los gametos son ordeñados simultáneamente introduciéndolos en un recipiente con agua;
- b. Método seco de fertilización: los óvulos son ordeñados e introducidos en un recipiente seco, se mezcla el esperma "seco" con los óvulos y a continuación se añade agua.
- c. Método súper-seco de fertilización: este método se basa en el método (b), pero en este caso, los óvulos son ordeñados sobre un tamiz, para así librarse del fluido ovárico (Huisman, 1976). El fluido ovárico (si está presente) debería eliminarse, ya que su presencia inhibe el movimiento de los espermatozoides. Esto es muy importante en el caso de los salmónidos.

Incubación

Tras la fertilización, pueden incubarse los huevos. Se usan distintos sistemas de incubadoras para las diferentes especies, dependiendo de las necesidades biológicas de los huevos incubados y de las costumbres locales. Las temperaturas óptimas varían (p. ej. 25-28°C para la carpa china, que eclosiona al cabo de 23-28 h, aunque en el caso del hálibut o fletán es de 5°C, y eclosiona a los 16-19 días) (Kjørsvik y Holmefjord, 1995). Para los salmónidos, la incubación en agua fría dura desde cerca de 2 meses para la trucha arco iris hasta los 6 meses para el salmón atlántico o la trucha ártica (o trucha alpina o salvelina). Durante la incubación, la sensibilidad de los huevos varía enormemente y el suministro de oxígeno es de gran importancia.

Eclosión

Al final del desarrollo del huevo, éste eclosiona. La eclosión puede acelerarse aumentando la temperatura (Sorensen et al., 1966). No obstante, Liljelund (1967) mostró, en el caso del lucio que, cuando la incubación se daba a temperaturas inferiores, el nacimiento se producía en una fase morfológica más avanzada, siendo las larvas más grandes de lo normal.

12 Reproducción en los Peces

12.7 Enfermedades relacionadas con la reproducción

Los reproductores deberían manejarse de modo que se eviten las enfermedades posteriores en la progenie, lo que daría lugar a una descendencia de calidad inferior.

Transmisión vertical

Existen varias enfermedades que se pueden transmitir verticalmente desde los reproductores a la descendencia. La enfermedad renal bacteriana (BKD) provocada por *Renibacterium salmoninarum* se transmite en el interior del huevo. Tras la desinfección adecuada de la superficie, se vio en un estudio, que el 10-20% de los huevos estériles en la superficie seguían siendo positivos a la BKD (Evelyn et al., 1984). Aunque el aislamiento de los reproductores puede no ser crítico, los huevos de reproductores concretos deberían ser sometidos a una cuarentena tras la fertilización de forma que se pueda someter a pruebas a los progenitores para detectar o descartar estos agentes patógenos (Pascho et al., 1991).

Contaminación

El cultivo de los huevos y de las larvas de peces en el mismo entorno potencia el crecimiento microbiano como resultado del aumento de la cantidad de nutrientes de los subproductos del metabolismo de los peces y debido al incremento de las superficies para la colonización por parte de los microorganismos y porque queda atrapada materia o suciedad orgánica. Una segunda fuente de nutrientes consiste en los distintos componentes lipídicos y proteicos de los huevos de los peces liberados en el momento de la puesta. Las bacterias aisladas con mayor frecuencia de la superficie de los huevos vivos son miembros de los géneros *Cytophaga*, *Pseudomonas*, *Alteromonas*, *Flavobacterium* y *Aeromonas*. Además de estar presentes en el agua, estas bacterias están frecuentemente presentes en el fluido celómico de la hembra en maduración (Kjørsvik y Holmefjord, 1995).

12.8 Control del sexo

El control del sexo tiene importancia para la maximización de la eficiencia económica de los sistemas de producción (Donaldson,

Reproducción en los Peces 12

1996). Se dispone de distintas técnicas. Todas ellas están encaminadas al desarrollo de poblaciones monosexuales, ya que estos grupos de animales tienen grandes ventajas (como un mejor ritmo de crecimiento, una mayor homogeneidad, una menor susceptibilidad a las enfermedades o una mejor calidad de la carne) con respecto a las poblaciones de sexos mixtos.

Reversión del sexo

La producción de cultivos monosexuales al 100% tiene interés comercial. Las ventajas varían desde un mayor potencial de crecimiento de un sexo o del otro hasta la reducción en el desarrollo de las gónadas sin la producción de descendencia durante la fase adulta (Komen et al., 1989). La selección manual según el sexo, la hibridación, o el tratamiento hormonal son los métodos más comunes para la producción de grupos de peces monosexuales en la práctica comercial (MacIntosh y Little, 1995). En el caso de la tilapia, se sabe que la reversión sexual hormonal mediante la masculinización de los alevinos con andrógenos (normalmente 17-metil-testosterona) tiene ventajas significativas con respecto a la selección manual y la hibridación (McAndrew, 1993; Lin et al., 1995). No obstante, en algunos países (p. ej., la UE), se obtienen poblaciones monosexuales femeninas mediante el método de la feminización indirecta para asegurar que los peces no se vean expuestos directamente a los esteroides.

Ginogénesis

El término ginogénesis implica que la herencia genómica del embrión es enteramente femenina. Significa que los cromosomas del espermatozoide fertilizante deben ser inactivados sin afectar a su capacidad funcional para fertilizar. Los peces ginogenéticos haploides no sobreviven más allá de la absorción del saco vitelino. La diploidía puede restaurarse interfiriendo en la meiosis, reteniendo el segundo corpúsculo polar con su dotación haploide de cromosomas, o interfiriendo en la mitosis, evitando la primera división celular (Komen et al., 1988).

Androgénesis

En el caso de la androgénesis, los óvulos son irradiados para destruir el material nuclear femenino. La fertilización de estos óvulos tratados usando un donante homocigoto de espermatozoides da como resultado la producción de clones (Bongers et al., 1994).

12 Reproducción en los Peces

Triploidía

Gran parte del interés por la triploidía inducida en la acuicultura se basa en la presunción de que los ejemplares triploides serían estériles y que pueden mostrar un mayor crecimiento que los diploides en el periodo de maduración y reproducción de los diploides (Purdom, 1976; Johnstone et al., 1991). También puede evitar que las especies exóticas criadas en acuicultura formen poblaciones salvajes que se mantengan. El shock con temperaturas bajas de los huevos es un método exitoso para inducir la triploidía en el bagre africano (Richter et al., 1986). El shock con temperaturas altas se aplica para la inducción de la triploidía en los salmónidos (Chevassues et al., 1983; Quillet et al., 1991).

12.9 Transgénesis

La transferencia de genes se ha convertido en un tema de investigación muy activo en el campo de la acuicultura en los últimos años (Chen y Powers, 1990). El principal enfoque usado para transferir genes en los huevos de los peces consiste en la microinyección. Se inyectan secuencias de ADN clonado en los huevos poco después de su fertilización. La transferencia de los genes puede monitorizarse mediante la presencia del ADN extraño en la descendencia o mediante la expresión de estos genes extraños. Las construcciones genéticas introducidas en los peces estaban encaminadas a la proteína anticongelación y a las hormonas de crecimiento de distintas fuentes (Maclean y Penman, 1990; Delvin et al., 1995). La percepción del público y los peligros asociados con una posible huida de estos animales transgénicos de modo que acabaran en la naturaleza, son los dos principales factores limitantes implicados actualmente en la producción y la aplicación de los peces transgénicos en la industria de la acuicultura (Thorgaard, 1995).

12.10 Agradecimientos

Agradecemos mucho la ayuda y la revisión crítica por parte del Dr. Bernard Breton (anteriormente miembro del INRA, Rennes, Francia) y del Dr. Tomek Mikołajczyk y la Dra. Mirka Sokolowska (Universidad de Agronomía, Cracovia, Polonia).

12.11 Referencias bibliográficas

- Ayson FG.** Induced spawning of rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch) using human chorionic gonadotropin (HCG). *Aquaculture* 1991; 95:133-37.
- Bayarri MJ., Rodriguez L., Zanuy S., Madrid JA., Sanchez-Vazquez FJ., Kagawa H., Okuzawa K., Carrillo M.** Effect of photoperiod manipulation on the daily rhythms of melatonin and reproductive hormones in caged European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Gen Comp Endocrinol* 2004;136:72-81.
- Billard R.** Reproduction in rainbow trout: sex differentiation, dynamics of gametogenesis, biology and preservation of gametes. *Aquaculture* 1992;100:263-98.
- Billard R., Cosson J., Crim LW., Suquet M.** Sperm physiology and quality. In: Bromage N, Roberts RJ, editors. *Broodstock management and egg and larval quality*. Blackwell Science, London, UK. 1995, pp. 25-52.
- Bongers ABJ., 't Veld EPC., Abo-Hashema K., Bremmer IM., Eding EH., Komen J., Richter CJJ.** Androgenesis in common carp (*Cyprinus carpio* L.) using UV-irradiation in a synthetic ovarian fluid and heat shocks. *Aquaculture* 1994;122:119-32.
- Breton B., Weil C., Sambroni E., Zohar Y.** Effects of acute versus sustained administration of GnRH α on GtH release and ovulation in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 1990; 91:373-383.
- Breton B., Govoroun M., Mikolajczyk T.** GtH I and GtH II secretion profiles during the reproductive cycle in female rainbow trout: relationship with pituitary responsiveness to GnRH-A stimulation. *Gen Comp Endocrinol* 1998a;111:38-50.
- Breton B., Roelants Y., Ollevier F., Epler P., Mikolajczyk T.** Improved bio-availability of orally delivered peptides and polypeptides in teleost fish. *J Appl Ichthyol* 1998b;14:251-257.
- Bromage N.** Broodstock management and seed quality - general considerations. In: Bromage N, Roberts RJ, editors. *Broodstock management and egg and larval quality*. Blackwell Science, London, UK. 1995, pp. 1-24.
- Bromage N., Whitehead C., Elliot J., Breton B., Matty A.** Investigation into the importance of daylength on the photoperiod control of reproduction in the female rainbow trout. In: Richter C, Goos HTh, editors. *Reproductive Physiology of Fish*. Pudoc, Wageningen. 1982, pp. 233-236.
- Bromage N.** Propagation and stock improvement. In: Sheppard J, Bromage N, editors. *Intensive Fish Farming*. Blackwell Science, Oxford, UK. 1988, pp. 103-150.
- Bromage N., Porter M., Randall C.** The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture* 2001;197:63-98.
- Bromage N., Jones J., Randall C., Thrush M., Davies B., Springate J., Duston J., Barker G.** Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 1992;100:141-166.
- Bromage NR., Randall CF., Porter MJR., Davies B.** How do photoperiod, the pineal gland, melatonin and circannual rhythms interact to co-ordinate seasonal reproduction in salmonid fish? In: Goetz R, Thomas P, editors. *Reproductive Physiology of Fish*. The University of Texas, Austin, USA. July 2-8 1995.
- Chaudhuri H.** History of induced breeding and its applications to aquaculture. *Proc Zool Soc, Calcutta*. 1994, 47:1-31.
- Chen TT., Powers DA.** Transgenic fish. *Trends in biotechnology* 1990;8:209-215.
- Chevassus B., Quillet E., Chourrou D.** Note technique: obtention d'animaux triploides chez la truite arc-en-ciel. *Bull Fr Piscic* 1983; 290:161-164.
- Chyb J., Mikolajczyk T., Breton B.** Post-ovulatory secretion of pituitary gonadotropins GtH I and GtH II in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*):

