



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Factores que afectan el contenido
de minerales en pasturas naturales
y
el estado nutricional de vacunos y
ovinos en Uruguay.

Ing. Agr. Emilio Ungerfeld

Año 1998



INIA Tacuarembó

Tacuarembó, Uruguay

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCION	6
II. ASPECTOS METODOLOGICOS.....	6
II.1. Contenido de minerales de las pasturas	6
II.2. Status nutricional de animales sin suplementar	11
III. CA	13
III.1. Factores que afectan el contenido de Ca en pasturas naturales.....	13
III.1.1. Variación estacional.....	14
III.1.2. Disponibilidad de MS	18
III.1.3. Ubicación topográfica.....	22
III.1.4. Textura.....	24
III.1.4. Material madre.....	25
III.1.5. Región geográfica.....	27
III.1.6. Composición botánica	29
III.1.7. Año de la observación	34
III.1.8. Contenido de cenizas	34
III.1.9. Método de corte	35
III.1.10. Fertilización	36
III.1.11. Modelos multivariados	36
III.2. Status nutricional de animales sin suplementar.....	39
III.2.1. Requerimientos de Ca y contenido en pasturas	39
III.2.2. Contenido de Ca en tejidos	41
IV. FOSFORO	49
IV.1. Factores que afectan el contenido de P de las pasturas.....	49
IV.1.1. Variación estacional	49
IV.1.2. Disponibilidad de MS.....	51
IV.1.3. Ubicación topográfica	55
IV.1.4. Textura.....	56
IV.1.5. Material madre.....	58
IV.1.6. Región geográfica.....	59
IV.1.6. Composición botánica	61
IV.1.7. Año de la observación	66
IV.1.8. Contenido de cenizas.....	66
IV.1.9. Método de corte.....	66
IV.1.10. Fertilización.....	67



IV.1.11. Modelos multivariados.....	68
IV.2. Status nutricional de animales sin suplementar	70
IV.2.1. Contenido de P en pasturas y requerimientos animales	70
IV.2.2. Contenido de P en tejidos	72
V. MAGNESIO.....	78
V.1. Factores que influyen en el contenido de Mg de las pasturas	78
V.1.1. Variación estacional	79
V.1.2. Disponibilidad de MS.....	81
V.1.3. Ubicación topográfica	83
V.1.4. Textura	84
V.1.4. Material madre	85
V.1.5. Región geográfica	87
V.1.6. Composición botánica	89
V.1.7. Año de la observación	94
V.1.8. Contenido de cenizas.....	94
V.1.9. Método de corte.....	95
V.1.10. Fertilización.....	96
V.1.11. Modelos multivariados.....	96
V.2. Status nutricional de animales sin suplementar.....	98
V.2.1. Relación entre el contenido de Mg de las pasturas y los requerimientos	98
V.2.2. Contenido de Mg en tejidos	99
VI. POTASIO.....	104
VI.2. Status nutricional de animales sin suplementar	110
VI.2.1. Contenido de K de las pasturas y requerimientos	110
VI.2.2. Contenido en tejidos	110
VII. AZUFRE.....	110
VII.1. Contenido de S de las pasturas naturales.....	110
VII.2. Status nutricional de animales sin suplementar	111
VIII. SODIO.....	112
VIII.1. Contenido de Na en pasturas naturales.....	112
VIII.2. Status nutricional de animales sin suplementar.....	113
VIII.2.1. Contenido en pasturas y requerimientos.....	113
VIII.2.2. Contenido en tejidos.....	113
IX. CLORO	113
X. HIERRO.....	114
X.1. Factores que afectan el contenido de Fe de las pasturas	114
X.1.1. Variación estacional	115
X.1.2. Disponibilidad de MS.....	116
X.1.3. Ubicación topográfica	117
X.1.4. Textura	119
X.1.5. Material madre	120



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

X.1.6. Región geográfica.....	122
X.1.7. Composición botánica.....	123
X.1.8. Año de la observación	128
X.1.9. Contenido de cenizas	129
X.1.10. Método de corte	131
X.1.11. Modelos multivariados	131
X.2. Status nutricional de animales sin suplementar.....	133
X.2.1. Contenido de Fe de las pasturas y requerimientos animales.....	133
X.2.2. Contenido de Fe en tejidos.....	134
XI. MANGANESO.....	134
XI.1. Factores que afectan el contenido de Mn en las pasturas	134
XI.1.1. Variación estacional	135
XI.1.2. Disponibilidad de MS.....	137
XI.1.3. Ubicación topográfica	140
XI.1.4. Textura.....	142
XI.1.5. Material madre.....	143
XI.1.6. Región geográfica.....	145
XI.1.7. Composición botánica	147
XI.1.8. Año de la observación	152
XI.1.9. Contenido de cenizas.....	152
XI.1.9. Método de corte.....	153
XI.1.10. Modelos multivariados	154
XI.2. Status nutricional de animales sin suplementar	156
XI.2.1. Contenido de Mn en pasturas y requerimientos	156
XI.2.2. Contenido de Mn en tejidos.....	157
XII. COBRE.....	157
XII.1. Factores que afectan el contenido de Cu en pasturas naturales	157
XII.1.1. Variación estacional	158
XII.1.3. Ubicación topográfica	161
XII.1.4. Textura	163
XII.1.5. Material madre	164
XII.1.6. Región geográfica	166
XII.1.6. Composición botánica.....	168
XII.1.7. Año de la observación.....	173
XII.1.8. Contenido de cenizas.....	173
XII.1.9. Método de corte	173
XII.1.10. Modelos multivariados.....	174
XII.2. Status nutricional de animales sin suplementar	177
XII.2.1. Contenido en pasturas y requerimientos animales	177
XII.2.2. Contenido de Cu en tejidos	178
XIII. ZINC	184
XIII.1. Factores que afectan el contenido de Zn de las pasturas.....	184
XIII.1.1. Variación estacional.....	185
XIII.1.2. Disponibilidad de MS	186
XIII.1.3. Ubicación topográfica.....	187



XIII.1.4. Textura	189
XIII.1.6. Material madre	189
XIII.1.6. Región geográfica	190
XIII.1.7. Composición botánica	192
XIII.1.8. Año de la observación	197
XIII.1.10. Modelos multivariados	197
XIII.2. Status nutricional de animales sin suplementar	200
XIII.2.1. Contenido de Zn en pasturas y requerimientos	200
XIII.2.2. Contenido de Zn en tejidos	201
XIV. COBALTO	208
XIV.1. Factores que afectan el contenido de Co en pasturas naturales	209
XIV.1.1. Variación estacional	209
XIV.1.2. Disponibilidad de MS	210
XIV.1.3. Ubicación topográfica	211
XIV.1.4. Textura	211
XIV.1.5. Material madre	212
XIV.1.7. Composición botánica	213
XIV.1.8. Contenido de cenizas	213
XIV.1.9. Modelos multivariados	214
XIV.2. Status nutricional de animales sin suplementar	216
XV. MOLIBDENO	216
XV.1. El contenido de Mo de las pasturas	216
XV.2. Status nutricional de animales sin suplementar	217
XVI. SELENIO	217
XVI. 1. El contenido de Se de las pasturas	217
XVI.2. Status nutricional de animales sin suplementar	218
XVII. IODO	218
XVIII. OTROS MINERALES	219
XIX. REFERENCIAS	219



I. INTRODUCCION

Desde hace más de 60 años se dispone de información nacional sobre nutrición mineral de rumiantes en pastoreo, ya sea sobre contenidos de los distintos minerales en pasturas y tejidos animales o respuestas productivas de los animales a la suplementación mineral. Actualmente se han establecido las deficiencias de algunos elementos como el fósforo, lo que ha llevado a un uso considerable de la suplementación con sales minerales. Sin embargo, es bastante menos claro que regiones, tipos de suelo, pasturas, etc., adolecen más de estas deficiencias, en que momento del año se tornan éstas más críticas para cada categoría, y cuales son los niveles óptimos de suplementación en cada caso.

La situación en relación a los demás elementos minerales es bastante menos clara. Existen en el mercado formulaciones destinadas a suministrar exclusivamente Ca y fósforo -que incluyen además cloruro de sodio como agente palatabilizante- y otras que contienen otros macro y micronutrientes. Las decisiones de brindar o no estos elementos a los animales parecen estar más ligadas al mercadeo de los distintos productos que a respuestas productivas y económicas predecibles.

En función de lo arriba expresado se pone de manifiesto la necesidad de reunir, comparar y analizar en conjunto los resultados nacionales sobre nutrición mineral que se han publicado hasta la fecha. La generalización que puede lograrse a través del estudio conjunto de muchos trabajos seguramente brinde al sector productivo una herramienta para suplementar más afinadamente cada categoría en cada momento del año y de acuerdo a la cantidad de cada nutriente que el tapiz natural ofrece. Por otra parte, las futuras líneas de investigación podrán plantearse teniendo en cuenta que es lo que se conoce y lo que se desconoce, y de esto, que puede ser más importante conocer.

II. ASPECTOS METODOLOGICOS

II.1. Contenido de minerales de las pasturas

El análisis de resultados publicados sobre contenido de minerales en pasturas naturales y la discusión que sigue se llevarán a cabo sobre una base empírica. No se intentará explicar las tendencias generales o las divergencias entre trabajos en base a información básica de edafología y fisiología vegetal. Los factores que se analizan a efectos de explicar los contenidos de minerales hallados por los distintos investigadores en diferentes pasturas son: variación estacional, disponibilidad de materia seca (MS), ubicación topográfica, textura, material madre, región geográfica, composición botánica, año, contenido de cenizas, método de corte y fertilización.



Cuando se reúnen y analizan en conjunto resultados de contenidos de minerales en pasturas provenientes de distintos experimentos surgen complicaciones. Las muestras pueden haber sido extraídas en distintas épocas del año, con distintos métodos de corte, analizadas por procedimientos diferentes, etc. En los casos en que estas diferencias pueden influir sobre las conclusiones que se extraigan se trata de entender como pueden haber actuado, y eventualmente se pueden incluir como covariables en las comparaciones estadísticas.

Otro problema es que la cantidad de información que se dispone de cada referencia varía en forma muy importante. Los diversos autores han utilizado distintos números de repeticiones, algunos han trabajado en un establecimiento solamente, otros lo han hecho en zonas más extensas, y algunos han muestreado pasturas de todo el país. La información que se dispone es muy dispar. En algunos casos se cuenta con información muy detallada de resultados, por ejemplo, en cada potrero y cada fecha de muestreo, cuchillas y bajos, etc. En otros casos sólo se dispone de una media para una estación, material madre, etc., que resulta de gran cantidad de repeticiones. En algunos análisis, como la respuesta del contenido de minerales a la disponibilidad de MS por hectárea, o el efecto de la ubicación topográfica de la muestra, se ha preferido incluir todo el pool de observaciones, en el entendido de que la variable independiente en estudio puede variar considerablemente aún dentro del mismo establecimiento, o dentro del mismo potrero entre fechas distintas. Se considera en estos casos que el factor en estudio no interacciona con la referencia. Por ejemplo, no interesa conocer los valores absolutos de cada mineral en cuchillas y bajos sino el efecto de la ubicación topográfica. Entonces, se incluyen todas las observaciones disponibles por referencia, ya que es improbable que factores inherentes a cada referencia -método de análisis o de corte, etc., interaccionen con la ubicación topográfica. En otros casos en que esta interacción puede existir se ha tratado de promediar las observaciones individuales de las referencias en que se dispone de información más detallada a los efectos de analizarlos conjuntamente con las otras. Si bien esto supone la pérdida de variación dentro de experimentos, evita la sobrerrepresentación de aquellas fuentes de las que se dispone más información, que en algunos casos podría sesgar mucho los resultados. Si bien el objetivo no es obtener valores absolutos del contenido de minerales en distintas situaciones (por ejemplo, suelos pesados y livianos, etc.) sino comparar resultados a los efectos de determinar la influencia de los distintos factores, el incluir todas las observaciones de algunos experimentos llevaría a que algunos muestreos realizados en lugares puntuales tengan un peso muy grande sobre las medias. En estos casos la variable independiente varía poco o no lo hace dentro de cada referencia. Para evitar sesgos, se prefirió en estos casos correr el riesgo de trabajar con muchas menos observaciones y reducir la variación agrupando las observaciones de cada referencia.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

La variación de las observaciones originales aparece en toda su magnitud cuando se brinda la media de cada mineral al comienzo de cada capítulo. Con ese propósito se incluyeron todas las observaciones de que se dispone en cada caso. Es necesario por lo tanto tener en cuenta que la información promedio que se brinda no procede de un muestreo representativo de todo el país habiendo zonas, suelos, estaciones, etc., sobrerrepresentados y otros subrepresentados, lo que seguramente afecta la forma de la distribución y los valores de los distintos estadígrafos.

También se utiliza la totalidad de las observaciones disponibles para estudiar la influencia de la disponibilidad de MS, ubicación topográfica, contenido de cenizas, año de la observación y método de corte. En el análisis de la respuesta de cada mineral a la disponibilidad de MS se optó por no incluir los resultados de Nores (1944) y Spangenberg (1941) ya que no se aclara si los datos de disponibilidad de MS de Spangenberg (1941) están expresados en quintales métricos (100 kg.) o de 46 kg. (el valor último aparece como más probable teniendo en cuenta los valores de producción de MS por hectárea y por año).

Las medias por referencia agrupadas por estación se utilizan para estudiar la influencia de la variación estacional del contenido de minerales.

Para estudiar la influencia de la textura, material madre, y región geográfica se utiliza un solo valor medio por referencia (a excepción de aquellos autores que trabajaron con más de una textura, material madre y/o región), y en los casos en que es posible realizar análisis de varianza (se cumplen los supuestos de distribución normal de observaciones y homogeneidad de varianzas) se incluyen la referencia y/o la estación del año como covariables.

Una variable no tenida en cuenta debido a la escasez de información es la magnitud de las precipitaciones. Las precipitaciones actúan en forma diferente en plantas verdes o secas, en especies distintas, en diferentes partes de la planta y en relación a distintos minerales (Frick, 1976).

En el análisis del efecto de la región geográfica sobre el contenido de minerales se incluye el departamento de Río Negro en el Litoral Sur. De esta forma se divide el Litoral en dos regiones parecidas en área, y se aumenta el número de observaciones del Litoral Sur, que de otro modo sería escaso.

Se debe tener especial precaución al interpretar los modelos multivariados construidos para "explicar" los contenidos de cada mineral en la pastura -y lo mismo ocurre en lo que se refiere a los contenidos de minerales en los tejidos. Resulta tentador agregar más y más variables para de esta forma aumentar la proporción de la variación explicada. Sin embargo, al reunir diferentes trabajos, muchos de los



cuales no suministran información para una o más variables independientes, se puede caer fácilmente en la construcción de modelos endebles, basados en un número muy bajo de observaciones en relación a las variables independientes que incluyen. A pesar de que el grado de ajuste puede ser muy alto, también puede ser alta la probabilidad de que cualquier observación no perteneciente al set utilizado para ajustar el modelo sea un outlier. Los parámetros del modelo pueden volverse además muy inestables, y a pesar de que el objetivo de la construcción del modelo es descriptivo y no predictivo, debe asegurarse una estabilidad mínima para que las conclusiones acerca de cuales son los factores de mayor importancia envueltos y en que dirección actúan sean confiables. En el otro extremo, el ser demasiado conservador en la introducción de variables independientes puede llevar a que se dejen fuera variables de importancia y el modelo explique poco. El criterio utilizado fue construir tres modelos para cada mineral. El primer modelo es "conservador" y se cuida de incluir solamente aquellas variables independientes de las que se posee más información, de forma de maximizar el número de observaciones utilizado para construirlo. El segundo modelo es "audaz", y se trata de incluir todas las variables posibles. En el tercer modelo se agrega a las variables incluidas en el primero la variable del segundo no incluida en el primero que explica el mayor porcentaje de la variación (en algunos casos este mecanismo no consigue aumentar el número de observaciones del modelo "audaz"). Los tres modelos se comparan en base al porcentaje de la variación que explican, colinealidad, estabilidad de los coeficientes, independencia de las observaciones, etc. Las conclusiones que se extraen pueden ser útiles para establecer futuras líneas de investigación que contemplen cuales son los factores de mayor peso en relación al contenido de cada mineral en las pasturas. Sin embargo, se debe ser extremadamente cauteloso al interpretar estos resultados, especialmente cuando los distintos modelos construidos para un mismo mineral discrepan entre sí.

En adición a lo explicado acerca de la necesidad de relativizar las conclusiones que se puedan extraer de los modelos multivariados está el hecho de que todos los modelos probados son lineales. En algunos casos el "plot" de distribución de los residuales en relación a la normal esperada sugiere la existencia de relaciones cuadráticas o de otros órdenes.

Como se explicó, el hecho de que de algunas de las fuentes utilizadas se disponga de todas las observaciones y en otras solamente de medias supone algún desvío de los resultados que puede incidir sobre los modelos multivariados construidos, ya que las primeras están de algún modo sobrerrepresentadas. Para disminuir esta sobrerrepresentación hubiera sido necesario trabajar con valores medios de todas las referencias, lo cual hubiera impedido incluir en los modelos variables como la disponibilidad de MS o la estación.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Los procedimientos utilizados en la construcción de los modelos son forward stepwise (F de entrada=1.000, F de salida=0.000, tolerancia=0.01), y backward stepwise (F de entrada=1.100, F de salida=1.000, tolerancia=0.01). Los criterios para introducir variables son liberales ya que el objetivo no es predecir el contenido de cada mineral en las pasturas sino describir el fenómeno en términos de sus causas involucradas. En caso de que ambos procedimientos den lugar a modelos diferentes se reporta sólo aquél que explica un porcentaje más alto de la variación. En la construcción de los modelos se incluyen todas las observaciones que involucran a la variable dependiente con alguna de las independientes ("pairwise deletion of missing data").

Debido a la "estructura" de la información disponible no es posible probar modelos con las variables textura y ubicación topográfica simultáneamente. Cuando corresponde se corren los análisis con ambas variables separadamente. Si los modelos que se obtienen difieren se reporta sólo aquél que explica un porcentaje más alto de la variación.

La referencia es incluida como variable independiente, a modo de "efecto experimento". La exclusión de la misma puede enmascarar este efecto y atribuírselo a la variable año, sin que haya en realidad un efecto cronológico "puro", ya que ambas variables generalmente son fuertemente colineales. En los casos en que la variable referencia explica una proporción importante de la variación, los modelos se vuelven a construir excluyéndola. De algún modo este "efecto experimento" es atribuible a factores desconocidos, por lo que se evalúa si su remoción disminuye sensiblemente la proporción de la variación explicada en la variable dependiente. Cuando al realizar la sustitución el año toma el lugar de la referencia como principal variable explicatoria es probable que esto se deba a colinealidad entre ambas y no a un efecto cronológico puro, por lo que también se evalúa su remoción. En estos casos también se evalúa la remoción simultánea de ambas variables, año y referencia.

El contenido de cenizas no se incluyó en ningún caso como variable independiente por considerarse que no aportaría nada a los objetivos del análisis multivariado.

Los resultados de Bemhaja *et al.* (sin publicar) fueron incluidos en la construcción de los modelos multivariados pero no en el análisis factor por factor debido al momento en que se los tuvo disponibles.

El autor reconoce las limitaciones metodológicas del presente trabajo, pero entiende que la gran cantidad de información acumulada sobre contenido de minerales en pasturas necesita ser estudiada en conjunto, y las conclusiones que



puedan extraerse pueden resultar útiles para establecer líneas de investigación futuras.

II.2. Status nutricional de animales sin suplementar

La primera aproximación a este tema es relacionar el contenido de cada mineral en las pasturas con los requerimientos (NRC, 1975, 1976; ARC, 1980) correspondientes a las distintas categorías de bovinos de carne y ovinos. Como estos varían según la época del año, esta comparación se lleva a cabo estación por estación -independientemente de que la estación del año sea o no un factor relevante para explicar el contenido del mineral en cuestión en la pastura.

El análisis se lleva a cabo para vacas de cría, terneros, vaquillonas en gestación y lactación, toros, novillos, ovejas de cría, corderos, borregas, capones y carneros. Se estudian los siguientes casos "estándar":

- a) Vaca de cría. Pare el 31 de octubre con 350 kg. (descontando los contenidos uterinos). El último tercio de la gestación comienza el 22 de agosto. El ternero se desteta el 30 de abril.
- b) Ternero. Es destetado con 100 kg., gana 0.5 kg./día y alcanza los 150 kg. en invierno.
- c) Vaquillona. El peso medio durante el último tercio de la gestación es de 375 kg. (incluidos los contenidos uterinos), y gana 0.4 kg./día durante este período. Al igual que la vaca, pare el 31 de octubre.
- d) Toro. Pesa 600 kg. y gana 0.5 kg./día, la actividad es moderada.
- e) Novillo. Pesa 200 kg. y gana 0.5 kg./día (no se incluyeron novillos pesados ya que los requerimientos publicados corresponden a ganancias diarias de peso que no se obtendrían en campo natural en el Uruguay).
- f) Oveja de cría. Pare el 1º de setiembre pesando 50 kg. El último tercio de la gestación comienza el 15 de julio. El cordero se desteta a los dos meses y medio.
- g) Cordero. Pesa 10 kg. al ser destetado. En otoño pesa 20 kg. y en invierno 30 kg.
- h) Borrega. Pesa 40 kg. y gana 120 g/día.



i) Carnero. Pesa 80 kg. Gana 150 g/día.

Para cada mineral se brinda el porcentaje de las muestras de pastura que cubriría los requerimientos en cada estación.

La relación entre los requerimientos de un nutriente y su contenido en la pastura es solamente la primera aproximación al status nutricional de animales en pastoreo. El contenido de un mineral en la ingesta puede ser mayor, menor o similar al de la pastura, debido a la selectividad del animal. El grado de selectividad depende de la heterogeneidad del tapiz en cuanto a composición botánica, la disponibilidad de MS, la dotación y la especie y categoría. Trujillo *et al.* (1988) determinaron que la dieta seleccionada por capones en una pastura natural del noreste del país poseía más PC y una mayor digestibilidad de la MS in situ que la media del forraje disponible. Además, la composición de la dieta seleccionada en relación a ambos parámetros era más homogénea que la de la pastura.

A veces los animales consumen cantidades apreciables de suelo, especialmente en situaciones de drenaje pobre, estructura débil, altas cargas y bajas disponibilidades de MS. La ingestión directa de suelo o indirecta debido a su contaminación en los pastos puede resultar en ingestiones más altas de Co y I, ya que los suelos poseen concentraciones más altas que las plantas, aunque el animal también puede consumir sustancias o compuestos tóxicos. El consumo de grandes cantidades de suelo o huesos indica a menudo la existencia de deficiencias minerales (McDowell *et al.*, 1984).

Por otra parte, la cantidad de cada mineral absorbida en el tracto gastrointestinal depende de la cantidad ingerida y de la biodisponibilidad del mismo. La biodisponibilidad puede situarse entre más del 90 % en el caso del Na y menos del 10 % en algunos elementos traza. Se ve afectada por la especie de planta, el estado fenológico, e interacciones con otros minerales y compuestos químicos (Towers y Clark, 1983), y por los requerimientos del animal, como ocurre con el Ca (AFRC, 1988). Si la biodisponibilidad del elemento en cuestión en la dieta es muy diferente de la considerada en la tabla de requerimientos, el dato suministrado por esta última puede estar alejado de la realidad.

Adicionalmente, la capacidad del organismo de reservar minerales varía grandemente según el elemento de que se trate. Las pérdidas endógenas de Ca y P, por ejemplo, son importantes en los rumiantes adultos, y parecen ser independientes del contenido de estos elementos en el esqueleto (Underwood, 1981). En ovinos, las pérdidas endógenas de Ca se relacionan con el consumo de MS y los coeficientes de regresión no varían mayormente entre las distintas categorías, aunque las pérdidas aumentan al aumentar el tenor de Ca en la dieta (AFRC, 1991). De todos modos, el



esqueleto es un importante reservorio de varios minerales (Frick, 1976). El Fe, el Na y el Cl son eficientemente conservados, lo que hace que los requerimientos de mantenimiento de estos elementos sean relativamente bajos (Underwood, 1981).

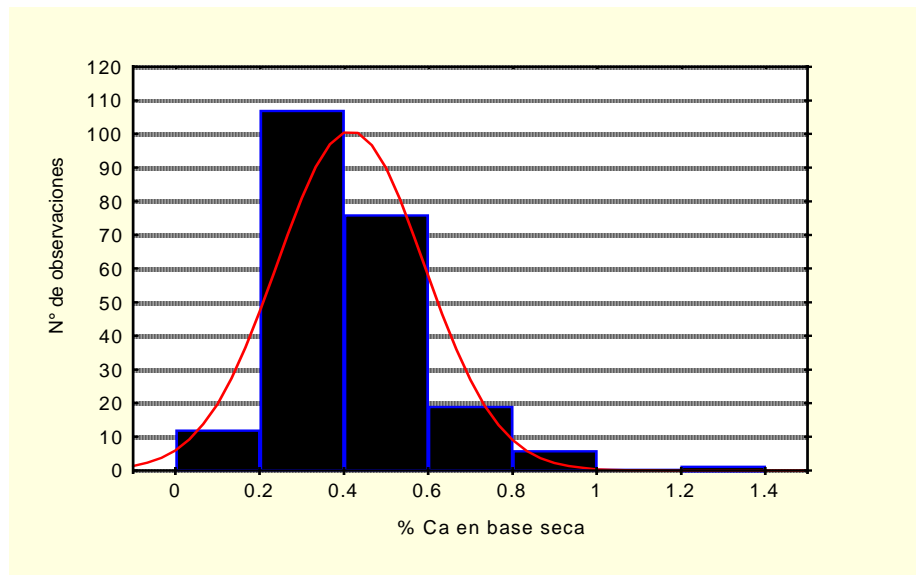
En lo que hace a los contenidos de minerales en tejidos, primero se construyeron los modelos multivariados para luego analizar separadamente las variables que resultan de interés. Para evitar la colinealidad evidente entre especie y categoría, se utilizó en lugar de esta última la variable estado fisiológico que presenta las mismas categorías para vacunos y ovinos.

III. CA

III.1. Factores que afectan el contenido de Ca en pasturas naturales

La media de 215 observaciones de contenido de Ca de pasturas naturales uruguayas publicadas en la literatura fue de 0.42 % de la MS (0.13 a 1.3 %; C.V.=41.9 %; figura 1). Orcasberro y Alonso (1990), basados en resultados de 526 muestras de varios autores (Spangenberg *et al.*, 1941; Spangenberg, 1994, Nores, 1944; Cuenca *et al.*, 1981; Sosa y Guerrero, 1983; Fernández *et al.*, 1988; Alonso, sin publicar), reportan un contenido medio de Ca de 0.43 % (0.20 a 1.30 %).

FIGURA 1. CONTENIDO DE Ca DE PASTURAS NATURALES URUGUAYAS



Estos valores son inferiores a los reportados por Smith y Cornforth (1982) para la Isla Norte en Nueva Zelanda: 0.73 % de la MS (0.10 a 3.26 %; C.V.=34.2 %).



III.1.1. Variación estacional

En los Cuadros 1 y 1a se muestra la variación estacional del contenido de Ca reportada por distintos autores, llevada a una base relativa con respecto al contenido en verano:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

CUADRO 1. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Ca EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido en Verano y expresados como %Ca en base seca entre paréntesis.

Referencia	Departamento	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Gallinal <i>et al.</i> , 1938	Cerro Largo	137 (.70)	145 (.74)	111 (.57)	100 (.51)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	134 (.31)	131 (.30)	82 (.19)	100 (.23)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	121 (.58)	89 (.43)	66 (.32)	100 (.48)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	98 (.28)	122 (.35)	110 (.31)	100 (.28)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	63 (.17)	71 (.19)	62 (.17)	100 (.27)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Soriano	296 (.76)	348 (.90)	120 (.31)	100 (.26)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Salto	87 (.27)	118 (.37)	95 (.29)	100 (.31)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Salto	135 (.38)	104 (.29)	65 (.18)	100 (.28)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Paysandú	161 (.47)	217 (.63)	101 (.30)	100 (.29)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Paysandú	135 (.36)	120 (.32)	124 (.33)	100 (.27)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rivera	152 (.31)	144 (.30)	140 (.29)	100 (.21)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Río Negro	106 (.45)	107 (.45)	76 (.32)	100 (.42)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Durazno	97 (.32)	174 (.57)	96 (.31)	100 (.33)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Durazno	73 (.39)	123 (.66)	68 (.36)	100 (.53)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cerro Largo	241 (.31)	233 (.30)	181 (.23)	100 (.13)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Treinta y Tres	125 (.38)	145 (.44)	81 (.24)	100 (.30)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Artigas	145 (.49)	148 (.50)	75 (.25)	100 (.34)
Spangenberg, 1944a	Cerro Largo	146 (.29)	143 (.28)	157 (.31)	100 (.20)
Spangenberg, 1944a	Cerro Largo	108 (.19)	164 (.29)	92 (.16)	100 (.17)
Spangenberg, 1944b	Rivera	150 (.36)	135 (.32)	135 (.32)	100 (.24)
Spangenberg, 1944b	Rivera	135 (.30)	129 (.28)	161 (.35)	100 (.22)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	84 (.36)			100 (.43)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	75 (.39)			100 (.52)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	103 (.34)			100 (.33)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	88 (.30)			100 (.34)
Fernández <i>et al.</i> , 1982	Todo el país	105 (.41)	112 (.44)	130 (.51)	100 (.39)
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	93 (.53)		92 (.53)	100 (.58)
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	119 (.50)		127 (.54)	100 (.42)
Arroyo y Mauer, 1982	Cerro Largo			116 (.50)	100 (.43)
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	Río Negro	139 (.47)		101 (.35)	100 (.34)
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo		107 (.61)	142 (.81)	100 (.57)
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo		134 (.62)	126 (.72)	100 (.46)



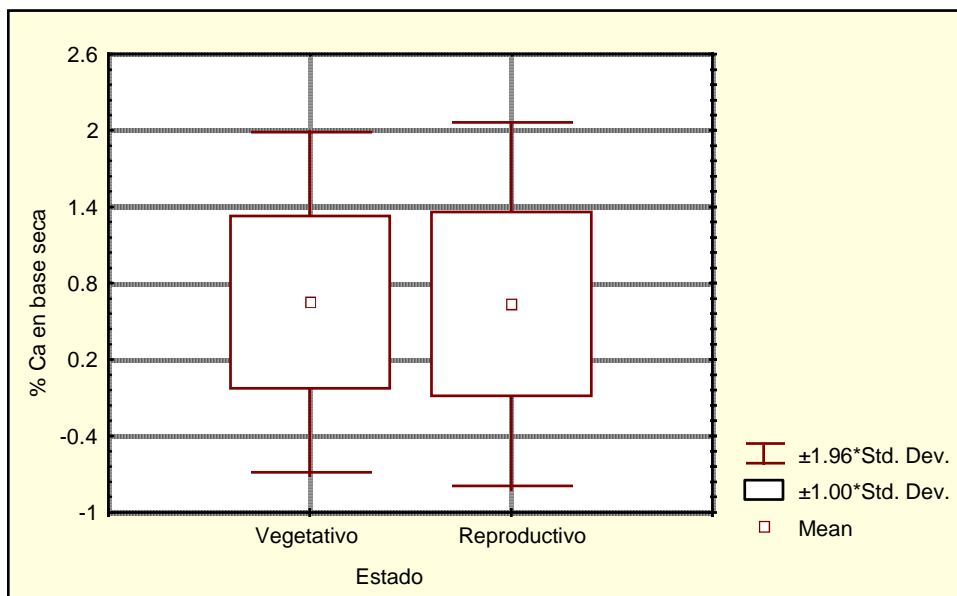
INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 1a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Ca DE PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores expresados como % relativo al contenido de Ca en Verano (Resumen).

	ESTACION			
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nro. de muestras	29	24	28	32
Media	126	145	109	100
CV %	38.2	38.8	29.2	
Máximo	296	348	181	
Mínimo	63	71	62	

Se observa una tendencia a encontrar menores contenidos de Ca en pasturas en primavera y verano en relación al resto del año. En contraste, en invierno los contenidos de Ca de las pasturas son los más altos, seguidos por los del otoño. De acuerdo con Underwood (1981), el contenido de Ca de las pasturas no declina sustancialmente con la madurez. Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) estudiaron el contenido de Ca de 23 especies nativas. Coincidentemente, no se observan diferencias significativas ($P=.888$, $t=.14$) cuando se comparan las 107 muestras en estado vegetativo (media=.65 %) con las 79 muestras en estado reproductivo (media=.64 %)(figura 2).

FIGURA 2. CONTENIDO DE Ca SEGUN ESTADO FENOLOGICO



De acuerdo con esto, las diferencias entre estaciones en relación al contenido de Ca estarían entonces causadas por otros factores distintos al estado fenológico. Sin embargo, a partir de los resultados de Spangenberg (1941) e Invernizzi y Silveira



(datos sin publicar) puede establecerse una relación inversa entre el contenido de MS (que aumenta al madurar la planta) y el de Ca, la que adopta la forma de una relación cuadrática (**figuras 3 y 4**) que explica el 30.4 ($P<.001$) y el 27.2 ($P<.001$) % de la variación respectivamente (no se analizaron en conjunto ya que el primero corresponde a tapices completos y el segundo a especies individuales).

FIGURA 3. CONTENIDO DE Ca DE TAPICES EN FUNCION DEL CONTENIDO DE MS DE LA PASTURA

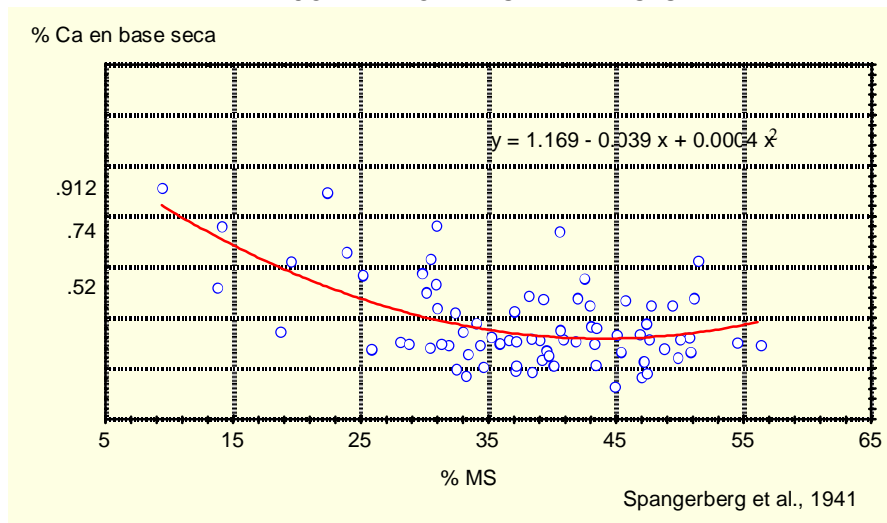
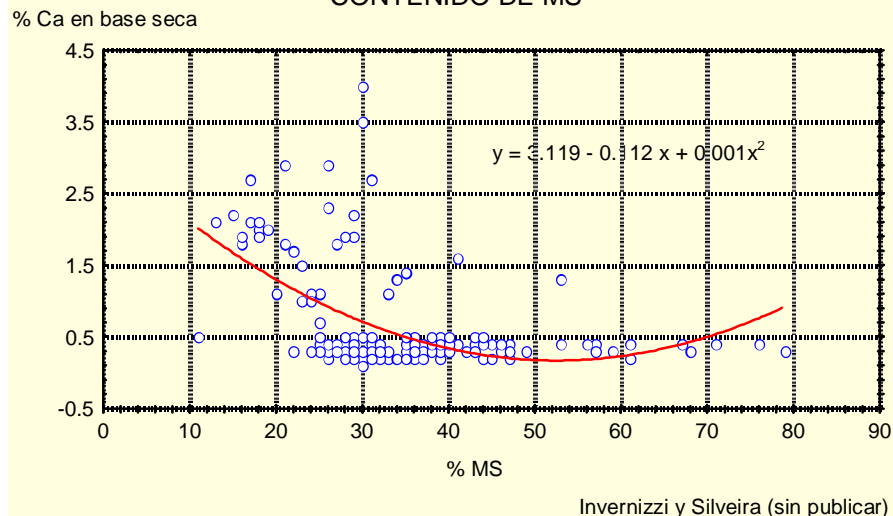


FIGURA 4. CONTENIDO DE Ca DE ESPECIES NATIVAS EN FUNCION DE CONTENIDO DE MS

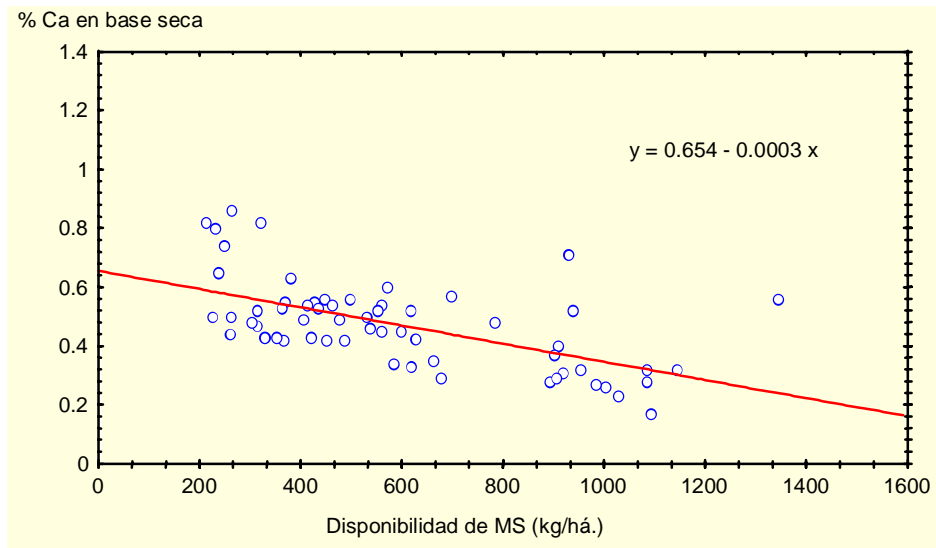




III.1.2. Disponibilidad de MS

En la figura 5 se observa la relación entre contenido de Ca y disponibilidad de MS. El mejor ajuste está dado por una relación lineal donde la disponibilidad de MS explica el 28.3 % de la variación en el contenido de Ca.

FIGURA 5. CONTENIDO DE Ca EN FUNCION DE LA DISPONIBILIDAD DE MS DE LA PASTURA



El pool de 66 pares de observaciones (disponibilidad de MS y contenido de Ca) proviene de cinco fuentes (Gómez Haedo y Amorín, 1982; Arroyo y Mauer, 1982; Almiratti y Peri, 1982; Barrios *et al.*, 1984, y Fernández Liñares *et al.*, 1985). En todos los casos el contenido de Ca fue determinado por espectrofotometría de absorción atómica. Sin embargo, existieron variaciones en la temperatura de secado de las muestras, tanto de las que se usaron para determinar disponibilidad de MS como de aquellas en que se midió el tenor de Ca (Cuadro 2).

CUADRO 2. TEMPERATURAS (°C) DE SECADO DE LAS MUESTRAS

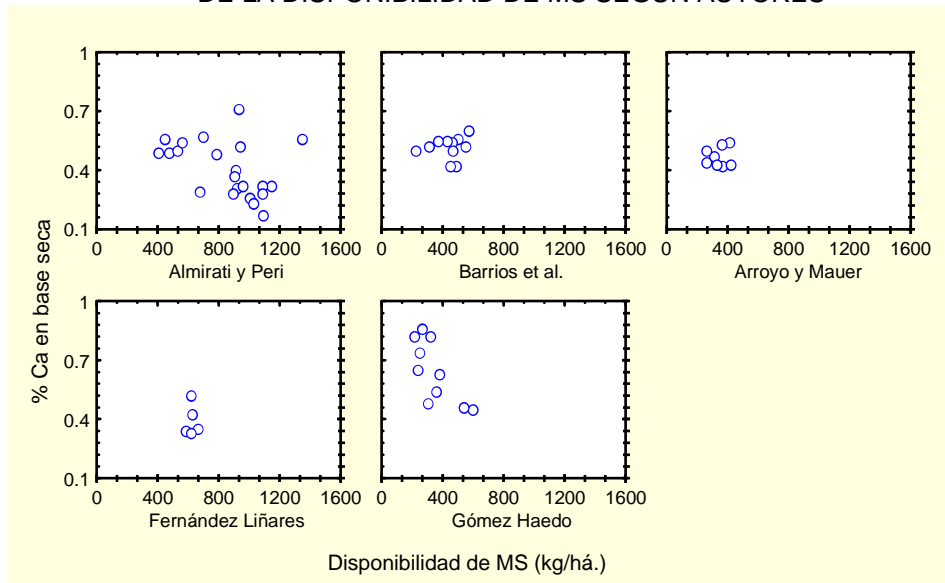
Referencia	Muestras para medir disponibilidad de MS	Muestras para determinar composición química
Gómez Haedo y Amorín, 1982	95	95
Arroyo y Mauer, 1982	100	80
Almiratti y Peri, 1982	60	No reporta
Barrios <i>et al.</i> , 1984	80	80
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	60	80

En términos generales, puede esperarse que cuanto mayor sea la temperatura de secado menor sea la disponibilidad de MS encontrada, debido a que se verían



aumentadas las pérdidas de volátiles. En cambio, y debido a la misma razón, el secado a mayores temperaturas de la muestra recolectada podría conducir a una determinación de un mayor valor de Ca en la MS. Como un factor compensa al otro, las mayores temperaturas de secado de ambos tipos de muestra en el trabajo de Gómez Haedo y Amorín (1982) no deberían alterar el coeficiente de regresión ni la ordenada en el origen (aunque si la posición de los puntos individuales) de las observaciones de ese experimento tomado aisladamente. Las mayores temperaturas de secado de las muestras para medir disponibilidad de MS, pero no para determinar Ca, que utilizaron Arroyo y Mauer (1982) podrían llevar a obtener menores ordenadas en el origen si la tendencia general a una caída en el contenido de Ca con el aumento de la disponibilidad de MS fuera válida también dentro de cada experimento. En realidad, los coeficientes de regresión entre contenido de Ca y disponibilidad de MS son ligeramente positivos en el trabajo de Arroyo y Mauer tomado aisladamente (figura 6); sin embargo el coeficiente de correlación es no significativo (.15).

FIGURA 6. CONTENIDO DE Ca DE TAPICES NATIVOS EN FUNCION DE LA DISPONIBILIDAD DE MS SEGUN AUTORES



Solamente se puede encontrar un coeficiente de correlación significativo ($P < .10$) en un trabajo aislado con los datos de Almirati y Peri (1982). Esto hace que no pueda concluirse con rigor cual fue el efecto de las temperaturas de secado en cada experimento. En principio esta diferencia metodológica no debería invalidar el buen ajuste que se logra cuando se utiliza el pool completo de observaciones, como se muestra en la figura 5, y puede asumirse como una de las fuentes de residuales.

También existen algunas diferencias metodológicas en relación al método de



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

corte de las muestras (Cuadro 3):

CUADRO 3. ALTURA Y METODO DE CORTE UTILIZADO SEGUN DISTINTOS AUTORES

Referencia	Muestras para medir disponibilidad de MS	Muestras para determinar Ca	Observaciones
Gómez Haedo y Amorim, 1982	A la altura del pastoreo	A la altura del pastoreo	Diferentes muestras para disponibilidad de MS y Ca
Arroyo y Mauer, 1982	Al ras	A media altura	Diferentes muestras para disponibilidad de MS y Ca
Almiratti y Peri, 1982	No reporta	No reporta	Disponibilidad por estimación visual (regresión contra muestras medidas)
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Al ras	50% del forraje disponible	Diferentes muestras para disponibilidad de MS y Ca
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	Al ras	50% del forraje disponible	Diferentes muestras para disponibilidad de MS y Ca

Teóricamente sería esperable que el corte a media altura, como lo llevaron a cabo Arroyo y Mauer (1982) para medir contenido de Ca, recogiera menos de un 50 % del forraje disponible, al ser los estratos inferiores más densos en términos de disponibilidad de MS. Sin embargo, es difícil pensar que en los casos en que se cortó para medir Ca de acuerdo al criterio de 50 % del forraje disponible (Barrios *et al.*, 1984; Fernández Liñares *et al.*, 1985) realmente haya elegido en cada corte el 50 % de la MS correspondiente al estrato más alto; estas dos últimas fuentes establecen que "se cortaba el 50 % del forraje disponible a efectos de simular una muestra que reflejara la dieta del animal". Seguramente los criterios de corte de "50 % del forraje disponible" (Barrios *et al.*, 1984; Fernández Liñares *et al.*, 1985), "a media altura" (Arroyo y Mauer, 1982), y "a la altura del pastoreo" (Gómez Haedo y Amorín, 1982) puedan unificarse sin mayor error.