12 Reproducción en los Peces

- regulation by steroids and possible role of non-steroidal gonadal factors. *J Endocrinol* 1999 ;163: 87-97.
- Delvin RH., Yesaki TY., Donaldson EM., Du SJ., Hew CL.** Production of germ-line transgenic Pacific salmonids with dramatically increased growth performance. *Can J Fish Aquat Sci* 1995;52:1376-1384.
- Donaldson EM.** Manipulation of reproduction in farmed fish. *Anim Reprod Sci* 1996;42:381-392.
- Evelyn TPT., Ketcheson JE., Prosperiporta L.** Further evidence for the presence of *Renibacterium marinum* in salmonid eggs and for the failure of povidone-iodine to reduce the intra ovum infection rate in water-hardened eggs. *J Fish Dis* 1984;7:173-182.
- FAO.** Reproductive physiology of teleost fishes. A review of present knowledge and needs for future research. Aquaculture development and coordination programme. Rome. 1981, ADCP/REP/81/16.
- Glasser F., Mikolajczyk T., Jalabert B., Baroiller J-F., Breton B.** Temperature effects along the reproductive axis during spawning induction of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Gen Comp Endocrinol* 2004;136:171-179.
- Goren A., Gustafson HM., Doering DS.** Field trials demonstrate the efficacy and commercial benefit of a GnRH α implant to control ovulation and spermiation in salmonids. In: Goetz R, Thomas P, editors. Reproductive Physiology of Fish. The University of Texas, Austin, USA. July 2-8, 1995, pp. 1-4.
- Haffray P., Enright WJ., Driancourt MA., Mikolajczyk T., Rault P., Breton B.** Optimization of breeding of Salmonids: GonazonTM, the first officially approved inducer of ovulation in the EU. *World Aquaculture*, March 2005, pp. 52-56.
- Houssay BA.** Accion sexual de la hipofisis en los peces y reptiles. *Rev Soc Arg Bio* 1930;106: 686-688.
- Huisman EA.** Hatchery and nursery operations in fish culture management. In: Huisman EA editor. Aspects of fish culture of fish breeding. Miscellaneous papers, 13. Landbouwhogeschool Wageningen, The Netherlands. 1976, pp 29-47.
- Itoh H., Suzuki K., Kawauchi H.** The complete amino acid sequences of α -subunits of chum salmon gonadotropins. *Gen Comp Endocrinol* 1990;78: 56-65.
- Johnstone R., MaLay HA., Walsingham MV.** Production and performance of triploid Atlantic salmon in Scotland. *Can Tech Rep Fish Aquac Sci* 1991;1789:15-36.
- Khan I., Thomas P.** Melatonin influences gonadotropin II secretion in the Atlantic croaker (*Micropogonias undulatus*). *Gen Comp Endocrinol* 1996;104:231-242.
- Kjørsvik E., Holmejord I.** Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) and cod (*Gadus morhua*). In: Bromage NR, Roberts RJ editors. Broodstock management and egg and larval quality, Blackwell science, Oxford, UK. 1995, pp. 169-196.
- Komen J., Duynhouwer J., Richter CJJ., Huisman EA.** Gynogenesis in common carp (*Cyprinus carpio* L.) I. Effects of genetic manipulation of sexual products and incubation conditions of eggs. *Aquaculture* 1988;69:227-239.
- Komen J., Lodder PAJ., Huskens F., Richter CJJ., Huisman EA.** Effects of oral administration of 17 α -methyltestosterone and 17 β -oestradiol on gonadal development in common carp, *Cyprinus carpio* L. *Aquaculture* 1989;78:349-363.
- Lillelund K.** Versuche zur Erbrutung der Eier vom Hecht. *Esox lucius* L. in Abhängigkeit von temperatur und licht. *Arch Fish Wiss* 1967; 17:95-113.
- Lin HR., Peter RE.** Hormones and spawning in fish. *Asian Fish Sci* 1996;9:21-33.
- Little DC., Lin CK., Turner WA.** Commercial scale tilapia fry production in Thailand. *World Aqua Soc* 1995;26:21-24.
- MacIntosh DJ., Little DC.** Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: Bromage NR Roberts RJ, editors. Broodstock management and egg and larval quality, Blackwell science, Oxford, UK. 1995, pp. 277-320.
- Maclean N., Penman D.** The application of gene manipulation to aquaculture. *Aquaculture* 1990;85:1-20.

- McAndrew BJ.** Sex control in tilapines. In: Muir JF, Roberts RJ, editors. Recent advances in aquaculture, IV. Blackwell Science, Oxford, UK. 1993, pp. 87-98.
- Mikolajczyk T., Roelants I., Epler P., Ollevier F., Chyb J., Breton B.** Modified absorption of sGnRH-a following rectal and oral delivery to common carp, *Cyprinus carpio* L. Aquaculture 2002;203:375-388.
- Mikolajczyk T., Chyb J., Szczerbik P., Sokolowska-Mikolajczyk M., Epler P., Enright WJ., Filipiak M., Breton B.** Evaluation of the potency of azagly-nafarelin (GnRH analogue), administered in combination with different formulations of pimoizide, on LH secretion, evulation and egg quality in common carp (*Cyprinus carpio* L) under laboratory, commercial hatchery and natural conditions. Aquaculture 2004;234:447-460.
- Nagahama Y.** Endocrine regulation of gametogenesis in fish. Int J Dev Biol 1994;38:217-229.
- Nagahama Y., Yoshikuni M., Yamashita M., Sakai N., Tanaka M.** Molecular endocrinology of oocyte growth and maturation in fish. Fish Physiol Biochem 1993;11:3-14.
- Pascho RJ., Elliott DG., Streufert JM.** Broodstock segregation of spring chinook salmon *Onchorhynchus tshawytscha* by use of the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and the fluorescent antibody technique (FAT) affects the prevalence and levels of *Renibacterium salmoninarum* infection in progeny. Dis Aqua Org 1991;12:25-40.
- Peter R., Lin H., Van der Kraak G.** Induced ovulation and spawning of cultured freshwater fish in China: Advances in application of GnRH analogues and dopamine antagonists. Aquaculture 1988;74:1-10.
- Peter RE., Lin HR., Van der Kraak G., Litte M.** Release hormones, dopamine antagonists and induced spawning. In: Muir JF, Roberts RJ, editors. Recent advances in aquaculture IV. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK. 1993, pp. 25-30.
- Peter RE., Yu KL.** Neuroendocrine regulation of ovulation in fishes: basic and applied aspects. Rev Fish Biol 1997;7:173-197.
- Purdom CE.** Genetic techniques in flatfish culture. J Fish Res Board Can 1976;33:1088-1093.
- Quillet E., Foisil L., Chevassues B., Chourrout D., Liu FG.** Production of all-triploid and all-female brown trout for aquaculture. Aquat Living Resour 1991;4: 27-32.
- Resink JW., Groenix van Zoelen RFO., Huisman EA., Van den Hurk R.** The seminal vesicle as source of sex attracting substances in the African catfish, *Clarias gariepinus*. Aquaculture 1987;63:115-128.
- Richter CJJ., Henken AM., Eding EH., Van Doesum JH., De Boer P.** Induction of triploidy by cold shocking eggs and performance of triploids in the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Proc. EIFAC/FAO symp. on Selection, Hybridization and Genetic Engineering in Aquaculture of Fish And Shellfish for consumption and stocking. Bordeaux, France. May 27-30, 1986.
- Richter CJJ., Eding EH., Verreth JAJ., Fleuren WLG.** African catfish, *Clarias gariepinus*. In: Bromage NR, Roberts RJ, editors. Broodstock management and egg and larval quality. Blackwell Science, Oxford, UK. 1995, pp. 242-276.
- Saligaut C., Linard B., Mananos E., Kah O., Breton B., Govoroun M.** Release of pituitary gonadotropins GTH I and GTH II in the rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*): modulation by estradiol and catecholamines. Gen Comp Endocrinol 1998;109:302-309.
- Sherwood NM., Wu S.** Developmental role of GnRH and PACAP in a zebrafish model. Gen Comp Endocrinol 2005;142:74-80.
- Sokolowska M., Peter RE., Nahorniak CS.** The effects of different doses of pimoizide and D-Ala⁶, Pro⁹-Nethylamide-LHRH (LHRH-A) on gonadotropin re-

12 Reproducción en los Peces

- lease and ovulation in female glodfish. *Can J Zool* 1985;63:1252-1256.
- Sorensen L., Buss K., Bradford AD.** The artificial propagation of Escoïd fishes in Pennsylvania. *Prog Fish Cul* 1966;28:133-141.
- Somoza GM., Miranda LA., Strobl-Mazulla P., Guilgur LG.** Gonadotropin-releasing hormone (GnRH): from fish to mammalian brains. *Cell Mol Neurobiol* 2002;22:589-609.
- Solar II., McLean E., Baker JJ., Sherwood NM., Donaldson EM.** Induced ovulation in sablefish (*Anoplopoma fimbria* Pallas), following oral administration of Des Gly¹⁰ (D-Ala⁶) LHRH ethylamid. *Fish Physiol Biochem* 1990;8:497-499.
- Stacey NE, Goetz FW.** Role of prostaglandins in fish reproduction. *Can Fish Aquat Sci* 1982, 39:92-98.
- Sukumasavin N., Leelapatra W., McLean E., Donaldson EM.** Orally induced spawning of Thai carp (*Puntius gonionotus* Bleeker) following co-administration of Des Gly¹⁰ (D-Arg⁶) sGnRH ethylamide and domperidone. *J Fish Biol* 1992;40:477-479.
- Suzuki K., Kawauchi H., Nagahama H.** Isolation and characterisation of two distinct gonadotropins from chum salmon pituitary glands. *Gen Comp Endocrinol* 1988a;71:292-301.
- Suzuki K., Kawauchi H., Nagahama H.** Isolation and characterisation of subunits from two distinct salmon gonadotropins. *Gen Comp Endocrinol* 1988b;71:302-306.
- Suzuki K., Nagahama Y., Kawauchi H.** Steroidogenic activity of two distinct salmon gonadotropins. *Gen Comp Endocrinol* 1988c; 71:452-458.
- Swanson P.** Salmon gonadotropins: reconciling old and new ideas. In: Scott AP, Sumpter JP, Kime DE, Rolfe MS, editors. *Reproductive physiology in fish*. University of East Anglia Press, UK. 1991, pp. 2-7.
- Thomas P., Boyd, NW.** Dietary administration of a LHRH analog induces successful spawning in spotted seatrout (*Cynoscion nebulosus*). *Aquaculture* 1989;80:363-370.
- Thomas P., Arnold CR., Holt GJ.** Red drum and other sciaenids. In: Bromage NR, Roberts RJ editors. *Broodstock management and egg and larval quality*. Blackwell Science, Oxford, UK. 1995, pp. 118-137.
- Thorgaard GH.** Biotechnological approaches to broodstock management. In: Bromage NR, Roberts JR, editors. *Broodstock management and egg and larval quality*. Blackwell Science, Oxford, UK. 1995, pp. 76-93.
- Weerd JH van., Sukkel M., Richter CJJ.** An analysis of sex stimuli enhancing ovarian growth in pubertal African catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 1990;75:181-191.
- Winkoop A van., Timmermans LPM., Goos HJTh.** Stimulation of gonadal and germ cell development in larval and juvenile carp (*Cyprinus carpio* L.) by homologous pituitary extract. *Fish Physiol Biochem* 1995;13:161-171.
- Yaron Z.** Endocrine control of gametogenesis and spawning induction in the carp. *Aquaculture* 1995;129:49-73.
- Yaron Z., Gur G., Melamed P., Rosenfeld H., Elizur A., Levavi-Sivan B.** Regulation of fish gonadotropins. *Int Rev Cytol* 2003; 225:131-185.
- Yoshiura Y., Kobayashi M., Kato Y., Aida K.** Molecular cloning of the cDNA encoding two gonadotropin β subunits (GTH-I β and II β) from the goldfish (*Carassius auratus*). *Gen Comp Endocrinol* 1997;105:379-389.
- Zohar Y.** New approaches for the manipulation of ovulation and spawning in farmed fish. *Bull Natl Res Inst Aquacul* 1996;2:43-48.
- Zohar Y., Mylonas CC.** Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture* 2001;197:99-136.