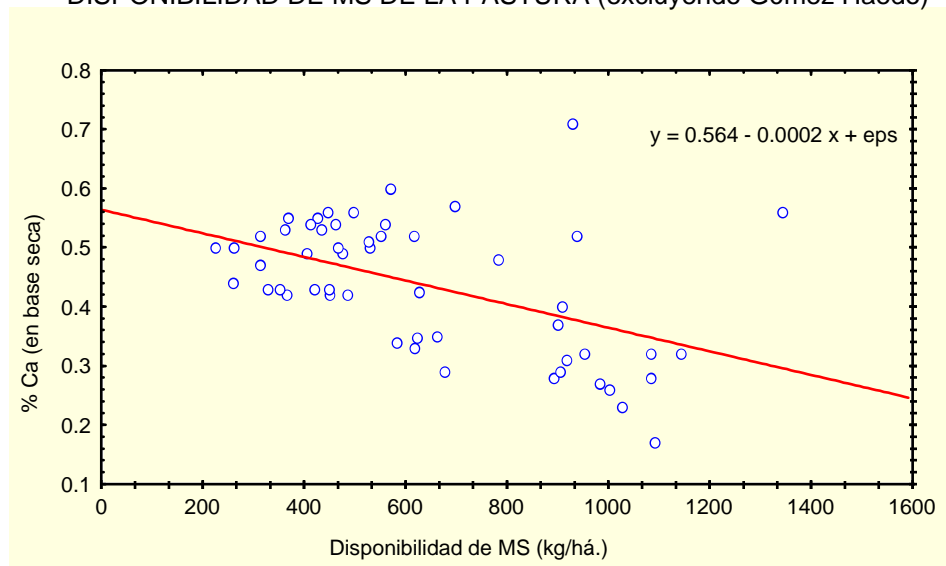
La situación es diferente en lo que concierne a la metodología de corte usada para medir disponibilidad de MS. En tanto Arroyo y Mauer (1982), Barrios *et al.* (1984) y Fernández Liñares *et al.* (1985) realizaron cortes al ras, Gómez Haedo y Amorín (1982) cortaron a la altura del pastoreo. Esto podría contribuir a explicar el hecho de que los valores de disponibilidad de MS que estos autores reportan sean de los más bajos (en todos los casos menores a 600 kg. de MS/ha), y de que la ordenada en el origen sea mayor -dado que el coeficiente de regresión es positivo- que todas las demás con excepción de la que corresponde a los resultados de Almiratti y Peri (1982). De todos modos, y como ya se explicó, los coeficientes de



correlación de cada experimento considerado aisladamente son demasiado bajos como para extraer conclusiones sólidas acerca de como puede haber influido el tipo de corte.

Si se eliminan los datos de Gómez Haedo y Amorín (1982) del pool general (figura 7) el ajuste en realidad empeora y el modelo pasa a explicar solamente un 23.8 % de la variación en el contenido de Ca. El coeficiente de regresión aumenta de -0.284 a -0.195, ya que resultados de Gómez Haedo y Amorín (1982), al ser mayores para disponibilidades de MS similares, "empujan" la recta de regresión hacia arriba en la región de disponibilidades bajas. Un modelo cuadrático no logra un mejor ajuste que uno lineal.

FIGURA 7. CONTENIDO DE Ca DE TAPICES NATIVOS EN FUNCION DE LA DISPONIBILIDAD DE MS DE LA PASTURA (excluyendo Gómez Haedo)

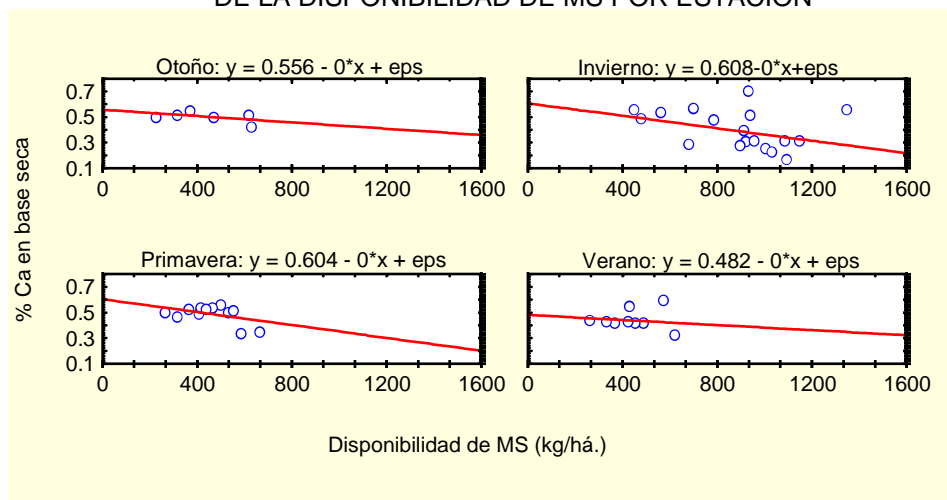


A pesar de la pérdida de ajuste que supone, probablemente sea recomendable eliminar los datos de Gómez Haedo y Amorín (1982) del pool general para estudiar la respuesta del contenido de Ca al aumento de la disponibilidad de MS. El método de corte para medir disponibilidad de MS es diferente al de los demás autores, y la recta de regresión es desviada en forma importante cuando se incluyen estas observaciones.

Cuando se estudia la relación entre disponibilidad de MS y contenido de Ca por estación (figura 8), solamente en primavera se observa un coeficiente de correlación significativo ($P < .001$) entre ambas variables, correspondiendo el mejor ajuste a un modelo cúbico que explica el 59.79 % de la variación encontrada en contenido de Ca. En invierno el modelo cuadrático explica el 17.39 % de la variación ($P < .10$).



FIGURA 8. CONTENIDO DE Ca DE TAPICES NATIVOS EN FUNCION DE LA DISPONIBILIDAD DE MS POR ESTACION



Se constata en la figura el hecho inusual de que los valores más altos de disponibilidad de MS son los del invierno, correspondiendo a los resultados de Almiratti y Peri (1982). A pesar de que en invierno sería esperable encontrar contenidos de Ca más altos que en otras estaciones (ver II.1.1.), las observaciones de Almiratti y Peri (1982) no aparecen como outliers y su contenido de Ca es menor que el de las otras estaciones. Los contenidos de Ca de las muestras extraídas en verano son mayores que los de aquellas correspondientes al invierno. La disponibilidad de MS parecería ser entonces como un factor de mayor importancia que la estación en lo atinente a determinar el contenido de Ca de las pasturas.

III.1.3. Ubicación topográfica

En los Cuadros 4 y 4a se observa una recopilación de resultados de contenido de Ca en pasturas naturales de acuerdo con su ubicación topográfica en cuchilla o bajo:

CUADRO 4. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE Ca (% EN BASE SECA) DE PASTURAS NATURALES MUESTREADAS EN DISTINTOS DEPARTAMENTOS Y ESTACIONES DEL AÑO SEGUN AUTORES.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Referencia	Departamento	Estación	Cuchilla	Bajo
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Verano	0.23	0.48
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Invierno	0.30	0.43
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Primavera	0.19	0.32
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Otoño	0.17	0.28
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Invierno	0.19	0.35
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Verano	0.27	0.28
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Otoño	0.31	0.58
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Primavera	0.17	0.31
Spangenberg, 1944a	Cerro Largo	Otoño	0.29	0.19
Spangenberg, 1944a	Cerro Largo	Invierno	0.29	0.29
Spangenberg, 1944a	Cerro Largo	Primavera	0.31	0.16
Spangenberg, 1944a	Cerro Largo	Verano	0.20	0.18
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Otoño	0.36	0.39
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Verano	0.24	0.23
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Verano	0.43	0.56
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	0.52	0.57
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	0.74	0.55
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	0.56	0.68
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Rocha	Verano	0.24	0.23
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	Otoño	0.34	0.30
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	Verano	0.33	0.34
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Otoño	0.52	0.50
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Otoño	0.55	0.50
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Primavera	0.52	0.56
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Primavera	0.54	0.51
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Verano	0.55	0.42
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Verano	0.60	0.42

CUADRO 4a. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE Ca (% EN BASE SECA) DE PASTURAS NATURALES (Resumen).

	Cuchilla	Bajo
Nro. de muestras	27	27
Media	0.38	0.40 (P< .266)
CV%	41.8	34.8 (1)
Máximo	0.74	0.68
Mínimo	0.17	0.16

(1) Test t para muestras dependientes

De acuerdo a lo que se observa, la ubicación topográfica de los tapices muestreados no evidencia ser un factor importante para explicar su contenido de Ca. En contraste, de los resultados de Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) surgen diferencias significativas (Median test: Chi-square=33.40772; P=.000) en el contenido de Ca en la media de varias especies en cuatro tipos de suelo de Basalto diferenciados por su posición topográfica, profundidad y color del horizonte A (Cuadro 5):

CUADRO 5. CONTENIDO MEDIO DE Ca DE VARIAS ESPECIES DE PASTURAS



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

NATURALES EN CUATRO SUELOS DE BASALTO

Suelo	% Ca
Litosol rojo	0.65
Litosol negro	0.81
Brunosol	0.88
Vertisol	0.31

Las frecuencias de aparición de cada especie muestreada varían grandemente entre los cuatro suelos. Por ejemplo, la leguminosa *Adesmia bicolor*, especie con alto contenido de Ca (ver III.1.9.), fue muestreada solamente en los suelos M y N. El cardo *Eryngium nudicaule* no se muestreó en el suelo L. *Trifolium polymorphum* se muestreó solamente en el suelo M, etc. Es así que cuando se incluye la especie como covariable la probabilidad de que las diferencias no sean significativas aumenta -aunque se mantiene baja ($P=0.1214$). Coincidentemente, los autores no encontraron diferencias significativas al comparar el contenido de Ca de las mismas especies (*Paspalum notatum*, *Stipa setigera* y *Eryngium nudicaule*) en distintos suelos. Si bien parece entonces que las diferencias entre estos cuatro tipos de suelo estarían causadas por sus distintas composiciones botánicas, ello no explica porque se verifica en este trabajo un efecto importante de la ubicación topográfica, a diferencia de lo que se concluye del Cuadro 4. La explicación de esta discrepancia probablemente resida en la diferencia entre el muestreo de tapices (Cuadro 4) y especies individuales (Cuadro 5); el hecho de las distintas especies tengan diferentes frecuencias de muestreo en cada suelo en el trabajo de Invernizzi y Silveira (1992) no implica que necesariamente sean muestras representativas de cada tapiz. En un suelo sobre Basalto en Artigas no se encontraron diferencias en el contenido de Ca del tapiz entre cuchilla y bajo (Cuenca *et al.*, 1981).

III.1.4. Textura

En los Cuadros 6 y 6a se presenta una comparación de contenidos de Ca de muestras provenientes de suelos livianos y pesados:

CUADRO 6. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE Ca DE PASTURAS NATURALES SEGUN DISTINTOS AUTORES Y POR DEPARTAMENTO

Referencia	Departamento	% Ca
Texturas pesadas		



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Soriano	0.50
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Salto	0.29
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Río Negro	0.40
Almirati y Peri, 1982	Paysandú	0.52
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo	0.66
Texturas livianas		
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Salto	0.30
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Paysandú	0.32
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rivera	0.27
Spangenberg, 1944b	Rivera	0.31
Spangenberg, 1944b	Rivera	0.23
Spangenberg, 1944b	Rivera	0.29
Spangenberg, 1944b	Rivera	0.22
Fernández <i>et al.</i> , 1982	varios	0.29
Almirati y Peri, 1982	Tacuarembó	0.28
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo	0.59

CUADRO 6a. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE Ca DE PASTURAS NATURALES (Resumen).

	Textura	
	Pesada	Liviana
Número de muestras	5	10
Media, % Ca en base seca	0.47b	0.31a
Coefficiente de variación, %	30.0	33.8
Máximo	0.66	0.59
Mínimo	0.29	0.22

(Medias con letras distintas difieren, P=0.025)

De la información presentada surgen diferencias importantes en relación al contenido de Ca de las praderas que crecen en suelos pesados y livianos. Estos últimos presentan contenidos de Ca menores en promedio que los suelos pesados.

III.1.4. Material madre

En el Cuadro 7 y 7a se presentan resultados de contenido de Ca en pasturas creciendo sobre suelos originados sobre los principales materiales madre del país:

CUADRO 7. CONTENIDO DE Ca EN PASTURAS NATURALES SOBRE DISTINTO MATERIAL MADRE Y POR DEPARTAMENTO.

Referencia	Material madre	Departamento	% Ca
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cristalino	Rocha	0.25
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cristalino	Rocha	0.43



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cristalino	Florida	0.26
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cristalino	Flores	0.25
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cristalino	Cerro Largo	0.26
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cristalino	Treinta y Tres	0.32
Schiersmann, 1965	Cristalino	Colonia	0.60
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Flores	0.40
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Flores	0.45
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Treinta y Tres	0.33
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Treinta y Tres	0.32
Fernández <i>et al.</i> , 1982	Cristalino	varios	0.37
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Fray Bentos	Soriano	0.50
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Fray Bentos	Río Negro	0.40
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cretácico	Paysandú	0.32
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1982	Cretácico	Río Negro	0.38
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Areniscas	Rivera	0.27
Spangenberg, 1944b	Areniscas	Rivera	0.31
Spangenberg, 1944b	Areniscas	Rivera	0.23
Spangenberg, 1944b	Areniscas	Rivera	0.29
Spangenberg, 1944b	Areniscas	Rivera	0.22
Fernández <i>et al.</i> , 1982	Areniscas	varios	0.29
Almirati y Peri, 1982	Areniscas	Tacuarembó	0.28
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Basalto	Artigas	0.61
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Basalto	Artigas	0.60
Fernández <i>et al.</i> , 1981	Basalto	varios	0.51
Almirati y Peri, 1982	Basalto	Paysandú	0.52
Fernández <i>et al.</i> , 1982	Yaguari	varios	0.56
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Yaguari	Cerro Largo	0.66
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Yaguari	Cerro Largo	0.59



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

CUADRO 7a. CONTENIDO DE Ca EN PASTURAS NATURALES SOBRE DISTINTO MATERIAL MADRE (Resumen).

	Material madre					
	Areniscas	Basalto	Cretácico	Cristalino	Fray Bentos	Yaguari
Número de muestras	7	4	2	12	2	3
Media ^{1,2}	0.27 b	0.56 a	0.35 b	0.36 b	0.45 ab	0.61 a
Media ajustada ³	0.29	0.54	0.35	0.37	0.49	0.56
Coefficiente de variación, %	12.7	9.2	12.8	30.0	15.7	8.8
Máximo	0.31	0.61	0.38	0.60	0.50	0.66
Mínimo	0.22	0.51	0.32	0.25	0.40	0.56

¹ La referencia (experimento) y la estación del año son covariables en el modelo

² Medias seguidas de letras distintas presentan diferencias (P<.05)

³ Por referencia y estación

Se observa que el material madre del suelo es un factor determinante para explicar el contenido de Ca de la vegetación. Los materiales madre estarían divididos en dos grupos que se corresponderían parcialmente con las diferencias de textura: Areniscas y Cretácico (texturas livianas), y Yaguari y Basalto (texturas pesadas). Los suelos sobre Fray Bentos estarían entre ambos de acuerdo al contenido de Ca del tapiz nativo, aunque el análisis sólo incluye dos observaciones (Spangenberg *et al.*, 1941). A priori se esperaría que se ubicaran dentro del grupo con mayor contenido de Ca. Finalmente, los suelos sobre Cristalino, entre los que figuran texturas pesadas y livianas, se encuentran en el grupo de menor contenido de Ca, pero son los que ostentan la mayor variación en el contenido del mineral. En definitiva los factores textura y material madre presentarían colinealidad.

III.1.5. Región geográfica

En los Cuadros 8 y 8a se presentan resultados de contenido de Ca en pasturas de cinco regiones geográficas distintas:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 8. CONTENIDO DE Ca DE PASTURAS NATURALES AGRUPADAS POR REGION SEGUN DEPARTAMENTO Y REFERENCIA

Referencia	Región	Departamento	% Ca
Gallinal <i>et al.</i> , 1938	Este	Cerro Largo	0.62
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Lavalleja	0.71
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Lavalleja	0.47
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Rocha	0.25
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Rocha	0.43
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Rocha	0.30
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Rocha	0.20
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Cerro Largo	0.26
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Treinta y Tres	0.32
Spangenberg, 1944a	Este	Cerro Largo	0.27
Spangenberg, 1944a	Este	Cerro Largo	0.20
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Rocha	0.24
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Rocha	0.23
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Treinta y Tres	0.33
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Treinta y Tres	0.32
Arroyo y Mauer, 1982	Este	Cerro Largo	0.47
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Este	Cerro Largo	0.66
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Este	Cerro Largo	0.59
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Este	Cerro Largo	0.54
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Este	Cerro Largo	0.48
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Litoral S	Soriano	0.50
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Litoral S	Río Negro	0.40
Schiersmann, 1965	Litoral S	Colonia	0.60
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	Litoral S	Río Negro	0.38
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Litoral N	Salto	0.30
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Litoral N	Salto	0.29
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Litoral N	Paysandú	0.41
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Litoral N	Artigas	0.39
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Litoral N	Artigas	0.61
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Litoral N	Artigas	0.62
Almirati y Peri, 1982	Litoral N	Paysandú	0.52
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Noreste	Tacuarembó	0.41
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Noreste	Rivera	0.27
Spangenberg, 1944b	Noreste	Rivera	0.31
Spangenberg, 1944b	Noreste	Rivera	0.23
Spangenberg, 1944b	Noreste	Rivera	0.29
Spangenberg, 1944b	Noreste	Rivera	0.22
Almirati y Peri, 1982	Noreste	Tacuarembó	0.28
Queirolo <i>et al.</i> , 1985	Noreste	Tacuarembó	0.32
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Centro	Florida	0.26
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Centro	Flores	0.25
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Centro	Flores	0.38
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Centro	Durazno	0.36
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Centro	Durazno	0.41
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Centro	Flores	0.40
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Centro	Flores	0.45

CUADRO 8a. CONTENIDO DE Ca DE PASTURAS NATURALES AGRUPADAS POR


REGION (Resumen).

	Región				
	Litoral N	Litoral S	Centro	Noreste	Este
Número de muestras	8	4	7	8	20
Media	0.43	0.47	0.36	0.29	0.40
Media ajustada ¹	0.43	0.45	0.37	0.31	0.38
Coefficiente de variación, %	30.5	21.5	21.9	20.2	41.4
Máximo	0.62	0.60	0.45	0.41	0.71
Mínimo	0.29	0.38	0.25	0.22	0.20

(1) Por referencia

El contenido de Ca en las pasturas nativas de las distintas regiones sigue un patrón que podría ser explicado de acuerdo a lo observado en relación al material madre. En el litoral se localizan mayoritariamente suelos sobre Basalto y Fray Bentos, cuyas pasturas son ricas en Ca. Una excepción son los suelos desarrollados sobre Cretácico, que pueden considerarse una minoría. En el este se encuentran suelos desarrollados sobre formación Yaguarí, que hacen aumentar la media. En contraposición, la región noreste comprende suelos desarrollados sobre Areniscas cuyas pasturas son pobres en Ca. Se observa entonces una colinealidad -muy esperable- entre el material madre y la región geográfica en lo atinente al contenido de Ca de las pasturas.

Orcasberro y Alonso (1990) reportan un resumen de resultados de la literatura agrupados a la vez por material madre y región geográfica, que coincide en general con el presente. Las pasturas sobre Basamento Cristalino contienen 0.37 % de Ca, coincidentemente con la región Centro del Cuadro 8, y en forma similar al valor para Cristalino del Cuadro 7 (0.34 %). Las pasturas sobre Basalto figuran con 0.52 % de Ca, valor muy similar al del Cuadro 7 (0.54 %). Las pasturas sobre Areniscas lo hacen con 0.29 %, valor muy similar al del Cuadro 7 (0.28 %). Las diferencias más importantes estarían en relación a lo que se describe como Noreste y Este, las cuales muestran contenidos de Ca menores (0.21 y 0.24 % respectivamente) que la región Este del Cuadro 8 (0.43 %).

Smith y Cornforth (1982) encontraron que los contenidos medios de Ca de 14 regiones de la Isla Norte de Nueva Zelanda se situaban entre 0.57 y 0.86 % de la MS.

III.1.6. Composición botánica

La importancia de los factores genéticos es ilustrada por los resultados de Dougall y Bogdan (1958), quienes encontraron contenidos de Ca de entre 0.09 y 0.55 % en 58 pastos africanos creciendo en el mismo suelo y muestreados en el mismo estado fenológico. En el país varios autores estudiaron los contenidos de Ca de distintas especies. Sus resultados figuran en los Cuadros 9 y 9a:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 9. CONTENIDO DE Ca DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL SEGUN REFERENCIA.

Especie	Referencia					Media
	1	2	3	4	5	
Agrostis montevidensis		0.39			0.39	
Andropogon argenteus		0.29				0.29
Andropogon saccharoides	0.21					0.21
Andropogon lateralis					0.23	0.23
Bromus inermis		0.52				0.52
Eleina indica		1.02				1.02
Eusina indica		0.79				0.79
Hordeum murinum		0.35				0.35
Medicago denticulata	0.96					0.96
Medicago maculata	0.96					0.96
Panicum crusgalli		0.55				0.55
Panicum sanguinalis		0.59				0.59
Paspalum larrañagai	0.42					0.42
Poa annua		1.07				1.07
Stipa neesiana		0.47				0.47
Schizachirium microstachium				0.28	0.28	
Adesmia bicolor					2.25	2.25
Bromus auleticus			0.40	0.56		0.48
Bromus unioloides	0.32	0.49				0.41
Paspalum dilatatum	0.43	0.34		0.50	0.32	0.40
Poa lanigera					0.30	0.30
Stipa hyalina	0.09	0.46				0.28
ciperáceas				0.64		0.64
Chaptalia piloselloides					1.20	1.20
Eryngium nudicaule					2.04	2.04
Oxalis sp.					1.10	1.10
Bothriochloa laguroides				0.50	0.38	0.44
Chascolytrum subaristatum			0.38		0.38	
Eragrostis lugens		0.83				0.83
Paspalum plicatulum				0.50	0.40	0.45
Sporobolus sp.		0.31			0.32	0.32
Stipa papposa	0.07			0.49		0.28
Andropogon ternatus				0.45		0.45
Axonopus affinis					0.30	0.30
Axonopus compresus	0.36					0.36
Coelorhachis seloana				0.33	0.27	0.30
Paspalum notatum				0.49	0.37	0.43
Piptochaesium stipoides			0.45	0.30	0.38	
Setaria caespitosa	0.29	0.50				0.40
Stipa setigera				0.53	0.37	0.45
Trifolium polymorphum					0.93	0.93

¹ Yahn, 1933 ; ² Aguirre Arregui, 1936 ; ³ Olmos, 1983 ; ⁴ Carbajal *et al*, 1987 ; ⁵ Invernizzi y Silveira, 1992

CUADRO 9a. CONTENIDO DE Ca DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL AGRUPADAS POR FAMILIA, CICLO Y TIPO PRODUCTIVO.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

	Nro. de muestras	Media	CV,%	Máx.	Mín.
<u>Familia</u>					
Gramíneas	32	0.41a ¹	41.5	1.07	0.21
Leguminosas	4	1.28b	50.7	2.25	0.93
Otras	5	1.07b	59.3	2.04	0.38
<u>Ciclo Productivo</u>					
Invernales	18	0.74b ²	80.5	2.25	0.27
Estivales	20	0.39a	36.6	0.83	0.21
<u>Tipo Productivo</u>					
Duros	2	0.26a ³	13.7	0.28	0.23
Ordinarios	6	0.46a	41.1	0.83	0.31
Tiernos	10	0.44a	46.7	0.93	0.24
Finos	6	0.68a	112.7	2.25	0.27
Malezas enanas	3	1.44a	35.7	2.04	0.55
<u>Todas</u>	43	0.59	73.7	2.25	0.21

¹ Medias con letras distintas dentro de Familia difieren ($p=0.021$)

² Medias con letras distintas dentro de Ciclo Productivo difieren ($p=0.037$)

³ Medias con letras distintas dentro de Tipo Productivo difieren ($p=0.228$)

El contenido mayor de Ca lo presentó la leguminosa *Adesmia bicolor* (Aguirre Arregui, 1936) seguido por el cardo *Eryngium nudicaule* (Invernizzi y Silveira, 1992). Los menores contenidos aparecen en gramíneas estivales de baja calidad como *Andropogon argenteus* (Aguirre Arregui, 1936), *Andropogon saccharoides* (Yahn, 1933), *Andropogon lateralis* (Invernizzi y Silveira, 1992) y *Schizachyrium microstachium* (Invernizzi y Silveira, 1992). Dos especies invernales, *Stipa hyalina* y *Stipa papposa*, también presentan bajos tenores de Ca. Sin embargo, en los dos casos la media de dos observaciones se ve reducida grandemente por valores muy bajos reportados por Yahn (1933).

La media general de las especies estudiadas individualmente es mayor que la media general de los tapices (.42 %). Esto es explicable, ya que por ejemplo el 9.3 % de las especies estudiadas individualmente son leguminosas, y el 47.4 % son especies invernales -la relación estival:invernal es prácticamente de 1 a 1. Se deduce entonces que un tapiz ficto conformado por las especies que se listan en el Cuadro 8 diferiría marcadamente de cualquier tapiz nativo real en relación a su composición botánica, y ello explica su mayor contenido medio en Ca. En cambio, la media general de los tapices si coincide con la media de las gramíneas.

Las gramíneas evidencian tener un contenido de Ca menor que el de las leguminosas y las otras especies, coincidentemente con lo aseverado por Metson y Saunders (1978), citados por Grace (1983) y Underwood (1981). Las diferencias



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

entre invernales y estivales estarían sobretodo causadas por algunos valores extremos en las primeras, que corresponden a leguminosas y malezas.

Se advierte una tendencia a aumentar el contenido de Ca en aquellas especies de mayor calidad, al pasar de especies duras a ordinarias y tiernas, y de éstas a finas. Sin embargo, la variación dentro de cada tipo enmascara las diferencias, que no son significativas.

Por otra parte, en los Cuadros 10 y 10a se presenta la distribución estacional por especie del contenido de Ca:

CUADRO 10. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Ca DE DISTINTAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL. Valores expresados como % relativo al contenido de Ca en Verano.

Especie	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
<i>Adesmia bicolor</i>	49	50	69	100
<i>Andropogon lateralis</i>	67	83	67	100
<i>Andropogon ternatus</i>	188		131	100
<i>Aristida uruguayensis</i>			50	100
<i>Axonopus affinis</i>	100	100	100	100
<i>Bothriochloa laguroides</i>	78	100	98	100
<i>Bromus auleticus</i>	87	127	80	100
<i>Chaptalia piloselloides</i>	85	81	104	100
<i>Chascolytrum subaristatum</i>	79		88	100
<i>Coelorhachis selloana</i>	79	100	79	100
<i>Eustachis bahiensis</i>	100	75	88	100
<i>Paspalum dilatatum</i>	101	117	96	100
<i>Paspalum notatum</i>	122	133	116	100
<i>Paspalum plicatulum</i>	89	80	81	100
<i>Piptochaetium stipoides</i>	74	95	74	100
<i>Schizachirium microstachium</i>	67	117	83	100
<i>Sporobolus indicus</i>	75	88	63	100
<i>Stipa papposa</i>	109	131	86	100
<i>Stipa setigera</i>	89	106	94	100

CUADRO 10a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Ca DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL AGRUPADAS POR FAMILIA, CICLO Y TIPO PRODUCTIVO



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

	Nro. de muestras	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
<u>Familia</u>					
Gramíneas	16	94	104	87	100
Leguminosas	1	49	50	69	100
Otras	1	85	81	104	100
<u>Ciclo productivo</u>					
Estivales	9 - 11	96	102	87	100
Invernales	7 - 8	84	95	85	100
<u>Tipo productivo</u>					
Duros	2	67	100	75	100
Ordinarios	5 - 6	88	95	84	100
Tiernos	5 - 7	108	107	92	100
Finos	3	79	98	81	100
Malezas	1	85	80	80	100
<u>Todas</u>	16 - 19	91	99	87	100

En algunos casos en que más de un autor reporta resultados de distribución estacional del contenido de Ca en la misma especie, se evidencian diferencias en relación a alguna estación del año. Por ejemplo, con respecto a *Paspalum plicatum*, Invernizzi y Silveira (1992) hallaron una disminución de un 40 % del tenor de Ca en primavera con respecto al verano, en tanto Carbajal *et al.* (1987) encontraron prácticamente los mismos valores en las dos estaciones. Invernizzi y Silveira (1992) hallaron un menor contenido de Ca en *Stipa setigera* en primavera en relación al verano, mientras que Carbajal *et al.* (1987) no comprobaron mayores diferencias.

La distribución estacional del conjunto de especies que figuran en el Cuadro 10 muestra variaciones muy atenuadas. Esto es diferente de lo que se observa en el Cuadro 1 (ver III.1.1.), donde la media de los tapices analizados presenta un contenido de Ca 26 y 45 % mayor en otoño e invierno, respectivamente, en relación al verano. Las causas de esta discrepancia ya fueron discutidas, y responden al hecho de que el tapiz ficticio conformado por estas especies no se asemeja a ningún tapiz real. Nótese por ejemplo que las relaciones estival:invernal en otoño, invierno, verano y primavera de las especies del Cuadro 9 son apenas de 1.25, 1.29, 1.38 y 1.38 a 1.

Es difícil realizar una comparación entre familias con tan pocas observaciones de distribución anual del contenido de Ca de no gramíneas. El comportamiento de la leguminosa *Adesmia bicolor* parece seguir un patrón marcadamente diferente al de las gramíneas, con un máximo marcado en verano, aunque sólo se cuenta con las observaciones de Invernizzi y Silveira (1992). En lo atinente a las gramíneas, llama la atención la distribución con dos máximos -aunque muy poco marcados-, en invierno y



verano.

Por otra parte no se aprecian diferencias importantes entre estivales e invernales en cuanto a la variación estacional del contenido de Ca.

Las especies duras y ordinarias responden a la distribución general de doble máximo en invierno y verano, siendo en las primeras mayores las disminuciones en primavera y otoño. Los pastos tiernos presentan en cambio una curva sin mayores variaciones. Los finos muestran variaciones estacionales intermedias entre los ordinarios y los duros. La única observación en malezas enanas, de Invernizzi y Silveira (1992) en *Chaptalia piloselloides*, exhibe oscilaciones bajas entre estaciones.

III.1.7. Año de la observación

Si se estudia la evolución del contenido de Ca de las pasturas naturales comparando los resultados obtenidos por los distintos autores en diferentes años, y se ajustan éstos a un modelo lineal, se obtiene que el tenor de Ca de las pasturas es mayor en las fechas más recientes, incrementándose en 0.026 % cada 10 años. Este modelo explica un 13 % de la variación en % de Ca.

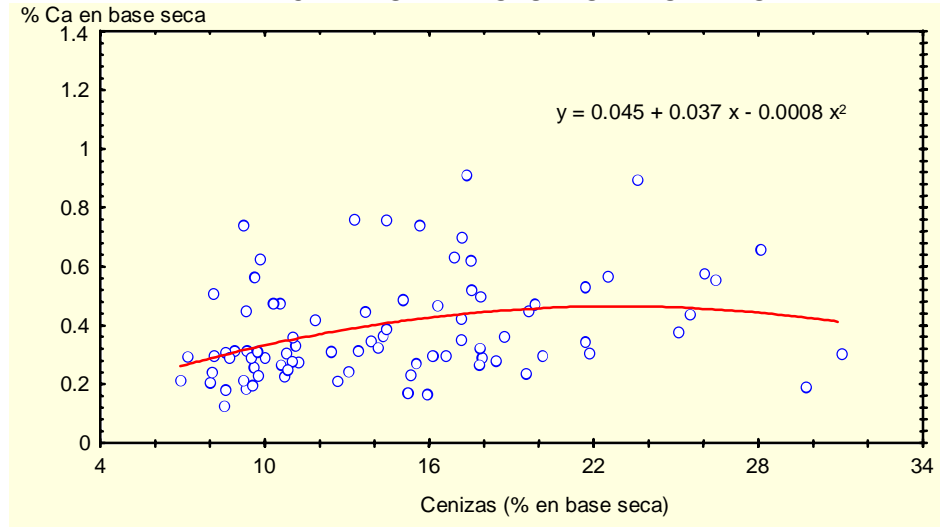
Las determinaciones de contenido de Ca en pasturas naturales pueden agruparse, de acuerdo al año en que se realizaron, en anteriores a 1950, y posteriores a 1980. Ahora bien, el primer grupo comprende un 45.8 % de suelos livianos, que como se discutió en el ítem III.1.4. son los que poseen menos Ca. Cuando se incluye en el modelo la textura del suelo, éste pasa a explicar un 26.5 % de la variación, y el coeficiente de correlación parcial del año se vuelve no significativo ($P=.204$). Quiere decir entonces que la asociación encontrada en primera instancia entre año y contenido de Ca respondería a la colinealidad del año con la textura. No habría razones para suponer un efecto directo del año sobre el contenido de Ca.

III.1.8. Contenido de cenizas

La relación entre contenido de Ca y de cenizas en pasturas se observa en la figura 9. La correlación entre ambos parámetros es no significativa.



FIGURA 9. CONTENIDO DE Ca EN FUNCION DEL CONTENIDO DE CENIZAS EN PASTURAS NATURALES



III.1.9. Método de corte

El método de corte de la pastura a los efectos de obtener la muestra para determinar Ca influye sobre los resultados que se obtienen. Los métodos de corte se separaron en cuatro: guadaña, mitad de altura, mitad de disponibilidad y "a la altura del pastoreo" (Cuadro 11):

CUADRO 11. CONTENIDO DE Ca SEGUN EL METODO DE CORTE DE LA MUESTRA

Tipo de corte	n	Ca, %	CV, %
Guadaña	88	0.38	44.4
A mitad de altura	24	0.43a	23.7
A mitad de disponibilidad	18	0.47a	18.2
A la altura del pastoreo	18	0.63	21.6

Median test (Levene: P = .001): Chi square = 31.73, P = .000

Puede suponerse que el corte a la mitad de disponibilidad recoge más MS que el corte a mitad de altura en virtud de la mayor densidad de MS de los estratos inferiores, por lo que levantaría material más maduro. Los contenidos de Ca que se obtienen con ambos tipos de corte no difieren significativamente. En relación al corte "a la altura del pastoreo", la proporción de material nuevo y maduro que se obtenga depende de la disponibilidad de MS. En el ensayo de Gómez Haedo y Amorín (1982), que cortaron con esta metodología, las disponibilidades de MS fueron bajas, de 234 a 564 kg./ha, siendo más altos los tenores en Ca. En cuanto al corte con guadaña, al no aclararse el criterio para elegir la altura del mismo, es difícil extraer conclusiones.



III.1.10. Fertilización

Las plantas responden al suministro de nutrientes con mayor crecimiento, con un aumento de la concentración del nutriente aplicado, o de ambas formas (Underwood, 1981). La fertilización de campo natural es una práctica poco corriente en el país. Gómez Haedo y Amorín (1982) trabajaron con un tapiz que había sido fertilizado con 150 kg. de superfosfato por hectárea. Si bien la media de sus determinaciones de Ca (0.63 %) es mayor a la media general de los experimentos estudiados (0.39 %), el hecho de que esta referencia de campo fertilizado corresponda a un suelo sobre Yaguarí (ver III.1.4.) impide concluir que la fertilización haya deparado en un mayor contenido de Ca.

Olmos (1981) trabajó también sobre un suelo fertilizado; no obstante, evaluó solamente una especie, *Bromus auleticus*, por lo que sus resultados no son comparables con la media general de los tapices estudiados. A pesar de ello, el valor reportado por este autor (0.40 %) es similar a la media general.

III.1.11. Modelos multivariados

Los modelos construidos son:

- Modelo "conservador":

N=205; $R^2=.2449$ (P=.000);
Error estándar de la estimación=.154

Porcentaje de la variación explicado por:

Fertilización - 13.43 % (tolerancia=.8876)
Región - 4.76 % (tolerancia=.9219)
Año - 4.67 % (tolerancia=.9424)
Estación - 1.63 % (tolerancia=.9746)

Variable(s) fuera: Referencia



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	0.874	-0.263
Residual estandarizado	0.000	5.694	-1.711
Distancia Mahalanobis	3.899	15.547	0.478
Deleted residual	0.000	0.883	-0.271
Distancia Cook	0.004	0.070	0.000

Durbin - Watson d: 1.067; correlación serial=0.468

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

- Modelo "audaz":

N=37; $R^2=.570$ (P=.000);
Error estándar de la estimación=.119

Porcentaje de la variación explicado por:

Disponibilidad de MS - 35.57 % (tolerancia=.748)
Método de corte - 21.43 % (tolerancia=.748)

Variable(s) fuera: Referencia, textura, estación, año, región, material madre, fertilización, temperatura de secado de la muestra, ubicación topográfica.

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	0.884	-0.418
Residual estandarizado	0.000	7.409	-3.504
Distancia Mahalanobis	1.322	9.683	0.000
Deleted residual	-0.00337	0.909	-0.590
Distancia Cook	0.110	4.320	0.000

Durbin - Watson d: 0.841; correlación serial=0.579

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal da alguna indicación sobre la existencia de relaciones cuadráticas.

- Tercer modelo:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

N=37; $R^2=.5689$ (P=.000)
Error estándar de la estimación=.123

Porcentaje de la variación explicado por:
Disponibilidad de MS - 35.57 % (P=.000; tolerancia=.486)
Estación - 11.33 % (P=.011; tolerancia=.805)
Año - 7.11 % (P=.031; tolerancia=.994)
Región - 2.87 % (P=.155; tolerancia=.573)

Variable(s) fuera: Referencia, fertilización

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	0.873	-0.357
Residual estandarizado	0.000	7.084	-2.899
Distancia Mahalanobis	3.852	12.523	0.501
Deleted residual	-0.0257	0.920	-0.450
Distancia Cook	0.0804	2.929	0.000

Durbin - Watson d: 1.105; correlación serial=.446

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

El primer modelo, siendo el más sólido en relación a la estabilidad de los coeficientes, explica poco. La fertilización, que es la variable que explica más en este modelo, no presenta efecto cuando se corre el análisis con todas las variables posibles. El segundo modelo y el tercer modelo explican la variación con igual eficacia, pero el segundo es más inestable y presenta mayor correlación entre las observaciones. Se concluiría que la disponibilidad de MS, y en segundo lugar la estación del año, son, de los factores analizados, los que más influyen sobre el contenido de Ca de las pasturas naturales.

Es difícil explicarse como factores como la textura o el material madre, que tienen efectos significativos cuando se analizan aisladamente (III.1.3. y III.1.4), pesan muy poco cuando se incluyen en un modelo multivariado. En parte esto podría deberse a la falta de información en relación a estas variables. Si en todos los casos se conociera el material madre o la textura del suelo de que proceden las muestras, tal vez estas variables explicarían un mayor porcentaje de la variación en el contenido de Ca. No es el caso de la región geográfica (III.1.5.), de la que se tiene mucha más información, y en cambio aparece como un factor menor para explicar el contenido de



Ca de las pasturas.

III.2. Status nutricional de animales sin suplementar

III.2.1. Requerimientos de Ca y contenido en pasturas

En el Cuadro 12 se observa el porcentaje de las muestras estudiadas que cubriría los requerimientos de Ca de cada categoría de vacunos de carne y ovinos (NRC, 1975, 1976):

CUADRO 12. PORCENTAJE DE LAS MUESTRAS QUE CUBREN LOS REQUERIMIENTOS DE Ca EN VACUNOS Y OVINOS

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
VACUNOS				
Vacas de cría	97.8	98.3	80.3	72.3
Terberos	30.4	55.2		
Vaquillonas preñadas	97.8	96.6		
Toros	97.8	98.3	95.5	95.7
Novillos 200 kg	87.0	94.8	84.8	85.1
OVINOS				
Ovejas de cría	80.4	94.8	30.3	68.1
Corderos	56.5	53.4		46.8
Borregas	39.1	44.8	43.9	27.7
Mantenimiento	71.1	69.0	72.7	68.1
Careros	63.0	69.0	71.2	61.7

En algunas categorías como terneros, ovejas lactantes, corderos y borregas el Ca se muestra como fuertemente deficitario. Sin embargo, los requerimientos de ARC (1980) para algunas de las categorías que aparecen como problemáticas son sustancialmente más bajos que los de NRC (1975, 1976):

	NRC (1975, 1976)	ARC (1980)
Vaca en gestación tardía	0.18 %	0.31 - 0.36 %
Vaca en lactación	0.28 %	0.35 %
Ternero 100 kg.	0.48 %	0.50 %
Oveja en lactación	0.52 %	0.17 %
Cordero 10 kg.	0.40 %	0.38 %
Borregas 40 kg.	0.44 %	0.22 %
Ovino en mantenimiento	0.30 %	0.16 %

En relación a los vacunos, tanto la vaca en gestación y lactación como el ternero estarían en una situación aún más crítica si se consideran los requerimientos establecidos por ARC (1980). Las discrepancias en algunas categorías de ovinos son



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

muy grandes. El valor manejado por NRC (1975) para la oveja en lactación es razonable comparado con el de mantenimiento proveniente de la misma fuente, no siendo así en el caso de ARC (1980). Asimismo, los requerimientos de Ca de NRC (1975) de borregas y ovinos en mantenimiento prácticamente duplican a los de ARC (1980). Es difícil concluir cual es la situación real con discrepancias tan grandes según la fuente que se maneje. Orcasberro y Alonso (1990), confrontando resultados de contenido de Ca en pasturas uruguayas con requerimientos de rumiantes de 0.16 a 0.60 %, concluyen que las deficiencias de Ca son probables en el Uruguay.

El pastoreo selectivo de diferentes especies y partes de plantas hace que el contenido de Ca de la pastura no necesariamente coincida con el de la dieta de un animal en particular. El coeficiente de variación del contenido de Ca de diferentes especies es elevado (III.1.6.), 73.7 %, con lo que habría un espectro de selección relativamente amplio. Más aún, las especies de mayor calidad, que son las más apetecidas, tenderían a presentar los mayores tenores de Ca -aunque las diferencias no son significativas. Paradójicamente, los tapices degradados por sobrepastoreo, que sostienen poblaciones numéricamente importantes de malezas enanas, son los que aportarían más Ca en la MS -aunque una parte del mismo podría escapar al pastoreo vacuno debido al pequeño porte de estas plantas. Sin embargo, los datos de variación en el contenido de Ca entre especies deben ser relativizados para hacer inferencias sobre las posibilidades de selección de la dieta. Casi la mitad de las especies del Cuadro 9 son invernales, y tuvieron un contenido de Ca casi doble que el de las especies estivales. Evidentemente las posibilidades de seleccionar especies invernales en situaciones reales son mucho menores.

Existen evidencias de que la biodisponibilidad del Ca de los forrajes es menor que la de los concentrados o la de los suplementos inorgánicos (Field, 1981; Thompson y Gelman, 1984, citados por AFRC, 1988). En algunos forrajes tropicales la biodisponibilidad del Ca se ve reducida por la presencia de oxalatos (Groenendyk y Seawright, 1974, citados por Maynard *et al.*, 1981). Los requerimientos reportados por NRC (1976) para bovinos de carne están basados en dietas exclusivamente en base a forrajes. No es así en lo que respecta a las ovejas lactando y a los corderos (NRC, 1975), por lo que la situación de estas dos categorías podría ser un poco más crítica de lo que sugiere la comparación de requerimientos y contenido en pasturas. De todos modos, la proporción de Ca ingerido que es absorbido depende de los requerimientos del animal (Grace, 1983) (así como de la vitamina D, que no debería ser un problema en las condiciones del Uruguay), lo cual puede en parte contribuir a compensar la menor biodisponibilidad del Ca de la dieta. En sentido contrario, se ha observado que las deficiencias de P limitan la absorción de Ca (Grace, 1983), lo cual contribuiría a agravar el problema.

Si bien el Ca es almacenado en el esqueleto, es poco probable que las



deficiencias en determinada estación puedan ser cubiertas por movilización de Ca acumulado previamente. La inmovilización de Ca en los huesos cuando éste es abundante necesita de un suministro adecuado de P, el que normalmente es deficitario a lo largo de todo el año.

III.2.2. Contenido de Ca en tejidos

Los 53 valores encontrados de calcemia de vacunos y ovinos sin suplementar pastoreando campo natural (Rubino, 1946c; Cuenca *et al.*, 1981; Arroyo y Mauer, 1982; Gómez Haedo y Amorín, 1982; Barrios *et al.*, 1984; Fernández Liñares *et al.*, 1985; Guerrero y Colucci, 1987; Barros Vidal, 1987; Uriarte *et al.*, 1988; Sosa, 1990; Orcasberro y Alonso, 1991) presentaron una media de 9.5 mg de Ca/100 ml de suero (6.8 a 11.5 mg/100 ml; C.V.=9.36 %). Según Underwood (1981), en la mayor parte de las especies la calcemia es mantenida en alrededor de 10 mg/100 ml por la acción de la calcitonina, la hormona paratiroidea y el 1,25 dihidroxicalciferol, el metabolito activo de la vitamina D3, aunque este autor sitúa los niveles normales entre 9 y 11 mg/100 ml. De las muestras estudiadas, un 28.3 % alcanzó o superó los 10 mg/100 ml, y un 81.1 % alcanzó o superó los 9 mg/100 ml, que sería el límite inferior aceptable de acuerdo con Underwood (1981) y con Maynard *et al.* (1981).

Los modelos multivariados construidos para intentar explicar los factores que afectan la calcemia son:

- Modelo "conservador":

N=53; $R^2=0.4301$ (P=.000);
Error estándar de la estimación=.6989

Porcentaje de la variación explicado por:

Especie - 17.35 % (P=.002; tolerancia=.2283)
Año - 2.95 % (P=.122; tolerancia=.6251)
Estación - 9.98 % (P=.006; tolerancia=.9380)
Referencia -12.74 % (P=.004; tolerancia=.2253)

Variable(s) fuera: Región

media máximo mínimo



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Residual	0.000	1.435	-2.135
Residual estandarizado	0.000	2.053	-3.055
Distancia Mahalanobis	3.925	8.058	1.302
Deleted residual	-0.0073	1.602	-2.323
Distancia Cook	0.0284	0.384	0.000

Durbin - Watson d: 1.443; correlación serial=0.2714

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados podría sugerir la existencia de relaciones de tercer orden.