13 Información sobre los Productos

13.1 Introducción

Este capítulo contiene información sobre los productos de Intervet usados en todo el mundo para el manejo de la reproducción. Se ofrece, para cada producto, la descripción, el modo de acción, las indicaciones, la dosificación y administración, las contraindicaciones y advertencias, el periodo de retiro para la leche y la carne, las condiciones de conservación y las presentaciones disponibles.

Con respecto al periodo de retiro, es importante recordar que sólo se puede ofrecer una indicación. Debido a las diferencias locales en cuanto a las leyes de registros, el periodo de retiro puede variar con respecto a los mencionados. Además, es posible que ciertos productos, presentaciones e indicaciones de uso puedan aplicarse universalmente. Así pues, se recomienda consultar el folleto del país en el que adquiera el producto.

13.2 Chorulon®

Descripción

Chorulon está formado por la gonadotropina coriónica humana (hCG) en forma de un polvo blanco cristalino liofilizado.

Modo de acción

El principio activo de Chorulon es la hCG, una glucoproteína compleja. La hCG es una gonadotropina con propiedades de tipo hormona luteinizante (LH).

En la hembra, la hCG puede usarse para estimular la maduración del folículo dominante e inducir la ovulación de forma que se produzca la luteinización de las células de la granulosa y así mantener la vida funcional del cuerpo lúteo y para incrementar la secreción de progesterona de las células luteinizadas. La hCG también incrementa la acción de la FSH sobre el crecimiento ovárico.

En el macho, la hCG estimula la producción de testosterona y, por tanto, influye en el desarrollo y el mantenimiento de las características sexuales masculinas primarias y secundarias.

13 Información sobre los Productos

Indicaciones

Chorulon® puede usarse para el control de los problemas de fertilidad en los animales domésticos:

- Mejora de los porcentajes de concepción en las hembras (vacuno).
- Inducción de la ovulación en las hembras (yeguas, perras, vacas).
- Ovarios quísticos con un ciclo estral irregular, ninfomanía o ausencia de estro en las hembras (vacuno).
- Anestro en las hembras (yeguas, perras).
- Ovulación retardada, estro prolongado en las hembras (perras).
- Deficiencias en la libido y criptorquidia en los machos (perros).

Contraindicaciones, advertencias

Al igual que sucede con todos los preparados que contienen proteínas, en algunos casos raros pueden darse reacciones de tipo anafiláctico poco después de la administración. En tales casos, puede estar indicada la medicación inmediata con adrenalina (1:1000) o con glucocorticoesteroides.

Periodo de retiro

No es necesario un periodo de retiro para la carne y la leche de los animales tratados con Chorulon.

Condiciones de conservación

Conservar a 8-15° C. Proteger de la luz.

El producto reconstituido debe usarse antes de que pasen 12 horas.

Presentaciones

Viales de 500, 1.500, 2.500, 5.000 y 10.000 U.I. de hCG, junto con el disolvente para su reconstitución.

Información sobre los Productos 13

Dosificación y administración

Especie	Indicaciones	Dosificación	Administración
Vaca, ternera	Mejora del porcentaje de concepción con la IA o la monta natural.	1.500 U.I.	IM o IV
	Enfermedad ovárica quística (anestro, estro prolongado, ninfomanía).	3.000 U.I.	IV
Yegua	Anestro (foliculos ≥ 2 cm de diámetro).	1.500-3.000 U.I. Repetir al cabo de 2 días en caso necesario.	IM o IV
	Inducción de la ovulación (foliculos $\geq 3,5$ cm de diámetro).	1.500-3.000 U.I. 36 h después de la IA o la monta natural.	IV
Perra	Anestro.	Tras el pretratamiento con Folligon® (eCG/PMSG): 500 U.I. el primer día del estro.	IM
	Ovulación retardada. Estro prolongado.	100-800 U.I./día. Repetir el tratamiento hasta que desaparezca la secreción vaginal.	IM
Perro	Criptorquidia.	100-500 U.I. dos veces por semana hasta durante 6 semanas.	IM
	Libido deficiente.	100-500 U.I. 6-12 horas antes del apareamiento.	IM

13.3 Chorulon® en la reproducción de los peces

Descripción

Chorulon® consiste en la hormona gonadotropina coriónica humana (hCG) en forma de un polvo blanco cristalino liofilizado.

13 Información sobre los Productos

Modo de acción

El compuesto activo de Chorulon es una glucoproteína compleja: la hCG. La hCG controla las funciones gonadales, como la gametogénesis y la esteroidogénesis. En las hembras, los esteroides producidos por las células de la granulosa y la teca de los folículos ováricos son la 17α -hidroxi-progesterona y la 17α -hidroxi- 20β -dihidroprogesterona. Estos dos esteroides estimulan la maduración, la ovulación y la absorción de agua por parte de los ovocitos. Los esteroides producidos por las células de Leydig del testículo del macho son los andrógenos, que estimulan la espermatogénesis y la absorción de agua por parte de los testículos y las vesículas seminales.

Indicación

Como ayuda para mejorar el desove/freza por parte de los reproductores hembras y machos.

Dosificación y administración

La mayoría de los peces responden a una inyección única de Chorulon, pero algunas especies requieren dos inyecciones administradas con un intervalo de tiempo que oscila entre varias horas y tres días. En este último caso, la dosificación de la primera inyección suele ser del 10% de la dosis administrada. Las dosificaciones usadas para las distintas especies de peces oscilan normalmente entre 200-4.000 U.I./kg de peso corporal (la dosis suele ser menor para los machos), pero en el caso de algunas especies pueden ser necesarias dosis mayores (de hasta 60.000 U.I./kg de peso corporal).

La inyección de Chorulon se administra por vía intramuscular o intraperitoneal.

Suele ser necesaria la anestesia de los peces reproductores para evitar el estrés y para reducir el reflujo de líquido tras a retirada de la jeringa.

Contraindicaciones, advertencias

Chorulon contiene una glucoproteína natural sin propiedades tóxicas.

Chorulon no induce la formación de anticuerpos en los peces. Así pues, se puede tratar a los peces repetidas veces sin pérdida alguna de eficacia.

Información sobre los Productos 13

Periodo de retiro

No es necesario un periodo de retiro para el tejido muscular de los peces tratados con Chorulon.

Condiciones de conservación

Conservar a 8-15°C. Proteger de la luz. El producto reconstituido debería usarse antes de que pasen 12 horas.

Presentaciones

Viales de 500, 1.500 o 5.000 U.I. de hCG, junto con disolvente (5 ml) para su reconstitución.

13.4 Chrono-gest CR®

Descripción

Chronogest CR es un dispositivo de liberación que contiene 20 mg de cronolona en forma de una esponja intravaginal para ovejas y cabras.

Modo de acción

Mientras está en la vagina, la esponja libera cronolona, un progestágeno que es absorbido y somete a la hembra a una acción progestágena comparable a la de la fase lútea del ciclo sexual. Esta fase progestágena impuesta artificialmente finaliza con la retirada de la esponja. La inyección de Folligon® induce un inicio simultáneo de la fase folicular en los animales tratados. Los folículos se desarrollan y, como consecuencia, se dan un estro sincronizado y la ovulación.

Indicaciones

Sincronización e inducción de la ovulación en ovejas y cabras.

Posología (dosificación) y método de administración

Para su uso sólo en ovejas y cabras no gestantes.

Administración intravaginal de la esponja de Chronogest CR usando un aplicador.

La dosis consiste en una esponja por animal, independientemente de su peso corporal, raza, tipo y estación. La duración de

13 Información sobre los Productos

la administración es de entre 12 y 14 días en las ovejas y de 11 días en las cabras. Al final del periodo del tratamiento, la esponja es retirada suavemente tirando del cordón. Para potenciar las ovulaciones y su número, se recomienda una inyección adicional de eCG/PMSG en el caso de las ovejas e inyecciones adicionales de PGF_{2α} y eCG/PMSG en las cabras.

Los animales muestran el estro y ovulan entre 36 y 72 h después de la retirada del dispositivo de liberación controlada.

Contraindicaciones, advertencias

No use Chrono-gest en ovejas y cabras con secreción vaginal o en animales que acaben de abortar.

No use Chrono-gest en cabras de menos de 1 año de vida.

No use Chrono-gest antes del transcurso de 60-75 días tras el parto (ovejas) ni antes de que hayan pasado 150 días después del parto (cabras).

Las esponjas comidas por los animales pueden provocar una impacción, así que quémelas tras su uso.

Periodo de retiro

Carne: 2 días.

Leche: cero.

Se debería respetar la legislación local.

Condiciones de conservación

Conservar en un lugar fresco y seco. Proteger de la luz.

Presentación

Bolsa con 25 esponjas.

13.5 Covinan® (Delvosteron®)

Descripción

Covinan es una suspensión acuosa estéril de 100 mg/ml de proligestona.

Información sobre los Productos 13

Modo de acción

Covinan ejerce un efecto progestágeno de larga duración tanto en perros como en gatos y tiene un riesgo mínimo de efectos no deseados sobre el endometrio y el ovario. Puede administrarse tanto en anestro como al principio del proestro.

Indicaciones

- A) Retraso y supresión del estro en la perra y la gata.
- B) Pseudogestación, lactación anormal, metrorragia y dermatitis de origen hormonal en perros y gatos.

Dosificación y administración

Control del estro

1. Programa de dosificación para animales no tratados previamente con progestágenos.
 - Primer tratamiento durante el anestro o a los primeros signos del proestro.
 - Segundo tratamiento 3 meses después de la primera inyección.
 - Tercer tratamiento 4 meses después de la segunda inyección.
 - Tratamientos posteriores a intervalos de 5 meses.
2. Programa de dosificación para animales tratados previamente con progestágenos:
 - Dos o más tratamientos previos: inyecte Covinan a intervalos de 5 meses.
 - Un tratamiento previo: primer tratamiento con Covinan 3 meses después del tratamiento previo. Siguiendo tratamiento después de 4 meses más y luego a intervalos de 5 meses.

Nota: Si el programa de dosificación se ve interrumpido por el estro o el proestro, se debería aplicar el programa A1. Los signos del proestro desaparecerán al cabo de unos pocos días tras la inyección, siempre que Covinan se administre tan pronto como se hagan evidentes.

Las perras volverán generalmente a ciclar, normalmente antes de que pasen 9 meses tras el último tratamiento.

13 Información sobre los Productos

Dosificación para el control del estro:

	Peso corporal	Dosificación	Vía de administración
Perra	< 5 kg	1,0-1,5 ml	SC
	5-10 kg	1,5-2,5 ml	SC
	10-20 kg	2,5-3,5 ml	SC
	20-30 kg	3,5-4,5 ml	SC
	30-45 kg	4,5-5,5 ml	SC
	45-60 kg	5,5-6,0 ml	SC
	> 60 kg	1 ml/10 kg	SC
Gata	< 3 kg	1,0 ml	SC
	3-5 kg	1,0-1,5 ml	SC

Otras indicaciones

Se puede usar la dosificación normal recomendada para el control del estro. Los tratamientos subsiguientes deberían basarse en los resultados clínicos.

Agitar bien antes de usar.

Contraindicaciones, advertencias

Las perras y las gatas tratadas durante el proestro pueden seguir siendo fértiles durante hasta una semana.

En vista de la considerable variación en la edad a la que se da el primer proestro, es aconsejable retrasar el tratamiento hasta que se observen estos signos. Como alternativa, se puede posponer el tratamiento hasta la siguiente fase de anestro. Si el tratamiento se administra a principios o finales de la gestación, el parto puede verse complicado por una relajación insuficiente del cérvix. En unos pocos casos, la supresión del estro tras el tratamiento con Covinan puede ser permanente.

Lo mejor es administrar la inyección subcutánea en un punto en el que la piel del cuello sea laxa. Masaje brevemente el punto de inyección. Lo mejor es inyectar a los ejemplares de exposición en el lomo. En ocasiones se ha observado la decoloración y la pérdida de pelo en el punto de inyección y endometritis.

No hay pruebas que sugieran que Covinan afecta al rendimiento de los galgos de carreras.

Condiciones de conservación

Conservar a temperatura ambiental (15-25° C). Proteger de la luz.

Presentación

Viales de 20 ml.

13.6 Crestar®**Descripción**

Crestar forma parte de un sistema adecuado para el control del estro en terneras y vacas, para así aplicar un programa de inseminación ya planeado.

Crestar consiste en:

- Implante de Crestar que contiene 3 mg del progestágeno Norgestomet (17 α -acetoxi-11 β -metil-19-norpregna-4-en-2,20-diona) e
- Inyección de Crestar de 2 ml que contiene 3 mg de Norgestomet y 5 mg de valerato de estradiol.

Modo de acción*Inyección de Crestar:*

El complejo de estrógeno más Norgestomet acorta la fase lútea si el tratamiento se administra en una fase temprana del ciclo e induce la llamada rotación folicular (ovulación o luteinización de cualquier folículo sensible a la LH presente en el ovario en el momento de la inyección), evitando de este modo la formación de folículos dominantes persistentes.

Al mismo tiempo, el compuesto Norgestomet suprime el estro y la ovulación mediante la inhibición de la hipófisis.

Implante de Crestar:

La liberación continua de Norgestomet mantiene la supresión del estro y la ovulación. Tras la retirada del implante, cesa el efecto de bloqueo sobre la hipófisis y empieza una nueva fase folicular.

En los animales no cíclicos, el efecto de cebado del Norgestomet se ve potenciado combinando la retirada del implante con una inyección intramuscular de eCG/PMSG que estimula el desarrollo folicular sincronizado.

Indicaciones

Control del estro en vacunos cíclicos y no cíclicos (terneras y vacas).

13 Información sobre los Productos

Tipo de animales	Día 0	48 h antes de la retirada del implante	Día 9-10	Inseminación artificial
Terneras de carne	Implante e inyección de Crestar®	x	Inyección de 400-600 U.I. de eCG/PMSG (Folligon®)	48 h después de la retirada del implante
Terneras de leche	Implante e inyección de Crestar®	x	Retirada del implante	48 h después de la retirada del implante
Vacas de carne	Implante e inyección de Crestar®	x	Retirada del implante. Inyección de 500-700 U.I. de eCG/PMSG (Folligon®)	56 h después de la retirada del implante
Vacas de leche	Implante e inyección de Crestar®	Inyección de prostaglandina (Cyclix®, Iliren C®, Prosolvin®)	Retirada del implante. Inyección de 300-400 U.I. de eCG/PMSG (Folligon®)	56 h después de la retirada del implante

Nota:

Las vacas y las terneras pueden ser inseminadas sin la detección del estro.

Si se llevan a cabo 2 IAs, deberán realizarse 48 y 72 h después de la retirada del implante.

La dosificación de Folligon (eCG/PMSG) depende de la edad, la raza, la estación, el intervalo postparto, el manejo, etc.

Contraindicaciones, advertencias

- Crestar no es terapéutico y por tanto sólo debe aplicarse en animales sanos.
- Las terneras que vayan a ser tratadas deben haber alcanzado, por lo menos, el 65-70% del peso adulto y su edad debería ser de 15-20 meses, dependiendo de la raza.
- Las vacas no deberían ser tratadas antes de 45 días tras el último parto.

Periodo de retiro

Leche: cero.

Carne: 2 días después de la retirada del implante.

Se debería cumplir la legislación local.

Información sobre los Productos 13

Condiciones de conservación

Conservar en un lugar seco a temperatura ambiente (15-25° C). Proteger de la luz.

Presentaciones

Caja con 5x5 implantes de Crestar® y 5x5 viales de inyección de Crestar® de 2 ml.

13.7 Cyclix Bovino®

Descripción

Cyclix® Bovino es una solución acuosa transparente e incolora que contiene: 0,263 mg/ml de cloprosteno racémico sódico, equivalentes a 0,250 mg/ml de cloprostenol racémico. El cloprostenol es un análogo sintético de la prostaglandina F_{2α}.

Indicaciones para su uso:*Vacuno*

- Tratamiento de patologías reproductivas (subestro, piometra, quistes lúteos y cuerpo lúteo persistente).
- Mejora del manejo reproductivo (es decir, la sincronización del estro y la ovulación combinadas, en algunos casos, con la inseminación a tiempo fijo, inducción del parto).

Dosificación y administración:

La dosis de 2 ml/animal se aplica por vía intramuscular a las vacas y las terneras.

Periodo de retiro:

Carne, leche: cero.

Se deben cumplir las leyes nacionales.

Contraindicaciones, advertencias, etc.:

Animales con trastornos espásticos del tracto gastrointestinal y/o el aparato respiratorio. No debe usarse en animales gestantes, a no ser que sea necesaria la inducción de un aborto o del parto.

13 Información sobre los Productos

Efectos no deseables:

El uso, en el vacuno, para la inducción de un aborto o del parto se ve acompañado de una mayor incidencia de retención de las membranas fetales.

Precauciones farmacéuticas:

Conservar a temperaturas inferiores a los 20°C, protegido de la luz.

Precauciones especiales que debe tomar la persona que administre este producto medicamentoso veterinario a los animales:

Las mujeres en edad reproductiva, las personas asmáticas y aquellas con problemas bronquiales u otras alteraciones respiratorias deberían manejar este producto con cuidado, ya que el cloprostenol se absorbe fácilmente a través de la piel y puede provocar abortos o espasmos bronquiales.

En caso de autoinyección accidental, busque consejo médico de inmediato y muestre el prospecto o la etiqueta al médico.

El vertido accidental sobre la piel debería lavarse de inmediato con agua y jabón.

Presentación

Cyclix Bovino está disponible en viales de vidrio transparente de 2 ml, 20 ml y 50 ml cerrados con un tapón de goma.

13.8 Cyclix Porcino®

Descripción

Cyclix Porcino es una solución acuosa incolora y transparente que contiene 0,092 mg/ml de cloprostenol racémico sódico, que equivalen a 0,0875 mg/ml de cloprostenol racémico. El cloprostenol es un análogo sintético de la F_{2a}.

Indicaciones para su uso:

Cerdos

Inducción o sincronización del parto (al cabo de entre 14 y 36 horas) a partir del día 113 de la gestación en adelante (el día 1 de la gestación es el de la última monta natural o inseminación artificial).

Información sobre los Productos 13

Dosificación y administración:

La dosis de 2 ml/animal se administra a las cerdas y las primerizas por vía intramuscular.

Periodo de retiro:

Carne: cero

Se deberían cumplir las leyes nacionales.

Contraindicaciones, advertencias, etc.:

No lo use en animales gestantes a los que no tenga intención de hacer abortar o parir. No lo use en animales con enfermedades espásticas del tracto respiratorio o el gastrointestinal.

Efectos no deseables:

Los cambios conductuales que se aprecian tras el tratamiento para la inducción del parto son similares a los asociados con el parto natural y suelen cesar al cabo de una hora.

Precauciones farmacéuticas:

Conservar a temperaturas inferiores a los 20°C y protegido de la luz.

Precauciones especiales que debe tomar la persona que administre este producto medicamentoso veterinario a los animales:

Se debería evitar el contacto directo con la piel o las membranas mucosas del usuario.

Las prostaglandinas de tipo F_{2α} pueden absorberse a través de la piel y pueden provocar broncoespasmos o abortos.

Se debería tener cuidado al manejar el producto para evitar la autoinyección o el contacto con la piel. Las mujeres gestantes, las que están en edad reproductiva, las personas asmáticas y aquellas con otras enfermedades del tracto respiratorio deberían tener mucho cuidado al manejar el cloprostenol. Estas personas deberían llevar guantes durante la administración de Cyclix Porcino.

El vertido accidental sobre la piel debería lavarse de inmediato con agua y jabón.

En caso de una autoinyección accidental, busque consejo médico y muestre el prospecto o la etiqueta del envase a su médico.

13 Información sobre los Productos

Presentación

Se dispone de Cyclix Porcino en viales de vidrio transparente de 20 ml cerrados con un tapón de goma.

13.9 Cyclix®/Iliren C®

Descripción

Cyclix/Iliren C® es una solución acuosa transparente e incolora que contiene 0,263 mg/ml de cloprostenol racémico sódico, equivalentes a 0,250 mg/ml de cloprostenol racémico. El cloprostenol es un análogo sintético de la prostaglandina F_{2α}.

Indicaciones para su uso:

Vacuno

- El tratamiento de patologías reproductivas (subestro, piometra, quistes lúteos y/o una gestación no deseada o patológica).
- La mejora del manejo reproductivo (es decir, la sincronización del estro y de la ovulación combinadas, en algunos casos, con la inseminación artificial a tiempo fijo). Las propiedades luteolíticas del cloprostenol también son usadas en algunos tratamientos de sincronización en combinación con la GnRH o progestágenos. Estos tratamientos son útiles porque minimizan el tiempo necesario para la detección del estro, inducen normalmente la ovulación en las hembras que no ciclan y dan lugar a grupos de hembras que paren en momentos predeterminados.

Cerdos

Inducción o sincronización de los partos a partir del día 113 de la gestación (el día 1 de la gestación es el día de la última monta natural o inseminación artificial).

Dosificación y administración:

Vacas, terneras: 2 ml; correspondientes a 0,5 ml de cloprostenol/animal por vía intramuscular.

Cerdas: 1 ml, correspondiente a 0,25 mg cloprostenol/animal por vía intramuscular.

Período de retiro:

Leche, carne: cero.

Se deberían tener en cuenta las leyes nacionales.

Información sobre los Productos 13

Contraindicaciones, advertencias, etc.:

Vacuno

No se recomienda el uso del cloprostenol durante la gestación, a no ser que se pretenda provocar un aborto o el parto.