- Modelo "audaz":

N=37; $R^2=.6827$ (P=.000);
Error estándar de la estimación=.5606

Porcentaje de la variación explicado por:

Estado fisiológico - 31.52 % (P=.000; tolerancia=.5407)
Material madre - 3.61 % (P=.114; tolerancia=.5803)
Fertilización - 5.79 % (P=.038; tolerancia=.5098)
Estación - 3.95 % (P=.107; tolerancia=.8474)
Especie -17.35 % (P=.011; tolerancia=.2681)
Año - 1.35 % (P=.275; tolerancia=.5553)
Referencia - 4.70 % (P=.048; tolerancia=.2540)

Variable(s) fuera: Región

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	1.588	-1.959
Residual estandarizado	0.000	2.832	-3.494
Distancia Mahalanobis	7.035	13.366	2.669
Deleted residual	-0.0227	2.034	-2.890
Distancia Cook	0.1109	1.070	0.000

Durbin - Watson d: 1.398; correlación serial=0.2911

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal presenta un ajuste aceptable a una recta.

- Tercer modelo:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

N=46; $R^2=.5993$ (P=.000)
 Error estándar de la estimación=.5981

Porcentaje de la variación explicado por:

Estado fisiológico - 31.52 % (P=.000; tolerancia=.5406)
 Estación - 3.95 % (P=.068; tolerancia=.9003)
 Especie -17.35 % (P=.004; tolerancia=.2258)
 Año - 4.28 % (P=.045; tolerancia=.6203)
 Referencia - 2.83 % (P=.114; tolerancia=.2006)

Variable(s) fuera: Región

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	1.552	-1.859
Residual estandarizado	0.000	2.595	-3.107
Distancia Mahalanobis	4.934	9.579	1.714
Deleted residual	-0.0024	1.883	-2.371
Distancia Cook	0.0579	0.614	0.000

Durbin - Watson d: 1.510; correlación serial=.2315

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal presenta un ajuste aceptable a una recta.

Cuando el estado fisiológico es incluido resulta la variable más importante para explicar la calcemia (Cuadro 13). La segunda variable en importancia sería la especie.

CUADRO 13. EFECTO DEL ESTADO FISIOLÓGICO SOBRE LA CALCEMIA EN OVINOS Y VACUNOS

Estado fisiológico	Nro. de muestras	Ca en plasma, mg/100 ml	CV, % ¹
<u>Ovinos</u>			
Mantenimiento	1	9.080a ²	



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Vacunos			
Gestación	2	10.987a	1.80
Gestación avanzada	8	9.365a	8.14
Lactación	18	9.556a	5.81
Lactación - crecimiento	4	10.477a	9.20
Crecimiento - engorde	13	9.531a	5.77

¹ Coeficiente de variación

² Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente ($P < 0.05$)

Si bien se detectaron diferencias significativas entre los distintos estados fisiológicos, no se advierte ninguna relación de las calcemias con lo que pueden ser los requerimientos en cada caso. Por ejemplo, podría pensarse que la gran demanda de Ca exigida por la lactación cause un aumento en la calcemia, ya sea por movilización de Ca del esqueleto en los casos en que los niveles en la dieta son insuficientes, o por una mayor absorción del Ca ingerido debido a los requerimientos aumentados. Esto resultó así solamente en los casos en que a la lactación se le sumaron requerimientos de crecimiento.

De acuerdo a lo que sería esperable, la menor calcemia correspondió a animales en mantenimiento. Sin embargo, los mayores niveles fueron los correspondientes a hembras en los primeros dos tercios de la gestación, en que los requerimientos son similares a los de mantenimiento. Debe tenerse en cuenta de todos modos el bajo número de valores en estos casos.

Por otra parte, una sola de las medias de calcemia según estado fisiológico incluye ovinos, tratándose de la única referencia de mantenimiento. Aún si se elimina esta categoría (de hecho en este caso se suman las diferencias de especie a las de estado fisiológico, por ser el único caso correspondiente a ovinos y sólo a ovinos), las diferencias siguen siendo significativas ($P = .004$).

Los 45 valores de calcemia en bovinos presentaron valores significativamente más altos que los ocho valores en ovinos (9.7 vs. 8.6 mg de Ca/100 ml de plasma respectivamente; Mann-Whitney U test: $P = .070$; Levene: $P = .004$). Según este resultado, los ovinos podrían tener mayores deficiencias de Ca que los vacunos, a pesar de que su comportamiento más selectivo puede hacer que su dieta sea más rica en el mineral. Parece menos probable la posibilidad de que la calcemia más alta de los vacunos responda a hipofosforosis (que induzca la movilización de hueso con la consiguiente liberación de Ca y elevación de sus niveles sanguíneos), ya que esto se manifestaría en calcemias de 13 - 14 mg/100 ml de plasma (Underwood, 1981). Ninguna de las referencias en ambas especies alcanzó tales niveles.

La forma en que está dispuesta la información -no se poseen datos de calcemia de ovinos y bovinos en el mismo estado fisiológico- hace que no sea posible analizar la interacción estado fisiológico por especie.

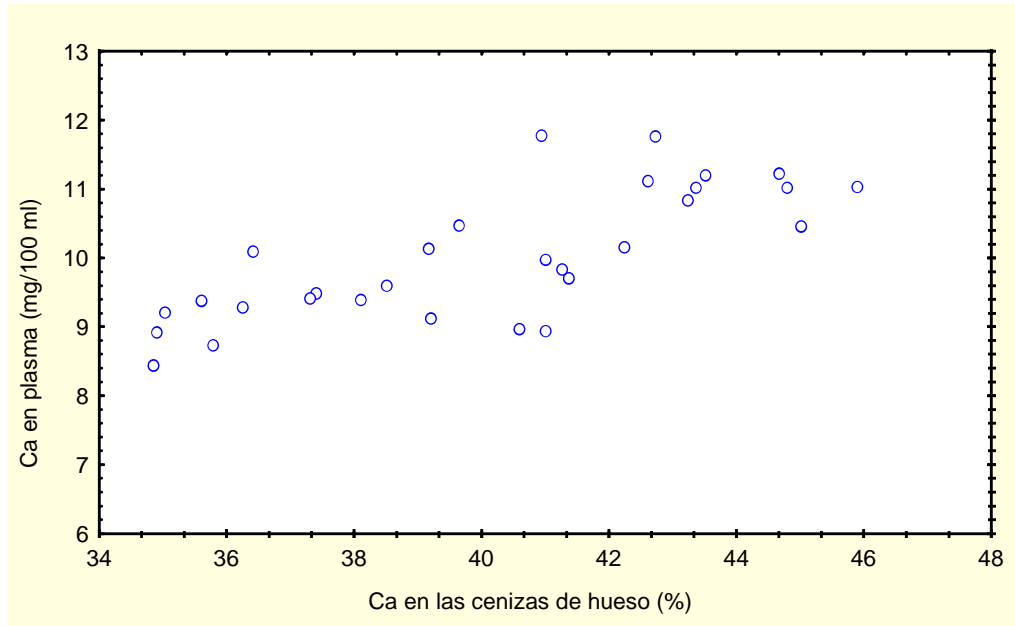


Los dos principales factores explicatorios de la calcemia, la especie y el estado fisiológico, están asociados al animal y no a la pastura. Cuando se estudia la influencia de aquellos factores que podrían actuar solamente a través del contenido de Ca de la pastura, su influencia es menor. La estación del año explica un 12.8 % de la variación en calcemia ($P=.030$), la región geográfica un 8.9 % ($P=.057$), y el material madre un 3.8 % ($P=.202$).

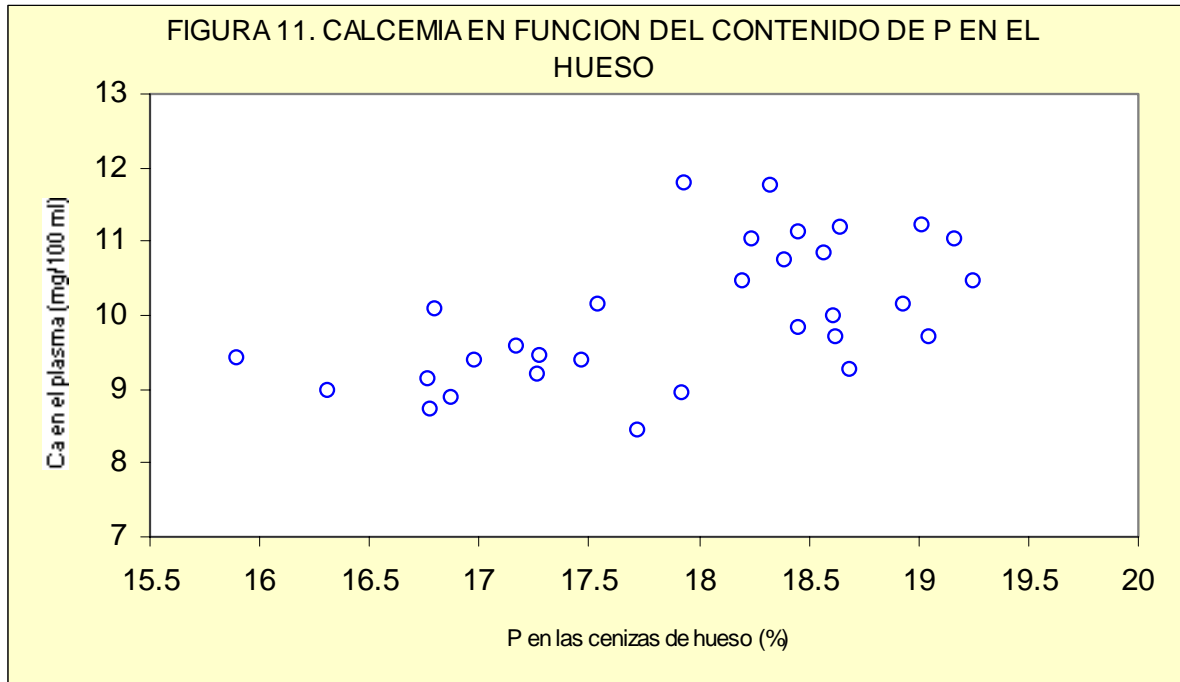
Se encontraron en la literatura nacional 19 valores de contenido de Ca en cenizas de hueso de vacunos sin suplementar (Cuenca *et al.*, 1981; Arroyo y Mauer, 1982; Barrios *et al.*, 1984; Fernández Liñares *et al.*, 1985). Todas las muestras fueron extraídas de la penúltima costilla. El contenido medio de Ca resultó de 39.8 % (35.6 a 45.9 %; C.V.=7.7 %). Un 68.4 % de las referencias superó el valor de 37.6 % considerado por Conrad *et al.* (1982), citados por Alonso *et al.* (1982), como normal. Un 89.5 % de las referencias superó el 36 % considerado como normal por Maynard *et al.* (1981).

Cuando se trata de elaborar modelos multivariados para explicar el contenido de Ca en las cenizas de hueso el año es la principal variable explicativa siendo sustituido por la referencia cuando no se tiene en cuenta. Se concluye entonces que hay un fuerte efecto experimento en los resultados. Cuando ambas variables no se tienen en cuenta se obtiene un modelo no significativo ($P=.853$) que explica apenas un 10.7 % de la variación en el contenido de Ca de las cenizas de hueso, donde el estado fisiológico explica un 5.4 % de la variación ($P=.391$), la región un 2.8 % ($P=.551$), el material madre un 2.2 % ($P=.592$) y la estación del año un 0.3 % ($P=.850$).

La calcemia responde en forma positiva al aumento del contenido de Ca en el hueso (figura 10).


FIGURA 10. CALCEMIA EN FUNCION DEL CONTENIDO DE Ca EN EL HUESO


El contenido de Ca en las cenizas de hueso explicó un 59.15 % ($P=.000$) de la variación en la calcemia. En situaciones en donde el P proporcionado por la dieta es insuficiente se debería esperar la respuesta contraria: una movilización simultánea del Ca y el P en respuesta a una deficiencia de este último (Underwood, 1981), con la consiguiente elevación (ligera) de la calcemia al bajar el contenido de Ca del esqueleto. La respuesta positiva de la calcemia al contenido de Ca en los huesos fue relativamente independiente de la fosfatemia. En principio esto indicaría que no hubo deficiencias de P en la dieta de los animales estudiados. En idéntico sentido apuntaría la respuesta positiva de la calcemia al contenido de P en las cenizas de hueso (figura 11).



Es opinión del autor que el valor del contenido de los diversos minerales en las cenizas de hueso como evaluador del status nutricional mineral debería ser relativizado debido a que esta determinación sólo considera los cambios en composición sin tener en cuenta las pérdidas absolutas, que son las más importantes. Este concepto fue señalado por Rubino (1946a,b):

"Una experiencia sencilla pone bien de relieve la diferencia: mientras una costilla normal colocada en el agua va al fondo, la costilla enferma flota. La densidad de la normal fue de 1.39, refiriéndola a la pieza, no a la sustancia, y la de la enferma, en las mismas condiciones, 0.95."...pero "en lo que a riqueza de cenizas se refiere, existe una apreciable diferencia entre el hueso normal y el hueso malácico"..."En cuanto a la composición centesimal de las cenizas, el análisis pone de relieve hechos interesantes: que la diferencia en la composición de ambas es muy limitada, lo que significa que el hueso al perder sus sales pierde todas ellas, se desmineraliza"...

"Estas consideraciones me llevaron a la convicción de que era necesario obtener factores que fueran con más exactitud la expresión de la demolición del tejido óseo. La solución estaba en encontrar el elemento más constante, que menos variara de un hueso normal a uno enfermo; he considerado varios y de todos me ha parecido más conveniente el volumen aparente tomado en huesos análogos"..."El hueso malácico ha perdido en todas las sustancias que componen el tejido óseo, luego no ha habido sólo desmineralización sino destrucción parcial del mismo. Relacionando todos los datos obtenidos, podemos reconstruir el proceso de las modificaciones



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

químicas experimentadas: 1) El hueso ha sido alterado con pérdida de sustancias minerales y orgánicas; 2) La pérdida en sustancias minerales ha sido mayor (50 %) que las orgánicas (6 %); 3) De las sustancias minerales los fosfatos han sido los más atacados.

"La mayoría de los investigadores que se han ocupado del estudio de la osteomalacia, presentaron preferente atención al estudio químico de los huesos. Pero debemos destacar que los análisis presentados no revelaron diferencias muy marcadas con los huesos normales y sobre todo no correspondían a las profundas alteraciones del tejido óseo malácico reveladas por el estudio anátomo - patológico"... "Pero la mayor deficiencia de los datos analíticos se debe sin duda alguna, a la expresión de los resultados refiriéndolos a la composición centesimal en peso, forma habitual, por otra parte, en la mayoría de los análisis"... "Estos resultados están en contradicción con la convicción que resulta del estudio anátomo-patológico; el que nos demuestra que hay demolición del tejido óseo en todas sus partes y desmineralización intensa. Eso se debe, a que la composición centesimal, al acusar una mayor pérdida en las sustancias minerales, debe forzosamente arrojar un aumento en la materia orgánica; y por la misma razón, dentro de las sustancias minerales, una pérdida relativamente mayor del anhídrido fosfórico tiende a elevar la expresión del valor del Ca. Estos hechos, ponen de relieve, que tales expresiones analíticas, a parte que no traducen fielmente la demolición del tejido óseo del animal malácico, son insuficientes para despistar grados menos avanzados de la enfermedad y mucho más en su forma incipiente. En efecto, el análisis centesimal sólo traduce las diferencias que resultan por la pérdida desigual de los distintos componentes del hueso. Si el hueso al hacerse malácico perdiera en todas sus sustancias en la misma proporción, la composición centesimal del hueso malácico, aún del más intensamente malácico, sería exactamente igual a la del hueso normal. Por tales razones, ya en nuestra segunda publicación sobre osteomalacia, pensamos que era necesario buscar otra expresión más fiel de los resultados y propusimos referir la composición al volumen aparente del hueso considerado como pieza anatómica".

No se encontraron, aparte de los trabajos de Rubino (1946a,b), otras determinaciones en el país de minerales o cenizas en relación al volumen de hueso. Además de determinar el contenido de minerales en las cenizas de hueso, Fernández Liñares *et al.* (1985) midieron la concentración de minerales en hueso seco desgrasado. Las determinaciones de minerales en hueso realizadas por Almirati y Peri (1982) no están referidas a las cenizas de hueso, pero tampoco está claro si la base es hueso seco desgrasado ya que sus valores son menores a los de Fernández Liñares *et al.* (1985) (22.14 vs. 25.22 %), aunque ello no tiene necesariamente que obedecer a esta razón. Al desconocerse si ambas fuentes expresan los resultados sobre la misma base se prefirió no analizar estos datos en conjunto.



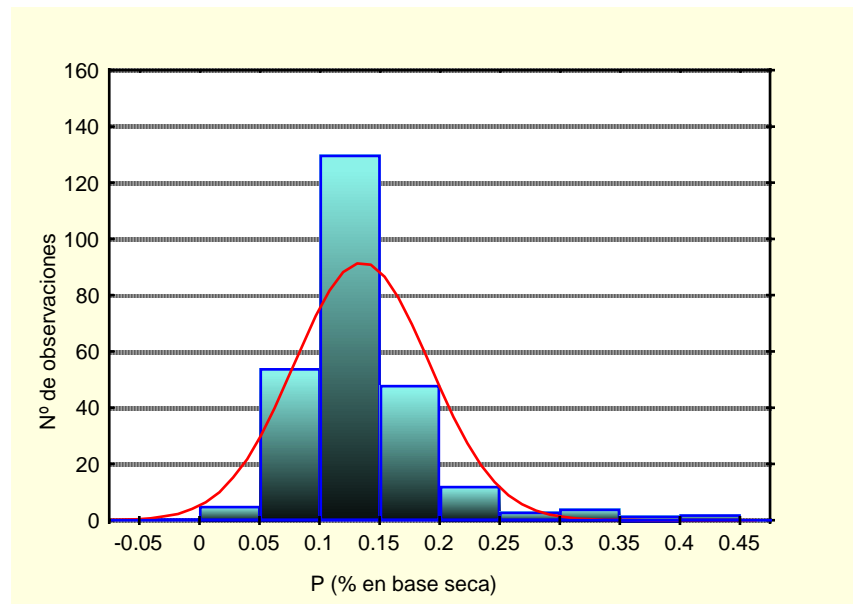
La densidad del hueso fue estudiada por Barrios *et al.* (1984) y por Fernández Liñares *et al.* (1985). Nueve referencias correspondientes a vacunos sin suplementar arrojan una media de 1.52 g/cm³ (1.39 a 1.61; C.V.=4.19 %). No se encontraron referencias sobre valores de densidad de hueso "normales" en animales que no padecen deficiencias minerales.

IV. FOSFORO

IV.1. Factores que afectan el contenido de P de las pasturas

La media de 253 observaciones de contenido de P de pasturas naturales uruguayas publicadas en la literatura fue de 0.14 % de la MS (0.02 a 0.42 %; C.V.=42.1 %; figura 12). Orcasberro y Alonso (1990), basados en resultados 526 muestras de varios autores (Spangenberg *et al.*, 1941; Spangenberg, 1994, Nores, 1944; Cuenca *et al.*, 1981; Sosa y Guerrero, 1983; Fernández *et al.*, 1988; Alonso, sin publicar), reportan un contenido medio de P de 0.12 % (0.10 a 0.35 %).

FIGURA 12. CONTENIDO DE P DE LAS PASTURAS NATURALES URUGUAYAS



Estos valores son inferiores a los reportados por Smith y Cornforth (1982) para la Isla Norte en Nueva Zelanda: 0.41 % de la MS (0.11 a 0.99 %; C.V.=24.4 %).

IV.1.1. Variación estacional



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

En los Cuadros 14 y 14a se presenta la variación estacional del contenido de P reportada por distintos autores, llevada a una base relativa con respecto al contenido en verano:

CUADRO 14. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE P EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido en Verano y expresados como %P en base seca entre paréntesis.

Referencia	Departamento	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	140 (.16)	175 (.19)	122 (.14)	100 (.11)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	154 (.13)	124 (.11)	112 (.10)	100 (.09)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	82 (.12)	114 (.16)	78 (.11)	100 (.14)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	97 (.12)	77 (.09)	92 (.11)	100 (.12)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Soriano	138 (.25)	223 (.41)	109 (.20)	100 (.18)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Salto	91 (.09)	118 (.11)	108 (.10)	100 (.09)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Salto	86 (.09)	108 (.12)	102 (.11)	100 (.11)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Paysandú	90 (.17)	127 (.24)	84 (.16)	100 (.19)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Paysandú	120 (.09)	145 (.11)	138 (.11)	100 (.08)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rivera	78 (.08)	105 (.11)	108 (.11)	100 (.10)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Río Negro	78 (.11)	123 (.18)	84 (.13)	100 (.15)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Durazno	90 (.10)	124 (.14)	106 (.12)	100 (.11)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Durazno	70 (.12)	75 (.13)	65 (.11)	100 (.17)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cerro Largo	169 (.08)	143 (.07)	165 (.08)	100 (.05)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Treinta y Tres	93 (.09)	102 (.10)	91 (.09)	100 (.10)
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Artigas	109 (.09)	138 (.12)	117 (.10)	100 (.08)
Spangenberg, 1944a	Cerro Largo	94 (.06)	100 (.07)	112 (.08)	100 (.07)
Spangenberg, 1944a	Cerro Largo	82 (.06)	76 (.05)	100 (.07)	100 (.07)
Spangenberg, 1944b	Rivera	82 (.10)	107 (.13)	93 (.11)	100 (.12)
Spangenberg, 1944b	Rivera	71 (.06)	100 (.09)	109 (.10)	100 (.09)
Spangenberg, 1944b	Rivera	81 (.07)	109 (.10)	119 (.10)	100 (.09)
Pittaluga, <i>et al.</i> , 1980	Tacuarembó	60 (.06)	45 (.05)		100 (.10)
Pittaluga, <i>et al.</i> , 1980	Tacuarembó	56 (.10)	47 (.09)		100 (.18)
Pittaluga, <i>et al.</i> , 1980	Tacuarembó	75 (.06)	88 (.07)		100 (.08)
Schiersmann, 1965	Colonia	116 (.14)	125 (.15)	133 (.16)	100 (.12)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	53 (.11)			100 (.20)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	60 (.12)			100 (.20)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	106 (.12)			100 (.11)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	104 (.12)			100 (.12)
Fernández <i>et al.</i> , 1982	Todo el país	109 (.12)	127 (.14)	127 (.14)	100 (.11)
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	65 (.12)		92 (.17)	100 (.19)
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	85 (.14)		91 (.15)	100 (.17)
Arroyo y Mauer, 1982	Cerro Largo			100 (.13)	100 (.13)
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	Río Negro	170 (.20)		75 (.09)	100 (.12)
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo		112 (.18)	118 (.19)	100 (.16)
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo		150 (.21)	129 (.18)	100 (.14)

CUADRO 14a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE P DE PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores expresados como % relativo al contenido de Ca en Verano.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

	ESTACION			
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nro. de muestras	33	28	29	36
Media	96	110	106	100
Coefficiente de variación, %	32.0	35.2	20.0	
Máximo	170	223	165	
Mínimo	53	45	65	

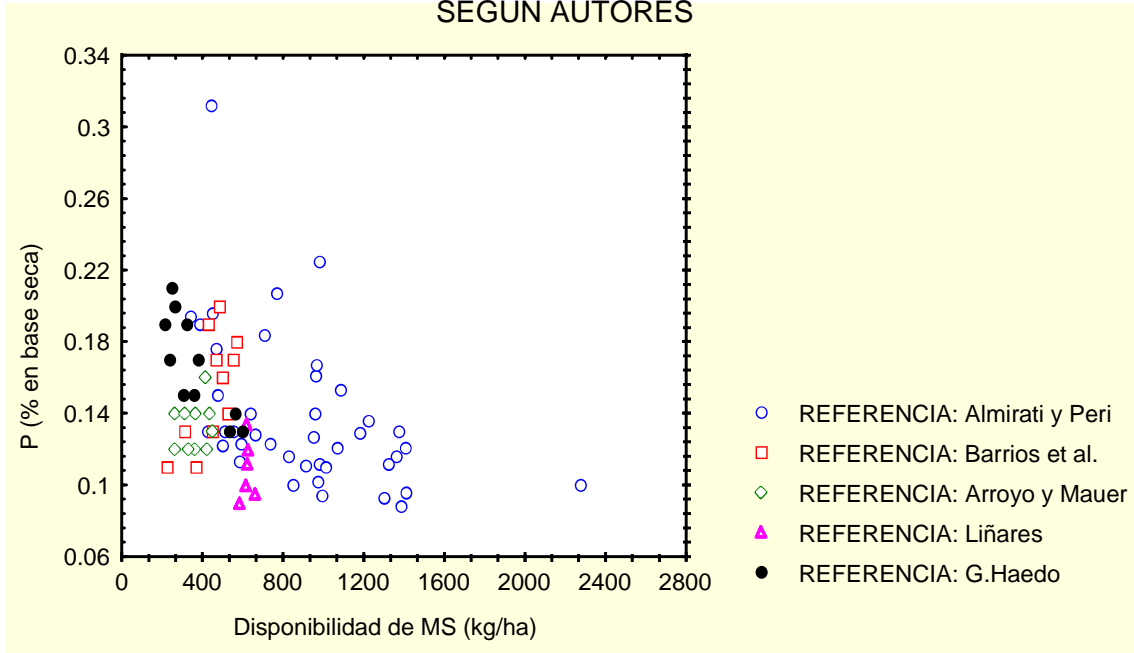
Se observa que promedialmente las variaciones del contenido de P entre estaciones son de poca magnitud. Sin embargo, en algunos casos (Pittaluga *et al.*, 1980; Cuenca *et al.*, 1981; Gómez Haedo y Amorín, 1982; Fernández Liñares *et al.*, 1985) se han registrado oscilaciones amplias en otoño e invierno, tanto valores muy altos como muy bajos. El contenido de P de las plantas disminuye con la madurez (Frick, 1976; Underwood, 1981), pero esto no se manifestó en diferencias importantes entre estaciones. De resultados de Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) surge un menor contenido de P en las plantas en estado reproductivo en relación a aquellas en estado vegetativo: 0.15 vs. 0.20 % de la MS respectivamente (P=.000).

IV.1.2. Disponibilidad de MS

En las figuras 13 y 14 se observa la relación entre contenido de P y disponibilidad de MS. Como los modelos lineal y cuadrático son igualmente eficaces para explicar el comportamiento del contenido de P en función de la disponibilidad de MS se eligió el primero. En el modelo lineal la disponibilidad de MS explica el 5.53 % (P=.000) de la variación en el contenido de P. La eliminación de tres valores outliers (2274 kg. de MS/ha, 0.1 % de P; 442 kg. de MS/ha, 0.312 % de P; 443 kg. de MS/ha, 0.311 % de P) reportados por Almirati y Peri (1982) no cambia sustancialmente la proporción de la variación explicada por ninguno de los modelos.



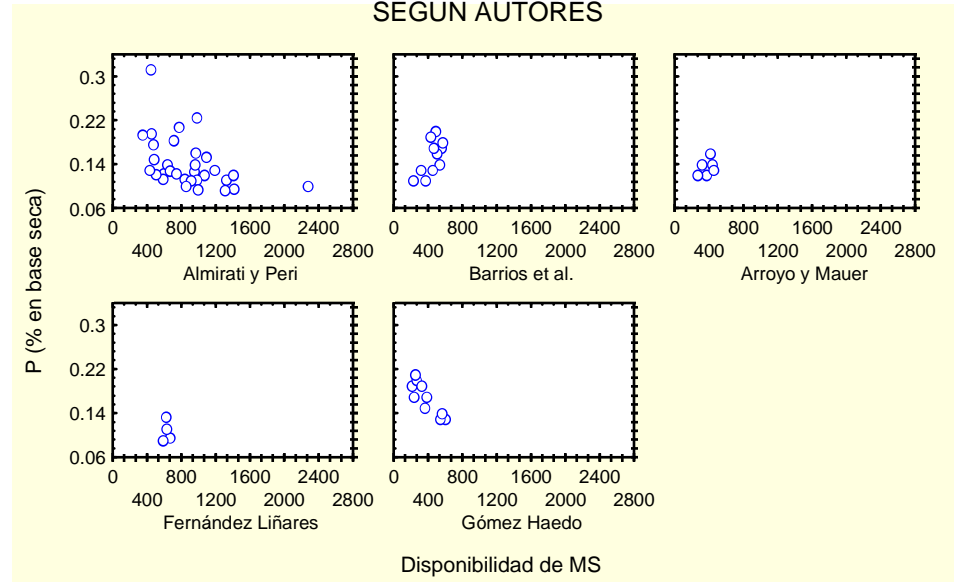
FIGURA 13. CONTENIDO DE P EN FUNCION DE LA DISPONIBILIDAD DE MS SEGUN AUTORES



El pool de 101 pares de observaciones (disponibilidad de MS y contenido de P) proviene de cinco fuentes (Gómez Haedo y Amorín, 1982; Arroyo y Mauer, 1982; Almirati y Peri, 1982; Barrios *et al.*, 1984, y Fernández Liñares *et al.*, 1985). Sólo en dos de estos trabajos (Almirati y Peri, 1982; Gómez Haedo y Amorín, 1982) tomados aisladamente se da una correlación negativa y significativa ($P=.001$ y $P=.002$ en el orden anterior) entre contenido de P y disponibilidad de MS, al igual que lo que ocurre con el pool de todas las observaciones (figura 14).



FIGURA 14. CONTENIDO DE P EN FUNCION DE LA DISPONIBILIDAD DE MS SEGUN AUTORES



En los otros tres trabajos la relación es positiva, pero solamente es significativa ($P=0.020$) en el caso de Barrios *et al.* (1984). En todos los casos el contenido de P fue determinado por el mismo procedimiento colorimétrico. Sin embargo, existieron variaciones en la temperatura de secado de las muestras, tanto de las que se usaron para determinar disponibilidad de MS como de aquellas en que se midió el tenor de P (Cuadro 2). El aumento de la temperatura de secado de las muestras utilizadas para determinar composición química podría llevar a un aumento de la concentración de minerales al perderse más volátiles. A su vez, el incremento de la temperatura de secado para determinar disponibilidad de MS podría por la misma razón acarrear una disminución de la cantidad de MS medida. Entonces, como se razonó anteriormente (II.1.2.), un factor compensa al otro, por lo que no debieran verse afectadas ni la pendiente ni la ordenada en el origen cuando ambas temperaturas son mayores. Los resultados de Almirati y Peri (1982) presentan una ordenada en el origen mayor y una pendiente menor en valor absoluto que los de Gómez Haedo y Amorín (1982), pero por lo expuesto las diferencias en las temperaturas de secado no explicarían las diferencias en las curvas.

Es posible que la relación negativa entre contenido de P y disponibilidad de MS obedezca a la disminución de este nutriente que tiene lugar en estado reproductivo. Según Underwood (1981) la concentración de P experimenta una reducción notable al madurar los vegetales. De los resultados de Invernizzi y Silveira (sin publicar) surge un menor contenido en aquellas plantas en estado reproductivo en relación a las que se encontraban en estado vegetativo (II.2.1.). Asimismo, de los resultados de Spangenberg *et al.* (1941) e Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) surge una correlación cuadrática negativa entre contenidos de MS y P (figuras 15 y 16) que



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

explica el 54.33 ($P < .001$) y el 26.14 ($P < .005$) % de la variación respectivamente (no se analizaron en conjunto ya que el primero corresponde a tapices completos y el segundo a especies individuales).

FIGURA 15. CONTENIDO DE P EN FUNCION DEL CONTENIDO DE MS DE LA PASTURA

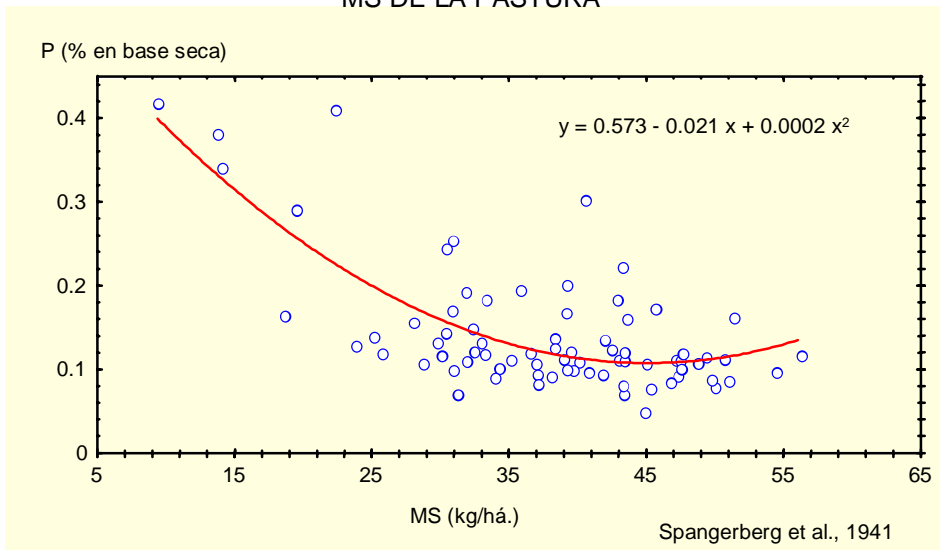
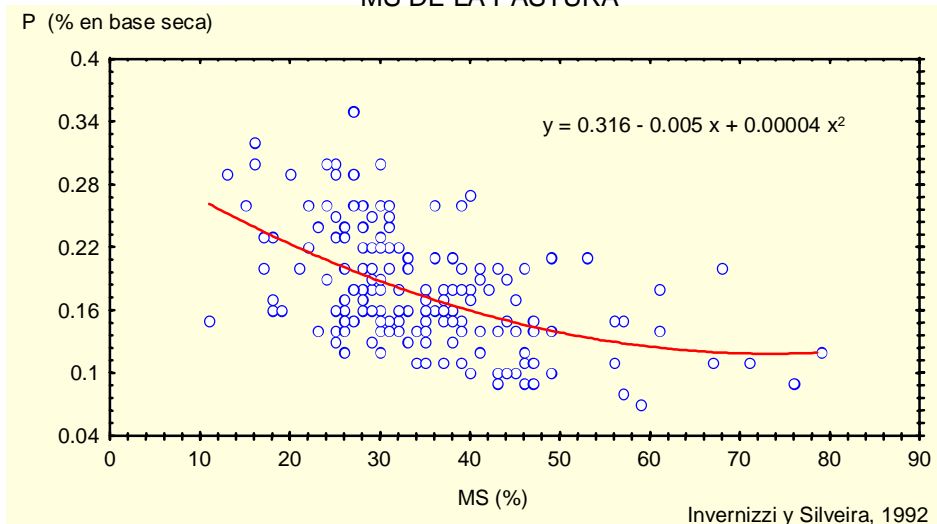


FIGURA 16. CONTENIDO DE P EN FUNCION DEL CONTENIDO DE MS DE LA PASTURA



Según Frick (1976), cuando el forraje viejo acumulado es sometido a lavados por lluvias y rocíos intensos se produce una disminución en el contenido de minerales y nutrientes orgánicos. No obstante, la correlación negativa entre contenido de P y disponibilidad de MS por hectárea se mantiene dentro de la estación tanto en invierno



como en primavera, lo que puede implicar que la disponibilidad *per se* afecta el contenido de P independientemente del estado fenológico. No están claras las razones de la correlación positiva y significativa entre disponibilidad de MS y contenido de P que surge de los resultados de Barrios *et al.* (1984). El método de corte (Cuadro 3) para medir disponibilidad de MS puede incidir sobre la ordenada en el origen pero no debería hacerlo sobre la pendiente.

IV.1.3. Ubicación topográfica

En los Cuadros 15 y 15a se observa una recopilación de resultados de contenido de P en pasturas naturales de acuerdo con su ubicación topográfica en cuchilla o bajo:

CUADRO 15. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE P (% EN BASE SECA) DE PASTURAS NATURALES MUESTREADAS EN DISTINTOS DEPARTAMENTOS Y ESTACIONES DEL AÑO.

Referencia	Departamento	Estación	Cuchilla	Bajo
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Verano	0.11	0.09
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Invierno	0.19	0.11
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Primavera	0.14	0.10
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Otoño	0.12	0.12
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Invierno	0.09	0.16
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Verano	0.12	0.14
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Otoño	0.16	0.13
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rocha	Primavera	0.17	0.11
Spangenberg, 1944a	Cerro Largo	Otoño	0.07	0.06
Spangenberg, 1944a	Cerro Largo	Invierno	0.07	0.06
Spangenberg, 1944a	Cerro Largo	Primavera	0.08	0.07
Spangenberg, 1944a	Cerro Largo	Verano	0.07	0.07
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Otoño	0.11	0.12
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Verano	0.19	0.19
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Verano	0.21	0.21
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	0.13	0.14
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	0.14	0.11
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Rocha	Verano	0.14	0.14
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	0.14	0.16
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	Otoño	0.12	0.12
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	Verano	0.11	0.12
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Otoño	0.11	0.17
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Verano	0.18	0.20
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Otoño	0.13	0.11
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Primavera	0.17	0.16
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Primavera	0.17	0.14
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Verano	0.19	0.13

CUADRO 15a. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE P (% EN BASE SECA) DE PASTURAS (Resumen).



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

	Cuchilla	Bajo
n	27	27
Media	0.13a ¹	0.13a
CV ² , %	29.6	31.5
Máximo	0.21	0.07
Mínimo	0.21	0.06

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren ($p=0.441$)

² Coeficiente de variación

La ubicación topográfica de los tapices muestreados no evidencia ser un factor importante para explicar su contenido de P. En contraposición, de los resultados de Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) surgen diferencias significativas (ANOVA: $P=.000$) en el contenido de P en la media de varias especies de cuatro tipos de suelo de Basalto (Cuadro 16):

CUADRO 16. CONTENIDO MEDIO DE P DE VARIAS ESPECIES DE PASTURAS NATURALES EN CUATRO SUELOS DE BASALTO.

Suelo	% P
Litosol rojo	0.21a ¹
Litosol negro	0.16b
Brunosol	0.20a
Vertisol	0.16b

¹ Medias seguidas de igual letra no difieren significativamente ($P<0.05$)

Aunque se incluya la especie como una covariable las diferencias siguen siendo significativas ($P<.000$), lo que estaría indicando que las diferencias no se deben sólo a distintas frecuencias de muestreo de cada especie en los diferentes suelos. En cambio, los autores no encontraron efectos significativos del tipo de suelo sobre el contenido de P de tres especies muestreadas en más de dos suelos: *Paspalum notatum*, *Stipa setigera* y *Eryngium nudicaule*.

A pesar de estas diferencias entre suelos que surgen del trabajo de Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) habría que concluir, en base a los datos del Cuadro 13, que corresponden a tapices muestreados enteros por varios autores y no a especies individuales, que la ubicación topográfica no tiene mayor incidencia sobre el contenido de P. Por otra parte, Cuenca *et al.* (1981) no hallaron diferencias importantes en contenido de P entre cuchillas y bajos en un suelo sobre Basalto de Artigas.

IV.1.4. Textura



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

En los Cuadros 17 y 17a se presenta el contenido de P de muestras provenientes de suelos livianos y pesados:

CUADRO 17. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE P DE PASTURAS NATURALES SEGUN AUTORES Y POR DEPARTAMENTO.

Referencia	Departamento	% P
<u>Texturas pesadas</u>		
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Soriano	0.25
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Salto	0.10
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Río Negro	0.14
Almirati y Peri, 1982	Paysandú	0.14
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo	0.17
<u>Texturas livianas</u>		
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Salto	0.10
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Paysandú	0.09
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rivera	0.10
Spangenberg, 1944b	Rivera	0.11
Spangenberg, 1944b	Rivera	0.08
Spangenberg, 1944b	Rivera	0.09
Spangenberg, 1944b	Rivera	0.10
Pittaluga <i>et al.</i> , 1980	Tacuarembó	0.06
Pittaluga <i>et al.</i> , 1980	Tacuarembó	0.11
Pittaluga <i>et al.</i> , 1980	Tacuarembó	0.07
Pittaluga <i>et al.</i> , 1980	Tacuarembó	0.03
Fernández <i>et al.</i> , 1982	Varios	0.11
Almirati y Peri, 1982	Tacuarembó	0.13
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo	0.17

CUADRO 17a. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE P DE PASTURAS NATURALES (Resumen)

	Textura	
	Pesada	Liviana
Nro. de muestras	5	14
Media ¹	0.16a	0.10b
CV ² , %	33.3	35.1
Máximo	0.25	0.17
Mínimo	0.10	0.03

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente (P < 0.05)

² Coeficiente de variación

De la información presentada surgen diferencias importantes en relación al contenido de P de las praderas que crecen en suelos pesados y livianos. Estos últimos presentan contenidos de P menores en promedio que los suelos pesados.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

IV.1.5. Material madre

En los Cuadros 18 y 18a se muestran resultados de contenido de P en pasturas creciendo sobre suelos originados sobre los principales materiales madre del país:

CUADRO 18. CONTENIDO DE P EN PASTURAS SOBRE DISTINTO MATERIAL MADRE Y POR DEPARTAMENTO SEGUN AUTORES.

Referencia	M.madre	Departamento	% P
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cristalino	Rocha	0.14
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cristalino	Rocha	0.10
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cristalino	Florida	0.09
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cristalino	Flores	0.11
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cristalino	Cerro Largo	0.07
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cristalino	Treinta y Tres	0.09
Risso, 1990	Cristalino	Florida	0.13
Risso, 1990	Cristalino	Florida	0.11
Schiersmann, 1965	Cristalino	Colonia	0.14
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Flores	0.16
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Flores	0.16
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Treinta y Tres	0.11
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Treinta y Tres	0.12
Fernández <i>et al.</i> , 1982	Cristalino	Varios	0.11
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Fray Bentos	Soriano	0.25
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Fray Bentos	Río Negro	0.14
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Cretácico	Paysandú	0.09
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1982	Cretácico	Río Negro	0.10
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Areniscas	Rivera	0.10
Spangenberg, 1944b	Areniscas	Rivera	0.11
Spangenberg, 1944b	Areniscas	Rivera	0.08
Spangenberg, 1944b	Areniscas	Rivera	0.09
Spangenberg, 1944b	Areniscas	Rivera	0.10
Pittaluga <i>et al.</i> , 1980	Areniscas	Tacuarembó	0.06
Pittaluga <i>et al.</i> , 1980	Areniscas	Tacuarembó	0.11
Pittaluga <i>et al.</i> , 1980	Areniscas	Tacuarembó	0.07
Pittaluga <i>et al.</i> , 1980	Areniscas	Tacuarembó	0.03
Fernández <i>et al.</i> , 1982	Areniscas	Varios	0.11
Almirati y Peri, 1982	Areniscas	Tacuarembó	0.13
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Basalto	Artigas	0.13
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Basalto	Artigas	0.14
Fernández <i>et al.</i> , 1981	Basalto	varios	0.14
Almirati y Peri, 1982	Basalto	Paysandú	0.14
Fernández <i>et al.</i> , 1982	Yaguari	Varios	0.16
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Yaguari	Cerro Largo	0.17
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Yaguari	Cerro Largo	0.17


CUADRO 18a. CONTENIDO DE P EN PASTURAS SOBRE DISTINTO MATERIAL MADRE (Resumen).

	Material madre					
	Areniscas	Basalto	Cretácico	Cristalino	Fray Bentos	Yaguari
Nro. de muestras	11	4	2	14	2	3
Media	0.09	0.14	0.10	0.12	0.19	0.17
Medias ajustadas	0.10	0.13	0.10	0.12	0.21	0.15
CV, % ¹	32.2	36.9	11.8	22.5	39.8	5.3
Máximo	0.13	0.14	0.10	0.16	0.25	0.17
Mínimo	0.03	0.13	0.09	0.07	0.14	0.16

¹ Coeficiente de variación

El material madre del suelo aparece como un factor determinante para explicar el contenido de P de la vegetación. La razón primaria de las deficiencias de P en amplias zonas del mundo es la cantidad del mineral proporcionada por el suelo (Lundell y Laws, 1954, citados por Frick, 1976; Underwood, 1981). Los suelos livianos sobre Areniscas y Cretácico son los que presentan los menores contenidos de P. Los suelos sobre Cristalino y Basalto ocupan una posición intermedia, en tanto los Fray Bentos y Yaguari son los que determinan tapices más ricos en P.

IV.1.6. Región geográfica

En los Cuadros 19 y 19a se muestra el contenido de P en pasturas de cinco regiones geográficas distintas:

CUADRO 19. CONTENIDO DE P EN PASTURAS NATURALES DE DISTINTAS REGIONES Y DEPARTAMENTOS SEGUN AUTORES.

Referencia	Región	Departamento	% P
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Lavalleja	0.35
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Lavalleja	0.25
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Rocha	0.14
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Rocha	0.10
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Rocha	0.12
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Rocha	0.10
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Cerro Largo	0.07
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Este	Treinta y Tres	0.09
Spangenberg, 1944a	Este	Cerro Largo	0.07
Spangenberg, 1944a	Este	Cerro Largo	0.06
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Rocha	0.14
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Rocha	0.14
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Treinta y Tres	0.11
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Treinta y Tres	0.12
Arroyo y Mauer, 1982	Este	Cerro Largo	0.13
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Este	Cerro Largo	0.17



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Gómez Haedo y Amorín, 1982	Este	Cerro Largo	0.17
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Este	Cerro Largo	0.15
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Este	Cerro Largo	0.15
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Litoral S	Soriano	0.25
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Litoral S	Río Negro	0.14
Schiersmann, 1965	Litoral S	Colonia	0.14
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	Litoral S	Río Negro	0.10
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Litoral N	Salto	0.10
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Litoral N	Salto	0.10
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Litoral N	Paysandú	0.18
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Litoral N	Paysandú	0.09
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Litoral N	Artigas	0.09
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Litoral N	Artigas	0.13
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Litoral N	Artigas	0.14
Almirati y Peri, 1982	Litoral N	Paysandú	0.14
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Noreste	Tacuarembó	0.11
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Noreste	Rivera	0.10
Spangenberg, 1944b	Noreste	Rivera	0.11
Spangenberg, 1944b	Noreste	Rivera	0.08
Spangenberg, 1944b	Noreste	Rivera	0.09
Spangenberg, 1944b	Noreste	Rivera	0.10
Pittaluga <i>et al.</i> , 1980	Noreste	Tacuarembó	0.06
Pittaluga <i>et al.</i> , 1980	Noreste	Tacuarembó	0.11
Pittaluga <i>et al.</i> , 1980	Noreste	Tacuarembó	0.07
Pittaluga <i>et al.</i> , 1980	Noreste	Tacuarembó	0.03
Almirati y Peri, 1982	Noreste	Tacuarembó	0.13
Queirolo <i>et al.</i> , 1985	Noreste	Tacuarembó	0.14
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Centro	Florida	0.09
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Centro	Flores	0.11
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Centro	Flores	0.12
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Centro	Durazno	0.11
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Centro	Durazno	0.12
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Centro	Flores	0.16
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Centro	Flores	0.16
Risso, 1990	Centro	Florida	0.13
Risso, 1990	Centro	Florida	0.11

CUADRO 19a. CONTENIDO DE P EN PASTURAS DE DISTINTAS REGIONES (Resumen).