Cuando se usan prostaglandinas para optimizar el manejo reproductivo, se debería tener cuidado y comprobar la ciclicidad de las hembras tratadas antes de administrarles la inyección. Inyectarles el producto cuando los cuerpos lúteos existentes tienen más de 5 días de vida dará como resultado una eficacia óptima del tratamiento. El tratamiento con prostaglandinas no tiene efectos perniciosos sobre la fertilidad siempre que las hembras sean inseminadas al detectar el estro.

No es recomendable una IA a tiempo fijo cuando sólo se usan prostaglandinas para la sincronización. La IA a tiempo fijo se puede usar, no obstante, cuando se combinan las prostaglandinas con dispositivos liberadores de GnRH o progesterona/progestágenos.

Cerdos

No debería intentarse la inducción del parto antes del día 113 de gestación para evitar el nacimiento de lechones que no han madurado por completo.

Efectos no deseables:

En el vacuno, la administración de cantidades de cloprostenol 50-100 veces superiores a la dosis terapéutica recomendada sólo se han asociado con efectos secundarios leves (nerviosismo, ligero babeo, bajada de la leche).

Los cambios comportamentales que se aprecian tras el tratamiento para la inducción del parto en las cerdas son similares a los cambios asociados con el parto natural y suelen cesar al cabo de una hora.

Precauciones farmacéuticas:

Conservar a temperaturas inferiores a los 20°C y protegido de la luz.

13 Información sobre los Productos

Precauciones especiales que debe tomar la persona que administre este producto medicamentoso veterinario a los animales:

Las mujeres en edad reproductiva, las personas asmáticas y aquellas con otras enfermedades del tracto respiratorio deberían tener mucho cuidado al manejar este producto, ya que el cloprostenol se absorbe fácilmente a través de la piel y puede provocar abortos o espasmos bronquiales.

En caso de una autoinyección accidental, busque consejo médico y muestre el prospecto o la etiqueta del envase a su médico. El vertido accidental sobre la piel debería lavarse de inmediato con agua y jabón.

Presentación

Se dispone de Cyclix/Iliren C® en viales de vidrio incoloros de 2 ml, 20 ml y 50 ml cerrados con un tapón de goma.

13.10 Dexadreson®

Descripción

Dexadreson contiene dexametasona en forma de éster de fosfato disódico en una solución transparente con 2 mg de dexametasona por ml.

La dexametasona es un corticoesteroide muy potente (con una actividad por lo menos 30 veces superior a la de la cortisona). La retención de sodio y la pérdida de potasio son casi inapreciables a la dosificación recomendada.

Indicaciones, dosificación y administración

Dexadreson puede usarse, terapéuticamente, por su acción antiinflamatoria, antialérgica, antishock y gluconeogénica y para la inducción del parto en los rumiantes.

Administración mediante inyección intravenosa, intramuscular o intraarticular. Se puede repetir el tratamiento al cabo de 24-48 horas. Cuando el tratamiento es prolongado, la retirada debería ser gradual y se recomienda la estimulación de la ACTH de la glándula adrenal. Todas las inyecciones en el interior de las articulaciones deberían precederse de la retirada de un cierto volumen de líquido sinovial igual al de la inyección que se pretende administrar.

Información sobre los Productos 13

Especie	Dosificación y vía de administración	
	Local (i.a.) (Dependiente del tamaño del animal)	Sistémica (i.m.)
Yegua, vaca, cerda	1-5 ml/animal (2-10 mg)	0.06 mg/kg
Potro, ternero, cerdo, oveja, cabra	1-2,5 ml/animal (1-5 mg)	0.06 mg/kg
Perra, gata	0,125-2,5 ml/animal (0,25-5 mg)	0,1 mg/kg

En casos de shock Dexadreson se puede administrar por vía intravenosa, asegurando así una acción muy rápida. En tales casos, la dosis intravenosa debería ser 10 veces superior a la dosis sistémica (i.v.) recomendada clínicamente.

Contraindicaciones, advertencias

Las condiciones normales en las que están contraindicados los glucocorticoesteroides potentes aplican al Dexadreson. La diabetes mellitus, la osteoporosis, las enfermedades renales y la congestión cardiaca son indicaciones para evitar la terapia con corticoesteroides. Las enfermedades infecciosas no deberían tratarse a no ser que se administre una terapia antiinfecciosa al mismo tiempo (antisueros, antibióticos, etc.).

Debido a su actividad inmunosupresora, los corticoesteroides pueden dar lugar a una reducción en la respuesta a la vacunación. Así pues, no se recomienda el uso de Dexadreson en combinación con vacunas.

A no ser que se requiera un aborto o un parto precoz, el uso de Dexadreson a finales de la gestación está contraindicado. Se ha asociado una menor viabilidad de la descendencia o una mayor incidencia de retención de la placenta y de anomalías fetales con la inducción del parto con corticoesteroides. La fertilidad subsiguiente no suele verse afectada negativamente.

En casos de laminitis en los caballos, Dexadreson sólo debería usarse en las primeras fases de este proceso patológico.

Para obtener una respuesta rápida en casos de hipersensibilidad muy aguda y situaciones de anafilaxia, puede resultar necesario administrar antihistamínicos y/o adrenalina junto con el corticoesteroide. En casos de tratamiento del shock, se deberían admi-

13 Información sobre los Productos

nistrar fluidos por vía intravenosa para mantener el volumen de sangre circulante y se debería controlar el equilibrio ácido-base.

Periodo de retiro

Leche: cero.

Carne: 2 días.

Se deberían respetar las leyes locales.

Condiciones de conservación

Conservar a temperatura ambiente (15-25° C). Proteger de la luz.

Presentación

Viales de 50 ml.

13.11 Dexafort®

Descripción

La inyección de Dexafort consiste en una suspensión de fenilpropionato de dexametasona en una solución de fosfato sódico de dexametasona.

Cada ml contiene 2 mg de dexametasona en forma del fenilpropionato y 1 mg de dexametasona en forma del fosfato de sodio.

Modo de acción

Tras la inyección intramuscular, el fosfato sódico de dexametasona, que es de actividad corta, da lugar a unos niveles altos de azúcar en sangre que se mantienen aproximadamente 48 horas.

El éster de acción larga dexametasona fenilpropionato no provoca su máximo efecto hasta 48 horas después de la inyección, pero su actividad persiste durante por lo menos 6 días. La combinación proporciona, pues, un inicio rápido de la actividad y una duración prolongada de la misma. El efecto antiinflamatorio de la combinación sigue un patrón similar al del efecto gluconeogénico.

Información sobre los Productos 13

Indicaciones

Dexafort puede usarse terapéuticamente para:

- La acción antiinflamatoria (problemas ortopédicos como la artritis, la bursitis, la tendinitis, etc.).
- La acción antialérgica (problemas alérgicos, como la dermatitis alérgica).
- La acción gluconeogénica (cetosis primaria).
- La inducción del parto en los rumiantes.

Dosificación y administración

Dexafort debería administrarse por inyección intramuscular en todas las especies.

Especie	Dosificación
Yegua, vaca	10 ml
Potro, ternero, oveja, cabra, cerda	1-3 ml
Perra	0.5-1 ml
Gata	0.25-0.5 ml

Contraindicaciones, advertencias

Las condiciones normales en que los glucocorticoides potentes están contraindicados aplican al Dexafort. La diabetes mellitus, la osteoporosis, las enfermedades renales y la congestión cardíaca son indicaciones para evitar la terapia con corticoesteroides.

Las enfermedades infecciosas no deberían tratarse a no ser que se administre una terapia antiinfecciosa adecuada (antisuero, antibióticos, etc.) al mismo tiempo. Debido a su actividad inmunosupresora, los corticosteroides pueden dar lugar a una reducción en la respuesta a la vacunación. Así pues, se recomienda que Dexafort no sea usado en combinación con vacunas.

A no ser que se requiera un aborto o un parto precoz, el uso de Dexafort durante finales de la gestación está contraindicado. Se ha asociado una menor viabilidad de la descendencia o una mayor incidencia de retenciones de placenta y anomalías fetales con la inducción del parto con corticoesteroides. La fertilidad subsiguiente no suele verse afectada negativamente.

Periodo de retiro

Se deberían cumplir las normativas locales.

13 Información sobre los Productos

Condiciones de conservación

Conservar a temperatura ambiente (15-25°C). Proteger de la luz.

Presentación

Viales de 50 ml.

13.12 Dexamedium®

Descripción

Dexamedium es una suspensión acuosa que contiene 1,07 mg de dexametasona 2,3-dimetilbutirato por ml (equivalente a 0,85 mg de dexametasona por ml).

Modo de acción

La dexametasona es un corticoesteroide muy potente que tiene grandes propiedades antiinflamatorias, antishock y gluconeogénicas. La actividad mineralocorticoide (generalmente no deseable) es mínima.

Una única inyección parenteral de Dexamedium proporciona una actividad terapéutica eficaz durante 4 días.

Indicaciones

Dexamedium está indicado en los casos en que sea necesaria una terapia parenteral con corticoides con una duración de unos 4 días. Esto incluye, entre otros casos:

- La cetosis primaria (acetonemia).
- Los problemas ortopédicos: artritis, bursitis, tendinitis, etc.
- Los problemas alérgicos.
- Los problemas cutáneos: dermatitis alérgica, eccema, etc.

Dosificación y administración

En todas las especies, Dexamedium debería administrarse mediante inyección intramuscular. Un solo tratamiento suele ser suficiente. Si es necesario, el tratamiento puede repetirse al cabo de 4 días.

Información sobre los Productos 13

Especie	Dosificación
Yegua, vaca	10 ml
Potro, ternero, oveja, cabra, cerda	3-5 ml
Lechón, cordero	1-2 ml
Perra	1-2 ml
Gata	0,5-1 ml

Contraindicaciones, advertencias

Las condiciones normales para las que están contraindicados glucocorticoesteroides potentes aplican al Dexamedium. La diabetes mellitus, la osteoporosis, las enfermedades renales y la congestión cardíaca son indicaciones para evitar la terapia con corticoesteroides.

Las enfermedades infecciosas no deberían tratarse a no ser que se administre una terapia antiinfecciosa adecuada (antisuero, antibióticos, etc.) al mismo tiempo. Debido a su actividad inmunosupresora, los corticosteroides pueden dar lugar a una reducción en la respuesta a la vacunación. Así pues, se recomienda que Dexamedium no sea usado en combinación con vacunas.

A no ser que se requiera un aborto o un parto precoz, el uso de Dexamedium durante finales de la gestación está contraindicado. Se ha asociado una menor viabilidad de la descendencia o una mayor incidencia de retenciones de placenta y anomalías fetales con la inducción del parto con corticoesteroides. La fertilidad subsiguiente no suele verse afectada negativamente.

Periodo de retiro

Debería respetarse la legislación local.

Condiciones de conservación

Conservar a temperatura ambiente (15-25°C). Proteger de la luz.

Presentación

Viales de 50 ml.

13 Información sobre los Productos

13.13 Durateston®

Descripción

Durateston es una solución oleosa inyectable que contiene por ml:
 Propionato de testosterona 6 mg
 Fenilpropionato de testosterona 12 mg
 Isocaproato de Testosterona 12 mg
 Decanoato de testosterona 20 mg

Modo de acción

Debido al equilibrio entre los ésteres de testosterona, Durateston proporciona una actividad androgénica rápida y potente que persiste durante un mes después de la administración. Además, Durateston tiene actividad anabólica.

Indicaciones, dosificación y administración

Especie	Indicación	Dosificación y administración
Garañón Toro	Envejecimiento y debilidad, libido deficiente	250-500 mg (5-10 ml), por vía SC o IM, mensualmente Para mejorar la espermatogénesis, en combinación con la eCG/PMSG
Potro, potro de un año. Toro joven	Criptorquidia Hipogonadismo	250 mg (5 ml), por vía SC o IM, mensualmente
Moruco Boque Verraco	Envejecimiento y debilidad Criptorquidia Hipogonadismo Libido deficiente	250 mg (5 ml), por vía SC o IM, mensualmente Para mejorar la espermatogénesis, en combinación con la eCG/PMSG
Perro Gato	Envejecimiento y debilidad Criptorquidia Hipogonadismo Libido deficiente Alopecia (hormonal) Feminización: neoplasia puberal o testicular	50-150 mg (1-3 ml), por vía SC o IM, mensualmente Dosificación dependiente del peso corporal y de la gravedad de los síntomas Para mejorar la espermatogénesis, en combinación con la eCG/PMSG
Perra	Tumores mamarios (estrógeno-dependientes)	25-75 mg (0,5-1,5 ml), por vía SC o IM, mensualmente
Perra Gata	Supresión del estro	50-100 mg (1-2 ml), por vía SC o IM, en una única dosis

Información sobre los Productos 13

Contraindicaciones, advertencias

La sobredosificación puede dar lugar a una virilización no deseable en algunos individuos.

Debería evitarse estrictamente la administración a las perras y gatas gestantes, ya que puede provocar la masculinización y anomalías en el tracto urogenital de los fetos hembra.

Periodo de retiro

Carne: 5 semanas.

Se debería respetar la legislación local.

Condiciones de conservación

Conservar a temperatura ambiente (15-25°C). Proteger de la luz.

Presentación

Viales de 5 ml.

13.14 Fertagyl®*

Descripción

Fertagyl es una solución transparente de gonadorelina (100 mcg/ml) inyectable.

Modo de acción

El principio activo de Fertagyl es la gonadorelina, un decapeptido idéntico a la Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH). Así pues, Fertagyl tiene, exactamente, la misma acción que la GnRH endógena: controla la producción y la secreción de hormona luteinizante (LH) y de hormona foliculoestimulante (FSH) por parte de la hipófisis.

La inyección de Fertagyl provoca la secreción simultánea de LH y FSH poco después de la inyección. Tanto la LH como la FSH tienen un efecto directo sobre el ovario. La FSH estimula el desarrollo folicular y la LH induce la ovulación y la luteinización.

13 Información sobre los Productos

Indicaciones

Vacuno

Fertagyl puede usarse para:

1. La inducción de la ovulación durante el estro
La ovulación retardada es un problema común, especialmente en las vacas lecheras de alta producción. Fertagyl puede administrarse al mismo tiempo que el apareamiento o, alternativamente, 6 horas antes de la IA. La ovulación se da, en la mayoría de los animales tratados, en el transcurso de las 24 h posteriores al tratamiento.
2. Terapia de la enfermedad ovárica quística
Tanto los quistes foliculares como los lúteos responderán al tratamiento con Fertagyl. A los 18-23 días tras el tratamiento, la mayoría de los animales vuelven a entrar en celo y pueden ser inseminados. El porcentaje de concepción con esta primera inseminación es normal.
3. Mejora de la fertilidad
Aunque están clínicamente normales, algunos animales necesitan 3 o más inseminaciones para concebir. Este problema recibe el nombre de repeticiones. Para mejorar el porcentaje de concepciones, se puede administrar Fertagyl en el momento de la inseminación o a mediados del ciclo (11-12 días después del estro).
4. Mejora de la fertilidad tras el parto
Fertagyl administrado a principios del periodo del postparto (15-40 días tras el parto) estimula la reanudación de los ciclos estrales fisiológicos, reduce la incidencia de la enfermedad ovárica quística y acorta el intervalo entre el parto y el primer estro.

Coneja

En la coneja, el Fertagyl puede usarse para la inducción de la ovulación en el momento de la IA.

Información sobre los Productos 13

Dosificación y administración

Especie	Indicación	Dosificación	Administración
Vacuno	Inducción de la ovulación en el momento de la IA	2,5 ml	IM
	Enfermedad ovárica quística	5 ml	IM
	Mejora de los porcentajes de concepción (10-12 días después e la IA)	2,5-5 ml	IM
	Mejora de la fertilidad postparto (< día 40)	1-2,5 ml	IM
Conejo	Inducción de la ovulación	0,2 ml	IM

Contraindicaciones, advertencias

Ninguna.

Periodo de retiro

No es necesario un periodo de retiro para la leche o la carne.

Condiciones de conservación

Conservar a temperatura ambiente (15-25°C). Proteger de la luz.

Presentación

Viales de 2,5 ml, 5 ml ó 50 ml que contienen 100 mcg de gonadorelina por ml.

* En los países miembros de la Unión Europea Fertagyl es comercializado por Janssen Animal Health B.V.B.A

13.15 Folligon®

Descripción

Folligon contiene la hormona Gonadotropina Sérica de Yegua Preñada (PMSG o Gonadotropina Coriónica Equina: eCG) en forma de un polvo blanco cristalino liofilizado, junto con un disolvente para su reconstitución.

Modo acción

El principio activo del Folligon es la PMSG/eCG, una glucoproteína compleja. La PMSG/eCG es una gonadotropina con actividades de

13 Información sobre los Productos

hormona foliculoestimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH). En las hembras, la eCG/PMSG estimula el crecimiento y la maduración de los folículos. En el macho, la eCG/PMSG estimula el desarrollo del tejido intersticial del testículo y la espermatogénesis.

Indicaciones

Folligon puede usarse para el manejo de la reproducción y para el tratamiento de trastornos reproductivos en los animales domésticos:

- Anestro (inducción del estro e inducción e incremento de la actividad ovárica que da lugar a un incremento de la fertilidad) en la vaca, la coneja, la perra y el visón.
- Inducción de ovulaciones múltiples (superovulación) en las donantes de embriones/ovocitos en la vaca, la coneja y la cierva.
- Incremento del porcentaje de fertilidad tras el tratamiento con progestágenos (inducción y sincronización del estro, incremento de la actividad ovárica) en la vaca, la oveja, la cabra y la cierva.

Contraindicaciones, advertencias

En casos raros, al igual que sucede con todos los preparados que contienen proteínas, se pueden dar reacciones de tipo anafilactoide poco después de la administración. En tales circunstancias, puede estar indicada una medicación inmediata con adrenalina (1:1000) o con glucocorticoesteroides.

Periodo de retiro

No es necesario un periodo de retiro para la carne ni para la leche.

Condiciones de conservación

Conservar a 8-15°C. Proteger de la luz.

El producto reconstituido debería usarse antes de que pasen 12 horas.

Información sobre los Productos 13

Dosificación y administración

Hembras	Indicación	Dosificación y administración
Vaca	Anestro/inducción del estro.*	500-1.000 U.I., i.m.
	Inducción de la superovulación.	1.500-3.000 U.I., i.m., entre el día 8 y 13 del ciclo, seguido de PGF _{2a} 48 horas después.
	Incremento del porcentaje de fertilidad tras un tratamiento con progestágenos.	300-700 U.I., i.m., al final del tratamiento con progestágenos.
Perra	Anestro/inducción del estro.	500 U.I./animal o 20 U.I./kg de peso corporal por día durante 10 días, i.m. El día 10, inyección de 500 U.I. de hCG.
Cabra	Incremento del porcentaje de fertilidad tras un tratamiento con progestágenos (en y fuera de la estación reproductiva).	400-750 U.I., i.m., al final del tratamiento con progestágenos.
Oveja	Incremento del porcentaje de fertilidad tras un tratamiento con progestágenos (en y fuera de la estación reproductiva).	400-750 U.I., i.m., al final del tratamiento con progestágenos.
Coneja	Anestro/inducción del estro.	40 U.I., i.m. o s.c.
	Inducción de la superovulación.	40 U.I., i.m. o s.c.
Visón	Anestro/inducción del estro.	100 U.I., i.m., dos veces con un intervalo de dos días.
Cierva	Incremento del porcentaje de fertilidad tras un tratamiento con progestágenos.	200 U.I., i.m., al final del tratamiento con progestágenos.
	Inducción de la superovulación.	2000 U.I., i.m., en combinación con 0,5 U.I. de FSH.

* El anestro suele estar provocado por un manejo inadecuado (alimentación y alojamiento). Así pues, la mejora del manejo es un prerrequisito para un tratamiento exitoso.

13 Información sobre los Productos

Presentaciones

Folligon: viales de 400, 500, 600, 700, 1000, 5.000 y 6.000 U.I. junto con disolvente para su reconstitución.

13.16 Incurin®

Descripción

Tiras de PVC resistente con una película de aluminio en la parte posterior (a través de la cual se hace salir el comprimido) con un revestimiento de sellado térmico en el lado que está en contacto con los comprimidos (envase tipo blister). Una tira contiene 30 comprimidos. Cada tira está embalada en una caja de cartón.

Composición

Un comprimido contiene 1 mg de estriol.

Propiedades

El estriol es un estrógeno natural de acción corta. En el caso de la perra incontinente tiene un efecto positivo sobre la incontinencia urinaria. Tras la administración oral se alcanza un estado constante tras el segundo día del tratamiento y no se da acumulación tras la dosificación múltiple. Debido a su acción de corta duración, el estriol no induce la supresión de la médula ósea en el perro.

Indicaciones

El Incurin está indicado para el tratamiento de la incontinencia urinaria hormono-dependiente debida a la incapacidad del mecanismo del esfínter en las perras.

Dosificación y administración

Incurin está pensado para la administración oral una vez por día. Como no existe relación entre la dosis final efectiva y el peso corporal, no resulta factible determinar una dosis fija por kg de peso corporal. La dosis debe fijarse para cada perra concreta. Se aconseja el siguiente programa de dosificación: inicie el tratamiento con un comprimido cada día. Si el tratamiento tiene éxito, reduzca la dosis a medio comprimido diaria. Si no tiene éxito, incremente la dosis a 2 comprimidos diarios.

Información sobre los Productos 13

Algunos perros no necesitan tratamiento diario. Se puede probar con el tratamiento cada 2 días una vez que se haya determinado la dosis diaria eficaz.

Contraindicaciones, advertencias, etc.

El uso de Incurin está contraindicado durante la gestación y en los animales de menos de 1 año de vida.

Efectos no deseables

Se han observado efectos estrogénicos leves como hinchazón de la vulva, mamas hinchadas y/o resultar atractivas para las hembras a una dosis alta de 2 mg. Estos efectos son reversibles tras la reducción de la dosis. Además, en algunas perras se observaron náuseas.

Debido a sus propiedades estrogénicas de corta duración, Incurin no induce la supresión de la médula ósea en el perro.

Conservación

Conservar a temperatura ambiente (15-25°C).

Presentación

Tira de tipo blister que contiene 30 comprimidos.

13.17 Intertocine®-S (Oxytocin-S, Orastinvet®)

Descripción

Intertocine-S es una oxitocina sintética a una concentración de 10 U.I. por ml.

No contiene impurezas de la fracción vasopresora o antidiurética.

Modo de acción

Intertocine-S provoca contracciones de la musculatura lisa del útero sensibilizado a los estrógenos y de la glándula mamaria. También estimula la involución uterina.