	Litoral N	Litoral S	Región Centro	Noreste	Este
Nro. de muestras	8	4	9	12	19
Media	0.12	0.16	0.12	0.10	0.14
Medias ajustadas ^{1,2}	0.12a	0.16a	0.13a	0.10a	0.14a
CV, % ³	47.5	38.4	20.5	33.5	47.5
Máximo	0.18	0.25	0.17	0.18	0.35
Mínimo	0.09	0.11	0.09	0.03	0.07

¹ Por referencia

² Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente ($P < 0.05$)

³ Coeficiente de variación

Las diferencias en contenido de P de las pasturas de las distintas regiones no



son significativas. Es difícil conciliar esta información con la del Cuadro 18a, en que existe una influencia muy importante del material madre, sabiendo que en cada región predominan determinados materiales madre. Esto en parte es explicable por la inclusión de 20 observaciones cuyo material madre o bien no está descrito o bien no cae en una de las categorías del Cuadro 18, por lo que no se incluye en el mismo: Pórfidos de Aiguá, Aluviones modernos, Formación Marina Entrerriana, Calizas lacustres del Queguay y Serra Geral. Es así que en cada región se verifica la presencia de varios materiales geológicos. En principio las diferencias entre regiones aparentan ser menos marcadas para el P que para el Ca.

IV.1.6. Composición botánica

La importancia de los factores genéticos es ilustrada por los resultados de Dougall y Bogdan (1958), citados por Underwood (1981), quienes encontraron contenidos de P de entre 0.05 y 0.37 % en 58 pastos africanos creciendo en el mismo suelo y muestreados en el mismo estado fenológico. En un estudio de Follett-Smith (1929), citado por Underwood (1981), el contenido de P de cuatro gramíneas cultivadas en los terrenos costeros de la Guayana Británica se situó entre 0.02 y 0.12 %. En el país varios autores estudiaron los contenidos de P de distintas especies. Sus resultados figuran en los Cuadros 20 y 20a:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 20. CONTENIDO DE P DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL SEGUN AUTORES.

Especie	Referencia					Media
	1	2	3	4	5	
Agrostis montevidensis		0.17				0.17
Andropogon argenteus		0.11				0.11
Andropogon saccharoides	0.07					0.07
Andropogon lateralis					0.14	0.14
Bromus inermis		0.10				0.10
Eleina indica		0.17				0.17
Eusina indica		0.36				0.36
Hordeum murinum		0.14				0.14
Medicago denticulata	0.20					0.20
Medicago maculata	0.17					0.17
Panicum crusgalli		0.19				0.19
Panicum sanguinalis		0.22				0.22
Paspalum larrañagai	0.15					0.15
Poa annua		0.30				0.30
Stipa neesiana		0.15				0.15
Schizachirium microstachium					0.13	0.13
Adesmia bicolor					0.18	0.18
Bromus auleticus			0.37	0.20		0.29
Bromus unioloides	0.12	0.18				0.15
Paspalum dilatatum	0.15	0.12		0.21		0.16
Poa lanigera					0.24	0.24
Stipa hyalina	0.04	0.23				0.13
ciperáceas				0.13		0.13
Chaptalia piloselloides					0.20	0.20
Eryngium nudicaule					0.20	0.20
Oxalis sp.					0.29	0.29
Bothriochloa laguroides				0.14	0.17	0.16
Chascolytrum subaristatum				0.11		0.11
Eragrostis lugens		0.12				0.12
Paspalum plicatulum			0.16	0.13	0.15	
Sporobolus sp.		0.09			0.16	0.13
Stipa papposa	0.04			0.17		0.11
Andropogon ternatus				0.16		0.16
Axonopus affinis					0.15	0.15
Axonopus compresus	0.11					0.11
Coelorhachis seloana				0.18		0.18
Paspalum notatum			0.19	0.20	0.20	
Piptochaesium stipoides				0.20	0.15	0.18
Setaria caespitosa	0.11	0.19				0.15
Stipa setigera				0.18	0.17	0.18
Trifolium polymorphum					0.18	0.18

¹ Yahn, 1933 ; ² Aguirre Arregui, 1936 ; ³ Olmos, 1983 ; ⁴ Carbajal *et al.*, 1987 ; ⁵ Invernizzi y Silveira, 1992.


CUADRO 20a. CONTENIDO DE P DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL AGRUPADAS POR FAMILIA, CICLO Y TIPO PRODUCTIVO.

	Nro. de muestras	Media	CV, %	Máx.	Mín.
<u>Familia</u>					
Gramíneas	35	0.17a ¹	42.7	0.47	0.06
Leguminosas	5	0.19a	15.4	0.24	0.17
Otras	5	0.19a	38.3	0.29	0.10
<u>Ciclo productivo</u>					
Invernales	21	0.20a ²	42.6	0.47	0.10
Estivales	20	0.15b	24.4	0.22	0.06
<u>Tipo productivo</u>					
Duros	2	0.13a ³	5.4	0.13	0.12
Ordinarios	6	0.14a	17.5	0.17	0.10
Tiernos	11	0.16a	23.7	0.24	0.10
Finos	6	0.19a	29.7	0.28	0.13
Malezas enanas	3	0.20a	3.5	0.20	0.19
<u>Todas</u>	49	0.18	39.7	0.47	0.07

¹ Medias con letras distintas dentro de Familia difieren (p=0.747)

² Medias con letras distintas dentro de Ciclo Productivo difieren (p=0.027)

³ Medias con letras distintas dentro de Tipo Productivo difieren (p=0.234)

El contenido mayor de P lo presentó la gramínea invernal *Bromus mollis* (Aguirre Arregui, 1936) seguido por *Eusina indica*, *Festuca Sciuroides*, *Oxalis sp.*, *Poa annua* y *Bromus auleticus* (Aguirre Arregui, 1936; Olmos, 1985; Carbajal *et al.*, 1987; Invernizzi y Silveira, 1992). Los menores contenidos aparecen en algunas gramíneas: *Andropogon saccharoides* (Yahn, 1933), *Axonopus compressus* (Yahn, 1933), *Bromus inermis* (Aguirre Arregui, 1936) *Chascolytrum subaristatum* (Carbajal *et al.*, 1987) y *Stipa papposa* (Carbajal *et al.*, 1987).

La media general de las especies estudiadas individualmente (.18 %) es mayor que la media general de los tapices (.13 %). Esto es en parte explicable por el hecho de que el 51.2 % de las especies estudiadas individualmente son invernales -la relación estival:invernal es prácticamente de 1 a 1, siendo que, como se observa en el Cuadro 18 las invernales poseen algo más de P. Un tapiz ficto conformado por las especies que se listan en el Cuadro 20 diferiría marcadamente de cualquier tapiz nativo real en relación a su composición botánica, y ello explica su mayor contenido medio en P.

En contraste con las marcadas diferencias entre familias que existen en relación al Ca no se observan diferencias significativas entre gramíneas, leguminosas y otras especies en relación al P. En contraposición, Thomas *et al.* (1952), citados por



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Underwood (1981), hallaron mayores contenidos de P en leguminosas (0.37 %) y otras especies (0.35 %) que en gramíneas (0.24 %). En cambio Irving (1964) sostiene que los niveles de P de las gramíneas son mayores que los de las leguminosas.

Se advierte una tendencia a aumentar el contenido de P, al pasar de especies duras y ordinarias a tiernas y finas, aunque las diferencias no son significativas.

En los Cuadros 21 y 21a se presenta la distribución estacional por especie del contenido de P:

CUADRO 21. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE P EN ESPECIES DE CAMPO NATURAL. Valores expresados como % relativo al contenido de P en Verano.

Especie	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Adesmia bicolor	147	123	107	100
Andropogon lateralis	188	181	188	100
Andropogon ternatus	200		180	100
Aristida uruguayensis			105	100
Axonopus affinis	155	173	114	100
Bothriochloa laguroides	153	220	204	100
Bromus auleticus	209	209	164	100
Chaptalia piloselloides	138	107	64	100
Chascolytrum subaristatum	82		109	100
ciperáceas		118	145	100
Coelorhachis selloana	123	127	108	100
Eustachis bahiensis	100	101	86	100
Medicago lupulina			145	100
Paspalum dilatatum	131	158	159	100
Paspalum notatum	153	174	144	100
Paspalum plicatulum	122	180	133	100
Piptochaetium stipoides	141	136	108	100
Schizachirium microstachium	138	188	169	100
Sporobolus indicus	100	123	100	100
Stipa papposa	155	182	173	100
Stipa setigera	142	158	121	100

CUADRO 21a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE P EN ESPECIES DE



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CAMPO NATURAL. Valores expresados como % relativo al contenido de P en Verano. (Resumen)

	Nro. de muestras	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
<u>Familia</u>					
Gramíneas	14 - 17	143	165	139	100
Leguminosas	1 - 2	147	123	126	100
Otras	1 - 2	138	113	105	100
<u>Ciclo productivo</u>					
Estivales	10 - 12	146	164	146	100
Invernales	7 - 9	139	145	120	100
<u>Tipo productivo</u>					
Duros	2	163	184	178	100
Ordinarios	5 - 6	118	161	134	100
Tiernos	6 - 9	152	148	130	100
Finos	3	162	163	143	100
Malezas	1	138	107	64	100
<u>Todas</u>	17 - 21	143	156	134	100

Se evidencia en primer término que, en contraposición a lo que ocurre con el Ca, las oscilaciones estacionales del contenido de P son mucho más amplias en el grupo de especies estudiadas individualmente que en el tapiz en su conjunto. Las causas de esta diferencia de comportamiento serían las mismas que se analizaron en el caso del Ca, es decir la no correspondencia entre el tapiz ficticio formado por las especies del Cuadro 21 y los tapices reales del Cuadro 14.

Se observan algunas diferencias entre familias en relación al contenido relativo de P en invierno, que es mucho mayor que el del verano en las gramíneas, y menos diferenciado en leguminosas y otras especies. Por otra parte, las estivales presentan picos invernales y primaverales más pronunciados que las invernales, lo que podría obedecer al hecho de que se encuentran en estado vegetativo en esas estaciones, en contraposición a lo que ocurre con las últimas.

Las especies de cada tipo productivo siguen curvas parecidas en sus contenidos de P relativos al verano, aunque las de las especies duras presentan los mayores máximos relativos. A su vez las malezas enanas son el único grupo que muestra una depresión primaveral en el contenido de P. Pero debe tenerse en cuenta que los datos corresponden a una sola especie (*Chaptalia piloselloides*).



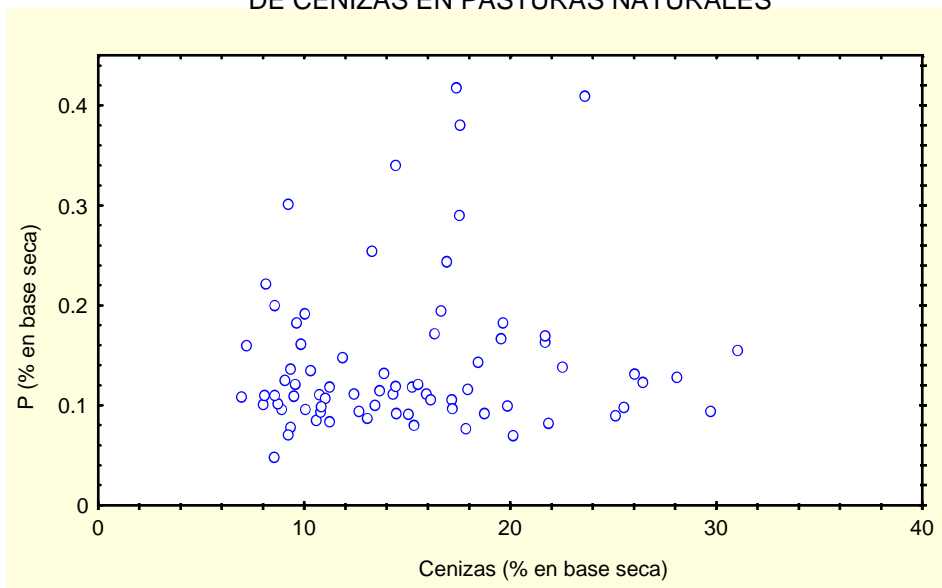
IV.1.7. Año de la observación

El contenido de P de las pasturas no presenta ninguna relación con el año de la determinación. Un modelo lineal explica apenas un 0.0405 % de la variación ($P=0.876$)

IV.1.8. Contenido de cenizas

La relación entre contenido de P y de cenizas en pasturas se observa en la **figura 16**. La correlación entre ambos parámetros es no significativa.

FIGURA 16. CONTENIDO DE P EN FUNCION DEL CONTENIDO DE CENIZAS EN PASTURAS NATURALES



IV.1.9. Método de corte

El método de corte de la pastura a los efectos de obtener la muestra para determinar P influye sobre los resultados que se obtienen. Los métodos de corte se separaron en cuatro: guadaña, mitad de altura, mitad de disponibilidad y "a la altura del pastoreo" (Cuadro 22):

CUADRO 22. CONTENIDO DE P SEGUN METODO DE CORTE DE LA MUESTRA.



Tipo de corte	Nro. de muestras	media	CV,%
Guadaña	84	0.14	52.0
A mitad de altura	24	0.13	18.1
A mitad de disponibilidad	18	0.14	24.6
A la altura del pastoreo	18	0.18	15.3

Median test (Levene: P = .057): P = .002

Puede suponerse que el corte a la mitad de disponibilidad recoja más MS que el corte a mitad de altura en virtud de la mayor densidad de MS de los estratos inferiores, por lo que levantaría material más maduro. No obstante, los contenidos de P que se obtienen con ambos tipos de corte prácticamente no difieren. En el trabajo de Gómez Haedo y Amorín (1982), en que se utilizó el corte "a la altura del pastoreo" las disponibilidades de MS fueron bajas (de 234 a 564 kg./ha), lo que permitiría suponer que la proporción de rebrotes fue importante, y esto podría contribuir a explicar el mayor contenido de P. Como los resultados fueron analizados por un método no paramétrico no se incluyó la referencia como una covariable, y puede haber un "efecto trabajo" envuelto (de existir difícilmente se relacione con la metodología de laboratorio, ya en el único caso que se trabajó con una técnica diferente fue en los trabajos de Spangenberg (1941, 1944 a,b).

IV.1.10. Fertilización

La fertilización con P aumenta el contenido de P de las pasturas, directamente al elevar el contenido de P de cada especie en particular e indirectamente al cambiar la composición botánica del tapiz favoreciendo a aquellas especies de mayor contenido (Reid y Jung, 1974, citados por Frick, 1976). Según Paladines *et al.* (1965), citados por Frick (1976), el contenido de leguminosas de una pradera natural del departamento de Colonia aumentó de 5 a 25 % luego de un agregado de 60 kg. de P₂O₅, y a 49 % tras una segunda aplicación. En trabajos realizados en La Estanzuela por De León (1963), Schiersmann (1965) y Castro (1976) se comprobaron aumentos considerables en el contenido de P del forraje al fertilizar (Frick, 1976).

Risso (1990) informa un contenido de P de 0.11 % para un campo natural sobre Cristalino y 0.16 % para el mismo campo fertilizado. Gómez Haedo y Amorín (1982) trabajaron con un tapiz que había sido fertilizado con 150 kg. de superfosfato por hectárea. Sin embargo la media de sus determinaciones de P (0.13 %) es casi igual a la media general de todas las referencias (0.12 %), a pesar de que este trabajo se desarrolló en un suelo sobre Yaguará, que tendería a tener un tenor de P superior a la media (IV.1.5.).

Por su parte Olmos (1981) trabajó con *Bromus auleticus* también sobre un



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

suelo fertilizado; evaluó solamente esta especie, por lo que sus resultados no son comparables con la media general de los tapices estudiados. De todos modos, el valor reportado por este autor (0.37 %) es muy superior a la media general.

IV.1.11. Modelos multivariados

Los modelos construidos son:

- Modelo "conservador":

N=245; $R^2=.0727$ (P=.000);

Error estándar de la estimación=.0545

Porcentaje de la variación explicado por:

Región - 5.31 % (P=.000; tolerancia=.9526)

Fertilización - 1.32 % (P=.066; tolerancia=.9013)

Año - 0.642 % (P=.198; tolerancia=.9435)

Variable(s) fuera: Referencia, estación

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	0.277	-0.106
Residual estandarizado	0.000	5.075	-1.937
Distancia Mahalanobis	2.916	15.636	0.403
Deleted residual	0.000	0.281	-0.107
Distancia Cook	0.00317	0.108	0.000

Durbin - Watson d: 0.908; correlación serial=.509

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

- Modelo "audaz":

N=30; $R^2=.4006$ (P=.004);

Error estándar de la estimación=.0467

Porcentaje de la variación explicado por:

Textura - 16.44 % (P=.027; tolerancia=.968)

Temperatura de secado - 10.36 % (P=.0614; tolerancia=.559)



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Año - 13.26 % (P=.0239; tolerancia=.5522)

Variable(s) fuera: Referencia, estación, región, material madre, fertilización, método de corte, temperatura de secado de la muestra, ubicación topográfica.

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	0.317	-0.119
Residual estandarizado	0.000	6.782	-2.540
Distancia Mahalanobis	2.521	5.968	0.011
Deleted residual	0.000	0.362	-0.130
Distancia Cook	0.064	3.088	0.000

Durbin - Watson d: 0.748; correlación serial=.585

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal da alguna indicación sobre la existencia de relaciones cuadráticas, o inclusive de mayor orden.

- Tercer modelo:

N=126; $R^2=.1874$ (P=.000)
Error estándar de la estimación=.0512

Porcentaje de la variación explicado por:

Textura - 16.44 % (P=.000; tolerancia=.999)
Fertilización - 2.31 % (P=.064; tolerancia=.999)

Variable(s) fuera: Referencia, textura, material madre, temperatura de secado de la muestra, ubicación topográfica, año, región, tipo de corte, estación.

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	0.285	-0.095



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Residual estandarizado	0.000	5.568	-1.854
Distancia Mahalanobis	1.431	11.393	0.000
Deleted residual	0.000	0.288	-0.096
Distancia Cook	0.0057	0.179	0.000

Durbin - Watson d: 0.907; correlación serial=.505

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

El primer modelo, siendo el más sólido en relación a la estabilidad de los coeficientes, explica poco. La región, que es la variable que explica más en este modelo, no tiene efecto cuando se corre el análisis con todas las variables posibles. El segundo modelo explica la variación mejor que el tercero, pero el número de observaciones que involucra es bajo. Los parámetros de este modelo son menos estables que los del tercero. Se concluiría que la textura, y en segundo lugar la fertilización, son, de los factores analizados, los que más influyen sobre el contenido de P de las pasturas naturales. El material madre, a pesar de tener un efecto significativo cuando es estudiado como única variable independiente, no aparece en el modelo multivariado debido a que seguramente colinea con la textura, que sería el factor de más importancia. En relación a la fertilización, la bondad que tenga el modelo en adaptarse a la realidad estará evidentemente influida por la relación de las dosis de P por hectárea reales a las dosis de los ensayos con los que se construyó el modelo (en el caso de Risso, 1990, no se especifica. En el caso de Gómez Haedo y Amorín, 1982, son 150 kg. de superfosfato por hectárea) y el tiempo transcurrido desde su aplicación. Evidentemente el peso de esta variable sobre el contenido de P de los tapices vegetales puede aumentar grandemente si se incrementan las dosis de fertilizantes fosfatados.

Si bien es claro que el contenido de P de las pasturas disminuye pronunciadamente con la madurez, ni la estación del año ni la disponibilidad de MS aparecen como factores importantes en alguno de los modelos.

IV.2. Status nutricional de animales sin suplementar

IV.2.1. Contenido de P en pasturas y requerimientos animales



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

En el Cuadro 23 se observa el porcentaje de las muestras estudiadas que cubriría los requerimientos de P de cada categoría de vacunos de carne y ovinos (NRC, 1975, 1976):

CUADRO 23. PORCENTAJE DE LAS MUESTRAS QUE CUBRE LOS REQUERIMIENTOS DE P DE VACUNOS Y OVINOS.

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
VACUNOS				
Vacas de cría	6.3	17.6	2.9	0.0
Terneros	2.1	3.5		
Vaquillonas preñadas	6.3	8.2		
Toros	6.3	17.6	27.5	15.7
Novillos 200 kg	6.3	8.2	8.7	0.0
OVINOS				
Ovejas de cría	6.3	5.9	0.0	0.0
Corderos	6.3	5.9		0.0
Borregas	6.3	5.9	5.8	0.0
Mantenimiento	4.2	4.7	2.9	0.0
Carneros	10.4	17.6	34.8	17.6

De acuerdo a lo que se observa, una mínima parte de las muestras de tapices de campo natural alcanza a cubrir los requerimientos de las diferentes categorías de bovinos de carne y ovinos. Más allá de algunas discrepancias entre (NRC, 1975, 1976) y ARC (1980) en cuanto a requerimientos, la deficiencia de P es generalizada, abarcando incluso a las categorías de menores requerimientos. McDowell y Conrad (1977) colocan a Uruguay dentro de los países en que ocurren deficiencias de P.

El coeficiente de variación entre especies del contenido de P no es de los más altos (IV.1.6.), 39.7 %. Las especies de mayor calidad, que son las más apetecidas tienden a poseer contenidos mayores -aunque las diferencias no son significativas -, y también es algo mayor en las malezas enanas, abundantes en tapices degradados por sobrepastoreo. Puede esperarse entonces que el tenor de P de la dieta sea algo mayor que el de la pastura. Si bien las invernales tienen significativamente más P que las estivales (Cuadro 18), las diferencias no son tan marcadas, por lo que las posibilidades de selección no proceden solamente de las primeras. Por lo tanto, en tapices reales, con porcentajes de especies invernales menores, los animales tendrían de todas maneras un margen para aumentar en algo el contenido de P de la dieta a través de la selección de especies de mayor calidad. Debido a la imprecisión de las técnicas de simulación del pastoreo y a los problemas generados por la contaminación salival en animales con fístula esofágica, es difícil cuantificar la magnitud de este efecto. Al existir una correlación positiva entre contenidos de P y PC, puede suponerse que si el animal es exitoso seleccionando una dieta de mayor tenor proteico (lo cual fue comprobado por Trujillo *et al.*, 1988), el P consumido será



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

más alto que el que surgiría de tenerse en cuenta solamente su contenido en la pastura, especialmente en el caso de los ovinos, y cuanto más diversa es la dieta en cuanto a especies y mayor es la disponibilidad de forraje (Frick, 1976).

El P fítico es bien utilizado por los microorganismos ruminales, por lo que su presencia no influiría sobre la biodisponibilidad del mineral (AFRC, 1988). Aunque Cohen (1976), citado por Frick (1976), considera que podría existir una interrelación entre la disponibilidad de P bajo formas fíticas y la relación Ca:P, la que podría ser causa de la menor utilización del P de las pasturas viejas en invierno, debido a alta proporción de P como fitatos, alta relación Ca:P y baja cantidad de P total.

La absorción de P puede disminuir en presencia de niveles excesivos de Ca (Grace, 1983), aunque esto pierde importancia en presencia de un nivel adecuado de vitamina D (Maynard *et al.*, 1981). Otros minerales como Fe, Al, Mg, Cu y Mo pueden también interferir con la absorción de P (Church, 1974; Cohen, 1976, citados por Frick, 1976).

La absorción de P puede aumentar cuando su consumo es insuficiente, contribuyendo en algo a reducir la deficiencia (Grace, 1983).

Preston y Willis (1974) y Cohen (1976), citados por Frick (1976), refieren una experiencia australiana en la que la disponibilidad del P decrecía en terneros infectados por *Ostertagia* spp. En el período inmediato al destete en el Uruguay suelen coincidir el escaso tenor de P en las pasturas y su escasa biodisponibilidad con el parasitismo (Frick, 1976).

IV.2.2. Contenido de P en tejidos

Los 71 valores encontrados de fosfatemia de vacunos y ovinos sin suplementar pastoreando campo natural (Rubino, 1946a; Cuenca *et al.*, 1981; Almirati y Peri, 1982; Arroyo y Mauer, 1982; Gómez Haedo y Amorín, 1982; Barrios *et al.*, 1984; Fernández Liñares, 1985; Barros Vidal, 1987; Uriarte *et al.*, 1988; Sosa, 1990; Orcasberro y Alonso, 1991) presentaron una media 5.1 mg de P inorgánico /100 ml de plasma (3.1 a 10.1 mg/100 ml; C.V.=27.4 %). Coincidentemente con Underwood (1981), se observa más variación en los niveles sanguíneos de P que en los de Ca. Grace (1983) refiere que los niveles normales en vacunos y ovinos se encuentran entre 4 y 6.5 mg/100 ml de plasma. De las muestras estudiadas, un 16.9 % alcanzó o superó el valor superior y un 18.3 % no alcanzó el valor inferior.

Los modelos multivariados construidos para intentar explicar los factores que afectan la fosfatemia son:



- Modelo "conservador":

N=71; $R^2=0.1426$ (P=.036);
Error estándar de la estimación=1.338

Porcentaje de la variación explicado por:
Estación - 7.10 % (P=.025; tolerancia=.9461)
Especie - 3.31 % (P=.118; tolerancia=.4894)
Región - 2.46 % (P=.174; tolerancia=.4667)
Año - 1.40 % (P=.304; tolerancia=.8788)

Variable(s) fuera: Referencia

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	4.059	-2.160
Residual estandarizado	0.000	3.034	-1.615
Distancia Mahalanobis	3.944	10.858	0.993
Deleted residual	0.0070	4.477	-2.222
Distancia Cook	0.0147	0.209	0.000

Durbin - Watson d: 1.801; correlación serial=0.0982

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados podría sugerir la existencia de relaciones cuadráticas.

- Modelo "audaz":

N=49; $R^2=0.4925$ (P=.000);
Error estándar de la estimación=1.085

Porcentaje de la variación explicado por:

Fertilización - 18.32 (P=.002; tolerancia=.4339)
Material madre - 14.24 % (P=.003; tolerancia=.5533)
Especie - 6.74 % (P=.027; tolerancia=.3700)
Año - 3.62 % (P=.118; tolerancia=.6980)
Estación - 2.57 % (P=.158; tolerancia=.8551)
Región - 2.31 % (P=.206; tolerancia=.4198)
Estado fisiológico - 1.45 % (P=.286; tolerancia=.5921)



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Variable(s) fuera: Referencia

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	4.903	-2.719
Residual estandarizado	0.000	4.521	-2.507
Distancia Mahalanobis	7.091	14.413	3.097
Deleted residual	0.0079	5.935	-3.712
Distancia Cook	0.0409	0.650	0.000

Durbin - Watson d: 1.641; correlación serial=0.1779

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal presenta un ajuste aceptable a una recta.

- Tercer modelo:

N=49; $R^2=.3326$ (P=.001)
Error estándar de la estimación=1.201

Porcentaje de la variación explicado por:

Fertilización - 18.32 % (P=.002; tolerancia=.7410)
Región - 5.67 % (P=.071; tolerancia=.4330)
Especie - 4.22 % (P=.111; tolerancia=.4917)
Estación - 5.05 % (P=.075; tolerancia=.9225)

Variable(s) fuera: Referencia, año

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	4.486	-2.073
Residual estandarizado	0.000	3.736	-1.726
Distancia Mahalanobis	3.692	9.439	0.707
Deleted residual	0.0048	4.828	-2.648



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Distancia Cook 0.0212 0.229 0.000

Durbin - Watson d: 1.952; correlación serial=.0225

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la posibilidad de relaciones cuadráticas.

Comparada con la calcemia, la fosfatemia es explicada por los factores estudiados en mucho menor grado. El primer modelo explica muy poco y no se muestra apreciablemente más estable que los otros dos. Los factores que más explican la fosfatemia son la fertilización y el material madre. Esto constituye otra diferencia con la calcemia, en que los factores de mayor peso resultaron ser aquellos asociados al animal.

Los animales que pastorearon campos naturales fertilizados (Gómez Haedo y Amorín, 1982) mostraron tenores de fosfatos en sangre significativamente más altos que aquellos que pastorearon campos sin fertilizar: 6.7 vs. 4.8 mg/100 ml de plasma. Pittaluga *et al.* (1980) también comprobaron mayores fosfatemias en vientres que pastoreaban campos fertilizados en la zona de Areniscas en relación a aquellos que lo hacían en campos sin fertilizar.

Los efectos del material madre sobre la fosfatemia se observan en el Cuadro 24:

CUADRO 24. FOSFATEMIA SOBRE DISTINTOS MATERIALES MADRE

	Nro. de muestras	mg P/100 ml ¹	CV, %
Areniscas	8	5.825	18.4
Cristalino	25	4.775	18.0
Basalto	9	5.988	38.4
Cretácico	6	3.818	24.2
Yaguari	13	5.568	27.2
Fray Bentos	4	4.950	23.2

¹ Kruskal - Wallis ANOVA: P = .029

A pesar de las diferencias que se aprecian, no es clara la relación con el contenido de P de las pasturas (IV.1.5.). Si bien los materiales sobre Cretácico son sumamente bajos en P y coincidentemente se observan en este caso fosfatemias bajas, lo contrario ocurre con Areniscas, que se encuentra dentro de las fosfatemias más altas. Similarmente, las pasturas sobre Fray Bentos presentan los mayores contenidos de P y en cambio las fosfatemias encontradas no son de las más altas.

Las diferencias entre vacunos y ovinos no resultaron significativas (Mann-Whitney U test: P=.447).



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

Se encontraron 19 valores de contenido de P en cenizas de hueso de vacunos sin suplementar (Cuenca *et al.*, 1981; Arroyo y Mauer, 1982, Barrios *et al.*, 1984; Fernández Liñares *et al.*, 1985). Todas las muestras fueron extraídas de la penúltima costilla. El contenido medio de P resultó de 17.7 % (15.9 a 19.1 %; C.V.=5.4 %). Un 47.4 % de las referencias superó el valor de 17.6 % considerado por Conrad *et al.* (1982), citados por Alonso *et al.* (1982), como normal. Un 73.7 % de las referencias superó el 17 % considerado como normal por Maynard *et al.* (1981).

Al igual que lo que ocurre con relación al Ca, cuando se intenta elaborar modelos multivariados para explicar el contenido de P en las cenizas de hueso el año es la principal variable explicativa, siendo sustituida por la referencia cuando no se tiene en cuenta. Se concluye entonces que hay un fuerte efecto experimento en los resultados. Cuando ambas variables no se tienen en cuenta se obtiene un modelo que explica un 51.3 % de la variación en el contenido de P de las cenizas de hueso ($P=.030$), donde el material madre explica un 33.0 % de la variación ($P=.022$), la estación un 12.0 % ($P=.118$) y el estado fisiológico un 6.3 % ($P=.237$). No es de extrañar que las principales variables -año y referencia - que afectan los contenidos de Ca y P en el hueso coincidan, ya que su relación se mantiene constante en el tejido óseo. No es explicable en cambio que un modelo sin estas variables explique solamente un 10.7 % ($P=.853$) de la variación del contenido de Ca en las cenizas de hueso (III.2.2.) y un 51.3 % ($P=.030$) de la variación en el contenido de P en las mismas.

Se determinó un efecto significativo del material madre cuando fue estudiado en forma aislada (Cuadro 25):

CUADRO 25. VARIACION DEL CONTENIDO DE P EN LAS CENIZAS DE HUESO SEGUN MATERIAL MADRE.

	Nro. de muestras	Media (%) ¹	CV, %
Cristalino	5	16.84	3.32
Basalto	1	16.80	
Cretácico	6	18.55	1.29
Yaguari	3	17.67	5.55

¹ Median test (Levene: $P = .115$): $P = .006$

Si bien se verifican diferencias muy significativas en el contenido de P en los

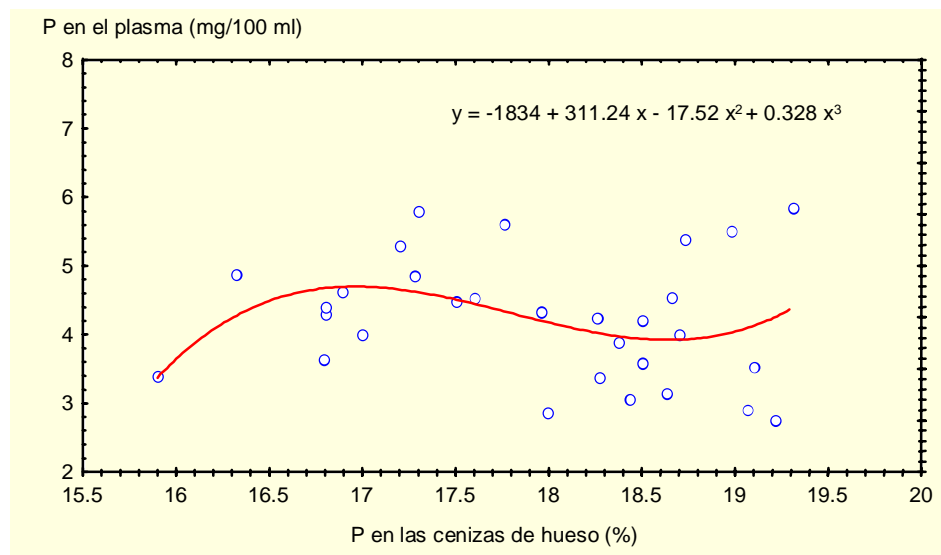


huesos de vacunos pastoreando campos sobre distintos materiales madre, éstas no parecen vincularse con los contenidos de P de las pasturas (IV.1.5.). Los valores más altos corresponden a animales pastoreando campos sobre Cretácico, cuyas pasturas en realidad presentaron tenores de P de los más bajos. Esta falta de relación coincide con lo que se observa en lo atinente a la fosfatemia. No es de descartar no obstante, dado el bajo número de observaciones, que el efecto del material madre enmascare una colinealidad con la referencia. La significación de la misma como covariable no pudo detectarse al emplearse un método no paramétrico.

No se detectaron efectos significativos (ANOVA: $P=0.880$) de la estación del año cuando fue estudiada aisladamente.

La fosfatemia se mostró como relativamente independiente del contenido de P de las cenizas de hueso (figura 17).

FIGURA 17. FOSFATEMIA EN FUNCION DEL CONTENIDO DE P EN LAS CENIZAS DE HUESO



De los modelos evaluados el mejor ajuste lo presentó un modelo cúbico, que explicó un 13.9 % de la variación ($P < 0.10$). Aunque la fosfatemia no está tan bien regulada desde el punto de vista endocrinológico como la calcemia, y por lo tanto hay cierta respuesta al aumento de los niveles de P en la dieta (Maynard *et al.*, 1981), se produce también un incremento en la resorción del P por parte de esqueleto al aumentar la absorción intestinal de P (Grace, 1981, citado por Grace, 1983). El esqueleto actúa entonces como un depósito de Ca y P que amortigua las fluctuaciones en el plasma. Es necesario que la deficiencia alimenticia se prolongue durante algunas semanas o meses para observar una caída de los niveles sanguíneos a 2 - 3 mg/100 ml (Underwood, 1981). Cohen (1973), citado por Frick



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

(1976), encontró que el contenido de fosfatos en el plasma aparecía totalmente desvinculado de su contenido en el esqueleto.

La relación de Ca a P en el hueso es constante; sin embargo, el contenido de P en cenizas de hueso explicó solamente un 45.2 % de su contenido de Ca. Factores inherentes a cada experimento podrían ser causa de las variaciones inexplicadas.

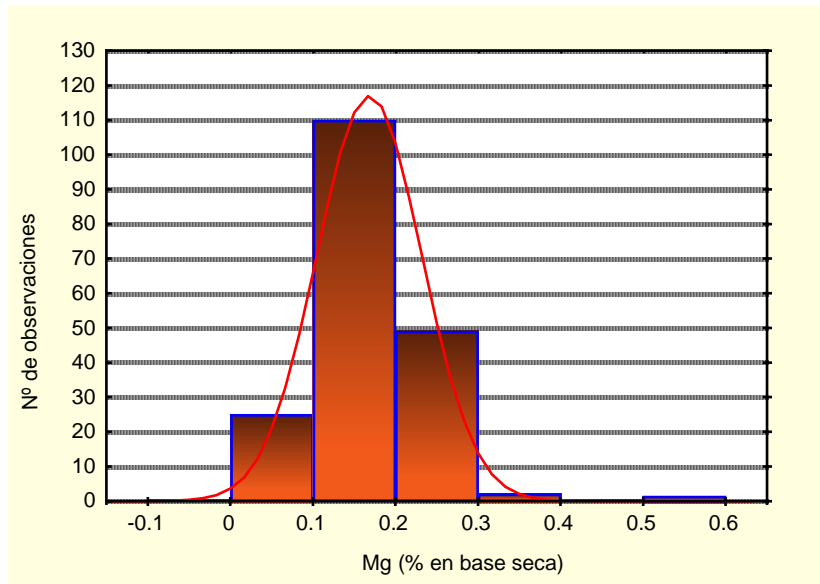
Al igual que lo que ocurre con el contenido de Ca en las cenizas de hueso, se considera cuestionable que el contenido de P en las mismas -en lugar de en el órgano entero (Rubino, 1946a,b)- sea una herramienta idónea para caracterizar el status nutricional de este mineral.

V. MAGNESIO

V.1. Factores que influyen en el contenido de Mg de las pasturas

La media de 184 observaciones del contenido de Mg de pasturas naturales uruguayas publicadas en la literatura fue de 0.17 % de la MS (0.04 a 0.33 %; C.V.=38.3 %; figura 18). Orcasberro y Alonso (1990), basados en resultados 526 muestras de varios autores (Spangenberg *et al.*, 1941; Spangenberg, 1994, Nores, 1944; Cuenca *et al.*, 1981; Sosa y Guerrero, 1983; Fernández *et al.*, 1988; Alonso, sin publicar), reportan un contenido medio de Mg de 0.19 % (0.07 a 0.58 %).

FIGURA 18. CONTENIDO DE Mg DE PASTURAS NATURALES URUGUAYAS





Estos valores son inferiores a los reportados por Smith y Cornforth (1982) para la Isla Norte en Nueva Zelanda: 0.24 % de la MS (0.10 a 0.60 %; C.V.=20.8 %). De acuerdo con Metson (1974), citado por Grace (1983), la amplia variación en los niveles de Mg en las pasturas es la resultante de diferencias de suelos, variación estacional, cambios en la composición botánica y fertilización.

V.1.1. Variación estacional

En los Cuadros 26 y 26a se presenta la variación estacional del contenido de Mg reportada por distintos autores, llevada a una base relativa con respecto al contenido en verano:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 26. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Mg EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido en Verano y expresados como %Mg en base seca entre paréntesis.

Referencia	Departamento	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nores, 1944	Rocha		113 (.12)	69 (.07)	100 (.10)
Nores, 1944	Rocha		99 (.13)	78 (.10)	100 (.13)
Nores, 1944	Rocha	76 (.15)	71 (.14)	60 (.12)	100 (.20)
Nores, 1944	Rocha	78 (.09)	59 (.06)	55 (.06)	100 (.11)
Nores, 1944	Soriano	134(.12)	159 (.15)	87 (.08)	100 (.09)
Nores, 1944	Salto	74 (.10)	70 (.10)	77 (.11)	100 (.14)
Nores, 1944	Salto	111(.11)	159 (.16)	82 (.08)	100 (.10)
Nores, 1944	Paysandú	124(.10)	199 (.16)	73 (.06)	100 (.08)
Nores, 1944	Paysandú	108(.12)	153 (.18)	97 (.11)	100 (.11)
Nores, 1944	Rivera	91(.12)	77 (.10)	96 (.13)	100 (.13)
Nores, 1944	Río Negro	94(.11)	69 (.08)	77 (.09)	100 (.12)
Nores, 1944	Durazno	95(.14)	120 (.17)	78 (.11)	100 (.14)
Nores, 1944	Durazno	54(.09)	59 (.10)	59 (.09)	100 (.17)
Nores, 1944	Cerro Largo	67(.07)	87 (.09)	95 (.10)	100 (.11)
Nores, 1944	Treinta y Tres	86(.10)	67 (.08)	67 (.08)	100 (.12)
Nores, 1944	Artigas	105(.16)	143 (.22)	78 (.12)	100 (.15)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	86 (.18)			100 (.21)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	90 (.19)			100 (.21)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	135 (.23)			100 (.17)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	88 (.22)			100 (.25)
Fernández <i>et al.</i> , 1982	todo el país	100 (.21)	76 (.16)	100 (.21)	100 (.21)
Arroyo y Mauer, 1982	Cerro Largo		80 (.20)	100 (.25)	
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo		77 (.17)	91 (.20)	100 (.22)
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo		67 (.16)	83 (.20)	100 (.24)
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	118 (.28)		90 (.22)	100 (.24)
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	118 (.29)		96 (.24)	100 (.25)
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	Río Negro	108 (.17)		98 (.15)	100 (.16)

CUADRO 26a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Mg EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido en Verano (Resumen).

	ESTACION			
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nro. de muestras	22	19	23	27
Media	97	102	81	100
CV, %	22.0	41.5	16.3	
Máximo	135	199	100	
Mínimo	54	59	55	

Se observa que promedialmente las variaciones del contenido de Mg entre estaciones son de poca magnitud, con alguna depresión en primavera. De acuerdo con Underwood (1981), los niveles de Mg disminuyen, en la mayor parte de las ocasiones, al madurar las plantas. Allcroft (1954), citado por Underwood (1981),

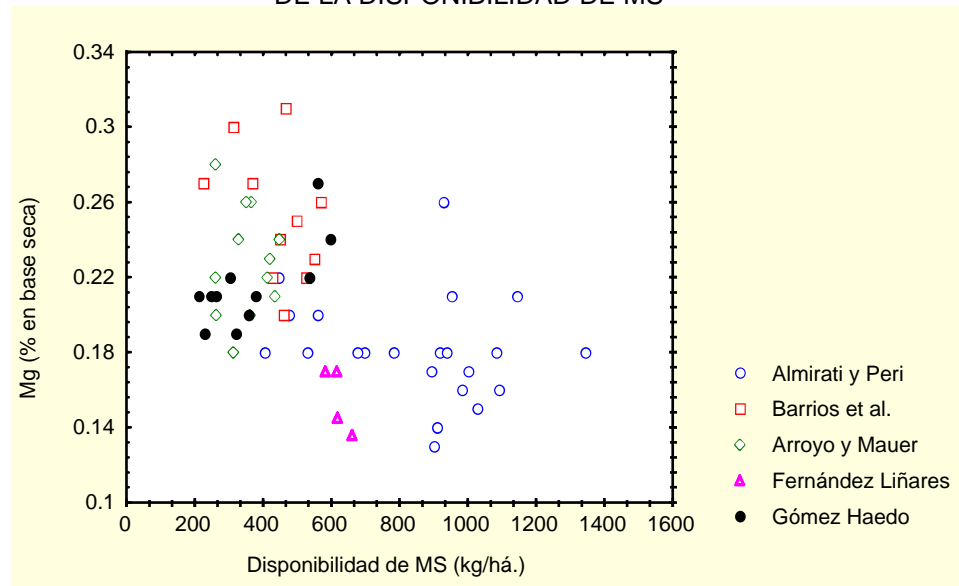


señala que el contenido de Mg en pastos ingleses descendió en los primeros días de primavera. Grace (1993) sostiene que los menores niveles de Mg ocurren en el invierno tardío y la primavera, pudiendo la diferencia con los niveles otoñales situarse entre 20 y 50 %. En los resultados de relevamientos de praderas uruguayas que figuran en el Cuadro 21 las diferencias parecen ser menos marcadas.

V.1.2. Disponibilidad de MS

Se encontró una correlación lineal significativa ($P=.000$) pero débil ($R^2=.1149$) entre contenido de Mg y disponibilidad de MS (figura 19).