13 Información sobre los Productos

Indicaciones

- Estimulación de las contracciones uterinas, para facilitar el parto.
- Promover la involución del útero en el postparto y ayudar así a la eliminación de las placentas retenidas y de suciedad.
- Para ayudar a controlar la hemorragia postparto.
- Para potenciar la bajada de la leche en los casos de agalaxia.

Dosificación y administración

Especies	Dosificación	Administración
Yegua	0,5-5 ml (5-50 U.I.)	SC o IM
Vaca	1,0-5 ml (10-50 U.I.)	SC o IM
Oveja, Cabra, Cerda	0,5-3 ml (5-30 U.I.)	SC o IM
Perra	0,2-1 ml (2-10 U.I.)	SC o IM
Gata	0,1-0,5 ml (1-5 U.I.)	SC o IM

El producto es administrado mediante inyección intramuscular o subcutánea: repita al cabo de 40 minutos en caso necesario. Si se necesita un efecto muy rápido, es posible la inyección intravenosa. Así pues, deberá prepararse una cuarta parte de la dosificación indicada anteriormente, diluida en una proporción de 1:10 con agua para su inyección intravenosa. Inyéctela lentamente. Al ser administrada por cualquier vía y especialmente al usarla durante el parto, se recomienda una dosis baja inicial, ya que se puede aplicar una administración repetida. En los animales en el postparto se pueden usar dosis mayores.

Contraindicaciones, advertencias

El uso de Intertocine-S está contraindicado en cualquier tipo de distocia obstructiva.

Cuando Intertocine es usado como ayuda para el parto, debe confirmarse la dilatación cervical antes de su administración.

Las dosis excesivas de Intertocine-S puede retrasar el parto dando lugar a contracciones uterinas descoordinadas que interfieren con el avance el feto, especialmente en el caso de gestaciones múltiples.

La adrenalina reduce el efecto de la oxitocina sobre el útero o la glándula mamaria. Debido a esto, el animal no debería ser asustado si se desea un efecto completo de la oxitocina.

Información sobre los Productos 13

Periodo de retiro

No es necesario un periodo de retiro para la carne o la leche.

Condiciones de conservación

Conservar a 2-8°C. Proteger de la luz.

Presentaciones

Viales de 10, 25 y 50 ml, que contienen 10 U.I. de oxitocina/ml.

13.18 Mesalin®

Descripción

Mesalin contiene benzoato de estradiol, un éster sintético de un estrógeno natural. La concentración baja del producto permite un régimen de dosificación bajo, reduciendo así el riesgo de efectos secundarios.

Composición

Cada ml contiene 0,2 mg de benzoato de estradiol.

Formulación

Solución para la inyección.

Especies diana

Perras.

Indicaciones

Apareamientos no deseados en las perras.

Dosificación

0,01 mg/kg de peso corporal el tercer, quinto y, si los signos persisten, el séptimo día después del apareamiento.

Método de administración

Mediante inyección subcutánea.

13 Información sobre los Productos

Presentación

Viales que contienen 5 ml cada uno.

Conservación

Entre 2 y 8°C.

13.19 Metricure®

Descripción

Cada jeringa de suspensión intrauterina de Metricure contiene 500 mg de cefapirina (en forma de benzatina).

Modo de acción

La cefapirina (una cefalosporina de primera generación), es un antibiótico de amplio espectro con acción bactericida contra bacterias Gram-positivas y Gram-negativas. La cefapirina es resistente a la acción de la penicilinasas producidas por los estafilococos, y es activa en el entorno anaerobio del útero.

Tras un único tratamiento con Metricure, las concentraciones de cefapirina por encima de la CMI de las bacterias sensibles se mantienen en el endometrio durante por lo menos 24 horas. La suspensión se tolera bien, permite una buena difusión de la cefapirina hacia el endometrio y se puede aplicar fácilmente mediante infusión.

Indicaciones

Endometritis subaguda y crónica en el vacuno (> 14 días después del parto).

Tratamiento de las vacas repetidoras el día después de la IA.

Dosificación y administración

El contenido de la jeringa de Metricure se introduce en el lumen uterino usando el catéter de un solo uso que se proporciona con cada jeringa.

1. Fije la jeringa al catéter.
2. Coja el cérvix uterino con una mano enguantada que habrá introducido en el recto.
3. Introduzca el catéter, a través del cérvix, hasta el lumen uterino haciendo oscilar levemente el cérvix.
4. Inyecte el contenido de la jeringa en el lumen uterino.

Información sobre los Productos 13

Un único tratamiento con Metricure suele ser suficiente para la curación completa. En caso necesario, el tratamiento puede repetirse al cabo de 14 días.

En los animales inseminados, Metricure puede usarse un día después de la inseminación.

En casos de piometra, se aconseja iniciar el tratamiento con una inyección de prostaglandina para inducir la regresión del cuerpo lúteo y para eliminar la suciedad de la cavidad uterina antes de tratamiento con Metricure.

Contraindicaciones, advertencias

Animales que se sepa que tienen alergia a las cefalosporinas.

Periodo de retiro

Carne: 48 horas.

Leche: cero.

Condiciones de conservación

Conservar a temperatura ambiental (15-25°C).

Presentación

Caja con 10 jeringas más 10 catéteres y 10 guantes.

13.20 PG 600® (Suigonan)

Descripción

La PG 600 contiene 400 U.I. de gonadotropina sérica (eCG/PMSG) y 200 U.I. de gonadotropina coriónica (hCG) por dosis en forma de un polvo blanco cristalino liofilizado junto con un disolvente para su reconstitución.

Modo de acción

La PG 600 combina las dos hormonas más importantes que desempeñan un papel en el desarrollo de los folículos y su ovulación. La gonadotropina sérica estimula el desarrollo de los folículos, la gonadotropina coriónica promueve la ovulación y la formación de cuerpos lúteos. La combinación de estas hormonas promueve el desarrollo de un ciclo estral fértil en la cerda.

13 Información sobre los Productos

Indicaciones

	Indicación	Tiempo para el tratamiento
Cerdas	Inducción del estro tras el destete.	Día 0-2 tras el destete.
	Incremento del tamaño de la camada/subfertilidad.	Día 0-2 tras el destete.
	Anestro/infertilidad estacional.	Día 8-10 tras el destete.
	Diagnóstico de gestación.	En el transcurso de los 80 días tras la IA.
Primerizas	Tratamiento de la pubertad retardada.	A la edad de 8-10 meses.
	Inducción del estro en primerizas prepúberes.	A la edad de 5,5-6,5 meses y/o con un peso corporal de 85-100 kg.

El uso de PG 600 para todas las indicaciones mencionadas induce el estro 3-6 días después del tratamiento.

Dosificación y administración

Reconstituya el polvo liofilizado e inyecte el contenido de un vial unidosis (5 ml) o una dosis (5 ml) del vial de 5 dosis por vía subcutánea o intramuscular detrás de la oreja.

Contraindicaciones, advertencias

Al igual que sucede con todos los preparados que contienen proteínas, en algunos casos raros pueden darse reacciones de tipo anafilactoide poco después de la administración. En tales circunstancias, puede estar indicada la medicación inmediata con 2-3 ml de adrenalina (1:1000) o con glucocorticoesteroides.

Periodo de retiro

No es necesario un periodo de retiro para la carne.

Condiciones de conservación

Conservar a 8-15°C. Proteger de la luz. El producto reconstituido debería usarse antes de que pasen 12 horas.

Información sobre los Productos 13

Presentaciones

Presentación unidosis	5 viales + disolvente 5 x 5 ml
	25 viales + disolvente 25 x 5 ml
Presentación de 5 dosis	1 vial + solvente 1 x 25 ml

13.21 Preloban®

Presentación

Una solución acuosa transparente e incolora para la administración parenteral que contiene, por ml: 0,075 mg de sal sódica de R-Cloprostenol (sustancia activa) y 1 mg de Clorocresol (conservante).

Indicaciones

Vaca:

- Trastornos reproductivos funcionales debidos a cuerpos lúteos persistentes, subestros, quistes lúteos.
- Sincronización del estro.
- Inducción del parto o aborto (incremento en la incidencia de retención de secundinas).
- Trastornos puerperales del útero (p. ej. piometra, endometritis).

Cerda:

- Inducción del parto el día 111-113 de la gestación.

Yegua:

- Inducción del estro en la yegua cíclica (el día 5-13 del ciclo).
- Inducción del aborto durante los 40 primeros días de la gestación.

Dosificación y administración

Vaca: 150 µg/vaca = 2 ml por vía intramuscular

Cerda: 75 µg/cerda = 1 ml por vía intramuscular

Yegua: 150 µg/yegua = 2 ml por vía intramuscular

Periodo de retiro

Leche, carne: cero.

Deberían respetarse las normativas locales.

13 Información sobre los Productos

Contraindicaciones, advertencias, etc.

Animales con trastornos espásticos del tracto gastrointestinal y/o del aparato respiratorio.

No debe usarse en animales gestantes a no ser que sea necesario hacer que aborten.

Efectos no deseables

A veces ligero sudor. Si se usa para la inducción del parto se pueden dar cambios transitorios en el comportamiento de la cerda.

Condiciones de conservación

Conservar a temperaturas inferiores a los 20°C y protegido de la luz.

Precauciones especiales que debe tomar la persona que administre este producto medicamentoso veterinario a los animales

Se recomienda encarecidamente el manejo cuidadoso por parte de aquellas personas gestantes, con predisposición al asma o con trastornos funcionales del aparato respiratorio.

Tras su vertido sobre la piel es necesario un lavado inmediato con agua y jabón para evitar la absorción sistémica.

Presentación

Viales de 2 ml, 10 ml, 20 ml y 50 ml.

13.22 Prosolvin®

Descripción

Prosolvin es una solución transparente de luprostiól (7,5 mg/ml) en un 70% de propilenglicol y un 30% de agua para su inyección. El luprostiól es un análogo sintético de la prostaglandina F_{2α}.

Modo de acción

Prosolvin se parece, farmacológicamente, a la PGF_{2α}, aunque la actividad luteolítica es más pronunciada y la actividad sobre la musculatura lisa es más reducida. Así pues, Prosolvin puede

Información sobre los Productos 13

usarse en todas las especies normales de abasto sin, virtualmente, efectos secundarios.

Si hay un cuerpo lúteo de más de 5 días en el ovario, Prosolvín provocará rápidamente la regresión lútea, que se verá seguida del crecimiento folicular, el estro y la ovulación.

Indicaciones

Prosolvín es usado, principalmente, por su efecto luteolítico sobre los cuerpos lúteos. Su efecto uterotónico es útil, además, para trastornos patológicos del útero.

Vacuno

1. Subestro (pseudanoestro).

Tras la palpación de un cuerpo lúteo durante un examen rectal, las vacas pueden ser tratadas con Prosolvín e inseminadas, subsiguientemente, al mostrar el estro. Los animales que no entren en celo tras una única inyección deberían recibir otra inyección 11-13 días después de la primera y ser inseminadas 72 y 96 horas después o al detectar el celo.

2. Reproducción controlada.

Se puede hacer que los animales concretos que tengan un cuerpo lúteo entren en celo en una fecha escogida por el ganadero.

Cuando se deban sincronizar grupos de animales, se les debería inyectar Prosolvín dos veces con un intervalo de 11-13 días. Los animales son inseminados entonces al detectar el estro o 72 y 96 horas después de la segunda inyección de Prosolvín.