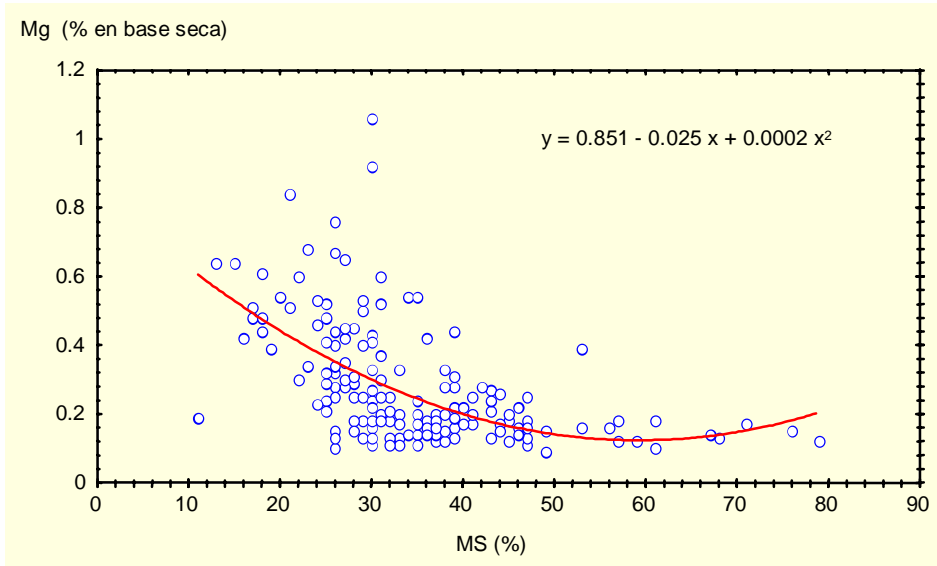
FIGURA 19. CONTENIDO DE Mg DE TAPICES EN FUNCION DE LA DISPONIBILIDAD DE MS



De acuerdo a esta relación por cada 1000 kg./ha de incremento en la disponibilidad de MS el contenido de Mg de las plantas caería 0.03 %. Este comportamiento podría estar explicado por la maduración de la planta. En 186 muestras estudiadas por Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) se encontró que aquellas en estado vegetativo (0.29 %) presentaban contenidos de Mg ligeros pero significativamente (Mann-Whitney U test: $P=.0344$) mayores que aquellas en estado reproductivo (0.25 %). El contenido de Mg bajaba al aumentar el tenor de MS, siendo la relación cuadrática ($R^2=.3222$; $P<.001$; figura 20).



FIGURA 20. CONTENIDO DE Mg DE TAPICES NATIVOS
EN FUNCION DEL CONTENIDO DE MS



En cambio, a partir de los resultados de Spangenberg *et al.* (1941) y Nores (1944) se encontró una correlación no significativa ($R^2=.02416$; $P=.158$) entre los contenidos de MS y Mg. En la figura 19 se aprecia que las observaciones correspondientes a los trabajos de Arroyo y Mauer (1982), Gómez Haedo y Amorín (1982) y Barrios *et al.* (1984), tienden a ubicarse encima de la curva, ocurriendo lo opuesto con las observaciones de Fernández Liñares *et al.* (1985). No parece que la temperatura de secado de las muestras usadas para determinar composición química (Cuadro 2) explique las diferencias, ya que solamente Gómez Haedo y Amorín (1982) trabajaron con una temperatura más alta que los demás. Por otro lado las mayores temperaturas de secado en la determinación de disponibilidad de MS deberían dar valores de disponibilidad menores, con lo que esas observaciones tenderían a situarse por debajo de la curva. En realidad ocurre todo lo contrario, ya que las observaciones que tienden a situarse por encima de la curva son las de aquellos trabajos que utilizaron temperaturas más altas para secar las muestras destinadas a medir composición química.

La metodología de corte utilizada para tomar muestras para medir disponibilidad de MS (Cuadro 3) tampoco parece haber influido sobre la situación de las observaciones de unos y otros trabajos. Las observaciones de los trabajos donde se cortó al ras se sitúan en algunos casos (Arroyo y Mauer, 1982, Barrios *et al.*, 1984) por encima de la curva, y en otros (Fernández Liñares *et al.*, 1985) por debajo. Lo mismo ocurre con la metodología de corte para determinar composición química. El corte de la mitad del forraje disponible (Barrios *et al.*, 1984 y Fernández Liñares *et al.*, 1985) podría recoger material más maduro que el corte a media altura (Arroyo y



Mauer, 1982). Sin embargo, los grupos de observaciones correspondientes a cada trabajo no se sitúan por encima y por debajo de la curva de acuerdo con este criterio.

Cuando se estudia la relación entre disponibilidad de MS y contenido de Mg por estación, se observa que si bien en las cuatro estaciones tomadas aisladamente las correlaciones son significativas (R^2 invierno=.096, $P=.049$; R^2 primavera=.2578, $P=.001$; R^2 verano=.1318, $P=.041$) o están próximas a ello (R^2 otoño=.1148, $P=.105$), el comportamiento invernal es opuesto al que tiene lugar en las demás estaciones, verificándose un incremento en el tenor de Mg al aumentar la disponibilidad de MS.

V.1.3. Ubicación topográfica

En los Cuadros 27 y 27a se observa una recopilación de resultados de contenido de Mg en pasturas naturales de acuerdo con su ubicación topográfica en cuchilla o bajo:

CUADRO 27. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE Mg (% EN BASE SECA) DE PASTURAS NATURALES MUESTREADAS EN DISTINTOS DEPARTAMENTOS Y ESTACIONES DEL AÑO.

Referencia	Departamento	Estación	Cuchilla	Bajo
Nores, 1944	Rocha	Verano	0.11	0.13
Nores, 1944	Rocha	Invierno	0.12	0.13
Nores, 1944	Rocha	Primavera	0.07	0.11
Nores, 1944	Rocha	Otoño	0.09	0.16
Nores, 1944	Rocha	Invierno	0.07	0.15
Nores, 1944	Rocha	Verano	0.12	0.21
Nores, 1944	Rocha	Primavera	0.06	0.12
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Rocha	Verano	0.17	0.18
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Verano	0.25	0.24
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Verano	0.17	0.18
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	Verano	0.17	0.25
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Otoño	0.18	0.19
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	Otoño	0.23	0.22
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	0.18	0.20
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	0.22	0.17
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	0.19	0.23
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Primavera	0.23	0.25
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Primavera	0.20	0.22
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Verano	0.26	0.25
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Verano	0.22	0.24
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Otoño	0.30	0.27
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Otoño	0.27	0.31

CUADRO 27a. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE Mg (% EN BASE SECA) DE PASTURAS NATURALES (Resumen).



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

	Cuchilla	Bajo
Nro. de muestras	22	22
Media ¹	0.18b	0.20a
CV ² , %	39.1	26.7
Máximo	0.30	0.30
Mínimo	0.06	0.11

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente ($p=0.1$)

² Coeficiente de variación

Los tapices de los bajos presentaron un contenido de Mg ligera pero significativamente mayor que los de las cuchillas. Concordantemente, de los resultados de Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) surgen diferencias significativas (Median test: Chi-square=18.79; $P=.000$) en el contenido de Mg en la media de varias especies de cuatro tipos de suelo de Basalto diferenciados por su posición topográfica, profundidad y color del horizonte A (Cuadro 28):

CUADRO 28. CONTENIDO MEDIO DE Mg DE VARIAS ESPECIES DE PASTURAS NATURALES EN CUATRO SUELOS SOBRE BASALTO

Suelo	% Mg
Litosol rojo	0.23
Litosol negro	0.28
Brunosol	0.38
Vertisol	0.20

El tapiz sobre brunosol, que es un suelo preponderantemente de bajos, presenta mayores contenidos de Mg que los litosoles. Las frecuencias de aparición de cada especie muestreada varían entre los cuatro suelos. Por ejemplo, la leguminosa *Adesmia bicolor*, especie con alto contenido de Mg (ver III.3.9.), fue muestreada solamente en los suelos M y N, que son los que tuvieron mayor contenido del mineral. El cardo *Eryngium nudicaule*, también de alto contenido en Mg, no se muestreó en el suelo L, que es el que tuvo el menor porcentaje del nutriente. *Trifolium polymorphum* se muestreó solamente en el suelo M, etc. Sin embargo, el Mg fue el único mineral para el cual tres especies -*Paspalum notatum*, *Stipa setigera* y *Eryngium nudicaule*- presentaron diferencias significativas ($P<.01$, $P<.05$ y $P<.05$ en el orden anterior) en relación a su contenido de Mg al ser muestreadas en distintos suelos. Entonces, si bien las diferencias en frecuencia de muestreo de las distintas especies contribuirían a las diferencias entre suelos, habría un efecto propio del tipo de suelo que podría relacionarse con la ubicación topográfica.

V.1.4. Textura



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

En los Cuadros 29 y 29a se puede observar el contenido de Mg de muestras provenientes de suelos livianos y pesados:

CUADRO 29. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE Mg DE PASTURAS NATURALES SEGUN AUTORES Y POR DEPARTAMENTO.

Referencia	Departamento	% Mg
<u>Texturas pesadas</u>		
Nores, 1944	Soriano	0.11
Nores, 1944	Salto	0.11
Nores, 1944	Río Negro	0.10
Almirati y Peri, 1982	Paysandú	0.19
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo	0.19
<u>Texturas livianas</u>		
Nores, 1944	Salto	0.11
Nores, 1944	Paysandú	0.13
Nores, 1944	Rivera	0.12
Fernández <i>et al.</i> , 1982	varios	0.18
Almirati y Peri, 1982	Tacuarembó	0.18
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo	0.20

CUADRO 29a. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE Mg DE PASTURAS NATURALES (Resumen).

	Textura	
	Pesada	Liviana
Nro. de muestras	5	6
Media ¹	0.15a	0.16a
CV ² , %	30.1	22.9
Máximo	0.19	0.20
Mínimo	0.10	0.11

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente (P < 0.1)

² Coeficiente de variación

La textura del suelo no aparece como un factor responsable del contenido de Mg de las pasturas.

V.1.4. Material madre

En los Cuadros 30 y 30a se observan resultados de contenido de Mg en pasturas creciendo sobre suelos originados sobre los principales materiales madre del país:

CUADRO 30. CONTENIDO DE Mg EN PASTURAS SOBRE DISTINTO MATERIAL MADRE Y POR DEPARTAMENTO SEGUN AUTORES.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Referencia	M.madre	Departamento	% Mg
Nores, 1944	Cristalino	Rocha	0.10
Nores, 1944	Cristalino	Rocha	0.12
Nores, 1944	Cristalino	Florida	0.06
Nores, 1944	Cristalino	Flores	0.11
Nores, 1944	Cristalino	Cerro Largo	0.09
Nores, 1944	Cristalino	Treinta y Tres	0.10
Nores, 1944	Cristalino	Colonia	0.16
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Flores	0.20
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Flores	0.20
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Treinta y Tres	0.20
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Treinta y Tres	0.23
Fernández <i>et al.</i> , 1982	Cristalino	varios	0.16
Nores, 1944	Fray Bentos	Soriano	0.11
Nores, 1944	Fray Bentos	Río Negro	0.10
Nores, 1944	Cretácico	Paysandú	0.13
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1982	Cretácico	Río Negro	0.15
Nores, 1944	Areniscas	Rivera	0.12
Fernández <i>et al.</i> , 1982	Areniscas	varios	0.18
Almirati y Peri, 1982	Areniscas	Tacuarembó	0.18
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Basalto	Artigas	0.20
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Basalto	Artigas	0.20
Fernández <i>et al.</i> , 1981	Basalto	varios	0.18
Almirati y Peri, 1982	Basalto	Paysandú	0.19
Fernández <i>et al.</i> , 1982	Yaguari	varios	0.21
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Yaguari	Cerro Largo	0.19
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Yaguari	Cerro Largo	0.20

CUADRO 30a. CONTENIDO DE Mg EN PASTURAS SOBRE DISTINTO MATERIAL MADRE (Resumen).

	Areniscas	Basalto	Material madre			Yaguari
			Cretácico	Cristalino	Fray Bentos	
Nro. de muestras	3	4	2	12	2	3
Media	0.16	0.20	0.15	0.15	0.11	0.20
Medias ajustadas ¹	0.16	0.18	0.15	0.17	0.15	0.16
CV ² , %	19.3	23.9	11.9	36.8	3.5	3.6
Máximo	0.18	0.20	0.15	0.23	0.11	0.21
Mínimo	0.12	0.18	0.13	0.06	0.10	0.19

¹ Por variable referencia

² Coeficiente de variación

Los distintos materiales madre sostienen vegetaciones que difieren en cuanto a su contenido de Mg (debe señalarse que cuando el análisis se realiza con todas las observaciones individuales de cada referencia o zona, sin promediar las observaciones estacionales en una media anual, las diferencias son igualmente significativas). No hay una delimitación entre grupos de materiales madre, en base, por ejemplo, a su textura, lo que concuerda con lo analizado en V.1.3. Los tapices



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

vegetales de los suelos sobre Fray Bentos presentan los tenores más bajos en Mg, en tanto Basalto y Yaguarí presentan los niveles más elevados. Sin embargo, cuando se ajustan las medias por la referencia las diferencias se atenúan mucho.

Un relevamiento llevado a cabo en Nueva Zelanda por Turner y Neall (1978) mostró que la relación entre el contenido de Mg intercambiable del suelo y su nivel en la pastura es compleja y se ve afectada por los niveles de K y Ca en el suelo, así como por su pH. De acuerdo con Underwood (1981) los pastos que crecen en terrenos ricos en Ca tienden a ser pobres en Mg.

V.1.5. Región geográfica

En los Cuadros 31 y 31a se presentan resultados de contenido de Mg en pasturas de cinco regiones geográficas distintas:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 31. CONTENIDO DE Mg EN PASTURAS NATURALES DE DISTINTAS REGIONES Y DEPARTAMENTOS SEGUN AUTORES.

Referencia	Región	Departamento	% Mg
Nores, 1944	Este	Lavalleja	0.19
Nores, 1944	Este	Lavalleja	0.19
Nores, 1944	Este	Rocha	0.10
Nores, 1944	Este	Rocha	0.12
Nores, 1944	Este	Rocha	0.15
Nores, 1944	Este	Rocha	0.08
Nores, 1944	Este	Cerro Largo	0.09
Nores, 1944	Este	Treinta y Tres	0.10
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Rocha	0.17
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Rocha	0.18
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Treinta y Tres	0.20
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Treinta y Tres	0.23
Arroyo y Mauer, 1982	Este	Cerro Largo	0.22
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Este	Cerro Largo	0.19
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Este	Cerro Largo	0.20
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Este	Cerro Largo	0.24
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Este	Cerro Largo	0.25
Nores, 1944	Litoral S	Soriano	0.11
Nores, 1944	Litoral S	Río Negro	0.10
Nores, 1944	Litoral S	Colonia	0.16
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	Litoral S	Río Negro	0.15
Nores, 1944	Litoral N	Salto	0.11
Nores, 1944	Litoral N	Salto	0.11
Nores, 1944	Litoral N	Paysandú	0.10
Nores, 1944	Litoral N	Paysandú	0.13
Nores, 1944	Litoral N	Artigas	0.16
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Litoral N	Artigas	0.20
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Litoral N	Artigas	0.20
Almirati y Peri, 1982	Litoral N	Paysandú	0.19
Nores, 1944	Noreste	Tacuarembó	0.13
Nores, 1944	Noreste	Rivera	0.12
Almirati y Peri, 1982	Noreste	Tacuarembó	0.18
Queirolo <i>et al.</i> , 1985	Noreste	Tacuarembó	0.16
Nores, 1944	Centro	Florida	0.06
Nores, 1944	Centro	Flores	0.11
Nores, 1944	Centro	Flores	0.06
Nores, 1944	Centro	Durazno	0.14
Nores, 1944	Centro	Durazno	0.11
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Centro	Flores	0.20
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Centro	Flores	0.20



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

CUADRO 31a. CONTENIDO DE Mg EN PASTURAS NATURALES DE DISTINTAS REGIONES (Resumen).

	Litoral N	Litoral S	Región Centro	Noreste	Este
Nro. de muestras	8	4	7	4	17
Media ¹	0.15a	0.14a	0.13a	0.15a	0.18a
Medias ajustadas ²	0.16	0.14	0.14	0.15	0.16
CV ³ , %	25.6	21.2	43.6	15.9	31.5
Máximo	0.20	0.16	0.20	0.18	0.25
Mínimo	0.10	0.10	0.06	0.12	0.08

¹ Medias en una fila con igual letra no difieren entre sí (P<0.1)

² Por referencia

³ Coeficiente de variación

A pesar de la influencia del material madre sobre el contenido de Mg de las pasturas (V.1.5.), las diferencias no pueden ser explicadas en función de la región geográfica. Esto significa que, en lo que se refiere al Mg, estos dos factores no son colineales. Existen regiones con más de un material madre y materiales madre distribuidos en varias regiones, y esta heterogeneidad hace que no existan diferencias significativas entre regiones en lo atinente el contenido de Mg de una pastura.

Orcasberro y Alonso (1990) reportan un resumen de resultados de la literatura agrupados a la vez por material madre y región geográfica, que coincide en general con el presente. Las pasturas sobre Basamento Cristalino presentan 0.20 % de Mg, en tanto en el Cuadro 24 lo hacen con 0.18 % (media ajustada). Las pasturas sobre Areniscas figuran con 0.16 %, valor igual al del Cuadro 24; las pasturas de la región este con 0.18 %, en tanto en el Cuadro 25 lo hacen con 0.16 % (media ajustada).

Smith y Cornforth (1982) encontraron que los contenidos medios de Mg de 14 regiones de la Isla Norte de Nueva Zelanda se situaban entre 0.21 y 0.28 % de la MS.

V.1.6. Composición botánica

La importancia de los factores genéticos es ilustrada por un estudio de Follett-Smith (1929), citado por Underwood (1981), quien encontró contenidos de Mg de entre 0.26 y 1.3 % en cuatro gramíneas pratenses cultivadas en terrenos costeros de la Guayana Británica. En el país varios autores estudiaron los contenidos de Mg de distintas especies. Sus resultados figuran en los Cuadros 32 y 32a:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 32. CONTENIDO DE Mg DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL SEGUN AUTORES.

Especie	Referencia		media (%)
	Carbajal <i>et al.</i> , 1987	Invernizzi y Silveira, 1992	
Andropogon lateralis		0.14	0.14
Schizachirium microstachium		0.13	0.13
Adesmia bicolor		0.74	0.74
Bromus auleticus	0.13		0.13
Paspalum dilatatum	0.16	0.30	0.23
Poa lanigera		0.17	0.17
Ciperáceas	0.11		0.11
Chaptalia piloselloides		0.49	0.49
Eryngium nudicaule		0.45	0.45
Oxalis sp.		0.54	0.54
Bothriochloa laguroides	0.10	0.20	0.15
Chascolytrum subaristatum	0.10		0.10
Paspalum plicatulum	0.13	0.25	0.19
Sporobolus sp.		0.17	0.17
Stipa papposa	0.10		0.10
Andropogon ternatus	0.10		0.10
Axonopus affinis		0.30	0.30
Coelorhachis selloana	0.10	0.19	0.15
Paspalum notatum	0.16	0.39	0.28
Piptochaesium stipoides	0.09	0.15	0.12
Stipa setigera	0.11	0.23	0.17
Trifolium polymorphum	0.33	0.33	


CUADRO 32a. CONTENIDO DE Mg DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL AGRUPADAS POR FAMILIA, CICLO Y TIPO PRODUCTIVO.

	Nro. de muestras	Media	CV,%	Máx.	Mín.
<u>Familia</u>					
Gramíneas	17	0.17a ¹	34.1	0.30	0.10
Leguminosas	2	0.53a	54.0	0.73	0.33
Otras	5	0.34a	63.9	0.54	0.10
<u>Ciclo productivo</u>					
Invernales	11	0.30a ²	72.0	0.74	0.10
Estivales	12	0.18a	34.1	0.30	0.10
<u>Tipo productivo</u>					
Duros	2	0.14a ³	6.0	0.14	0.13
Ordinarios	5	0.15a	22.3	0.19	0.10
Tiernos	10	0.19a	47.5	0.33	0.10
Finos	4	0.32a	89.3	0.74	0.13
Malezas enanas	2	0.47a	5.7	0.49	0.19
<u>Todas</u>	24	0.24	70.2	0.74	0.10

¹ Medias con letras distintas dentro de Familia difieren (p=0.256)

² Medias con letras distintas dentro de Ciclo Productivo difieren (p=0.46)

³ Medias con letras distintas dentro de Tipo Productivo difieren (p=0.234)

El contenido mayor de Mg lo presentó la leguminosa *Adesmia bicolor* (Invernizzi y Silveira, 1991). Los menores contenidos aparecen en *Andropogon ternatus* (Carbajal *et al.*, 1987), *Chascolytrum subaristatum* (Carbajal *et al.*, 1987) y *Stipa papposa* (Carbajal *et al.*, 1987). Llama la atención que en las seis especies estudiadas por los dos trabajos los contenidos de Mg reportados por Invernizzi y Silveira (1992) son consistentemente mayores que los reportados por Carbajal *et al.* (1987).

La media general de las especies estudiadas individualmente es mayor a la media general de los tapices (.16 %).

Las gramíneas tienden a tener un contenido de Mg menor que el de las otras especies -aunque las diferencias no son significativas. Thomas *et al.* (1952), citados por Underwood (1981), reportan contenidos de 0.24 y 0.75 % para gramíneas y otras especies no leguminosas. Thomas *et al.* (1952), citados por Underwood (1981), y Grace (1983), sostienen que las leguminosas son generalmente más altas en Mg que las gramíneas. Hay asimismo una tendencia no significativa a mayores contenidos de Mg en las especies estivales.

También se observa una tendencia no significativa al aumento en el contenido



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

de Mg al mejorar la calidad (tipo productivo).

Por otra parte, en los Cuadros 33 y 33a se observa la distribución estacional por especie del contenido de Mg:

CUADRO 33. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Mg EN ESPECIES DE CAMPO NATURAL. Valores expresados como % relativo al contenido de Mg en Verano.

Especie	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
<i>Adesmia bicolor</i>	52	66	66	100
<i>Andropogon lateralis</i>	81	94	84	100
<i>Andropogon ternatus</i>	111		122	100
<i>Aristida uruguayensis</i>			70	100
<i>Axonopus affinis</i>	100	100	100	100
<i>Bothriochloa laguroides</i>	107	92	102	100
<i>Bromus auleticus</i>	85	115	92	100
<i>Chaptalia piloselloides</i>	123	127	138	100
<i>Chascolytrum subaristatum</i>	80		130	100
<i>Coelorhachis selloana</i>	64	72	74	100
<i>Eustachis bahiensis</i>	88	71	72	100
<i>Paspalum dilatatum</i>	104	115	106	100
<i>Paspalum notatum</i>	115	91	112	100
<i>Paspalum plicatulum</i>	89	108	94	100
<i>Piptochaetium stipoides</i>	96	125	115	100
<i>Schizachirium microstachium</i>	92	108	100	100
<i>Sporobolus indicus</i>	113	116	91	100
<i>Stipa papposa</i>	138	138	138	100
<i>Stipa setigera</i>	112	110	152	100



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 33a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Mg EN ESPECIES DE CAMPO NATURAL AGRUPADAS POR FAMILIA, CICLO Y TIPO PRODUCTIVO. Valores expresados como % relativo al contenido de Mg en Verano.

	Nro. de muestras	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
<u>Familia</u>					
Gramíneas	14 - 17	98	104	103	100
Leguminosas	1	52	66	66	100
Otras	1	123	127	138	100
<u>Ciclo productivo</u>					
Estivales	9 - 11	98	99	96	100
Invernales	7 - 8	97	107	113	100
<u>Tipo productivo</u>					
Duros	2	87	101	92	100
Ordinarios	5 - 6	102	105	104	100
Tiernos	5 - 7	100	100	106	100
Finos	3	80	99	88	100
Malezas	1	123	127	138	100
<u>Todas</u>	16 - 19	97	103	103	100

La distribución estacional del conjunto de especies que figuran en el Cuadro 33 muestra variaciones muy atenuadas, lo que en alguna medida se corresponde con el Cuadro 26. Por lo tanto, en lo que hace a las variaciones estacionales del contenido de Mg, las especies seleccionadas para su estudio individual no son muy diferentes de los tapices completos.

Por otra parte las leguminosas presentan una distribución diferente a las gramíneas por presentar su mayor contenido de Mg en verano. En *Chaptalia piloselloides* ocurre lo opuesto, aunque estas tendencias deben relativizarse por el bajo número de observaciones.

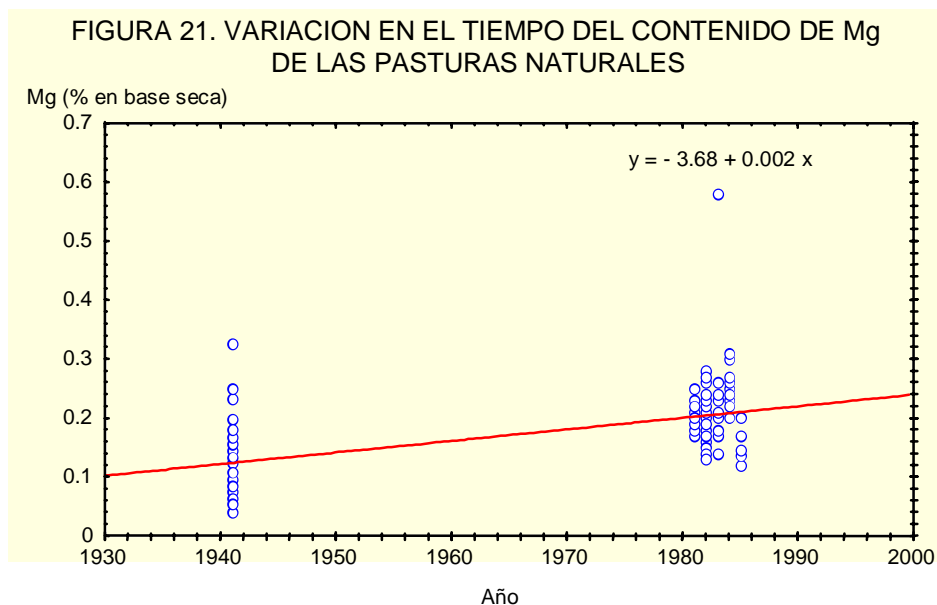
Por otra parte no se aprecian diferencias importantes entre estivales e invernales en cuanto a la variación estacional del contenido de Mg, aunque en las invernales éste tiende a elevarse en invierno y primavera en relación al verano.

No se detectan mayores diferencias de distribución anual entre los tipos duro, ordinario, tierno y fino, aunque este último tiende a presentar menores contenidos en el resto del año que en verano, en contraste con las malezas enanas.



V.1.7. Año de la observación

Si se estudia la evolución del contenido de Mg de las pasturas naturales comparando los resultados obtenidos por los distintos autores en diferentes años, y se ajustan éstos a un modelo lineal, se obtiene que el tenor de Mg de las pasturas es mayor en las fechas más recientes (figura 21).



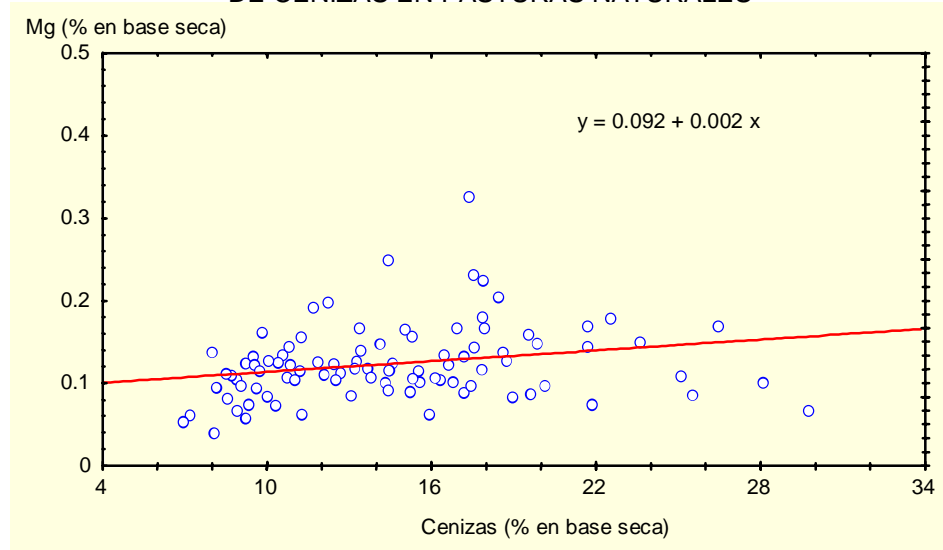
Este modelo explica un 49 % ($P=0.000$) de la variación en el % de Mg. Sin embargo, todas las observaciones anteriores a 1980 corresponden a un solo trabajo (Nores, 1944). Por lo tanto no existe evidencia sólida como para concluir que se ha ido produciendo un aumento sostenido en el contenido de Mg de las pasturas.

V.1.8. Contenido de cenizas

Se determinó una correlación positiva ($R^2=0.587$; $P=0.0132$) entre los contenidos de cenizas y Mg (figura 22).



FIGURA 22. CONTENIDO DE Mg EN FUNCION DEL CONTENIDO DE CENIZAS EN PASTURAS NATURALES



V.1.9. Método de corte

El método de corte de la pastura a los efectos de obtener la muestra para determinar Mg influye sobre los resultados que se obtienen. Los métodos de corte se separaron en cuatro: guadaña, mitad de altura, mitad de disponibilidad y "a la altura del pastoreo" (Cuadro 34):

CUADRO 34. CONTENIDO DE Mg SEGUN METODO DE CORTE DE LA MUESTRA.

Tipo de corte	Nro. de muestras	media ¹	CV ² ,%
Guadaña	82	0.12a	37.1
A mitad de altura	24	0.21b	14.0
A mitad de disponibilidad	18	0.22b	23.5
A la altura del pastoreo	18	0.20b	14.5

¹ Medias con distinta letra en una columna difieren con $P < 0.001$

² Coeficiente de variación

Es posible que el corte con guadaña -si bien no se aclara - haya sido hecho a ras de suelo y recoja material más maduro, lo que explicaría el menor contenido en Mg en relación a los otros tres tipos de corte.



V.1.10. Fertilización

La fertilización abundante con N y K tendría el efecto de disminuir los tenores de Mg en las plantas (Kemp *et al.*, 1961, citados por Underwood (1981).

V.1.11. Modelos multivariados

Los modelos construidos son:

- Modelo "conservador":

N=168; $R^2=.4990$ (P=.000);
Error estándar de la estimación=.0461

Porcentaje de la variación explicado por:

Año - 39.97 % (P=.000; tolerancia=.9437)
Región - 9.53 % (P=.000; tolerancia=.9385)
Fertilización - 4.04 % (P=.000; tolerancia=.889)

Variable(s) fuera: Referencia, estación

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	0.376	-0.083
Residual estandarizado	0.000	8.162	-1.803
Distancia Mahalanobis	2.922	13.353	0.345
Deleted residual	0.000	0.381	-0.089
Distancia Cook	0.00536	0.204	0.000

Durbin - Watson d: 1.237; correlación serial=.382

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

- Modelo "audaz":

N=37; $R^2=.4646$ (P=.000);
Error estándar de la estimación=.0484

Porcentaje de la variación explicado por:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Método de corte - 46.46 % (P=.000; tolerancia=1.000)

Variable(s) fuera: Referencia, textura, estación, año, región, material madre, fertilización, temperatura de secado de la muestra, ubicación topográfica, disponibilidad de MS

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	0.412	-0.118
Residual estandarizado	0.000	8.512	-2.448
Distancia Mahalanobis	0.653	7.105	0.000
Deleted residual	0.001	0.423	-0.153
Distancia Cook	0.045	1.118	0.000

Durbin - Watson d: 1.266; correlación serial=.364

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal da alguna indicación sobre la existencia de relaciones cúbicas.

- Tercer modelo:

N=142; $R^2=.6336$ (P=.000)
Error estándar de la estimación=.0398

Porcentaje de la variación explicado por:

Método de corte - 46.46 % (P=.000; tolerancia=.163)
Región - 6.03 % (P=.000; tolerancia=.871)
Referencia - 4.86 % (P=.000; tolerancia=.177)
Año - 3.13 % (P=.002; tolerancia=.307)
Fertilización - 2.88 % (P=.001; tolerancia=.548)

Variable(s) fuera: Textura, material madre, temperatura de secado de la muestra, ubicación topográfica, estación, región

media máximo mínimo



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Residual	0.000	0.364	-0.097
Residual estandarizado	0.000	9.159	-2.442
Distancia Mahalanobis	5.769	20.973	1.244
Deleted residual	0.000	0.384	-0.107
Distancia Cook	0.0167	0.788	0.000

Durbin - Watson d: 1.195; correlación serial=.402

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

El segundo modelo es a la vez el que menos explica y el más inestable, por lo que no tendría interés. El tercer modelo explica un 63.36 % de la variación, mientras que el primero explica un 49.90 %. En contraste, el primero se muestra como más estable, con menores residuales eliminados y menores distancias de Cook. Ambos coinciden en que el tipo de corte es la variable explicatoria de mayor peso. Esta es, además, la única variable seleccionada cuando es posible introducir todas (modelo "audaz"). Se concluiría que la forma de cortar la muestra que va a ser analizada fue el factor que más influyó sobre los resultados obtenidos. En el Cuadro 27 se observa que el corte con guadaña deparó en la determinación de contenidos de Mg sustancialmente menores que los otros tipos de corte.

La región no muestra efectos significativos cuando se estudia en forma aislada, y en cambio aparece como el segundo parámetro en importancia.

V.2. Status nutricional de animales sin suplementar

V.2.1. Relación entre el contenido de Mg de las pasturas y los requerimientos

En el Cuadro 35 se observa el porcentaje de las muestras estudiadas que cubriría los requerimientos de Mg de cada categoría de vacunos de carne y ovinos (ARC, 1980):

CUADRO 35. PORCENTAJE DE LAS MUESTRAS QUE CUBRE LOS REQUERIMIENTOS DE Mg DE VACUNOS Y OVINOS



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
VACUNOS				
Vacas de cría	47.1	70.0	41.1	50.0
Terneros	85.3	80.0		
Novillos	67.6	80.0	69.6	82.5
OVINOS				
Ovejas de cría	67.6	80.0	78.6	82.5
Corderos	85.3	90.0		100.0
Borregas	91.2	96.0	91.1	100.0
Mantenimiento	67.6	80.0	69.6	82.5

Las vacas de cría parecen ser una categoría problemática, especialmente en otoño (primeros dos tercios de la gestación=mantenimiento), debido a los bajos tenores de la pastura, y en primavera y verano, debido a los requerimientos aumentados por la lactación. Otras categorías, como novillos, ovejas de cría y ovinos en mantenimiento, enfrentarían los mayores déficits de Mg en otoño y primavera.

El hecho de que no existan mayores diferencias entre estaciones con respecto a la media de contenidos de Mg relativos al verano (V.1.1.) no significa que las medias de contenidos absolutos de las distintas estaciones no difieran, ya que muchos autores no reportan contenidos de Mg para todas las estaciones, y el "efecto referencia" puede sesgar las medias de los valores absolutos.

El coeficiente de variación del contenido de Mg entre especies es relativamente alto, 70.2 % (V.1.6.). El tenor de Mg tiende a ser mayor en las especies de mayor calidad -aunque las diferencias no son significativas-, por lo que la selección de la dieta favorecería el aumento de la ingestión del mineral. También es mayor en las malezas enanas. Como las invernales tenderían a tener más Mg que la estivales -aunque las diferencias no son significativas debido a las amplias variaciones dentro de cada categoría-, en tapices reales, con menores porcentajes de especies invernales, las posibilidades de seleccionar una dieta más alta en Mg serían menores. Orcasberro y Alonso (1990) consideran que las deficiencias de Mg son improbables. En cambio, McDowell y Conrad (1977) colocan a Uruguay dentro de los países donde pueden ocurrir deficiencias de Mg.

Existen evidencias de que la biodisponibilidad del Mg es mayor en forrajes maduros que en jóvenes (Kemp *et al.*, 1961, citados por Underwood, 1981). Varios factores, como ácidos orgánicos, glúcidos, proteínas y ácidos grasos de cadena larga actúan en detrimento de la absorción de Mg; el exceso de K es, sin embargo, el más importante en las condiciones de Nueva Zelanda (Grace, 1983).

V.2.2. Contenido de Mg en tejidos



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Los 40 valores encontrados de magnesemia de vacunos sin suplementar pastoreando campo natural (Cuenca *et al.*, 1981; Arroyo y Mauer, 1982; Gómez Haedo y Amorín, 1982; Barrios *et al.*, 1984; Fernández Liñares *et al.*, 1985; Uriarte *et al.*, 1988; Orcasberro y Alonso, 1991) presentaron una media 2.3 mg de Mg/100 ml de plasma (1.8 a 2.8 mg/100 ml; C.V.=10.3 %). La totalidad de estos valores se encontrarían dentro de los rangos de normalidad según Underwood (1981) y Grace (1983) (1.8 a 3.2 y 3 mg/100 ml respectivamente).

Se encontró una sola referencia a magnesemia en ovinos (Uriarte *et al.*, 1988), correspondiente a la media de varias ovejas de cría durante otoño, invierno y primavera: 3.18 mg/100 ml de plasma.

Los modelos multivariados construidos para intentar explicar los factores que afectan la magnesemia son:

- Modelo "conservador":

N=40; $R^2=.4171$ (P=.000);
Error estándar de la estimación=0.1919

Porcentaje de la variación explicado por:

Estación - 17.40 % (P=.008; tolerancia=.9904)
Región - 13.27 % (P=.012; tolerancia=.8866)
Año - 11.05 % (P=.013; tolerancia=.8831)

Variable(s) fuera: Referencia, estado fisiológico

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	.3769	-.3040
Residual estandarizado	0.000	1.917	-1.584
Distancia Mahalanobis	2.925	7.520	0.508
Deleted residual	-.0008	.4569	-.3665
Distancia Cook	.0280	.2762	0.000

Durbin - Watson d: 1.6997; correlación serial=0.1361

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados se ajustaría aceptablemente a una recta.

- Modelo "audaz":

N=24; $R^2=.5690$ (P=.006);



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Error estándar de la estimación=.1808

Porcentaje de la variación explicado por:

Estación - 17.40 % (P=.045; tolerancia=.9156)
 Región - 13.27 % (P=.060; tolerancia=.7137)
 Año - 11.05 % (P=.067; tolerancia=.7407)
 Fertilización - 9.58 % (P=.069; tolerancia=.4465)
 Material madre - 5.61 % (P=.143; tolerancia=.5663)

Variable(s) fuera: Referencia, estado fisiológico

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	.5247	-.3850
Residual estandarizado	0.000	2.903	-2.130
Distancia Mahalanobis	4.982	14.086	1.196
Deleted residual	.00818	.8877	-.6419
Distancia Cook	.1777	1.652	0.000

Durbin - Watson d: 1.324; correlación serial=0.3302

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal presenta un ajuste aceptable a una recta.

El segundo modelo coincide con el primero en relación a las tres variables explicatorias de más importancia, a las que simplemente se adicionan las dos variables que no habían sido evaluadas en el primero. Por lo tanto no tiene sentido construir un tercer modelo en el que simplemente sería removida la variable material madre.

Al igual que la fosfatemia, la magnesemia es una variable difícilmente predecible a partir de los factores estudiados. La estación del año y la región figuran como las variables explicatorias de mayor peso. Sin embargo, su influencia sobre el contenido de Mg de las pasturas fue muy baja (V.1.11.), y en lo que concierne a la estación del año no significativa. La influencia de ambas variables se analizó aisladamente de todos modos (Cuadro 36):

CUADRO 36. MAGNESEMIA EN DISTINTAS ESTACIONES

	Nro. de muestras	mg Mg/100 ml	CV, %
Otoño	6	2.490a ¹	11.92



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Invierno	8	2.098b	8.14
Primavera	14	2.401a	7.91
Verano	12	2.346ab	9.12

¹ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<.05)

La magnesemia en invierno resultó significativamente menor que en otoño y primavera. Este patrón de variación estacional no guarda relación con la variación del contenido de Mg de las pasturas, donde los menores niveles aparecen en primavera (V.1.1.). Aún si se pensara que el contenido de Mg de las pasturas puede no influir sobre la magnesemia en forma inmediata, debido a posibilidad de movilización de Mg a partir del esqueleto, el desfase en el tiempo entre el mínimo tenor de Mg en las pasturas (primavera) y en el plasma (invierno) sería demasiado amplio como para pensar en relaciones causales, lo cual coincide con la ausencia de efectos de la estación sobre el nivel de Mg de las pasturas.

Las magnesemias medias de las distintas regiones se ilustran en el Cuadro 37:

CUADRO 37. MAGNESEMIA EN DISTINTAS REGIONES

	Nro. de muestras	mg Mg/100 ml	CV, %
Litoral S	8	2.460 ab ¹	13.29
Litoral N	9	2.297 ab	9.16
Centro	3	2.660 a	3.45
Noreste	3	2.267 ab	4.84
Este	17	2.256 b	8.27

¹ Letras distintas en la misma columna indican diferencias (P<.10)

A pesar de que la región tuvo un efecto débil ($R^2=6.0\%$) pero significativo ($P=.000$) sobre el contenido de Mg de las pasturas (V.1.11.) en los modelos multivariados, no se detectó ningún efecto ($P=.531$) cuando se estudió esta variable aisladamente (V.1.6.). Si se comparan los efectos de la región sobre el contenido de Mg de las pasturas y sobre la magnesemia, se encuentra que las mayores magnesemias se reportaron para la región Centro, cuyas pasturas tuvieron en cambio -aunque las diferencias no son significativas - los menores niveles de Mg. Por otra parte, la región Este, cuyas pasturas presentan los mayores niveles de Mg, presentó la menor magnesemia media.

Se encontraron en la literatura nacional 19 valores de contenido de Mg en cenizas de hueso de vacunos sin suplementar (Cuenca *et al.*, 1981; Arroyo y Mauer, 1982; Almirati y Peri, 1982; Barrios *et al.*, 1984; Fernández Liñares *et al.*, 1985). Todas las muestras fueron extraídas de la penúltima costilla. Se decidió descartar un valor extremadamente bajo -0.1 %- reportado por Fernández Liñares *et al.* (1985). A pesar de que los autores lo atribuyen al bajo consumo del mineral durante un período



prolongado, el valor es demasiado bajo, y lo que es más importante, se corresponde con la mayor magnesemia observada en animales no suplementados. Una vez descartado este valor, la media del set de observaciones es de 0.70 % (0.53 a 1.1 %; C.V.=19.3 %). Un 44.4 % de las referencias superó el valor de 0.67 % considerado por Conrad *et al.* (1982), citados por Alonso *et al.* (1982), como normal.

Al igual que lo que ocurre con relación al Ca y al P, cuando se intenta elaborar modelos multivariados para explicar el contenido de Mg en las cenizas de hueso el año aparece como principal variable explicativa, siendo sustituida por la referencia cuando no se tiene en cuenta. Se concluye entonces que hay un fuerte efecto experimento en los resultados. Cuando ambas variables no se tienen en cuenta se obtiene un modelo que explica un 34.2 % de la variación en el contenido de Mg de las cenizas de hueso ($P=0.081$), donde el material madre explica un 22.2 % de la variación ($P=0.067$) y la región un 12.0 % ($P=0.207$). Nuevamente se observa una coincidencia en relación a las principales variables que afectan los contenidos de Ca, P y Mg en las cenizas de hueso, explicable como se expuso por el hecho de que su relación se mantiene constante en el tejido óseo.

Se determinó un efecto significativo del material madre cuando fue estudiado en forma aislada (Cuadro 38):

CUADRO 38. VARIACION DEL CONTENIDO DE Mg EN LAS CENIZAS DE HUESO SEGUN MATERIAL MADRE.

	Nro. de muestras	Media (%) ¹	CV, %
Cristalino	5	0.634a	11.51
Basalto	1	0.630a	
Cretácico	5	0.868b	16.59
Yaguarí	3	0.613a	3.39

¹ Medias en igual columna con distinta letra son diferentes con $P<0.05$

A pesar de que el material madre fue el principal factor explicatorio del contenido de Mg en las cenizas de hueso independiente de las variables asociadas al "efecto experimento" -año y referencia -, no figuró como una variable significativa en ninguno de los modelos multivariados construidos para explicar el contenido de Mg de las pasturas. En cambio cuando fue estudiado en forma aislada si exhibió un efecto significativo ($P=0.027$; $V.1.5.$). Sin embargo, la mayor magnesemia, que correspondió a Cretácico, se asoció con las pasturas de menor tenor medio de Mg.

Los contenidos de Mg en las cenizas de hueso hallados para las diferentes regiones se brindan en el Cuadro 39:

CUADRO 39. VARIACION EN EL CONTENIDO DE Mg EN LAS CENIZAS DE HUESO SEGUN REGIONES



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

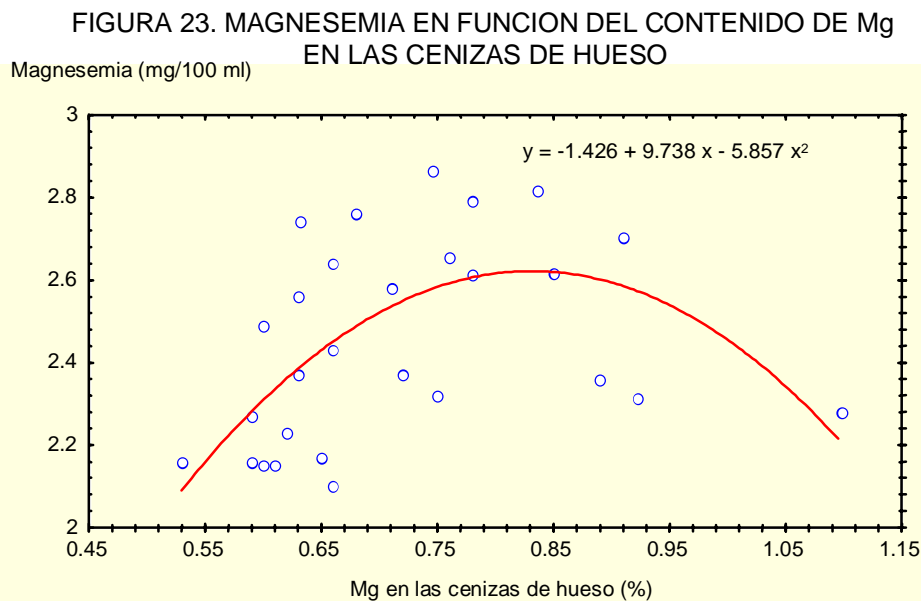
	Nro. de muestras	Media (%) ¹	CV, %
Centro	3	0.683a	3.68
Litoral S	5	0.868b	16.59
Litoral N	1	0.630a	
Este	9	0.621a	8.61

¹ Medias en igual columna con distinta letra son diferentes con $P < .05$

Los mayores contenidos de Mg en las cenizas de hueso correspondieron a la región S, cuyas pasturas presentaron en cambio los menores tenores del mineral (V.1.6.) -aunque las diferencias no fueron significativas ($P = .531$). En cambio, los menores contenidos de Mg en las cenizas de hueso tuvieron lugar en animales de la región Este, cuyas pasturas tuvieron los mayores contenidos de Mg.