3. Endometritis crónica, piometra y fetos momificados (o macedados).

Se suele dar la expulsión del fluido purulento y/o del material fetal hacia la vagina en el transcurso de unos pocos días después del tratamiento. Los animales deberían ser bien supervisados para asegurar la eliminación de todo este material de la vagina. El tratamiento quizás deba repetirse al cabo de 11-13 días. Una terapia antibacteriana adecuada puede ser de utilidad. Los animales no deben ser inseminados hasta que el útero haya vuelto a la normalidad.

4. Inducción del aborto

La inducción del aborto puede llevarse a cabo en casos de

13 Información sobre los Productos

gestaciones no deseadas. El vacuno puede ser tratado desde la 1ª semana hasta los 5 meses después de la monta natural o la inseminación artificial. El aborto se dará 2-7 días después del tratamiento. En algunos casos, por ejemplo cuando hay gemelos presentes, puede ser necesario un segundo tratamiento.

5. Inducción del parto
El parto puede inducirse sólo dentro de la semana anterior a la fecha prevista del parto (después del día 270 de gestación).

Equino

El potente efecto luteolítico del Prosolvin provoca la regresión del cuerpo lúteo en las yeguas. La luteolisis suele verse seguida de un estro fértil que empieza 2-4 días después del tratamiento.

1. Inducción de un "segundo celo" 20 días después del parto.
El celo del potro tiene, en general, una fertilidad menor que la del segundo celo. Esto se debe al hecho de que durante el celo del potro, las yeguas suelen sufrir infecciones puerperales y la involución uterina es insuficiente. Mediante la inyección con Prosolvin 20 días después el parto se induce un segundo celo con, generalmente, un porcentaje de concepción mayor.
2. El tratamiento del anestro
Cuando el anestro está provocado por la persistencia de la función lútea, el tratamiento con Prosolvin induce un comportamiento normal propio del estro entre 2 y 4 días después del tratamiento y seguido de ovulación.
3. Tratamiento del anestro en yeguas lactantes
Una proporción de las yeguas, mientras están en plena lactación y amamantando a un potro, no muestran ciclos estrales regulares. Tras el "celo el potro" quizás no consigan ciclar de nuevo durante los siguientes meses. El examen de estas yeguas puede mostrar que se encuentran bajo la influencia de un cuerpo lúteo persistente. En estos casos, el tratamiento con Prosolvin dará lugar a un comportamiento normal propio del estro y a la ovulación.
4. Tratamiento de yeguas tras la muerte fetal temprana y la reabsorción
Hasta el 10% de las yeguas que conciben pierden el producto de la concepción mediante reabsorción o aborto durante los primeros 100 días de la gestación.

Información sobre los Productos 13

Durante el examen rectal rutinario, puede diagnosticarse tal incidente. Si estas yeguas no retornan al celo debido a la persistencia de la función lútea, se puede usar el Prosolvin para inducir la luteolisis, que se verá seguida del estro y la ovulación.

5. Inducción del estro usado como ayuda para el manejo de la remonta
Se puede hacer entrar a las yeguas en celo con un tratamiento con Prosolvin durante el diestro. El estro se dará 2-4 días después del tratamiento. Así, esto puede sustituir al uso de la irrigación uterina con suero salino tibio, que ha sido usada durante muchos años para desencadenar la luteolisis y contribuye al manejo exitoso y rentable de los garañones.
6. Tratamiento de yeguas con piometra y endometritis
En tales casos suele estar presente con gran frecuencia un cuerpo lúteo funcional. Así pues, el tratamiento con Prosolvin, con o sin la administración local de antibióticos, puede suponer un enfoque exitoso.
7. Inducción del parto
Una única inyección de Prosolvin puede inducir el parto en yeguas que:
 - Tienen una gestación de más de 330 días.
 - Tienen una mama funcional con calostro.
 - Muestran la relajación de los ligamentos pélvicos.
 El tratamiento de estas yeguas dará lugar al parto al cabo de unas pocas horas.

Cerdas

1. Inducción del parto
En la cerda, el parto puede inducirse tras el día 111 de la gestación con una única inyección de Prosolvin. Esto aporta ventajas para el manejo, ya que el parto puede supervisarse mejor y, en los casos en que se considere deseable, pueden evitarse los partos en fin de semana. Además, pueden mejorarse los sistemas de manejo de todo dentro-todo fuera cuando se concentran los partos en un grupo de cerdas mediante el uso de Prosolvin.

Ovejas

En las ovejas, el Prosolvin también puede usarse, por su efecto luteolítico, para la reproducción programada pero, gene-

13 Información sobre los Productos

ralmente, la fertilidad no es tan buena como cuando se usa el método Chrono-gest de Intervet (esponjas de progestágeno + eCG/PMSG).

Dosificación y administración

Especie	Dosificación	Administración
Vaca	2ml (15 mg)	i.m.
Ternera	1ml (7,5 mg)	i.m.
Yegua	1ml (7,5 mg)	i.m.
Oveja	1ml (7,5 mg)	i.m.
Cerda	1ml (7,5 mg)	i.m.

Contraindicaciones, advertencias

El compuesto no debería ser administrado a animales gestantes a no ser que la intención sea la de conseguir el aborto o el parto.

Evite la inyección intravenosa.

Evitar el contacto directo de la solución con la piel del operario.

El vertido accidental sobre la piel debería lavarse de inmediato con agua. Se debería proceder con sumo cuidado cuando manejen el producto las mujeres en edad reproductiva y las personas asmáticas.

Precauciones especiales que debe tomar la persona que administre este producto medicamentoso veterinario a los animales

Se recomienda encarecidamente el manejo cuidadoso por parte de aquellas personas gestantes, con predisposición al asma o con trastornos funcionales del aparato respiratorio.

Periodo de retiro

Leche: cero.

Carne: 24 horas.

Se deberían respetar las leyes locales.

Condiciones de conservación

Conservar a temperatura ambiente (15-25°C). Proteger de la luz.

Presentaciones

Viales de 2, 10 y 20 ml que contienen 7,5 mg luprostiol/ml.

13.23 Receptal®/Conceptal®**Descripción**

Análogo de la hormona liberadora de gonadotropinas.

Composición

Solución para la inyección: 1 ml contiene 0,0042 mg de acetato de buserelina, equivalentes a 0,004 mg de buserelina.

Indicaciones

Reducción de la fertilidad por disfunción ovárica, inducción de la ovulación y mejora del porcentaje de concepción.

Vacas:

Ovarios quísticos con o sin síntomas de ninfomanía.

Anestro.

Ovulación retardada.

Anovulación.

Mejora del porcentaje de concepciones tras la inseminación artificial y sincronización del estro.

Profilaxis de las alteraciones de la fertilidad mediante la inducción temprana del ciclo tras el parto.

Yeguas:

Anestro.

Inducción de la ovulación.

Fijación del momento de la ovulación y el apareamiento.

Mejora del porcentaje de concepción.

Estro prolongado o continuo.

Conejas:

Inducción de la ovulación en la inseminación en el postparto.

Mejora del porcentaje de concepción.

Dosificación y administración**Vacas:**

Los ovarios quísticos con o sin síntomas de ninfomanía:

5,0 ml.

Anestro: 5,0 ml.

Ovulación retardada: 2,5 ml.

Mejora del porcentaje de concepción tras la inseminación artificial: 2,5 ml.

13 Información sobre los Productos

Profilaxis de las alteraciones de la fertilidad mediante la inducción temprana del ciclo tras el parto: 5,0 ml.

Yeguas:

Anestro: 5,0 ml 2 veces repetido a las 24 horas.

Inducción de la ovulación: 10 ml.

Fijación del momento de la ovulación y el apareamiento:
10 ml.

Mejora del porcentaje de concepción: 10 ml.

Estro prolongado o continuo: 10 ml.

Conejas:

Inducción de la ovulación en la inseminación postparto:
0,2 ml

Mejora del porcentaje de concepción: 0,2 ml

La vía de administración preferida para el Receptal/Conceptal es la inyección intramuscular, pero también puede inyectarse por vía intravenosa o subcutánea.

Periodo de retiro

Leche, carne: cero

Conservación

Conservar a temperatura ambiente.

Contraindicaciones

Ninguna.

Efectos secundarios

Se desconocen.

Interacciones

Ninguna.

Presentación

Viales de 2,5 ml, 10 ml y 50 ml.

13.24 Regumate Equino®**Descripción**

Regumate Equino puede usarse en las yeguas para controlar el estro, para regular la fertilidad y como ayuda para la prevención de la pérdida embrionaria temprana.

Composición

Solución en aceite vegetal que contiene 2,2 mg de altrenogest por ml.

Formulación

Solución para la administración oral.

Especies de destino.

Caballos.

Indicaciones

- Inducción del estro y la ovulación al principio de la estación reproductiva.
- Tratamiento del anestro en ausencia de un cuerpo lúteo.
- Supresión del estro, ya sea durante un estro prolongado o en yeguas que ciclan normalmente.
- Control del ciclo de las yeguas reproductoras para permitir un uso eficiente de los garañones y/o del semen.
- Prevención de las pérdidas embrionarias precoces.

Dosificación

La dosis recomendada de Regumate Equino es de 1 ml por cada 50 kg de peso corporal, lo que corresponde a 0,044 mg de altrenogest/kg de peso corporal.

La duración del tratamiento es distinta para las diferentes indicaciones:

Inducción de un estro ovulatorio: 10 días consecutivos.

Tratamiento del anestro de lactación: 10 días consecutivos.

Supresión de un estro prolongado: 10 días consecutivos.

Supresión del estro en yeguas que ciclan normalmente:

15 días consecutivos.

13 Información sobre los Productos

Control del ciclo de las yeguas reproductoras: 15 días consecutivos.

Prevención de las pérdidas embrionarias tempranas: a diario desde el día 18 hasta el 120 de la gestación, seguido de la administración cada dos días durante 10 días y cada tres días durante otros 10 días.

Método de administración

Por vía oral.

Presentación

Botellas que contienen 250 ml cada una.

Conservación

A temperatura ambiente, protegido de la luz.

Información adicional

Las mujeres gestantes o las que sospechen que pudieran estarlo no deberían manejar Regumate Equino.

13.25 Regumate Porcino®*

Descripción

Progestágeno oral para el manejo reproductivo del porcino.

Composición

Lata presurizada que contiene 360 ml de una solución oleosa con un 0,4 % de altrenogest.

Indicaciones

Programación y sincronización del celo en cerdas cíclicas.
Sincronización del estro y mejora del tamaño de la camada en las cerdas primíparas.

Dosificación y administración

Al ser presionada y liberada, la válvula medidora suministra una dosis de 5 ml (= 20 mg de altrenogest).

Información sobre los Productos 13

Primerizas: Una dosis de 5 ml por primeriza y por día durante 18 días consecutivos administrada por vía oral con el alimento para su consumo inmediato.

Cerdas: Una dosis de 5 ml por cerda y día durante 3 días consecutivos administrada por vía oral con el alimento para su consumo inmediato.

El tratamiento debería iniciarse el día del destete.

Contraindicaciones

No debe administrarse a machos, ni a cerdas gestantes ni a aquellas que sufran una infección uterina.

El alimento que no haya sido consumido debe ser destruido y no ser administrado a ningún otro animal.

Periodo de retiro

Debería respetarse la legislación local.

Conservación

Conservar a temperatura ambiente.

Efectos secundarios

Se desconocen.

Interacciones

Se desconocen.

Presentación

Envase presurizado de 360 ml con una válvula medidora.

* Regumate Porcino es comercializado en los países miembros de la Unión Europea por Janssen Animal Health B.V.B.AI