Guerrero y Colucci (1979) reportan una media de 651 ppm de Mg en la MS del hígado de 280 vacunos faenados en frigorífico (C.V.=7.37 %), que sería cercano al valor normal de 600 ppm reportado por los propios autores.

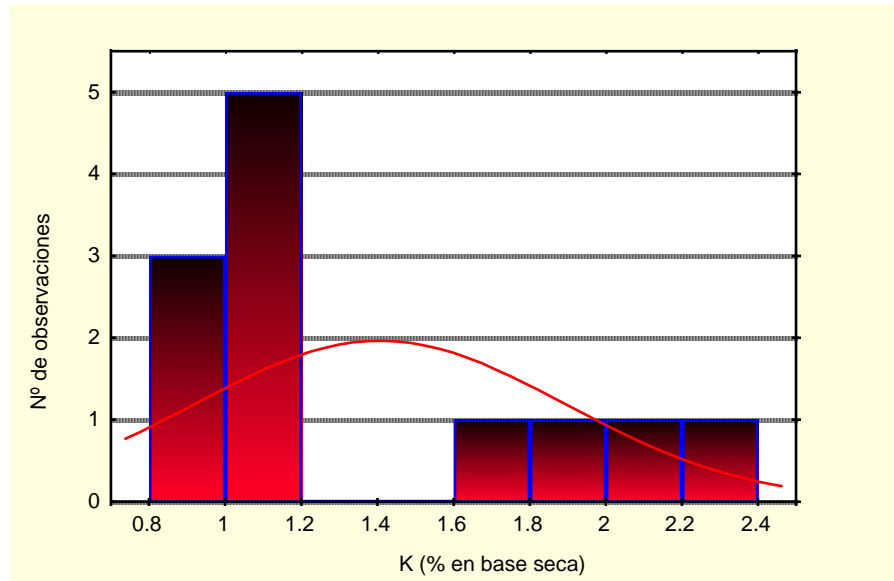
Un 46.5 % ($P < .01$) de la variación en la magnesemia fue explicado por el contenido de Mg en hueso según un modelo cuadrático (figura 23):



VI. POTASIO

Los datos de contenido de K en tapices completos son escasos. Sosa y Guerrero (1983) hallaron un contenido medio de 1.45 % (0.99 a 2.28 %; CV=32.2 %; figura 24) en 12 muestras a lo largo de la ruta 26. La escasez de información impide el análisis de la influencia de los factores que se tratan para otros minerales.

FIGURA 24. CONTENIDO DE K DE PASTURAS URUGUAYAS



Hutton *et al.* (1967), y Metson y Saunders (1978), citados por Towers (1983), informan que los contenidos de K de las pasturas neocelandesas se encuentran entre 2 y 4 % de la MS. De acuerdo con Underwood (1981), las deficiencias de K sólo se han observado con dietas especialmente purificadas.

Existe en cambio información completa en lo que concierne al contenido de K de las distintas especies forrajeras, la que se brinda en los Cuadros 40 y 40a:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 40. CONTENIDO DE K (% EN BASE SECA) DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL SEGUN AUTORES.

Especie	Referencia		media (%)
	Carbajal <i>et al.</i> , 1987	Invernizzi y Silveira, 1991	
Andropogon lateralis		1.09	1.09
Schizachirium microstachium		1.01	1.01
Adesmia bicolor		1.26	1.26
Bromus auleticus	2.35		2.35
Paspalum dilatatum	2.24	1.83	2.05
Poa lanigera		1.70	1.70
Ciperáceas	1.92		1.92
Chaptalia piloselloides		1.92	1.92
Eryngium nudicaule		2.13	2.13
Oxalis sp.		1.60	1.60
Bothriochloa laguroides	1.29	1.34	1.32
Chascolytrum subaristatum	1.31		1.31
Paspalum plicatulum	2.02	1.31	1.66
Sporobolus sp.		1.22	1.22
Stipa papposa	1.42		1.42
Andropogon ternatus	1.49		1.49
Axonopus affinis		1.22	1.22
Coelorhachis selloana	1.52	1.31	1.42
Paspalum notatum	1.79	1.56	1.68
Piptochaesium stipoides	1.52	1.04	1.28
Stipa setigera	1.67	1.21	1.44
Trifolium polymorphum	1.64	1.64	
Medicago lupulina	2.31		2.31
Aristida uruguayensis		1.19	1.19
Eustachis bahiensis		1.53	1.53



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 40a. CONTENIDO DE K (% EN BASE SECA) DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL AGRUPADAS POR FAMILIA, CICLO Y TIPO PRODUCTIVO.

	Nro. de muestras	Media	CV,%	Máx.	Mín.
<u>Familia</u>					
Gramíneas	17	1.47a ¹	23.1	2.35	1.01
Leguminosas	3	1.74a	30.7	2.31	1.26
Otras	5	1.78a	18.2	2.13	1.31
<u>Ciclo productivo</u>					
Invernales	12	1.70a ²	23.3	2.35	1.25
Estivales	12	1.40b	20.8	2.03	1.01
<u>Tipo productivo</u>					
Duros	2	1.05 b ³	5.8	1.09	1.00
Ordinarios	5	1.41 ab	13.1	1.66	1.21
Tiernos	11	1.55 ab	21.4	2.31	1.19
Finos	4	1.84 ab	25.4	2.35	1.25
Malezas enanas	2	2.03 a	7.4	2.13	1.92
<u>Todas</u>	25	1.57	23.7	2.35	1.01

¹ Medias con letras distintas dentro de Familia difieren (p=0.197)

² Medias con letras distintas dentro de Ciclo Productivo difieren (p=0.052)

³ Medias con letras distintas dentro de Tipo Productivo difieren (p=0.029)

La media de las especies medidas individualmente es similar a la determinada por Sosa y Guerrero (1983). Las gramíneas poseen un contenido algo menor al de las leguminosas y otras especies, pero las diferencias no son significativas. Las invernales presentan un contenido de K significativamente mayor a las estivales. A su vez, las malezas enanas poseen los mayores contenidos, y las gramíneas de menor calidad los tenores más bajos.

En los Cuadros 41 y 41a se presenta la distribución estacional del contenido de K de las diferentes especies forrajeras:

CUADRO 41. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE K EN ESPECIES DE



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CAMPO NATURAL. Valores expresados como % relativo al contenido de K en Verano.

Especie	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Adesmia bicolor	235	183	147	100
Andropogon lateralis	146	157	151	100
Andropogon ternatus	99		98	100
Aristida uruguayensis			127	100
Axonopus affinis	117	128	113	100
Bothriochloa laguroides	108	147	151	100
Bromus auleticus	141	114	102	100
Chaptalia piloselloides	108	101	91	100
Chascolytrum subaristatum	56		107	100
Ciperáceas		99	100	
Coelorhachis seloana	114	110	126	100
Eustachis bahiensis	123	105	103	100
Medicago lupulina			128	100
Paspalum dilatatum	81	81	95	100
Paspalum notatum	96	76	99	100
Paspalum plicatulum	87	89	99	100
Piptochaetium stipoides	138	142	140	100
Schizachirium microstachium	137	151	156	100
Sporobolus indicus	111	120	122	100
Stipa papposa	105	108	142	100
Stipa setigera	131	145	130	100

CUADRO 41a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE K EN ESPECIES DE CAMPO NATURAL SEGUN FAMILIA, CICLO Y TIPO PRODUCTIVO. Valores expresados como % relativo al contenido de K en Verano.

	Nro. de muestras	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Familia					
Gramíneas	14 - 17	98	104	103	100
Leguminosas	1	52	66	66	100
Otras	1 - 2	123	127	138	100
Ciclo productivo					
Estivales	9 - 11	98	99	96	100
Invernales	7 - 8	97	107	113	100
Tipo productivo					
Duros	2	87	101	92	100
Ordinarios	5 - 6	102	105	104	100
Tiernos	5 - 7	100	100	106	100
Finos	3	80	99	88	100
Malezas	1	123	127	138	100
Todas	16 - 19	97	103	103	100

En base a resultados de Carbajal *et al.* (1987) e Invernizzi y Silveira (sin publicar)

Las variaciones entre estaciones fueron mínimas para todas las especies, con

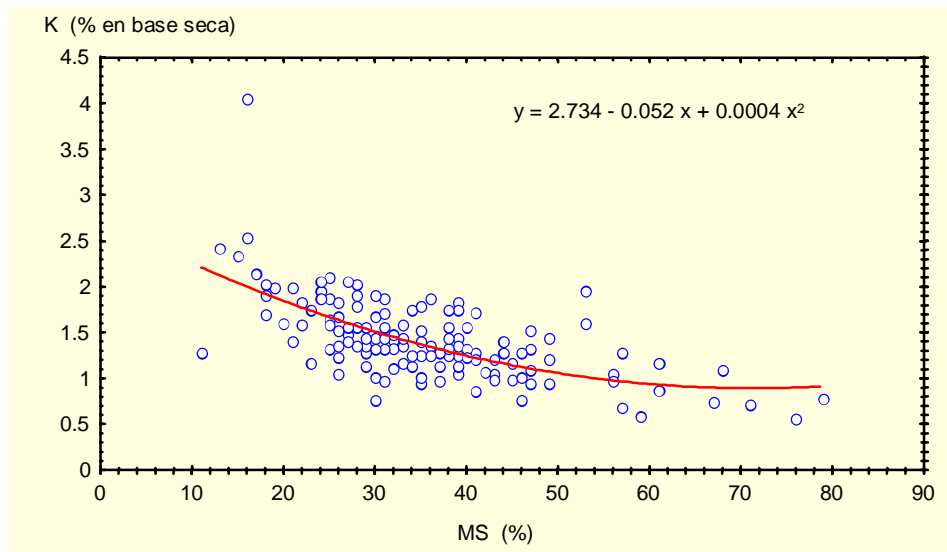


INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

excepción de la leguminosa *Adesmia bicolor*, que presentó un pico de contenido de K en verano, y de las otras especies no gramíneas ni leguminosas, que por el contrario, presentaron una depresión en esa estación. El comportamiento de las especies estivales e invernales fue similar. En relación al tipo productivo las diferencias no son muy importantes, aunque la única maleza enana -*Chaptalia piloselloides*- mostró menores contenidos en verano que en el resto del año.

Se concluye a partir de resultados de Invernizzi y Silveira (sin publicar) que las plantas en estado vegetativo mostraron un contenido de K ligera pero significativamente superior a aquellas en estado reproductivo (1.49 vs 1.33 %; test t: $P=0.006$). La diferencia se ubica en el entorno del 10 %, y en lo que hace a los resultados estacionales del Cuadro 29 podría ser compensada por variaciones entre especies (no solamente entre invernales y estivales) e individuos en las fechas de encañado, floración y fructificación. Correspondientemente, a partir de los resultados de estos autores surge una relación cuadrática negativa entre K y MS (figura 25) que explica el 42.82 % de la variación.

FIGURA 25. CONTENIDO DE K EN FUNCION DEL CONTENIDO DE MS DE LA PASTURA





VI.2. Status nutricional de animales sin suplementar

VI.2.1. Contenido de K de las pasturas y requerimientos

El 100 % de las muestras de pasturas recolectadas por Sosa y Guerrero (1983) cubriría los requerimientos de vacunos y ovinos. Más aún, el comportamiento selectivo favorecería la ingestión de K, ya que se encuentra en más altas concentraciones en las especies de mayor calidad. Según Grace (1983), niveles de K en la dieta de 4 - 5 % pueden reducir la absorción de Mg y provocar hipomagnesemia. Ninguna de las muestras recolectadas por Sosa y Guerrero (1983) alcanzó estos niveles.

Ammerman y Henry (1987b) sostienen que los requerimientos de K pueden ser mayores con temperaturas elevadas. También sería potencialmente deficiente en forrajes muy maduros o afectados por el clima.

VI.2.2. Contenido en tejidos

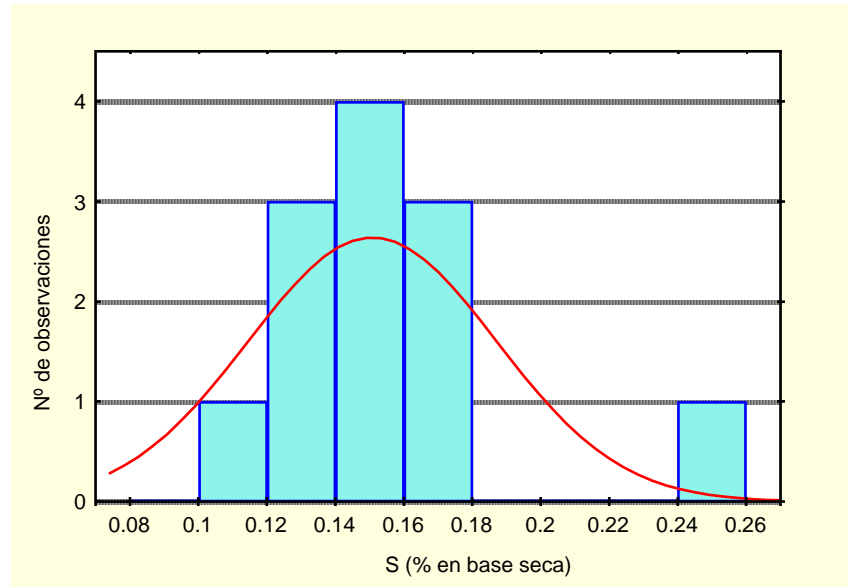
Barros y Ganzo (1981-83) determinaron una media de 4.9 meq de K/l de plasma (C.V.=11 %) en 35 vacas Holando. El rango considerado como normal por Towers (1983) es de 4.5 a 5.5 meq/l. El intervalo de confianza 95 % de las observaciones de Barros y Ganzo (1981-83) estuvo entre 3.8 y 6.1 meq/l.

VII. AZUFRE

VII.1. Contenido de S de las pasturas naturales

Los datos de contenido de S en tapices completos son escasos. Sosa y Guerrero (1983) hallaron un contenido medio de 0.15 % (0.11 a 0.25 %; CV=23.2 %; figura 26) en 12 muestras a los largo de la ruta 26. Smith y Cornforth (1982) determinaron un contenido medio de S de 0.34 % (0.10 a 0.93 %; CV=23.5 %) para la Isla Norte en Nueva Zelanda. La escasez de información impide el análisis de la influencia de los factores que se tratan para otros minerales sobre el contenido de S en las pasturas naturales uruguayas.

FIGURA 26. CONTENIDO DE S DE PASTURAS URUGUAYAS



El contenido proteico de los forrajes tiene influencia sobre el contenido de S, ya que más del 50 % del S forma parte de los aminoácidos azufrados de las proteínas foliares (Hartmans, 1970, citado por Underwood, 1981). Existe una gran variabilidad en el contenido de S y SO₄²⁻. En Inglaterra los valores más comunes se sitúan entre 0.1 y 0.4 % de la MS (Whitehead, 1966, citado por Underwood, 1981).

Grace (1983) asevera que los contenidos de S de gramíneas y leguminosas son parecidos.

VII.2. Status nutricional de animales sin suplementar

El 100 % de las muestras recolectadas por Sosa y Guerrero (1983) cubriría los requerimientos de los vacunos reportados por NRC (1976). De acuerdo con NRC (1975), los requerimientos de S de los ovinos se situarían entre 0.14 y 0.26 %. La tercera parte de las muestras de Sosa y Guerrero (1983) alcanzarían a cubrir el primer valor, en tanto ninguna de ellas supera el valor máximo.

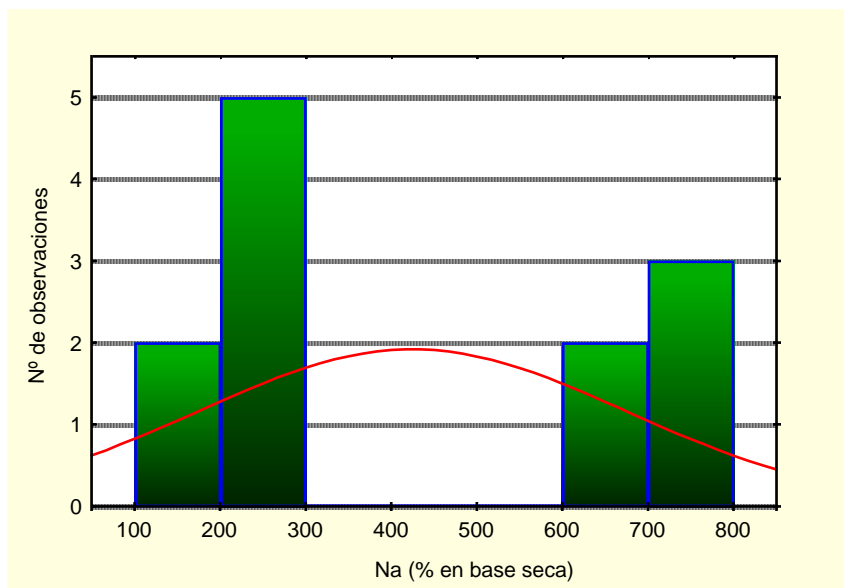


VIII. SODIO

VIII.1. Contenido de Na en pasturas naturales

Al igual que sucede con el S y el K, los datos de contenido de Na en tapices completos son escasos. Sosa y Guerrero (1983) hallaron un contenido medio de 424 ppm (180 a 780 ppm; CV=56.2 %; figura 27) en 12 muestras a lo largo de la ruta 26. La escasez de información impide el análisis de la influencia de los factores que se tratan para otros minerales sobre el contenido de Na en las pasturas naturales uruguayas. La información de que se dispone sugiere la existencia de una mayor variabilidad en su contenido frente a otros minerales.

FIGURA 27. CONTENIDO DE Na DE PASTURAS NATURALES URUGUAYAS



Las plantas se clasifican en natrófilas y natrófobas según su comportamiento en relación al Na. Las primeras transportan el Na a sus hojas e incluyen al raigrás perenne, Phalaris, Lotus, trébol blanco, trébol subterráneo, etc. Sus contenidos de Na se situarían entre 0.7 y 4.4 %. El segundo grupo incluye festuca, timote, kikuyo, alfalfa, trébol rojo, lupino, maíz, sudan, etc. Estas plantas absorben el Na lentamente y lo acumulan en sus raíces o estolones, transportando poca cantidad a las hojas. Contienen entre 0.1 y 2.4 % de Na (Towers , 1983).

Según Underwood (1981), existen extensas áreas deficientes en Na en muchas partes del mundo, especialmente zonas tropicales en Africa y tierras áridas australianas. En áreas templadas también pueden ocurrir deficiencias, y así ha sido señalado por Sherrell (1978) y Smith y Middleton (1978), citados por Underwood



(1981), para el caso de Nueva Zelanda. La fertilización abundante con K también deprime los contenidos de Na en las plantas.

VIII.2. Status nutricional de animales sin suplementar

VIII.2.1. Contenido en pasturas y requerimientos

Los porcentajes de las muestras recolectadas por Sosa y Guerrero (1983) que cubren los requerimientos (NRC, 1975; 1976) de varias categorías figuran en el Cuadro 42:

CUADRO 42. PORCENTAJE DE LAS MUESTRAS QUE CUBREN LOS REQUERIMIENTOS DE Na

	%
VACUNOS	
Vacas de cría -	0.0
Novillos -	41.7
OVINOS	
Ovejas de cría -	41.7
Borregas -	41.7
Carneros -	41.7

Normalmente el animal absorbe sobre un 90 % del Na ingerido (Towers y Smith, 1983). De los pocos datos que se tienen surge que la deficiencia de Na es posible. De todos modos es claro que la información es insuficiente como para extraer conclusiones definitivas.

VIII.2.2. Contenido en tejidos

Barros y Ganzo (1981-83) determinaron una media de 142 meq de Na/l de plasma (C.V.=2 %) en 35 vacas Holando. Según Towers y Smith (1983) la concentración extracelular en el plasma está bajo estricto control homeostático y está entre 140 y 150 meq/l. El intervalo de confianza 95 % de las observaciones de Barros y Ganzo (1981-83) estuvo entre 135 y 149 meq/l.

IX. CLORO

No se encontraron en el relevamiento realizado referencias sobre



determinaciones de Cl en pasturas naturales uruguayas. Muestras de hierbas recolectadas en una zona de sierras en Nueva Zelanda contenían entre 0.6 y 1.2 % de Cl, sin efectos significativos de la estación del año (Reay y Grace, 1982, citados por Towers, 1983). Los primeros estudios ingleses revelaron contenidos de Cl en pastos de entre 0.02 y 1.7 %, en tanto estudios posteriores (Cunningham, 1964; Fleming, 1965, y Thomas *et al.*, 1955, citados por Towers, 1983) hallaron tenores de entre 0.32 y 2 %.

Rubino (1946c) determinó una concentración media de Cl en plasma de diez vacunos de 98.2 meq/l (93.9 a 104.9 meq/l). Barros y Ganzo (1981-83) determinaron una media de 89 meq de Cl/l de plasma (C.V.=15 %) en 107 vacas Holando. Según Towers y Smith (1983) la concentración extracelular normal en el plasma está entre 95 y 110 meq/l. El intervalo de confianza 95 % de las observaciones de Barros y Ganzo (1981-83) estuvo entre 62 y 116 meq/l.

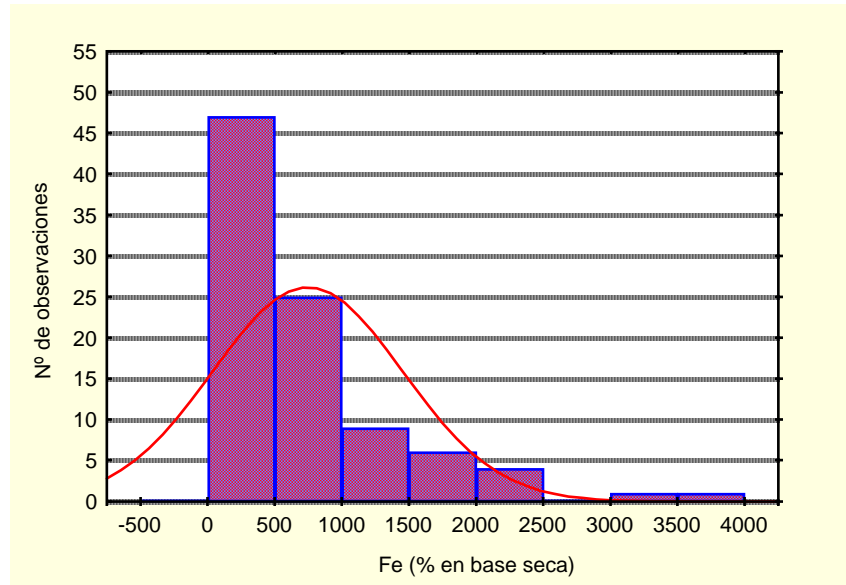
X. HIERRO

X.1. Factores que afectan el contenido de Fe de las pasturas

La media de 93 observaciones de contenido de Fe de pasturas naturales uruguayas publicadas en la literatura por Nores (1944) y Sosa y Guerrero (1983) fue de 746 ppm en la MS (102 a 3741; C.V.=95.1 %; figura 28). Orcasberro y Alonso (1990), basados en resultados 98 muestras de varios autores (Spangenberg *et al.*, 1941; Spangenberg, 1994, Nores, 1944; Cuenca *et al.*, 1981; Sosa y Guerrero, 1983; Fernández *et al.*, 1988; Alonso, sin publicar), reportan un contenido medio de Fe de 863 ppm (120 a 2005 ppm).

Towers y Grace (1983) afirman que el contenido de Fe de las pasturas es muy variable según las especies y el tipo de suelo, y que se ve muy afectado por la contaminación de las muestras por suelo. Metson *et al.* (1979), citados por Towers y Grace (1983), encontraron contenidos de Fe en pasturas de entre 100 y 3000 ppm, reflejando los mayores valores contaminación de la pastura con suelo.

Underwood (1981) afirma que la deficiencia de Fe en animales en pastoreo nunca ha sido demostrada inequívocamente, aunque algunos parásitos producen una anemia secundaria.


FIGURA 28. CONTENIDO DE Fe DE PASTURAS NATURALES URUGUAYAS


X.1.1. Variación estacional

En los Cuadros 43 y 43a se observa la variación estacional del contenido de Fe, llevada a una base relativa con respecto al contenido en verano:

CUADRO 43. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Fe EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido en Verano y expresados como ppm en base seca entre paréntesis.

Referencia	Departamento	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nores, 1944	Rocha		473 (1771)	216 (808)	100 (374)
Nores, 1944	Rocha		37 (212)	121 (692)	100 (570)
Nores, 1944	Rocha	32 (207)	16 (105)	43 (277)	100 (651)
Nores, 1944	Rocha	188(477)	370 (938)	136 (346)	100 (253)
Nores, 1944	Soriano	122(542)	415 (1845)	40 (176)	100 (444)
Nores, 1944	Salto	121 (335)	39 (108)	80 (222)	100 (276)
Nores, 1944	Salto	452(1082)	1565 (3741)	126 (303)	100 (239)
Nores, 1944	Paysandú	360 (649)	643 (1158)	57 (102)	100 (180)
Nores, 1944	Paysandú	152 (552)	233 (847)	127 (462)	100 (363)
Nores, 1944	Rivera	216 (495)	267 (612)	179 (412)	100 (229)
Nores, 1944	Río Negro	174 (999)	167 (961)	47 (271)	100 (574)
Nores, 1944	Durazno	71 (742)	200 (2080)	23 (235)	100 (1038)
Nores, 1944	Durazno	182 (1322)		104 (758)	100 (726)
Nores, 1944	Cerro Largo	158 (629)	438 (1738)	210 (833)	100 (396)
Nores, 1944	Treinta y Tres	270 (1702)	189 (1191)	154 (973)	100 (630)
Nores, 1944	Artigas	61 (258)	579 (2476)	107 (460)	100 (427)



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 43a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Fe EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido en Verano (Resumen).

	ESTACION			
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nro. de muestras	14	15	16	16
Media	183	376	111	100
CV %	62.9	101.6	54.3	
Máximo	452	1565	216	
Mínimo	32	16	23	

Las variaciones estacionales del contenido de Fe son amplias, diferenciándose un pico pronunciado en el invierno. Los menores contenidos corresponden a la primavera y el verano. Sin embargo, estos valores estacionales relativos medios encubren variaciones de gran magnitud, como queda reflejado en los valores máximos y mínimos del Cuadro 30. Promedialmente el verano es la estación en la que tienen lugar los menores contenidos de Fe en las pasturas, pero en algún caso también se ha registrado el máximo anual en esa estación. Todas las estaciones han sido máximos y mínimos anuales en alguna de las pasturas de los campos cuyos resultados publicara Nores (1944). Se concluye que las oscilaciones estacionales del contenido de Fe en las pasturas pueden ser extremadamente amplias y a la vez totalmente impredecibles en sentido. Se observa en el Cuadro 30 que inclusive pasturas de campos en el mismo departamento manifestaron comportamientos opuestos.

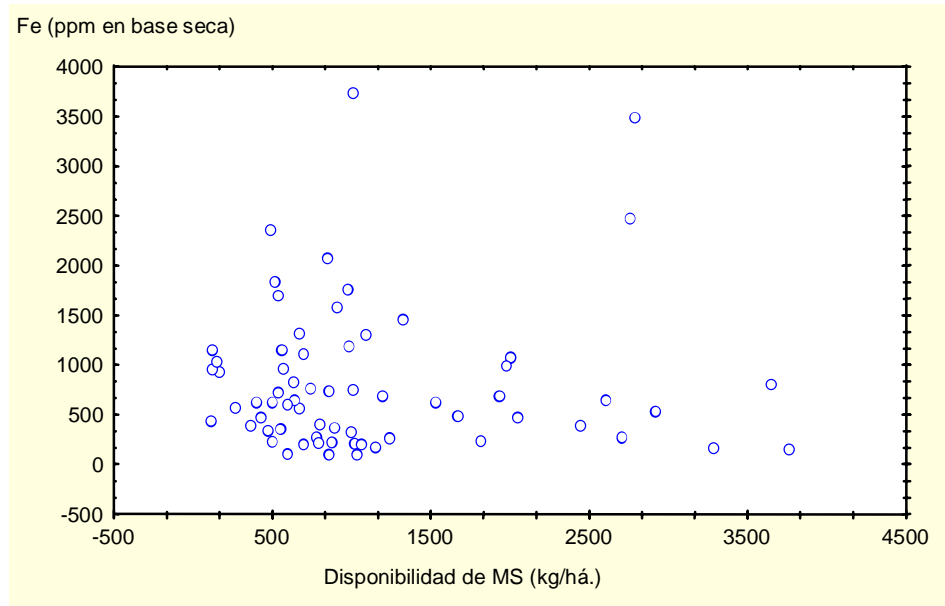
En base a resultados de Invernizzi y Silveira (sin publicar) se encontró un contenido de Fe significativamente mayor (Mann-Whitney U test: $P=0.005$) en pastos en estado vegetativo (247 ppm) que en estado reproductivo (211 ppm).

X.1.2. Disponibilidad de MS

El contenido de Fe no se vinculó con la disponibilidad de MS de la pastura (figura 29). El modelo lineal explicó apenas 0.13 % de la variación ($P=0.765$), y el cuadrático 0.31 % ($P>0.10$). Removiendo los tres valores outliers el modelo lineal alcanza a explicar el 3.75 % de la variación ($P=0.117$).



FIGURA 29. CONTENIDO DE Fe EN FUNCION DE LA DISPONIBILIDAD DE MS



X.1.3. Ubicación topográfica

En los Cuadros 44 y 44a se observa una recopilación de resultados de contenido de Fe en pasturas naturales de acuerdo con su ubicación topográfica en cuchilla o bajo:

CUADRO 44. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE Fe (ppm en base seca) DE PASTURAS NATURALES MUESTREADAS EN DISTINTOS DEPARTAMENTOS Y ESTACIONES DEL AÑO SEGUN AUTORES.

Referencia	Departamento	Estación	Cuchilla	Bajo
Nores, 1944	Rocha	Verano	374	570
Nores, 1944	Rocha	Invierno	1771	212
Nores, 1944	Rocha	Primavera	808	692
Nores, 1944	Rocha	Otoño	477	207
Nores, 1944	Rocha	Invierno	938	106
Nores, 1944	Rocha	Verano	253	651
Nores, 1944	Rocha	Primavera	346	277

CUADRO 44a. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Fe DE PASTURAS NATURALES (ppm en base seca).

	Cuchilla	Bajo
Nro. de muestras	7	7
Media ¹	599a	498a
CV ² , %	95.7	51.9
Máximo	1771	692
Mínimo	253	106

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren ($p=0.733$)

² Coeficiente de variación

De acuerdo a lo que se observa, las variaciones dentro de las cuchillas y de los bajos son mucho más amplias que entre ambas ubicaciones topográficas. La ubicación topográfica no incide significativamente sobre el contenido de Fe de las pasturas. En cambio, del trabajo de Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) surgen diferencias significativas en relación a los contenidos de Fe de plantas individuales creciendo en cuatro suelos de Basalto diferenciados por su posición topográfica, profundidad y color del horizonte A (Cuadro 45):

CUADRO 45. CONTENIDO MEDIO DE Fe DE VARIAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL EN CUATRO SUELOS DE BASALTO

Suelo	Fe (ppm)
Litosol rojo	261 a ¹
Litosol negro	232 ab
Brunosol	258 a
Vertisol	195 b

¹ Medias con distinta letra son diferentes con $P < .05$

Las diferencias entre suelos no están causadas solamente por la composición botánica, ya que se mantienen ($P=.003$) al introducir la especie como una covariable. Las diferencias se atenúan y las medias ajustadas son de 264, 229, 248 y 205 ppm, en el orden del Cuadro 45. Sin embargo, los autores afirman que no existen diferencias significativas en cuanto al contenido de Fe para tres especies (*Paspalum notatum*, *Stipa setigera* y *Eryngium nudicaule*) cuando eran muestreadas en distintos suelos. Ahora bien, las diferencias significativas que se observan en el análisis de varianza cuando se incluye la especie como una covariable podrían estar causadas por las demás especies muestreadas en más de un suelo: *Aristida uruguayensis*, *Bothriochloa laguroides*, *Coelorhachis selloana*, *Eustachis bahiensis*, *Schyzachirium microstachium*, *Piptochaetium stipoides*, *Poa lanigera* y *Adesmia bicolor*.

El efecto significativo del tipo de suelo que se desprende de los resultados de Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) no necesariamente contradice la ausencia de efectos significativos de la ubicación topográfica que se observa en el Cuadro 44, ya que los datos de los primeros se refieren a especies individuales y en un solo



establecimiento, y no necesariamente tienen que coincidir con la composición botánica de los tapices completos cuyos resultados reporta Nores (1944). Un problema adicional que hace que los resultados de contenido de Fe de Invernizzi y Silveira (sin publicar) sean menos confiables es la contaminación con tierra. Los autores señalan que las muestras que presentaron más de 300 ppm seguramente estaban contaminadas, y reportan contenidos de más de 300 ppm sin cuantificarlos exactamente. Si bien es probable que lo propio haya también ocurrido con los resultados de Nores (1944) -de hecho este autor reporta resultados de hasta 3741 ppm -, todos los resultados obtenidos por este investigador están cuantificados exactamente. Hay por lo tanto una diferencia metodológica en lo atinente al reporte de los resultados que hace que ambas fuentes no sean estrictamente comparables. Por otra parte, si la contaminación con suelo fue un problema importante en el trabajo de Nores (1944) -y 60 de las 82 muestras presentan contenidos de Fe mayores a 300 ppm - habría que esperar que las muestras más contaminadas sean las correspondientes a tapices más bajos. En cambio, el contenido de Fe parece mantenerse más o menos constante independientemente de la disponibilidad de MS (figura 29). En el relevamiento realizado por Sosa y Guerrero (1983) solamente dos de las doce muestras superaron las 300 ppm.

X.1.4. Textura

En los Cuadros 46 y 46a se presentan los contenidos de Fe de muestras provenientes de suelos livianos y pesados:

CUADRO 46. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE Fe DE PASTURAS NATURALES POR DEPARTAMENTO.

Referencia	Departamento	Fe (ppm)
<u>Texturas pesadas</u>		
Nores, 1944	Soriano	752
Nores, 1944	Salto	1341
Nores, 1944	Río Negro	701
<u>Texturas livianas</u>		
Nores, 1944	Salto	492
Nores, 1944	Paysandú	556
Nores, 1944	Rivera	437

CUADRO 46a. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE Fe DE PASTURAS NATURALES (Resumen).



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

	Textura	
	Pesada	Liviana
Nro. de muestras	3	3
Media ¹ (ppm)	931a	495b
CV ² , %	38.2	12.0
Máximo	1341	556
Mínimo	701	437

¹ Medias con distinta letra son diferentes con $P < 0.05$

² Coeficiente de variación

Las pasturas sobre suelos de texturas pesadas poseen significativamente más Fe que las que crecen sobre suelos livianos. Si, con el objetivo de aumentar el bajo número de repeticiones del Cuadro 46 se incluyen todos los datos por estación en lugar de compararse medias anuales los resultados son aproximadamente los mismos.

X.1.5. Material madre

En los Cuadros 47 y 47a se muestran resultados de contenido de Fe en pasturas creciendo sobre suelos originados sobre los principales materiales madre del país:


CUADRO 47. CONTENIDO DE Fe EN PASTURAS SOBRE DISTINTO MATERIAL MADRE POR DEPARTAMENTO Y SEGUN AUTORES.

Referencia	M.madre	Departamento	Fe (ppm)
Nores, 1944	Cristalino	Rocha	1771
Nores, 1944	Cristalino	Rocha	808
Nores, 1944	Cristalino	Rocha	374
Nores, 1944	Cristalino	Rocha	212
Nores, 1944	Cristalino	Rocha	692
Nores, 1944	Cristalino	Rocha	570
Nores, 1944	Cristalino	Florida	480
Nores, 1944	Cristalino	Florida	1157
Nores, 1944	Cristalino	Florida	205
Nores, 1944	Cristalino	Flores	690
Nores, 1944	Cristalino	Flores	1114
Nores, 1944	Cristalino	Flores	357
Nores, 1944	Cristalino	Cerro Largo	629
Nores, 1944	Cristalino	Cerro Largo	1738
Nores, 1944	Cristalino	Cerro Largo	833
Nores, 1944	Cristalino	Cerro Largo	396
Nores, 1944	Cristalino	Treinta y Tres	1702
Nores, 1944	Cristalino	Treinta y Tres	1191
Nores, 1944	Cristalino	Treinta y Tres	973
Nores, 1944	Cristalino	Treinta y Tres	630
Nores, 1944	Cristalino	Colonia	1307
Nores, 1944	Cristalino	Colonia	767
Nores, 1944	Fray Bentos	Soriano	542
Nores, 1944	Fray Bentos	Soriano	1845
Nores, 1944	Fray Bentos	Soriano	176
Nores, 1944	Fray Bentos	Soriano	444
Nores, 1944	Fray Bentos	Río Negro	999
Nores, 1944	Fray Bentos	Río Negro	961
Nores, 1944	Fray Bentos	Río Negro	271
Nores, 1944	Fray Bentos	Río Negro	574
Nores, 1944	Cretácico	Paysandú	552
Nores, 1944	Cretácico	Paysandú	847
Nores, 1944	Cretácico	Paysandú	462
Nores, 1944	Cretácico	Paysandú	363
Nores, 1944	Areniscas	Rivera	495
Nores, 1944	Areniscas	Rivera	612
Nores, 1944	Areniscas	Rivera	412
Nores, 1944	Areniscas	Rivera	229



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 47a. CONTENIDO DE Fe EN PASTURAS SOBRE DISTINTO MATERIAL MADRE (Resumen).

	Material madre			
	Areniscas	Cretácico	Cristalino	Fray Bentos
Nro. de muestras	4	4	22	8
Media (ppm)	437	556	845	727
CV, % ¹	36.9	37.6	56.2	74.1
Máximo	612	847	1771	1845
Mínimo	229	363	205	176

¹ Coeficiente de variación

El análisis se realizó con los resultados de cada material madre estación por estación debido a que de usarse medias anuales es imposible hacer cualquier comparación estadística al contarse con una sola observación en Areniscas y en Cretácico. A pesar de las amplias diferencias entre medias, las variaciones dentro de cada material madre enmascaran las diferencias entre materiales madre. Las diferencias entre texturas (X.7.5.) se aprecian parcialmente al presentar los materiales sobre Areniscas y Cretácico los menores valores. Según Nores (1944) la solubilidad del Fe en el suelo se ve favorecida por la acidez y el anegamiento. En relación al primer factor, los suelos que serían los más ácidos, Areniscas y Cretácico, parecen en cambio tender a poseer los menores contenidos de Fe. Por otra parte, estos serían los suelos que tenderían menos a anegarse debido a su mejor drenaje.

X.1.6. Región geográfica

En los Cuadros 48 y 48a se presenta el contenido de Fe de pasturas de cinco regiones geográficas distintas:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

CUADRO 48. CONTENIDO DE Fe EN PASTURAS NATURALES DE DISTINTAS REGIONES Y DEPARTAMENTOS.

Referencia	Región	Departamento	Fe (ppm)
Nores, 1944	Este	Lavalleja	1450
Nores, 1944	Este	Lavalleja	2005
Nores, 1944	Este	Rocha	984
Nores, 1944	Este	Rocha	112
Nores, 1944	Este	Rocha	548
Nores, 1944	Este	Rocha	503
Nores, 1944	Este	Cerro Largo	899
Nores, 1944	Este	Treinta y Tres	1128
Nores, 1944	Litoral S	Soriano	752
Nores, 1944	Litoral S	Río Negro	701
Nores, 1944	Litoral S	Colonia	667
Nores, 1944	Litoral N	Salto	492
Nores, 1944	Litoral N	Salto	1341
Nores, 1944	Litoral N	Paysandú	552
Nores, 1944	Litoral N	Paysandú	556
Nores, 1944	Litoral N	Artigas	1488
Nores, 1944	Noreste	Tacuarembó	437
Nores, 1944	Noreste	Rivera	1117
Nores, 1944	Centro	Florida	614
Nores, 1944	Centro	Flores	720
Nores, 1944	Centro	Flores	784
Nores, 1944	Centro	Durazno	1024
Nores, 1944	Centro	Durazno	935

CUADRO 48a. CONTENIDO DE Fe EN PASTURAS DE DISTINTAS REGIONES (Resumen).

	Litoral N	Litoral S	Región Centro	Noreste	Este
Nro. de muestras	5	3	5	2	8
Media (ppm)	880	707	815	777	954
CV, % ²	55.9	6.1	20.2	61.9	62.2
Máximo	1488	752	1024	1117	2005
Mínimo	492	667	614	437	112

² Coeficiente de variación

Al igual que en lo que concierne al material madre, no es posible hacer una división por zonas definida en cuanto al contenido de Fe de las pasturas.

X.1.7. Composición botánica

Resultados acerca del contenido de Fe de diversas forrajeras se presentan en



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

los Cuadros 49 y 49a. En el trabajo de Invernizzi y Silveira (1992) varias muestras cayeron fuera del rango de detección, situándose por encima de 300 ppm. Los resultados de las mismas no se conocen. Por lo tanto, se prefirió hacer los estudios comparativos entre familias, ciclos y tipos productivos recurriendo a los resultados de Carbajal *et al.* (1987) solamente.

De todos modos los resultados de Invernizzi y Silveira (1992) se incluyen en la primera parte del Cuadro.

CUADRO 49. CONTENIDO DE Fe (ppm en base seca) DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL SEGUN AUTORES.

Especie	Referencia		media
	Carbajal <i>et al.</i> , 1987	Invernizzi y Silveira, 1992	
Andropogon lateralis		171	171
Aristida uruguayensis		164	164
Eustachis bahiensis		274	274
Schizachirium microstachium		202	202
Adesmia bicolor		287	287
Bromus auleticus	97		97
Coelorhachis selloana	139		139
Paspalum dilatatum	118	264	191
Poa lanigera		277	277
ciperáceas	69		69
Chaptalia piloselloides		300	300
Eryngium nudicaule		300	300
Oxalis sp.		300	300
Bothriochloa laguroides	230	207	218
Chascolytrum subaristatum	96		96
Paspalum plicatulum	102	114	108
Andropogon ternatus	218		218
Axonopus affinis		216	216
Paspalum notatum	177	253	215
Piptochaesium stipoides	99	162	130
Stipa papposa	154		154
Stipa setigera	88		88
Trifolium polymorphum		300	300


CUADRO 49a. CONTENIDO DE Fe (ppm en base seca) DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL AGRUPADAS POR FAMILIA, CICLO Y TIPO PRODUCTIVO.

	Nro. de muestras	Media	CV,%	Máx.	Mín.
<u>Familia</u>					
Gramíneas	10	142a ¹	36.3	230	96
Otras	2	82b	22.9	96	69
<u>Ciclo productivo</u>					
Invernales	5	107b ²	25.2	154	88
Estivales	6	164a	32.3	230	99
<u>Tipo productivo</u>					
Duros					
Ordinarios	3	143a ³	53.3		
Tiernos	7	135a	39.4		
Finos	2	107a	14.3		
Malezas enanas					
<u>Todas</u>	12	132	39.7	230	69

¹ Medias con letras distintas dentro de Familia difieren (p=0.053)

² Medias con letras distintas dentro de Ciclo Productivo difieren (p=0.028)

³ Medias con letras distintas dentro de Tipo Productivo difieren (p=0.784)

Entre los resultados obtenidos por Carbajal *et al.* (1987) se destaca *Bothriochloa laguroides* como la especie con mayor contenido medio de Fe a lo largo del año. El menor contenido medio anual lo presentaron las ciperáceas.

La media general de las especies estudiadas individualmente resulta mucho menor que la media general de los tapices (646 ppm) al haberse removido todas las observaciones que superaban las 300 ppm, de las que no se conoce su valor real. Es muy probable que en los datos recabados por Nores (1944) hubiera también problemas de contaminación por tierra, tal como ocurrió en el trabajo de Invernizzi y Silveira (1992). Casi el 75 % de las muestras recogidas por Nores (1944) superó las 300 ppm. Towers y Grace (1983) hacen referencia a este problema. Según ellos los contenidos de Fe se verían grandemente afectados por contaminación con tierra. Este problema probablemente explique una parte importante de la variación en los contenidos de Fe de las pasturas y puede ser la causa más importante de su impredecibilidad, así como de las variaciones entre referencias.

Aparentemente las gramíneas poseerían contenidos de Fe mayores que otras especies no leguminosas, aunque la cantidad de especies evaluadas es muy baja. Thomas *et al.* (1952), citados por Underwood (1981), hallaron contenidos medios de Fe de 306 ppm para leguminosas, 264 para gramíneas y 358 para "otras hierbas". Underwood (1971) sostiene que los rangos más comunes son de 200 a 300 ppm



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

para leguminosas y 100 a 250 ppm para gramíneas. Asimismo, las estivales podrían tener mayores tenores que las invernales, no existiendo diferencias entre los tipos productivos evaluados. Sin embargo, y debido a la necesidad de remover las observaciones de Invernizzi y Silveira (1992), la cantidad de especies evaluadas puede ser insuficiente para extraer conclusiones válidas. Por ejemplo, de las 16 especies estudiadas por Invernizzi y Silveira (1992) las cuatro que presentaron más de 300 ppm fueron todas no gramíneas (una leguminosa, *Trifolium polymorpha*, una compuesta, *Chaptalia piloselloides*, una umbelífera, *Eryngium nudicaule*, y una oxalicácea, *Oxalis* sp.).

En los Cuadros 50 y 50a se observa la distribución estacional por especie del contenido de Fe:

CUADRO 50. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Fe DE DISTINTAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL.. Valores expresados como % relativo al contenido de Fe en Verano.

Especie	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
<i>Andropogon ternatus</i>	617		90	100
<i>Bothriochloa laguroides</i>	556		112	100
<i>Bromus auleticus</i>	192	146	97	100
<i>Chascolytrum subaristatum</i>	195		88	100
<i>Coelorhachis selloana</i>	256		171	100
<i>Paspalum dilatatum</i>	175		115	100
<i>Paspalum notatum</i>	460		178	100
<i>Paspalum plicatulum</i>	132		91	100
<i>Piptochaetium stipoides</i>	103	117	103	100
<i>Stipa papposa</i>	505	59	57	100
<i>Stipa setigera</i>	170	158	106	100



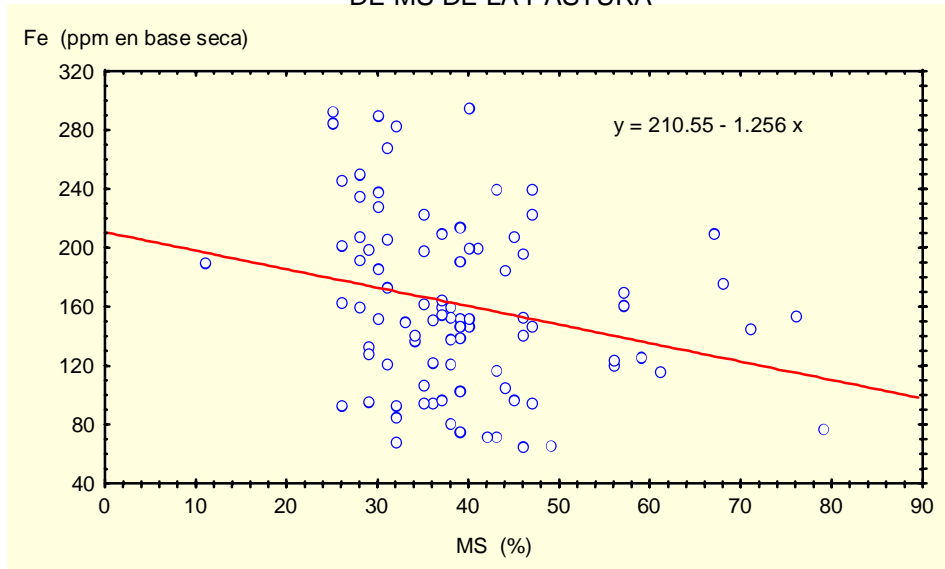
INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

CUADRO 50a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Fe DE DISTINTAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL.. Valores expresados como % relativo al contenido de Fe en Verano (Resumen).

	Nro. de muestras	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
<u>Ciclo productivo</u>					
Estivales	0 - 6	366	114	126	100
Invernales	5 - 6	233		90	100
<u>Tipo productivo</u>					
Duros	2 - 4	347	59	87	
Ordinarios	2 - 5	321	137	130	100
Tiernos	2	183	146	106	100
Finos					
Malezas					
<u>Todas</u>	6 - 11	305	114	110	100

Todas las especies son gramíneas, por lo que no se incluyen resultados por familia. En todos los casos se manifiesta una tendencia clara, algo menos marcada en el caso de los pastos finos, a presentar los mayores contenidos de Fe en otoño. Esto se cumple para todas las especies salvo *Piptochaetium stipoides*, que exhibe un comportamiento uniforme a lo largo del año. Esto no coincide con lo observado en el Cuadro 43 en relación a tapices completos, donde la estación en la que los contenidos de Fe fueron mayores fue el invierno. De todas formas, los contenidos relativos del invierno que se observan en el Cuadro 50 provienen todos de especies invernales, que constituyen la fracción menor en los tapices completos.

De resultados de Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) se concluye que las plantas en estado vegetativo presentaron un contenido de Fe ligera pero significativamente mayor (247 vs. 211 ppm; Mann-Whitney U test: $P=.005$) que aquellas en estado reproductivo. Se observa una disminución lineal del contenido de Fe con el aumento en el contenido de MS (figura 30), aunque el porcentaje de la variación explicado es de solamente el 6.45 ($P=.014$). Este comportamiento ha sido señalado por Underwood (1981). Si bien esta tendencia hacia la reducción de los contenidos de Fe con la madurez explicaría el pico otoñal de las especies invernales, habría que esperar lo contrario en relación a las estivales.


FIGURA 30. CONTENIDO DE Fe EN FUNCION DEL CONTENIDO DE MS DE LA PASTURA


X.1.8. Año de la observación

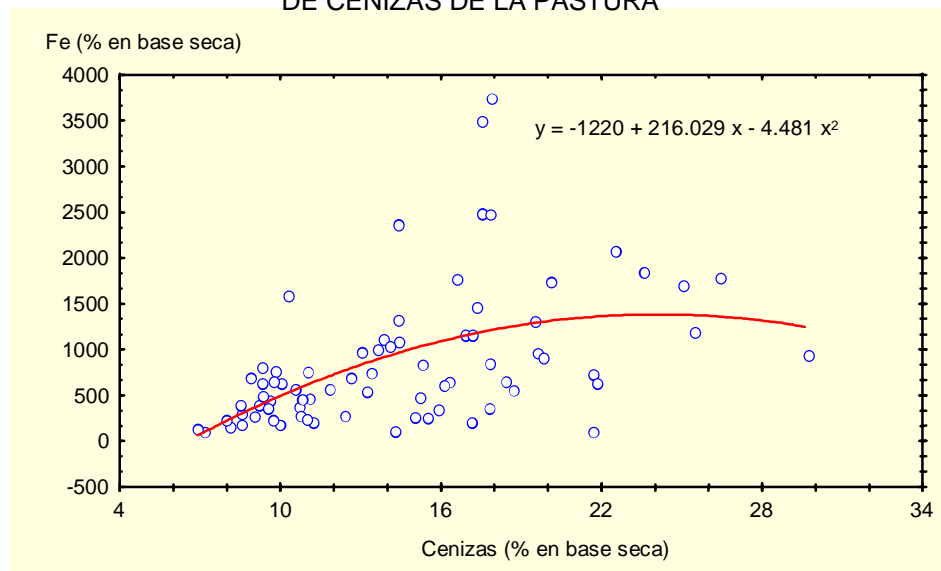
En el relevamiento realizado se encontraron solamente dos fuentes bibliográficas acerca del contenido de Fe de tapices completos. La media de los resultados de Nores (1944) es de 955 ppm, en tanto la reportada por Sosa y Guerrero (1983) es sensiblemente menor, 229 ppm. Estos últimos autores trabajaron en L714 primavera avanzada, lo que podría explicar en parte las diferencias (III.3.1.). No obstante, las medias de las observaciones de Nores (1944) correspondientes a primavera y a primavera y verano son respectivamente de 435 y 448 ppm, valores aún más altos que la media obtenida por Sosa y Guerrero (1983). Con solamente dos trabajos y falta de información sobre la metodología de corte y análisis utilizada por Sosa y Guerrero (1983), resultaría erróneo atribuir las diferencias entre los trabajos a los casi 40 años transcurridos entre uno y otro, y concluir algo acerca de tendencias en el largo plazo. Sin ir más lejos, las muestras de Sosa y Guerrero fueron tomadas en la zona que bordea la ruta 26, en tanto Nores (1944) trabajó con muestras extraídas en todo el país por Spangenberg *et al.* (1941). La posible contaminación con tierra en las muestras de Nores (1944) es otro factor que distorsiona la comparación. Por lo tanto no hay información suficiente como para extraer alguna conclusión acerca de la influencia del año de observación.



X.1.9. Contenido de cenizas

Una relación cuadrática entre contenido de Fe y cenizas (figura 31) explica el 28.35 % ($P < .001$) de la variación. La relación lineal correspondiente explica un 24.76 % ($P = .000$) de la variación.

FIGURA 31. CONTENIDO DE Fe EN FUNCION DEL CONTENIDO DE CENIZAS DE LA PASTURA



El agregado de tierra a los vegetales aumenta su contenido de Fe debido a que el contenido de Fe en el suelo es mayor al de la MS vegetal sin contaminar. Ahora bien, si el contenido de Fe de las cenizas del suelo fuera mayor al contenido de Fe en las cenizas de las plantas, una función cuadrática entre Fe y cenizas debería presentar concavidad positiva en el caso de que los contenidos más altos de Fe estuvieran causados por contaminación con tierra. Por el contrario, la curva de la figura 31 estaría indicando que, de explicarse los contenidos más altos de cenizas por contaminación con tierra, las cenizas del suelo deberían ser más diluidas en Fe que las cenizas de los vegetales.

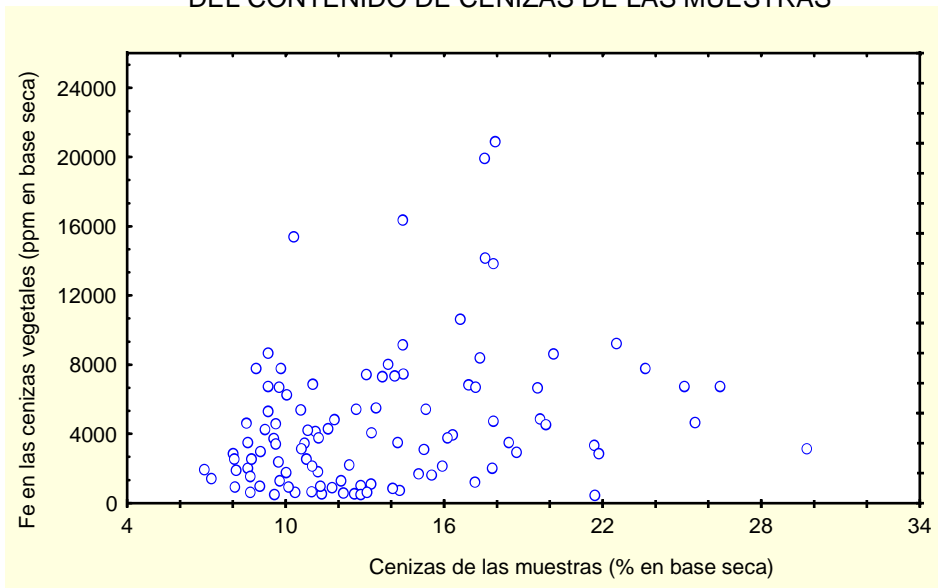
Hernández *et al.* (1995) determinaron el contenidos de Fe de 31 suelos uruguayos. Los percentiles 10 y 90 % (la distribución no es normal) del contenido de Fe en las cenizas de estos suelos (asumiendo un 4 % de materia orgánica) se ubicarían en 1500 y 9500 ppm, y la media en 5300 ppm. Por otra parte, el contenido medio de Fe en las cenizas de los tapices vegetales muestreados por Nores (1944) sería de 7117 ppm. Si se eliminan aquellas muestras con más del 12 % de cenizas, pasa a ser de 4458 ppm. En los resultados de Carbajal *et al.* (1987) las cenizas contendrían una media de 944 ppm de Fe si se eliminan aquellas muestras con más



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

de 500 ppm del mineral. Si en los resultados de Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) se eliminan las muestras con más de 300 ppm de Fe se obtiene un valor medio de 1236 ppm de Fe en las cenizas. Sin embargo, el contenido de Fe en las cenizas aparece como sumamente variable en los tres trabajos y en todos los rangos (figura 32).

FIGURA 32. CONTENIDO DE Fe EN LAS CENIZAS VEGETALES EN FUNCION DEL CONTENIDO DE CENIZAS DE LAS MUESTRAS



Esta variabilidad de valores y comportamientos del contenido de Fe en las cenizas de las plantas hace imposible discernir si será menor, igual o mayor al de las cenizas del suelo en cada situación. Además, los contenidos de Fe en las cenizas de las plantas están calculados a partir de muestras que, como se explicó, podrían estar contaminadas por tierra. Se incurriría por tanto en un razonamiento circular si se intenta comparar ambos contenidos de Fe en las cenizas -del suelo y de las plantas - sobre la base de la información de estos trabajos. Solamente podría sacarse alguna conclusión si los valores encontrados para las cenizas de las plantas fueran consistentemente mayores o menores a los reportados por Hernández *et al.* (1995). En ese caso se concluiría que el contenido de Fe en las cenizas de la planta es mayor o menor que el del suelo, pero no podría cuantificarse el primero sin conocer la magnitud de la contaminación con tierra.

Resulta entonces más razonable constatar la contaminación con tierra a través de los valores de cenizas en sí mismos.



X.1.10. Método de corte

No es posible averiguar la influencia de este factor ya que todas las muestras de tapices completos en que se determinó Fe y de que se tiene información son cortadas a guadaña (muestras recolectadas por Spangenberg *et al.*, 1941, analizadas posteriormente por Nores, 1944).

X.1.11. Modelos multivariados

Los modelos construidos son:

- Modelo "conservador":

N=70; $R^2=.1353$ (P=.002);
Error estándar de la estimación=683.12

Porcentaje de la variación explicado por:

Estación - .1353 % (P=.002; tolerancia=1.000)

Variable(s) fuera: Región

	media	máximo	mínimo
Residual	-0.001	2800	-972.6
Residual estandarizado	0.000	4.098	-1.424
Distancia Mahalanobis	0.986	1.774	0.197
Deleted residual	-0.81	2848.4	-1013
Distancia Cook	0.0125	0.250	0.000

Durbin - Watson d: 1.950; correlación serial=-0.0492

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

- Modelo "audaz":

N=16; $R^2=.3308$ (P=.171);
Error estándar de la estimación=683.94

Porcentaje de la variación explicado por:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Estación - 13.53 % (P=.1647; tolerancia=1.000)

Textura - 12.35 % (P=.1668; tolerancia=.4706)

Región - 7.20 % (P=.2780; tolerancia=.4706)

Variable(s) fuera: Material madre, ubicación topográfica, disponibilidad de MS

	media	máximo	mínimo
Residual	0.00	2627.4	-1122
Residual estandarizado	0.000	3.842	-1.641
Distancia Mahalanobis	3.205	6.122	0.265
Deleted residual	-27.44	3951.33	-2120
Distancia Cook	0.169	2.7959	0.000

Durbin - Watson d: 1.763; correlación serial=.0893

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

- Tercer modelo:

N=20; $R^2=.3308$ (P=.085)

Error estándar de la estimación=662.22

Porcentaje de la variación explicado por:

Estación - 13.53 % (P=.113; tolerancia=1.000)

Textura - 12.35 % (P=.112; tolerancia=.471)

Región - 7.20 % (P=.208; tolerancia=.471)

Variable(s) fuera: Material madre, ubicación topográfica, disponibilidad de MS

	media	máximo	mínimo
Residual	0.00	2627.4	-1122
Residual estandarizado	0.000	3.968	-1.695
Distancia Mahalanobis	3.247	6.203	0.268
Deleted residual	-17.39	3589.6	-1800
Distancia Cook	0.1177	1.969	0.000

Durbin - Watson d: 1.763; correlación serial=.0893

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.



El tercer modelo y el segundo incluyen las mismas variables y explican la misma proporción de la variación del contenido de Fe en las pasturas, pero el tercero tiene tres grados de libertad más, lo que lo torna más significativo y más estable. Comparado con el primero, el porcentaje de variación explicado es mayor; sin embargo, el primer modelo es bastante más estable. De todos modos, no hay contradicción entre ambos a los efectos de describir las causas que afectan el contenido de Fe de las pasturas. Claramente la estación es el factor más importante dentro de los evaluados seguido de la textura y la región.

X.2. Status nutricional de animales sin suplementar

X.2.1. Contenido de Fe de las pasturas y requerimientos animales

En el Cuadro 51 se observa que la totalidad de las muestras estudiadas cubriría los requerimientos de Fe de cada categoría de vacunos de carne y ovinos:

CUADRO 51. PORCENTAJE DE LAS MUESTRAS QUE CUBRE LOS REQUERIMIENTOS DE Fe EN VACUNOS Y OVINOS.

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
VACUNOS				
Vacas de cría	100.0	100.0	100.0	100.0
Terneros	100.0	100.0		
Novillos	100.0	100.0	100.0	100.0
OVINOS				
Ovejas de cría	100.0	100.0	100.0	100.0
Corderos	100.0	100.0		100.0
Borregas	100.0	100.0	100.0	100.0
Capones	100.0	100.0	100.0	100.0

Numerosas muestras analizadas por distintos autores (Nores, 1944; Carbajal *et al.*, 1987; Invernizzi y Silveira, 1992) han presentado contenidos de Fe muy por encima de los requerimientos animales debido a contaminación con suelo. Sin embargo, sería poco probable que ocurrieran efectos tóxicos, debido a que la biodisponibilidad del Fe procedente de contaminación con suelo parece ser mínima (Towers y Grace, 1983).

El contenido de Fe de diferentes especies forrajeras no se relacionó con su calidad, aunque resultó algo menor en las especies finas. No sería esperable que el grado de selectividad en pastoreo influyera sobre el estado nutricional en cuanto a los niveles de Fe.

Una vez absorbido el Fe es eficientemente retenido, principalmente en el hígado pero también en la médula ósea y el baso. Los animales adultos con sus



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

reservas completas necesitan muy poco Fe si no hay pérdidas de sangre o estados patológicos (Maynard *et al.*, 1981).

X.2.2. Contenido de Fe en tejidos

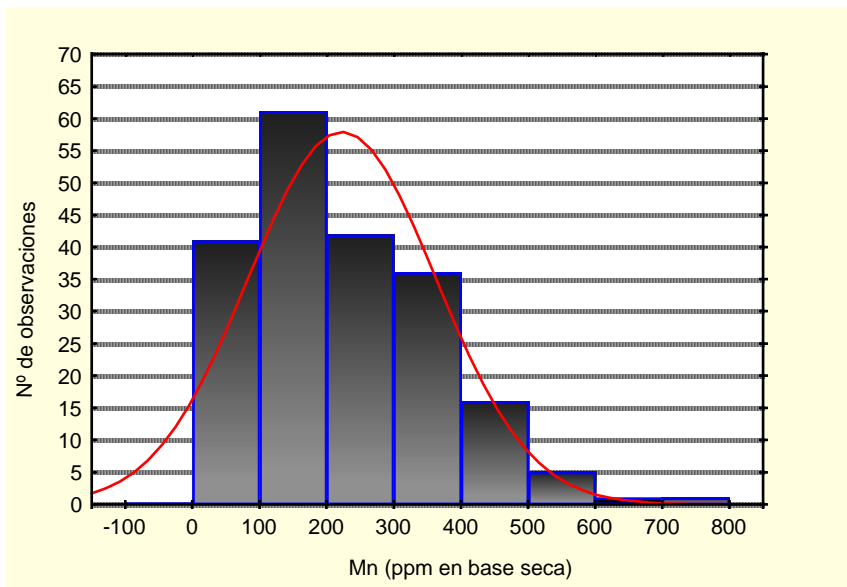
Guerrero y Colucci (1979) encontraron un contenido medio de Fe en hígado de 280 vacunos faenados en frigorífico de 231 ppm (C.V.=24.7 %). A pesar de que de acuerdo con los autores el valor normal sería de 320 ppm, éstos no hacen alusión a la probabilidad de una deficiencia.

XI. MANGANESO

XI.1. Factores que afectan el contenido de Mn en las pasturas

La media de 203 observaciones de contenido de Mn en pasturas naturales uruguayas publicadas en la literatura fue de 223 ppm en la MS (24.4 a 753 ppm; C.V. = 68.9 %; figura 33). Orcasberro y Alonso (1990), basados en resultados 526 muestras de varios autores (Spangerberg *et al.*, 1941; Spangerberg, 1994, Nores, 1944; Cuenca *et al.*, 1981; Sosa y Guerrero, 1983; Fernández *et al.*, 1988; Alonso, sin publicar), reportan un contenido medio de Mn algo superior, de 271 ppm (40 a 472 ppm).

FIGURA 33. CONTENIDO DE Mn DE PASTURAS URUGUAYAS





En Estados Unidos 230 muestras de alfalfa tuvieron entre 8 y 100 ppm de Mn, con una media de 51 ppm (Dye, 1962, citado por Underwood, 1981). En Nueva Zelanda los contenidos de Mn en pasturas se situaron entre 140 y 200 ppm, con más de 400 ppm en muestras de algunas áreas (Grace, 1973, citado por Underwood, 1981) y entre 50 y 500 ppm (Metson *et al.*, 1979, y Smith y Edmeades, 1983, citados por Grace, 1983).

XI.1.1. Variación estacional

En los Cuadros 52 y 52a se presenta la variación estacional del contenido de Mn reportada por distintos autores, llevada a una base relativa con respecto al contenido en verano:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 52. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Mn EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido en Verano y expresados como ppm en base seca entre paréntesis.

Referencia	Departamento	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nores, 1944	Rocha		76 (108)	61 (87)	100 (374)
Nores, 1944	Rocha		170 (42)	600 (146)	100 (24)
Nores, 1944	Rocha	60 (53)	200 (175)	77 (67)	100 (87)
Nores, 1944	Soriano	87 (48)	150 (84)	81 (45)	100 (56)
Nores, 1944	Salto	115 (150)	144 (186)	73 (95)	100 (129)
Nores, 1944	Salto	195 (139)	331 (236)	103 (74)	100 (71)
Nores, 1944	Paysandú	162 (106)	149 (98)	42 (28)	100 (65)
Nores, 1944	Paysandú	121 (171)	150 (213)	101 (143)	100 (141)
Nores, 1944	Rivera	116 (139)	93 (111)	107 (129)	100 (120)
Nores, 1944	Río Negro	110 (71)	159 (103)	60 (39)	100 (65)
Nores, 1944	Durazno	105 (136)	28 (36)	75 (97)	100 (129)
Nores, 1944	Durazno	133 (132)	271 (268)	105 (104)	100 (99)
Nores, 1944	Cerro Largo	114 (183)	259 (415)	116 (186)	100 (160)
Nores, 1944	Treinta y Tres	131 (159)	197 (239)	105 (127)	100 (120)
Nores, 1944	Artigas	147 (139)	120 (113)	72 (69)	100 (95)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	101 (259)			100 (255)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	104 (218)			100 (209)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	151 (339)			100 (224)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	163 (389)			100 (238)
Arroyo y Mauer, 1982	Cerro Largo		124 (411)	100 (331)	
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo		124 (314)	111 (282)	100 (252)
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo		98 (300)	112 (343)	100 (305)
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	102 (353)		96 (328)	100 (344)
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	209 (217)		223 (232)	100 (104)
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	Río Negro	101 (275)		99 (269)	100 (272)
Orcasberro y Alonso (1991)	Colonia		116 (118)	76 (77)	100 (101)
Orcasberro y Alonso (1991)	Paysandú	163 (174)	107 (115)	62 (66)	100 (107)
Orcasberro y Alonso (1991)	Paysandú	99 (107)	226 (245)	59 (64)	100 (108)
Orcasberro y Alonso (1991)	Salto	116 (189)	77 (124)	79 (128)	100 (162)
Orcasberro y Alonso (1991)	Tacuarembó	111 (449)	187 (753)	114 (460)	100 (402)
Orcasberro y Alonso (1991)	Cerro Largo	145 (322)	247 (548)	120 (266)	100 (221)



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 52a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Mn EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido en Verano (Resumen).

	ESTACION			
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nro. de muestras	25	23	27	31
Media	127	160	113	100
Coef. de variación, %	26.7	45.2	90.9	
Máximo	209	331	600	
Mínimo	60	28	42	

Promedialmente se observa una elevación de los niveles a partir del otoño con un pico en invierno, un posterior descenso en primavera y un mínimo en verano. Existen excepciones a estas tendencias que aparentemente no están asociadas a la región en que ocurren: Nores (1944) en Rocha, Rivera y Durazno, Gómez Haedo y Amorín (1982) en Cerro Largo y Orcasberro y Alonso (1991) en Salto. En algunos casos (Nores, 1944, en Paysandú, Rivera, Durazno y Artigas; Orcasberro y Alonso, 1991, en Paysandú y Salto) el máximo se presentó en el otoño. Una explicación podría ser el aumento en la disponibilidad del Mn en el suelo que se produce en condiciones de anegamiento (Grace, 1983), que son más probables en otoño e invierno.

XI.1.2. Disponibilidad de MS

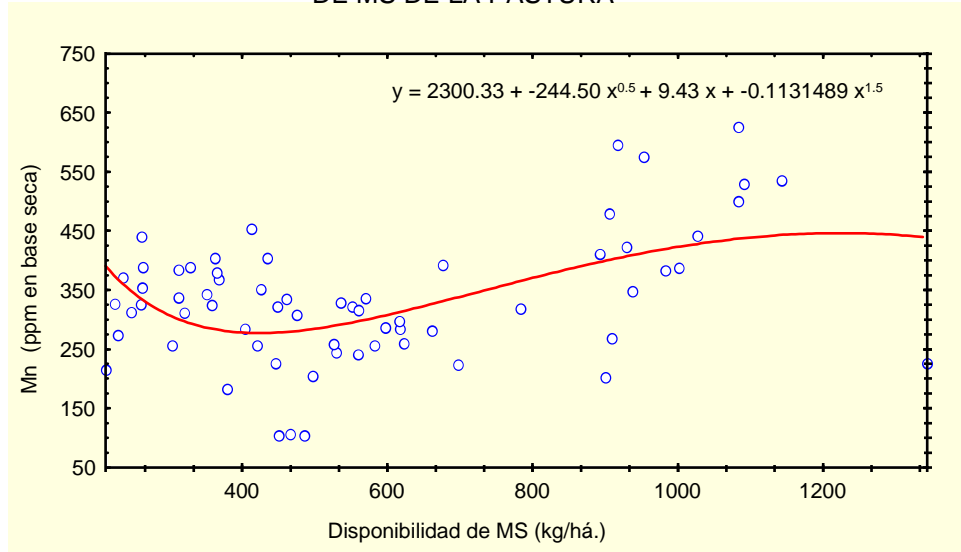
En la **figura 34** se observa la relación entre contenido de Mn y disponibilidad de MS. El mejor ajuste de los evaluados lo dio el siguiente polinomio:

$$\text{Mn (ppm)} = 2300.3 - 244.5 \text{ DMS}^{-5} + 9.432 \text{ D} - .113 \text{ D}^{1.5}; R^2 = .2649 (P < .001)$$



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

FIGURA 34. CONTENIDO DE Mn EN FUNCION DE LA DISPONIBILIDAD DE MS DE LA PASTURA



Si se elimina un valor outlier obtenido por Almirati y Peri (1982) en Glencoe (1343 kg. de MS/ha; 226 ppm) el modelo cuadrático pasa a explicar de 19.4 a 43.2 % de la variación (porcentaje casi igual al que explica el modelo de grados no enteros al también eliminar el valor outlier).

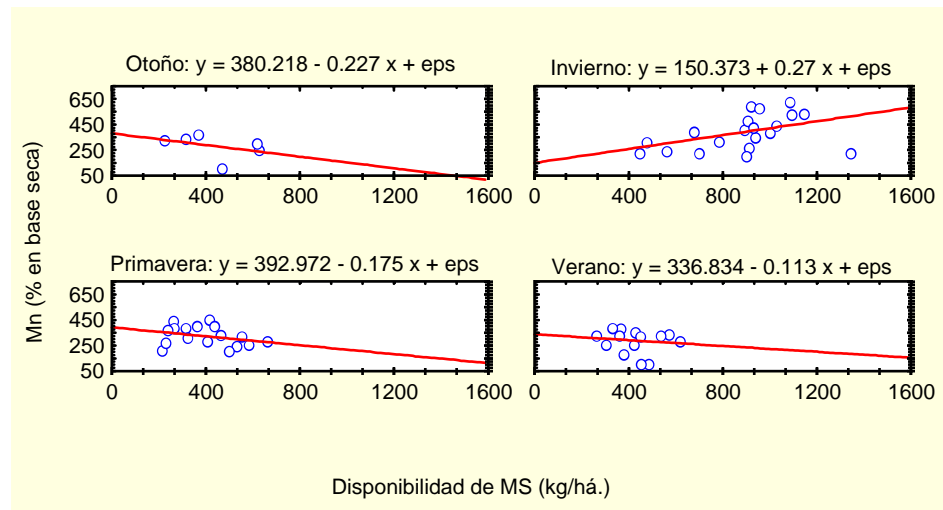
El pool de 66 pares de observaciones (disponibilidad de MS y contenido de Mn) proviene de cinco fuentes (Gómez Haedo y Amorín, 1982; Arroyo y Mauer, 1982; Almiratti y Peri, 1982; Barrios *et al.*, 1984, y Fernández Liñares *et al.*, 1985). Puede observarse que a igual disponibilidad de MS los valores de contenido de Mn obtenidos por Arroyo y Mauer (1982) tienden a ser mayores a los del resto de las fuentes. Esto no se explica por la temperatura de secado de la muestra usada para medir disponibilidad de MS (Cuadro 2), ya que fue igual (80 °C) a la utilizada por Barrios *et al.* (1984) y Fernández Liñares *et al.* (1985), y menor a la utilizada por Gómez Haedo y Amorín (1982)(95 °C). Parece improbable que la explicación resida en un efecto de la temperatura de secado de las muestras usadas para medir disponibilidad de MS (si hubiera un efecto de pérdida de volátiles se mediría menos disponibilidad de MS para igual tenor de Mn, y la observación tendería a aparecer por debajo de la curva de respuesta) ya que la utilizada (100 °C) por Arroyo y Mauer (1982) fue la mayor de las cinco. Debe señalarse que en todos los casos el contenido de Mn fue determinado por la misma técnica (espectrofotometría de absorción atómica). Arroyo y Mauer (1982) cortaron el tapiz al ras para la obtención de muestras para medir disponibilidad de MS (Cuadro 3) al igual que Barrios *et al.* (1984) y Fernández Liñares *et al.* (1985), por lo que esto no explicaría el sesgo hacia mayores valores de Mn obtenidos por Arroyo y Mauer (1982).

En lo que hace a la relación entre disponibilidad de MS y contenido de Mn por



estación (figura 35), solamente en invierno se observa una respuesta positiva similar a la de la figura 34.

FIGURA 35. CONTENIDO DE Mn DE TAPICES NATIVOS EN FUNCION DE LA DISPONIBILIDAD DE MS POR ESTACION



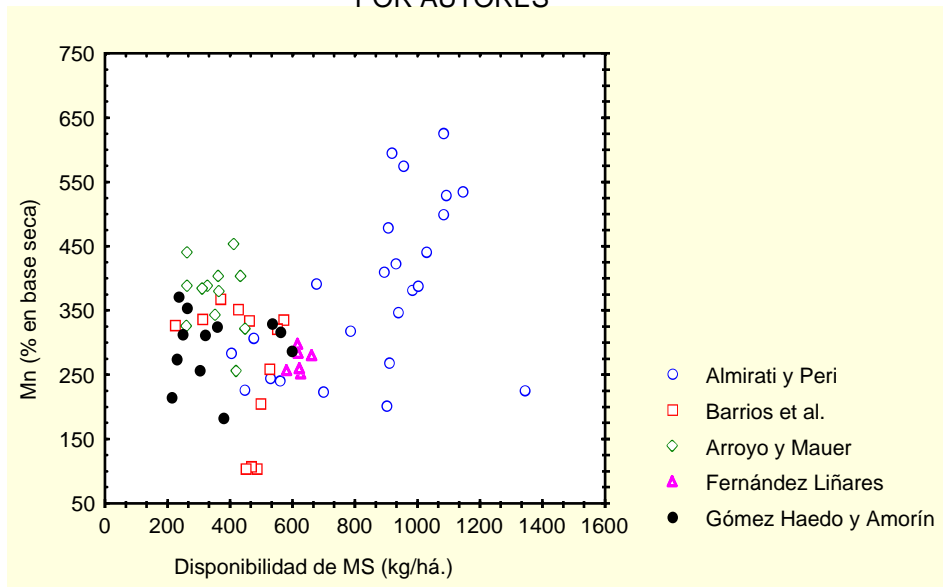
La explicación seguramente está en el mayor rango de valores de disponibilidad de MS para esa estación, provenientes de observaciones de Almirati y Peri (1982). Para el resto de las estaciones el rango de valores de disponibilidad de MS es muy estrecho y eso seguramente dificulta el estudio de las respuestas. En las disponibilidades bajas, en que coinciden las cuatro estaciones, no hay mayores tendencias a encontrar diferencias en contenidos de Mn. Surge la posibilidad de que el pico invernal de Mn (XI.1.1) esté causado en realidad por una mayor promedio de disponibilidad de MS de los tapices muestreados en esa estación. Sin embargo, en el Cuadro 38 no figuran observaciones de Almirati y Peri (1982), que son las que podrían causar esta distorsión, por lo que se descartaría esa posibilidad.

Se optó por no incluir los resultados de Nores (1944) y Spangerberg (1941) con los anteriores ya que no se aclara si los datos de disponibilidad de MS de Spangerberg (1941) están expresados en quintales métricos (100 kg) o de 46 kg (el valor último aparece como más probable). Cuando se estudió con estos resultados por separado la relación entre disponibilidad de MS y contenido de Mn ninguno de los modelos evaluados resultó significativo. (figura 36).



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

FIGURA 36. CONTENIDO DE Mn EN FUNCION DE LA DISPONIBILIDAD DE MS POR AUTORES



XI.1.3. Ubicación topográfica

En los Cuadros 53 y 53a se observa una recopilación de resultados de contenido de Mn en pasturas naturales de acuerdo con su ubicación topográfica en cuchilla o bajo:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

CUADRO 53. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE Mn (ppm) DE PASTURAS NATURALES MUESTREADAS EN DISTINTOS DEPARTAMENTOS Y ESTACIONES DEL AÑO SEGUN AUTORES.

Referencia	Departamento	Estación	Cuchilla	Bajo
Nores, 1944	Rocha	Verano	143	24
Nores, 1944	Rocha	Invierno	108	42
Nores, 1944	Rocha	Primavera	87	147
Nores, 1944	Rocha	Otoño	59	53
Nores, 1944	Rocha	Invierno	102	175
Nores, 1944	Rocha	Verano	33	87
Nores, 1944	Rocha	Primavera	38	67
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Otoño	259	218
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Verano	290	242
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Verano	220	175
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	233	128
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	187	144
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	232	102
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Rocha	Verano	475	442
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	Otoño	339	389
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	Verano	224	238
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Otoño	337	327
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Otoño	368	107
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Primavera	322	205
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Primavera	335	259
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Verano	336	104
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Verano	352	104

CUADRO 53a. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE Mn (ppm) DE PASTURAS NATURALES (Resumen).

	Cuchilla	Bajo
Nro. de muestras	22	22
Media ¹	231	172
CV ² , %	53.3	64.4
Máximo	475	442
Mínimo	33	24

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente (P= 0.01)

² Coeficiente de variación

Los tapices vegetales de las cuchillas presentan significativamente más Mn que los de los bajos. Esto se contrapone al hecho de que en condiciones de reducción aumenta la disponibilidad del Mn para las plantas (Grace, 1983).

De los resultados de Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) surgen diferencias significativas (ANOVA: P=.000) en el contenido de Mn en la media de varias especies en cuatro tipos de suelo de Basalto diferenciados por su posición topográfica, profundidad y color del horizonte A (Cuadro 54):

CUADRO 54. CONTENIDO MEDIO DE Mn DE VARIAS ESPECIES DE PASTURAS



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

NATURALES EN CUATRO SUELOS DE BASALTO

Suelo	Mn (ppm)
Litosol rojo	117 a ¹
Litosol negro	115 a
Brunosol	74 b
Vertisol	128 a

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente (P= 0.05)

La inclusión de la especie o la estación del año como covariables no produjo cambios de importancia en los resultados. Al igual que lo detectado en el Cuadro 53, habría una tendencia hacia la disminución de los contenidos de Mn al pasar de los suelos superficiales al suelo de ladera y finalmente al suelo medio (brunosol). Al comparar el contenido de Mn de la misma especie creciendo en distintos suelos los autores encontraron diferencias significativas (P< .01) en *Paspalum notatum* y *Stipa setigera*. Ambas especies presentaron más Mn en los suelos N y L que en el M. Aparentemente las diferencias entre cuchillas y bajos no se deberían a las diferentes composiciones botánicas. *Eryngium nudicaule* no mostró diferencias significativas (P> .05) al crecer en distintos suelos.

XI.1.4. Textura

En los Cuadros 55 y 55a se observan los contenidos de Mn de muestras provenientes de suelos livianos y pesados:

CUADRO 55. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE Mn DE PASTURAS NATURALES POR DEPARTAMENTO SEGUN AUTORES

Referencia	Departamento	Mn (ppm)
Texturas pesadas		
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Soriano	58
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Salto	130
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Río Negro	70
Almirati y Peri, 1982	Paysandú	276
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo	280
Texturas livianas		
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Salto	140
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Paysandú	167
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rivera	125
Almirati y Peri, 1982	Tacuarembó	488
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo	315

CUADRO 55a. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE Mn (ppm) DE PASTURAS NATURALES (Resumen).



	Textura	
	Pesada	Liviana
Nro. de muestras	7	6
Media ¹	147a	292b
CV ² , %	63.4	60.4
Máximo	280	488
Mínimo	58	125

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente (P= 0.05)

² Coeficiente de variación

De la información presentada surgen diferencias importantes en relación al contenido de Mn de las pasturas que crecen en suelos pesados y livianos. Estos últimos presentan contenidos de Mn mayores en promedio que los suelos pesados. La absorción de Mn por las plantas se ve en gran medida favorecida por el bajo pH del suelo (Underwood, 1981; Grace, 1983), lo que explicaría las diferencias, ya que los suelos livianos son generalmente más ácidos.

XI.1.5. Material madre

En los Cuadro 56 y 56a se presentan resultados de contenido de Mn en pasturas creciendo sobre suelos originados sobre los principales materiales madre del país:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 56. CONTENIDO DE Mn EN PASTURAS SOBRE DISTINTOS MATERIALES MADRE POR DEPARTAMENTO SEGUN AUTORES.

Referencia	M.madre	Departamento	Mn (ppm)
Nores, 1944	Cristalino	Rocha	112
Nores, 1944	Cristalino	Rocha	71
Nores, 1944	Cristalino	Florida	64
Nores, 1944	Cristalino	Flores	126
Nores, 1944	Cristalino	Cerro Largo	236
Nores, 1944	Cristalino	Treinta y Tres	161
Nores, 1944	Cristalino	Colonia	86
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Flores	256
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Flores	213
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Treinta y Tres	281
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Treinta y Tres	313
Orcasberro y Alonso (1991)	Cristalino	Colonia	99
Nores, 1944	Fray Bentos	Soriano	58
Nores, 1944	Fray Bentos	Río Negro	70
Orcasberro y Alonso (1991)	Fray Bentos	Paysandú	115
Nores, 1944	Cretácico	Paysandú	167
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1982	Cretácico	Río Negro	271
Nores, 1944	Areniscas	Rivera	125
Almirati y Peri, 1982	Areniscas	Tacuarembó	488
Orcasberro y Alonso (1991)	Areniscas	Tacuarembó	516
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Basalto	Artigas	217
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Basalto	Artigas	125
Almirati y Peri, 1982	Basalto	Paysandú	276
Orcasberro y Alonso (1991)	Basalto	Paysandú	131
Orcasberro y Alonso (1991)	Basalto	Salto	151
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Yaguará	Cerro Largo	280
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Yaguará	Cerro Largo	315
Orcasberro y Alonso (1991)	Yaguará	Cerro Largo	339

CUADRO 56a. CONTENIDO DE Mn EN PASTURAS SOBRE DISTINTOS MATERIALES MADRE (Resumen).

	Material madre					
	Areniscas	Basalto	Cretácico	Cristalino	Fray Bentos	Yaguará
Nro. de muestras	3	5	2	12	3	3
Media	376	180	220	168	81	312
CV, % ¹	60.0	36.2	33.7	52.3	37.4	9.5
Máximo	516	276	271	313	115	339
Mínimo	125	125	167	64	58	280

¹ Coeficiente de variación

Las pasturas sobre Areniscas, que crecerían sobre los suelos más ácidos, son las que presentan un mayor contenido de Mn. Se observa de todas formas que el valor mínimo es parecido o inferior al mínimo de otros materiales madre como



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Basalto, Cretácico o Yaguarí. Las pasturas sobre esta última formación muestran menos Mn en promedio que en el caso de Areniscas, pero con valores mucho más uniformes y el mayor mínimo de los seis. Esto es atribuible a que los tres valores proceden del mismo lugar, la Estación Experimental Bañado de Medina. En el otro extremo, las pasturas sobre suelos sobre Fray Bentos, pesados y neutros, ostentan los menores contenidos de Mn.

XI.1.6. Región geográfica

En los Cuadros 57 y 57a se presentan resultados de contenido de Mn en pasturas de cinco regiones geográficas distintas:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

CUADRO 57. CONTENIDO DE Mn EN PASTURAS NATURALES DE DISTINTAS REGIONES Y DEPARTAMENTOS SEGUN AUTORES.

Referencia	Región	Departamento	Mn (ppm)
Nores, 1944	Este	Lavalleja	153
Nores, 1944	Este	Lavalleja	149
Nores, 1944	Este	Rocha	112
Nores, 1944	Este	Rocha	71
Nores, 1944	Este	Rocha	96
Nores, 1944	Este	Rocha	58
Nores, 1944	Este	Cerro Largo	236
Nores, 1944	Este	Treinta y Tres	161
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Rocha	475
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Rocha	442
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Treinta y Tres	281
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Treinta y Tres	313
Arroyo y Mauer, 1982	Este	Cerro Largo	372
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Este	Cerro Largo	280
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Este	Cerro Largo	315
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Este	Cerro Largo	341
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Este	Cerro Largo	184
Orcasberro y Alonso (1991)	Este	Cerro Largo	339
Nores, 1944	Litoral S	Soriano	58
Nores, 1944	Litoral S	Río Negro	70
Nores, 1944	Litoral S	Colonia	86
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	Litoral S	Río Negro	271
Orcasberro y Alonso (1991)	Litoral S	Colonia	99
Nores, 1944	Litoral N	Salto	140
Nores, 1944	Litoral N	Salto	130
Nores, 1944	Litoral N	Paysandú	74
Nores, 1944	Litoral N	Paysandú	167
Nores, 1944	Litoral N	Artigas	103
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Litoral N	Artigas	217
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Litoral N	Artigas	125
Almirati y Peri, 1982	Litoral N	Paysandú	276
Orcasberro y Alonso (1991)	Litoral N	Paysandú	115
Orcasberro y Alonso (1991)	Litoral N	Paysandú	131
Orcasberro y Alonso (1991)	Litoral N	Salto	151
Nores, 1944	Noreste	Tacuarembó	223
Nores, 1944	Noreste	Rivera	125
Almirati y Peri, 1982	Noreste	Tacuarembó	488
Queirolo <i>et al.</i> , 1985	Noreste	Tacuarembó	364
Orcasberro y Alonso (1991)	Noreste	Tacuarembó	516
Nores, 1944	Centro	Florida	64
Nores, 1944	Centro	Flores	126
Nores, 1944	Centro	Flores	71
Nores, 1944	Centro	Durazno	100
Nores, 1944	Centro	Durazno	150
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Centro	Flores	256
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Centro	Flores	213



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 57a. CONTENIDO DE Mn EN PASTURAS NATURALES DE DISTINTAS REGIONES (Resumen).

	Litoral N	Litoral S	Región Centro	Noreste	Este
Nro. de muestras	7	5	4	3	9
Media (ppm)	169	117	165	376	235
CV ¹ , %	34.6	75.4	52.5	58.0	41.3
Máximo	276	271	256	516	475
Mínimo	74	58	64	125	58

¹ Coeficiente de variación

Las pasturas de la región Noreste, sobre Areniscas, son las que poseen más Mn, coincidentemente con el Cuadro 56. La región Este, que incluye pasturas sobre Yaguarí, se situaría en segundo término. Los menores contenidos de Mn en pasturas se encuentran en el Litoral S, donde los suelos son pesados y neutros.

Orcasberro y Alonso (1990) reportan un resumen de resultados de la literatura agrupados a la vez por material madre y región geográfica, que coincide en parte con los Cuadros 56 y 57. Las pasturas sobre Basamento Cristalino presentan 286 ppm, en tanto en el Cuadro 56 lo hacen con un valor medio menor, de 168 ppm. Las pasturas sobre Basalto figuran con 190 ppm de Mn, valor muy similar al del Cuadro 56 (180 ppm). Las pasturas sobre Areniscas lo hacen con 442, valor algo superior al del Cuadro 56 (376 ppm). La región Noreste tiene una media de 323 ppm de Mn, aunque está clasificada aparte de Areniscas. La región Este figura con una media de 457 ppm de Mn, valor bastante más alto que el del Cuadro 57.

XI.1.7. Composición botánica

Beeson *et al.* (1947), citados por Underwood (1981), midieron el contenido de Mn de 17 pastos creciendo en el mismo suelo, y encontraron que se situaba entre 96 y 815 ppm. En el país Carbajal *et al.* (1987) e Invernizzi y Silveira (1992) estudiaron los contenidos de Mn de distintas especies. Sus resultados figuran en los Cuadros 58 y 58a:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 58. CONTENIDO DE Mn DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL SEGUN AUTORES.

Especie	Referencia		media (ppm)
	Carbajal <i>et al.</i> , 1987	Invernizzi y Silveira, 1992	
Andropogon lateralis		104	104
Aristida uruguayensis		70	70
Eustachis bahiensis		176	176
Schizachirium microstachium		200	200
Adesmia bicolor		51	51
Bromus auleticus	44		44
Coelorhachis selloana	29	54	42
Paspalum dilatatum	65	106	85
Poa lanigera		105	105
ciperáceas	81		81
Chaptalia piloselloides		75	75
Eryngium nudicaule		91	91
Oxalis sp.		140	140
Bothriochloa laguroides	55	73	64
Chascolytrum subaristatum	69		69
Paspalum plicatulum	66	154	109
Andropogon ternatus	66		66
Axonopus affinis		141	141
Paspalum notatum	49	99	74
Piptochaesium stipoides	37	159	88
Stipa papposa	22		22
Stipa setigera	43	128	86
Sporobolus indicus		188	188
Trifolium polymorphum	59		59



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 58a. CONTENIDO DE Mn (ppm) DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL AGRUPADAS POR FAMILIA, CICLO Y TIPO PRODUCTIVO.

	Nro. de muestras	Media	CV	Máx.	Mín.
<u>Familia</u>					
Gramíneas	17	98a ¹	52.3	200	22
Leguminosas	2	55a	10.5	59	51
Otras					
<u>Ciclo productivo</u>					
Invernales	11	76a ²	37.6	105	22
Estivales	12	110a	44.3	200	42
<u>Tipo productivo</u>					
Duros	2	152a ³	44.6	200	104
Ordinarios	5	121a	48.1	176	64
Tiernos	10	74a	43.6	140	69
Finos	4	71a	40.8	105	44
Malezas enanas	3	102a	33.5	91	75
<u>Todas</u>	24	93	49.6	200	22

¹ Medias con letras distintas dentro de Familia difieren ($p=0.464$)

² Medias con letras distintas dentro de Ciclo Productivo difieren ($p=0.176$)

³ Medias con letras distintas dentro de Tipo Productivo difieren ($p=0.267$)

El contenido mayor de Mn lo presentó la gramínea *Schizachirium microstachium* (Invernizzi y Silveira, 1992) seguido por *Eustachis bahiensis* (Invernizzi y Silveira, 1992). Los menores contenidos aparecen en *Stipa papposa* (Carbajal *et al.*, 1987), *Coelorrachis seloana* (Invernizzi y Silveira, 1992), y *Bromus auleticus* (Carbajal *et al.*, 1987). Algunas especies presentan grandes variaciones en sus contenidos de Mn entre los distintos trabajos: *Stipa setigera*, *Piptochaetium stipoides*, *Paspalum notatum* y *Paspalum plicatulum*.

La media general de las especies estudiadas individualmente es mucho menor que la media general de los tapices (223 ppm), lo que indicaría que el tapiz ficticio conformado por las especies del Cuadro 43 es muy diferente a los tapices reales en cuanto a composición botánica y en lo que esto implica en lo referente a los contenidos de Mn. Como se discutió anteriormente, la relación estival-invernal es, por ejemplo, muy inferior a la observada en las pasturas naturales.

Aunque las diferencias no son significativas, las gramíneas tienden a tener un contenido de Mn mayor que el de las leguminosas, en contraposición con lo aseverado por Metson *et al.* (1979) y Smith y Edmeades (1983), citados por Grace (1983). Hay también una tendencia no significativa a mayores contenidos de Mn en las plantas estivales.

Se advierte una tendencia a disminuir el contenido de Mn en aquellas



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

especies de mayor calidad (tipo productivo), al pasar de especies duras a ordinarias, y de éstas a tiernas y finas. Sin embargo, la variación dentro de cada tipo enmascara las diferencias, que no son significativas.

En los Cuadros 59 y 59a se observa la distribución estacional por especie del contenido de Mn:

CUADRO 59. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Mn DE DISTINTAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL. Valores expresados como % relativo al contenido de Mn en Verano.

Especie	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
<i>Adesmia bicolor</i>	150	211	124	100
<i>Andropogon lateralis</i>	72	97	81	100
<i>Andropogon ternatus</i>	150		69	100
<i>Aristida uruguayensis</i>			196	100
<i>Axonopus affinis</i>	95	91	72	100
<i>Bothriochloa laguroides</i>	97	168	91	100
<i>Bromus auleticus</i>	46	72	46	100
<i>Chaptalia piloselloides</i>	86	87	110	100
<i>Chascolytrum subaristatum</i>	83		75	100
<i>Coelorhachis selloana</i>	92	159	86	100
<i>Eustachis bahiensis</i>	87	93	85	100
<i>Paspalum dilatatum</i>	122	137	111	100
<i>Paspalum notatum</i>	102	93	85	100
<i>Paspalum plicatulum</i>	75	86	89	100
<i>Piptochaetium stipoides</i>	174	191	215	100
<i>Schizachirium microstachium</i>	180	102	117	100
<i>Sporobolus indicus</i>	61	101	100	100
<i>Stipa papposa</i>	94	39	66	100
<i>Stipa setigera</i>	76	87	80	100

CUADRO 59. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Mn DE DISTINTAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL AGRUPADAS POR FAMILIA, CICLO Y TIPO



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

PRODUCTIVO. Valores expresados como % relativo al contenido de Mn en Verano.

	Nro. de muestras	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
<u>Familia</u>					
Gramíneas	14 - 17	100	108	98	100
Leguminosas	1	150	211	124	100
Otras	1	86	87	110	100
<u>Ciclo productivo</u>					
Estivales	9 - 11	105	115	100	100
Invernales	7 - 8	99	112	100	100
<u>Tipo productivo</u>					
Duros	2	126	99	99	100
Ordinarios	5 - 6	83	98	84	100
Tiernos	5 - 7	115	124	115	100
Finos	3	106	140	94	100
Malezas	1	86	87	110	100
<u>Todas</u>		102	113	100	100

En el promedio de las especies estudiadas el contenido de Mn prácticamente no varía entre estaciones. Esto es muy diferente de lo que se vió en el Cuadro 52 (ver XI.1.1.), donde la media de los tapices analizados presenta un contenido de Mn 27 y 60 % mayor en otoño e invierno, respectivamente, en relación al verano. Las causas de esta discrepancia ya fueron discutidas, y responderían al hecho de que el tapiz ficticio conformado por estas especies no se asemeja a ningún tapiz real.

El contenido de Mn de las plantas resulta independiente ($P=.399$) del estado fenológico según las observaciones de Invernizzi y Silveira (sin publicar). Las plantas en estado vegetativo tuvieron una media de 111 ppm de Mn, y aquellas en estado reproductivo 104 ppm. Underwood (1981) considera que el contenido de Mn de las plantas cae con la madurez, aunque en menor medida que el P o el K. Asimismo, el contenido de Mn mostró una relación positiva y significativa ($P=.000$) aunque débil ($R^2 = .073$) con el contenido de MS.

Las leguminosas evaluadas parecen seguir un patrón diferente a las gramíneas, con mayores oscilaciones a lo largo del año. No obstante, es difícil realizar una comparación entre familias con tan pocas observaciones de distribución anual del contenido de Mn de no gramíneas.

Por otra parte no se aprecian diferencias importantes entre estivales e invernales en cuanto a la variación estacional del contenido de Mn.



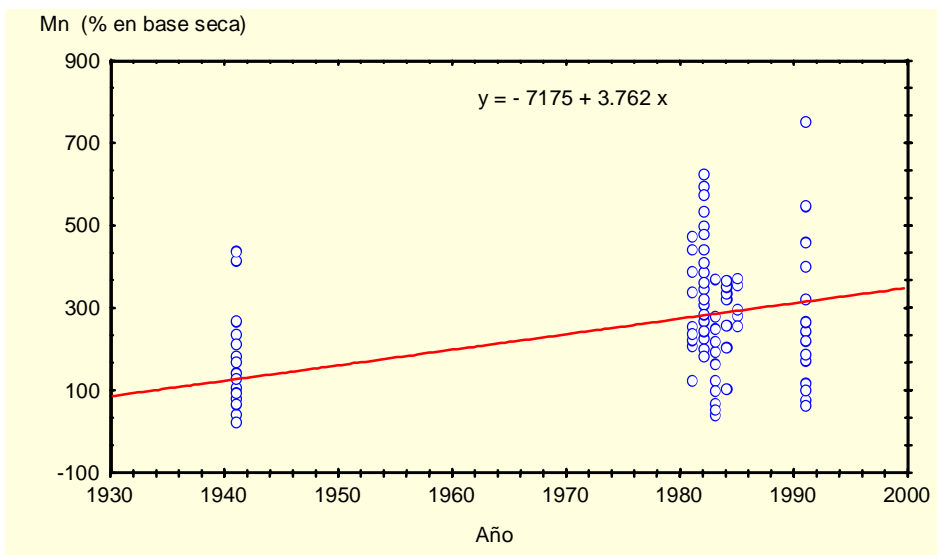
INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Las especies duras presentan el mayor contenido de Mn en otoño, mientras que las tiernas y finas lo hacen en invierno. De todas formas las observaciones de todos los tipos productivos comprenden muy pocas especies, por lo que sería prematuro generalizar estas conclusiones.

XI.1.8. Año de la observación

Una función lineal de contenido de Mn en la pasturas en función del año de la observación presenta un coeficiente del término de primer grado positivo y explica un 40.76 % de la variación ($P=.000$). Esto indicaría que se ha producido un aumento del contenido de Mn en las pasturas desde los primeros trabajos publicados. Sin embargo, en la figura 37 se puede observar que la pendiente positiva de la curva es causada por los resultados de Nores (1944) basados en muestras tomadas por Spangerberg (1941), ya que no hay reportes posteriores de resultados de Mn hasta 1981. Cuando los datos de esta fuente son removidos no se aprecian cambios en el contenido de Mn en el tiempo ($R^2 = .0727$; $P=.193$). Se considera que la falta de resultados publicados entre 1944 y 1981 impide concluir cual es el comportamiento del Mn en pasturas en el largo plazo, ya que basarse en una sola referencia anterior a 1979 podría sesgar el análisis y llevar a conclusiones erróneas.

FIGURA 37. VARIACION DEL CONTENIDO DE Mn EN DISTINTOS AÑOS



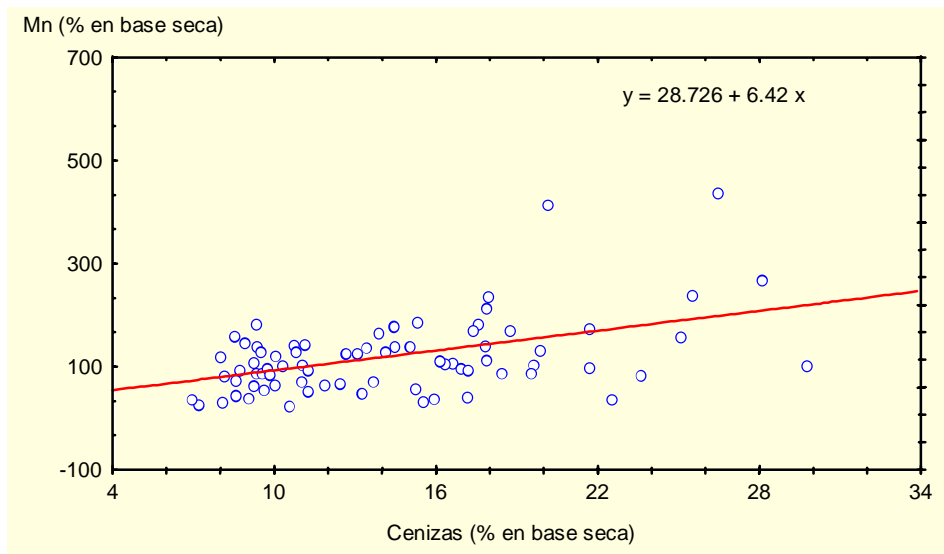
XI.1.9. Contenido de cenizas

Se obtuvo una correlación positiva entre los contenidos de Mn y de cenizas



(figura 38). El contenido de cenizas explicó un 22.3 % de la variación en el contenido de Mn.

FIGURA 38. CONTENIDO DE Mn EN FUNCION DEL CONTENIDO DE CENIZAS DE LA PASTURA



XI.1.9. Método de corte

El método de corte de la pastura a los efectos de obtener la muestra para determinar Mn influye sobre los resultados que se obtienen. Los métodos de corte se separaron en cuatro: guadaña, mitad de altura, mitad de disponibilidad y "a la altura del pastoreo" (Cuadro 60):

CUADRO 60. CONTENIDO DE Mn SEGUN EL METODO DE CORTE DE LA MUESTRA.

Tipo de corte	Nro. de muestras	media	CV ¹
Guadaña	82	121	59.6
A mitad de altura	24	328	28.8
A mitad de disponibilidad	18	265	32.0
A la altura del pastoreo	41	260	54.4

¹ Coeficiente de variación

Median test (Levene: P = .000): P = .000

El corte con guadaña recogió material con menos Mn que los demás. Esto podría obedecer a un efecto del corte en sí o a otros factores relacionados con la toma de muestra por Spangerberg *et al.* (1941) y su análisis por Nores (1944). No se aclara si el corte se realizó al ras. Por otra parte, y de acuerdo a lo analizado en



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

XI.1.6., la proporción de material maduro podría tener poca influencia sobre el contenido de Mn.

Puede suponerse que el corte a la mitad de disponibilidad recoja más MS que el corte a mitad de altura en virtud de la mayor densidad de MS de los estratos inferiores, por lo que levantaría material más maduro. El corte a mitad de altura, que es el que recogería material más nuevo, es el que presenta un mayor contenido de Mn.

XI.1.10. Modelos multivariados

Los modelos construidos son:

- Modelo "conservador":

N = 197; $R^2 = .4803$ (P=.000);
Error estándar de la estimación = 107.81

Porcentaje de la variación explicado por:

Referencia - 43.29 % (P=.000; tolerancia = .3512)
Región - 3.03 % (P=.001; tolerancia = .8683)
Año - .777 % (P=.0939; tolerancia = .3953)
Fertilización - .665 % (P=.120; tolerancia = .8313)
Estación - .272 % (P=.319; tolerancia = .9743)

Variable(s) fuera: ninguna

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	463.58	-247.5
Residual estandarizado	0.000	4.300	-2.296
Distancia Mahalanobis	4.897	18.241	0.881
Deleted residual	0.014	475.85	-256.5
Distancia Cook	0.00448	0.101	0.000

Durbin - Watson d: 1.080; correlación serial = .459

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

- Modelo "audaz":



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

N = 37; $R^2 = .9862$ (P=.000);
Error estándar de la estimación = 18.32

Porcentaje de la variación explicado por:

Referencia - 43.29 % (P=.000; tolerancia = .9463)
Textura - 34.30 % (P=.000; tolerancia = .9648)
Disponibilidad de MS - 21.03 % (P=.000; tolerancia = .9305)

Variable(s) fuera: Estación, año, región, material madre, fertilización, temperatura de secado de la muestra, ubicación topográfica, tipo de corte

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	458	-252.2
Residual estandarizado	0.000	25.00	-13.77
Distancia Mahalanobis	1.706	12.859	0.00293
Deleted residual	-1.356	478.481	-358.9
Distancia Cook	0.817	36.869	0.000

Durbin - Watson d: 1.219; correlación serial = .389

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal da alguna indicación sobre la existencia de relaciones cuadráticas poco marcadas.

- Tercer modelo:

N = 83; $R^2 = .8611$ (P=.000)
Error estándar de la estimación = 57.345
Porcentaje de la variación explicado por:

Referencia - 43.29 % (P=.000; tolerancia = .347)
Textura - 34.30 % (P=.000; tolerancia = .681)
Año - 3.17 % (P=.000; tolerancia = .387)
Región - 2.72 % (P=.001; tolerancia = .599)
Fertilización - 1.91 % (P=.002; tolerancia = .824)
Estación - 0.72 % (P=.051; tolerancia = .972)

Variable(s) fuera: Material madre, temperatura de secado de la muestra, ubicación topográfica, tipo de corte, disponibilidad de MS

	media	máximo	mínimo
Residual	0.001	414.84	-329.0
Residual estandarizado	0.000	7.234	-5.737



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Distancia Mahalanobis	5.615	18.132	0.927
Deleted residual	0.087	443.51	-362.5
Distancia Cook	0.0485	0.824	0.000

Durbin - Watson d: 1.042; correlación serial = .479

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados presenta un buen ajuste lineal.

Si en el primer modelo se elimina la variable referencia, ésta es sustituida por la variable año, que queda como única variable explicatoria ($R^2 = .3386$). La eliminación de la variable referencia en el segundo modelo arroja un modelo que explica un 66.38 % de la variación e incluye tipo de corte (39.97 %; $P = .000$), año (14.06 %; $P=.001$) y textura (12.36 %; $P=.006$).

Si en el tercer modelo se elimina referencia el modelo construido explica un 76.81 % de la variación, e incluye año (33.86 %; $P = .000$), textura (32.26 %; $P=.000$), región (9.57 %; $P=.000$), estación (0.70 %; $P=.133$) y fertilización (0.42 %; $P=.243$).

Si se elimina también la variable año se obtiene un modelo que explica un 35.61 % de la variación e incluye textura (25.77 %, $P = .000$) y región (9.84 %; $P=.001$).

El efecto experimento, sea que se exprese como año o directamente como referencia, es el principal factor que explica la variación en los contenidos de Mn medidos en las pasturas naturales. De los factores analizados, la textura del suelo en primer lugar y la región en segundo serían los más importantes.

Debe notarse igualmente que el primer modelo es el más estable en la predicción.

XI.2. Status nutricional de animales sin suplementar

XI.2.1. Contenido de Mn en pasturas y requerimientos

En el Cuadro 61 se observa que la casi totalidad de las muestras estudiadas cubriría los requerimientos de Mn de cada categoría de vacunos de carne y ovinos:

CUADRO 61. PORCENTAJE DE LAS MUESTRAS QUE CUBRE LOS REQUERIMIENTOS



DE Mn

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Vacunos y ovinos	100.0	98.2	92.2	95.8

El crecimiento de terneros destetados se vio reducido por el suministro de dietas con 2600 ppm de Mn en la MS. Lo propio ocurrió con corderos que recibieron entre 400 y 700 ppm (Cunningham *et al.*, 1966; Grace, 1973, citados por Grace, 1983). No se encontró en la literatura ninguna referencia a muestras que igualaran o superaran el primer valor; sin embargo, un porcentaje menor de muestras alcanzó las 400 ppm de Mn (Cuadro 62):

CUADRO 62. PORCENTAJE DE MUESTRAS POTENCIALMENTE TOXICAS PARA CORDEROS POR EXCESO DE Mn

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
más de 400 ppm	4.9	25.0	10.9	10.4
más de 700 ppm	0.0	1.8	0.0	2.1

El contenido de Mn de las distintas especies forrajeras disminuye al aumentar su calidad (XI.1.7.), por lo que el comportamiento selectivo en pastoreo podría reducir las probabilidades de ingestión de exceso de Mn. No obstante, la estación potencialmente más problemática sería el invierno, en el que usualmente la disponibilidad de MS es menor y consiguientemente las posibilidades de selección disminuyen.

La proporción del Mn ingerido que es absorbida es muy baja, y es afectada por otros minerales como Ca, P y Fe (Underwood, 1981).

XI.2.2. Contenido de Mn en tejidos

Guerrero y Colucci (1979) reportan contenidos de Mn en hígado y pelo de 12.8 (C.V. = 13.3 %) y 21.1 ppm (C.V. = 52.1 %) respectivamente. Los contenidos considerados como normales por los autores son, en idéntico orden, de 10 y 15 ppm.

XII. COBRE

XII.1. Factores que afectan el contenido de Cu en pasturas naturales

La media de 203 observaciones de contenido de Cu de pasturas naturales uruguayas publicadas en la literatura fue de 6.8 ppm en la MS (0 a 32.9 ppm; C.V. = 68.9 %; figura 39). Orcasberro y Alonso (1990), basados en resultados 526 muestras de varios autores (Spangerberg *et al.*, 1941; Spangerberg, 1994, Nores, 1944; Cuenca *et al.*, 1981; Sosa y Guerrero, 1983; Fernández *et al.*, 1988; Alonso, sin

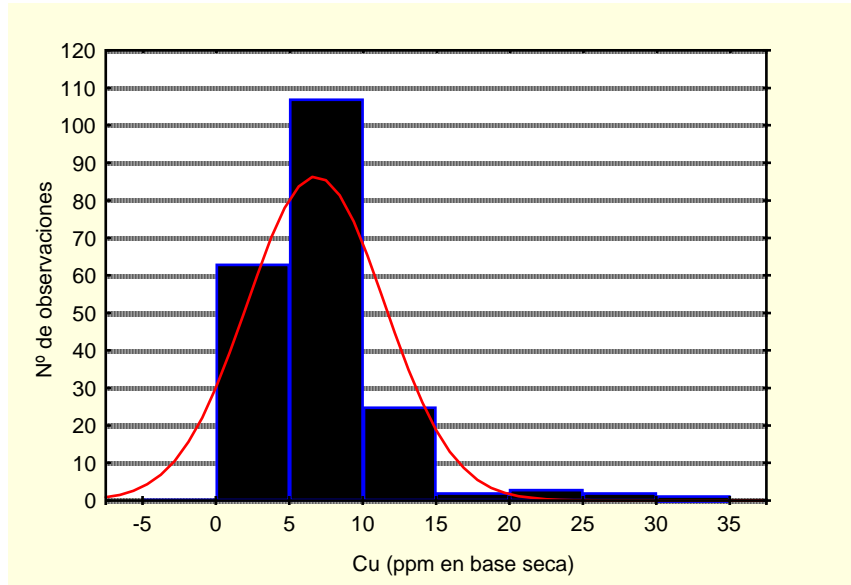


INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

publicar), reportan un contenido medio de Ca de 6.2 ppm (1.3 a 14.1 ppm).

En Nueva Zelanda Grace (1983) reporta valores de 3.5 a 18 ppm.

FIGURA 39. CONTENIDO DE Cu DE PASTURAS NATURALES URUGUAYAS



XII.1.1. Variación estacional

En los Cuadro 63 y 63a se muestra la variación estacional del contenido de Cu reportada por distintos autores, llevada a una base relativa con respecto al contenido en verano:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 63. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Cu EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido en Verano y expresados como ppm en base seca entre paréntesis.

Referencia	Departamento	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nores, 1944	Rocha		127 (4.7)	32 (1.2)	100 (3.7)
Nores, 1944	Rocha		29 (2.5)	17 (1.5)	100 (8.6)
Nores, 1944	Rocha	137(3.7)	259 (7.0)	26 (.7)	100 (2.7)
Nores, 1944	Soriano	108(9.0)	359 (29.8)	41 (3.4)	100 (8.3)
Nores, 1944	Salto	243(10)	219 (9.0)	131 (5.4)	100 (4.1)
Nores, 1944	Salto	323(8.4)	480 (12.5)	311 (8.1)	100 (2.6)
Nores, 1944	Paysandú	53(2.9)	160 (8.8)	62 (3.4)	100 (5.5)
Nores, 1944	Paysandú	99(8.5)	104 (9.0)	280 (24.1)	100 (8.6)
Nores, 1944	Rivera	122 (6.0)	22 (1.1)	144 (7.1)	100 (4.9)
Nores, 1944	Río Negro	45 (5.4)	15 (1.8)	41 (4.9)	100 (12.0)
Nores, 1944	Durazno	86(5.6)	223 (14.5)	62 (4.0)	100 (6.5)
Nores, 1944	Durazno	285(26.3)	114 (10.5)	36 (3.3)	100 (9.2)
Nores, 1944	Cerro Largo	190(9.5)	202 (10.1)	68 (3.4)	100 (5.0)
Nores, 1944	Treinta y Tres	0(0.0)	238 (12.9)	63 (3.4)	100 (5.4)
Nores, 1944	Artigas	376(11.3)	293 (8.8)	93 (2.8)	100 (3.0)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores		95(1.3)		100 (1.4)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores		96(1.9)		100 (1.9)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	116(1.5)			100 (1.3)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	100(1.9)			100 (1.8)
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	113(6.7)		127 (7.5)	100 (5.9)
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	133(6.7)		132 (6.6)	100 (5.0)
Arroyo y Mauer, 1982	Cerro Largo			101 (6.2)	100 (6.1)
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	Río Negro	97(5.3)		99 (5.5)	100 (5.5)
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo		98 (5.8)	114 (6.8)	100 (5.9)
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo		97 (5.9)	103 (6.3)	100 (6.1)
Orcasberro y Alonso (1991)	Colonia		76 (8.4)	99 (11.0)	100 (11.1)
Orcasberro y Alonso (1991)	Paysandú	94 (9.7)	68 (6.9)	51 (5.2)	100 (10.3)
Orcasberro y Alonso (1991)	Paysandú	105 (9.4)	81 (7.2)	92 (8.2)	100 (8.9)
Orcasberro y Alonso (1991)	Salto	74 (8.1)	73 (7.9)	94 (10.2)	100 (10.9)
Orcasberro y Alonso (1991)	Tacuarembó	87 (7.7)	81 (7.2)	138 (12.3)	100 (8.8)
Orcasberro y Alonso (1991)	Cerro Largo	127(5.1)	341 (13.5)	240 (9.5)	100 (4.0)

CUADRO 63a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Cu EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido en Verano (Resumen).

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nro. de muestras	28	27	39	43
Media	130	155	107	100
CV ¹ , %	63.6	73.1	57.4	
Máximo	376	480	311	
Mínimo	0	15	17	

¹ Coeficiente de variación

Se observa una tendencia a encontrar menores contenidos de Cu en pasturas



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

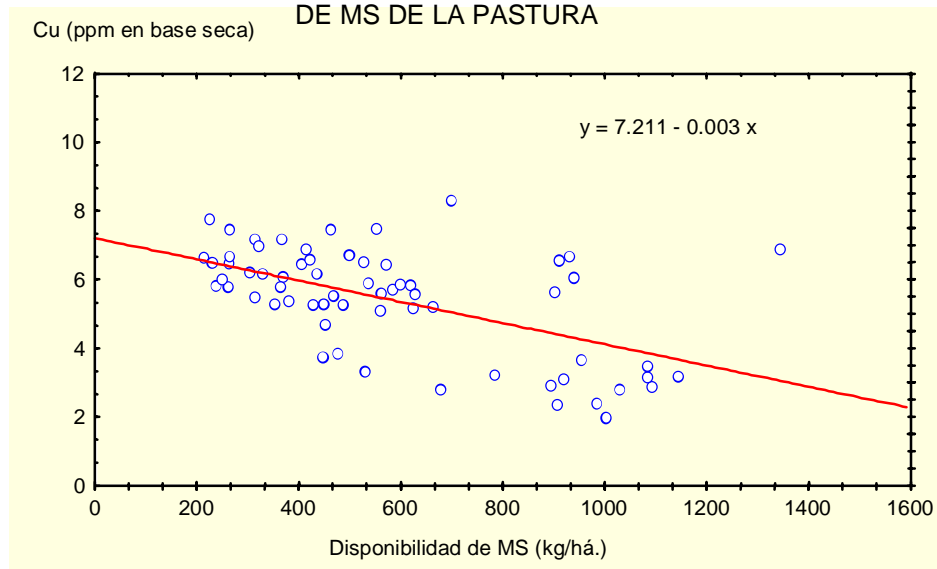
en primavera y verano en relación al resto del año. En invierno los contenidos de Cu de las pasturas aparecen como los más altos, seguidos por los del otoño. Sin embargo, el comportamiento particular en cada caso es impredecible, siendo posible encontrar resultados opuestos a estas tendencias.

En cambio Grace (1983) considera que la variación estacional del contenido de Cu en pasturas es pequeña.

XII.1.2. Disponibilidad de MS

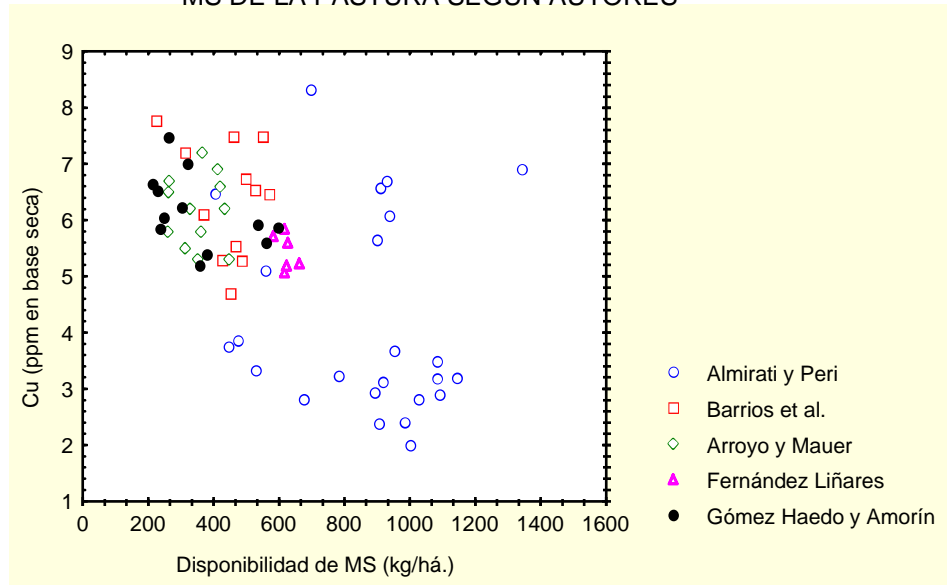
El contenido de Cu de las pasturas cae 3.1 ppm por cada 1000 kg. de incremento en la disponibilidad de MS de las pasturas (figura 40).

FIGURA 40. CONTENIDO DE Cu EN FUNCION DE LA DISPONIBILIDAD DE MS DE LA PASTURA



Las observaciones procedentes de las distintas fuentes tienen el mismo comportamiento, presentando valores similares de Cu para disponibilidades de MS parecidas (figura 41).

FIGURA 41. CONTENIDO DE Cu EN FUNCION DE LA DISPONIBILIDAD DE MS DE LA PASTURA SEGUN AUTORES



El rango de disponibilidades más altas está ocupado por las observaciones de Almirati y Peri (1982) exclusivamente.

XII.1.3. Ubicación topográfica

En los Cuadros 64 y 64a se observa una recopilación de resultados de contenido de Cu en pasturas naturales de acuerdo con su ubicación topográfica en cuchilla o bajo:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 64. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE Cu (ppm) DE PASTURAS NATURALES MUESTREADAS EN DISTINTOS DEPARTAMENTOS Y ESTACIONES DEL AÑO.

Referencia	Departamento	Estación	Cuchilla	Bajo
Nores, 1944	Rocha	Verano	3.7	8.6
Nores, 1944	Rocha	Invierno	4.7	2.5
Nores, 1944	Rocha	Primavera	1.2	1.5
Nores, 1944	Rocha	Otoño	4.8	3.7
Nores, 1944	Rocha	Invierno	23.1	7.0
Nores, 1944	Rocha	Primavera	0.0	0.7
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Otoño	1.3	1.85
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Verano	1.47	2.39
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Verano	1.28	1.47
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	1.49	2.42
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	2.15	2.24
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	1.86	2.98
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Rocha	Verano	1.29	1.29
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	Otoño	1.49	1.85
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	Verano	1.28	1.84
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Otoño	7.20	7.77
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Otoño	6.10	5.54
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Primavera	7.50	6.73
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Primavera	7.48	6.53
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Verano	6.46	5.28
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Verano	5.29	4.70

CUADRO 64. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE Cu DE PASTURAS NATURALES (Resumen).

	Cuchilla	Bajo
Nro. de muestras	21	21
Media ¹	4.5a	4.4a
Coef. de Variación, %	60.5	51.2
Máximo	23.1	8.6
Mínimo	0.0	0.7

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente ($p=0.522$)

No se encontró ningún efecto de la ubicación topográfica sobre el contenido de Cu de las pasturas.

De los resultados de Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) surgen diferencias significativas (Median test: $P=.000$) en el contenido de Cu en la media de varias especies en cuatro tipos de suelo de Basalto diferenciados por su posición topográfica, profundidad y color del horizonte A (Cuadro 65):

CUADRO 65. CONTENIDO MEDIO DE Cu DE VARIAS ESPECIES EN CUATRO SUELOS


SOBRE BASALTO

Suelo	Cu (ppm)
Litosol rojo	13.2
Litosol negro	10.7
Brunosol	11.5
Vertisol	7.0

Si bien hay diferencias altamente significativas en relación al contenido de Cu de las plantas creciendo en los distintos suelos, los mismos no se gradúan según la ubicación topográfica.

El mayor contenido lo presentan las plantas de un suelo de cuchilla, al que le sigue un suelo medio. El menor contenido corresponde a las plantas creciendo en el suelo de ladera.

Los autores no encontraron diferencias significativas ($P > .05$) al comparar los contenidos de Cu de la misma especie (*Paspalum notatum*, *Stipa setigera* y *Eryngium nudicaule*) cuando creció en más de dos suelos.

XII.1.4. Textura

En los Cuadros 66 y 66a se observan los contenidos de Cu de muestras provenientes de suelos livianos y pesados:

CUADRO 66. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE Cu DE PASTURAS NATURALES POR DEPARTAMENTO SEGUN AUTORES.

Referencia	Departamento	Cu (ppm)
<u>Texturas pesadas</u>		
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Soriano	14.1
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Salto	7.9
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Río Negro	8.0
Almirati y Peri, 1982	Paysandú	5.5
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo	6.1
<u>Texturas livianas</u>		
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Salto	7.1
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Paysandú	12.5
Spangenberg <i>et al.</i> , 1941	Rivera	4.8
Almirati y Peri, 1982	Tacuarembó	2.9
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo	6.0

CUADRO 66a. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE Cu DE PASTURAS NATURALES (Resumen).



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

	Textura	
	Pesada	Liviana
Nro. de muestras	7	6
Media ¹	8.5a	7.1a
Coef. de Variación, %	33.7	47.7
Máximo	27.6	25.7
Mínimo	7.9	4.8

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente (p= 0.408)

No se observan diferencias significativas entre tapices vegetales creciendo en suelos pesados o livianos en lo atinente al contenido de Cu. La correlación entre contenidos de Cu en suelo y en pastura es muy baja, de modo tal que no puede inferirse nada acerca del contenido de Cu de la pastura haciendo análisis de suelo (Grace, 1983).

XII.1.5. Material madre

En los Cuadro 67 y 67a se observa el contenido de Cu en pasturas creciendo sobre suelos originados sobre los principales materiales madre del país:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

CUADRO 67. CONTENIDO DE Cu EN PASTURAS SOBRE DISTINTOS MATERIALES MADRE Y DEPARTAMENTOS SEGUN AUTORES.

Referencia	M.madre	Departamento	Cu (ppm)
Nores, 1944	Cristalino	Rocha	3.2
Nores, 1944	Cristalino	Rocha	4.2
Nores, 1944	Cristalino	Florida	12.5
Nores, 1944	Cristalino	Flores	4.9
Nores, 1944	Cristalino	Cerro Largo	7.0
Nores, 1944	Cristalino	Treinta y Tres	7.2
Nores, 1944	Cristalino	Colonia	5.2
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Flores	1.4
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Flores	1.9
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Treinta y Tres	1.4
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Treinta y Tres	1.8
Orcasberro y Alonso (1991)	Cristalino	Colonia	10.2
Nores, 1944	Fray Bentos	Soriano	14.1
Nores, 1944	Fray Bentos	Río Negro	8.0
Orcasberro y Alonso (1991)	Fray Bentos	Paysandú	8.0
Nores, 1944	Cretácico	Paysandú	12.5
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1982	Cretácico	Río Negro	5.4
Nores, 1944	Areniscas	Rivera	4.8
Almirati y Peri, 1982	Areniscas	Tacuarembó	2.9
Orcasberro y Alonso (1991)	Areniscas	Tacuarembó	9.0
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Basalto	Artigas	1.8
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Basalto	Artigas	2.5
Almirati y Peri, 1982	Basalto	Paysandú	5.5
Orcasberro y Alonso (1991)	Basalto	Paysandú	8.4
Orcasberro y Alonso (1991)	Basalto	Salto	9.3
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Yaguarí	Cerro Largo	6.1
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Yaguarí	Cerro Largo	6.0
Orcasberro y Alonso (1991)	Yaguarí	Cerro Largo	8.0

CUADRO 67a. CONTENIDO DE Cu EN PASTURAS SOBRE DISTINTOS MATERIALES MADRE (Resumen).

	Material madre					
	Areniscas	Basalto	Cretácico	Cristalino	Fray Bentos	Yaguarí
Nro. de muestras	3	5	2	12	3	3
Media	5.6 ab ¹	5.5 b	9.0 ab	5.1 b	10.0 a	6.7 ab
Medias ajustadas ²	5.3	6.2	9.3	3.8	8.2	9.1
Coef. de Variación, %	55.9	60.8	55.6	70.8	35.0	16.7
Máximo	9.0	9.3	12.5	12.5	14.1	8.0
Mínimo	2.9	1.8	5.4	1.4	8.0	6.0

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente (P< 0.05)

² Media ajustada por referencia

Se observan diferencias entre materiales madre, aunque no pueden agruparse según características como texturas preponderantes o región. Las pasturas sobre



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Cretácico y Yaguarí son las que presentan los mayores contenidos de Cu una vez que se ajustan las medias. Las pasturas sobre Cristalino ostentan los menores contenidos.

La mayor uniformidad en cuanto al contenido de Cu aparece en pasturas sobre Yaguarí y seguramente se explica por el hecho de que las tres fuentes cuyos resultados se brindan trabajaron en el mismo establecimiento, la Estación experimental Bañado de Medina.

XII.1.6. Región geográfica

En los Cuadros 68 y 68a se observan resultados de contenido de Cu en pasturas de cinco regiones geográficas distintas:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 68. CONTENIDO DE Cu EN PASTURAS NATURALES DE DISTINTAS REGIONES Y DEPARTAMENTOS SEGUN AUTORES.

Referencia	Región	Departamento	Cu (ppm)
Nores, 1944	Este	Lavalleja	13.8
Nores, 1944	Este	Lavalleja	11.1
Nores, 1944	Este	Rocha	3.2
Nores, 1944	Este	Rocha	4.2
Nores, 1944	Este	Rocha	3.5
Nores, 1944	Este	Rocha	7.0
Nores, 1944	Este	Cerro Largo	7.0
Nores, 1944	Este	Treinta y Tres	7.2
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Rocha	1.3
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Rocha	1.3
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Treinta y Tres	1.4
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Treinta y Tres	1.8
Arroyo y Mauer, 1982	Este	Cerro Largo	6.1
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Este	Cerro Largo	6.1
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Este	Cerro Largo	6.0
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Este	Cerro Largo	6.7
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Este	Cerro Largo	6.1
Orcasberro y Alonso (1991)	Este	Cerro Largo	8.0
Nores, 1944	Litoral S	Soriano	14.1
Nores, 1944	Litoral S	Río Negro	8.0
Nores, 1944	Litoral S	Colonia	5.2
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	Litoral S	Río Negro	5.4
Orcasberro y Alonso (1991)	Litoral S	Colonia	10.2
Nores, 1944	Litoral N	Salto	7.1
Nores, 1944	Litoral N	Salto	7.9
Nores, 1944	Litoral N	Paysandú	5.1
Nores, 1944	Litoral N	Paysandú	12.5
Nores, 1944	Litoral N	Artigas	6.5
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Litoral N	Artigas	1.8
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Litoral N	Artigas	2.5
Almirati y Peri, 1982	Litoral N	Paysandú	5.5
Orcasberro y Alonso (1991)	Litoral N	Paysandú	8.0
Orcasberro y Alonso (1991)	Litoral N	Paysandú	8.4
Orcasberro y Alonso (1991)	Litoral N	Salto	9.3
Nores, 1944	Noreste	Tacuarembó	5.8
Nores, 1944	Noreste	Rivera	4.8
Almirati y Peri, 1982	Noreste	Tacuarembó	2.9
Queirolo <i>et al.</i> , 1985	Noreste	Tacuarembó	6.1
Orcasberro y Alonso (1991)	Noreste	Tacuarembó	9.0
Nores, 1944	Centro	Florida	12.5
Nores, 1944	Centro	Flores	4.9
Nores, 1944	Centro	Flores	7.7
Nores, 1944	Centro	Durazno	7.6
Nores, 1944	Centro	Durazno	12.3
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Centro	Flores	1.4
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Centro	Flores	1.9



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 68a. CONTENIDO DE Cu EN PASTURAS NATURALES DE DISTINTAS REGIONES (Resumen).

	Litoral N	Litoral S	Región Centro	Noreste	Este
Nro. de muestras	12	5	7	5	18
Media ¹	6.9	8.6	6.9	5.7	5.7
Medias ajustadas	7.0	8.5	6.5	5.7	6.1
Coef. de Variación, %	42.2	43.1	65.3	38.7	59.5
Máximo	12.5	14.1	12.5	9.0	13.8
Mínimo	1.8	5.2	1.4	2.9	1.3

¹ Medias en una fila con igual letra no difieren con $P < 0.05$

La ubicación geográfica de la pastura no explica su contenido de Cu.

Orcasberro y Alonso (1990) reportan un resumen de resultados de la literatura agrupados a la vez por material madre y región geográfica. Los valores que se brindan para el Cu son sensiblemente inferiores a los manejados en los Cuadros 67 y 68. Las pasturas sobre Cristalino presentan 1.63 ppm de Cu, menos de la mitad en relación al Cuadro 67 (media ajustada = 3.8 ppm). Las pasturas sobre Basalto figuran con 2.2 ppm, mientras que en el Cuadro 67 lo hacen con 6.2 ppm. Finalmente, las pasturas de la región Este muestran valores de 1.3 ppm mientras que en el Cuadro 68 lo hacen con 6.1 ppm. Los valores manejados por Orcasberro y Alonso (1990) para Cristalino y Basalto coinciden con las medias obtenidas por Cuenca *et al.* (1979) para pasturas en Flores y Artigas respectivamente. El valor manejado por los primeros para la región Este es muy cercano a la media de las observaciones de Cuenca *et al.* (1979) para Treinta y Tres. Por alguna razón los valores de Cu obtenidos por estos últimos autores son muy bajos. La media general reportada por Orcasberro y Alonso (1990) para Cu es de 6.2 ppm, y se ve aumentada al incluir la categoría Otros, que aparece con 7.92 ppm.

XII.1.6. Composición botánica

Carbajal *et al.* (1987) e Invernizzi y Silveira (1992) estudiaron los contenidos de Cu de distintas especies. Sus resultados figuran en los Cuadros 69 y 69a:


CUADRO 69. CONTENIDO DE Cu DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL SEGUN AUTORES.

	Referencia		media (ppm)
	Carbajal <i>et al.</i> , 1987	Invernizzi y Silveira, 1992	
Andropogon lateralis	6.5	6.5	
Aristida uruguayensis	4.5	4.5	
Eustachis bahiensis	11.1	11.1	
Schizachirium microstachium	5.3	5.3	
Adesmia bicolor	13.8	13.8	
Bromus auleticus	8.2		8.2
Coelorhachis selloana	15.0	11.8	13.4
Paspalum dilatatum	14.3	11.0	12.7
Poa lanigera	6.7		6.7
Ciperáceas	5.5		5.5
Chaptalia piloselloides	19.3		19.3
Eryngium nudicaule	18.9		18.9
Oxalis sp.	10.0		10.0
Bothriochloa laguroides	7.7	6.8	7.3
Chascolytrum subaristatum	7.3		7.3
Paspalum plicatulum	13.3	5.4	9.4
Andropogon ternatus	11.3		11.3
Axonopus affinis	5.5		5.5
Paspalum notatum	16.3	12.7	14.5
Piptochaesium stipoides	7.0	5.9	6.5
Stipa papposa	9.4		9.4
Stipa setigera	7.8	6.7	7.3
Trifolium polymorphum	16.0		16.0
Sporobolus indicus	5.7		5.7



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 69a. CONTENIDO DE Cu (ppm) DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL AGRUPADAS POR FAMILIA, CICLO Y TIPO PRODUCTIVO.

	Nro. de muestras	media	CV,%	Máx.	Mín.
<u>Familia</u>					
Gramíneas	17	8.5a ¹	36.1	14.5	4.5
Leguminosas	2	14.9a	10.7	16.0	13.8
Otras	5	12.2a	53.3	19.3	5.5
<u>Ciclo productivo</u>					
Invernales	11	11.2a ²	44.0	19.3	6.5
Estivales	12	8.9a	40.0	13.4	4.5
<u>Tipo productivo</u>					
Duros	2	5.9a ³	15.0	6.5	5.3
Ordinarios	5	8.1a	25.8	11.0	7.2
Tiernos	10	9.4a	44.5	16.0	4.5
Malezas enanas	3	16.1a	32.8	19.3	18.9
<u>Todas</u>	24	9.8	44.1	19.3	4.5

¹ Medias con letras distintas dentro de Familia difieren ($p=0.25$)

² Medias con letras distintas dentro de Ciclo Productivo difieren ($p=0.165$)

³ Medias con letras distintas dentro de Tipo Productivo difieren ($p=0.121$)

El contenido mayor de Cu lo presentó la compuesta *Chaptalia piloselloides* (Invernizzi y Silveira, 1992) seguida por el cardo *Eryngium nudicaule* (Invernizzi y Silveira, 1992). Los menores contenidos aparecen en *Aristida uruguayensis* (Invernizzi y Silveira, 1992), *Axonopus affinis* (Invernizzi y Silveira, 1992), y ciperáceas (Carbajal *et al.*, 1987). Los contenidos de Cu informados por Carbajal *et al.* (1987) para *Paspalum plicatulum* más que duplican los reportados por Invernizzi y Silveira (1992).

Beeson *et al.* (1947), citados por Underwood (1981), encontraron contenidos de Cu de entre 4.5 y 21.1 ppm para 17 pastos creciendo en un suelo arenoso.

La media general de las especies estudiadas individualmente es mayor que la media general de los tapices (6.2 ppm), lo que indicaría que el tapiz ficticio conformado por las especies del Cuadro 69 es diferente a los tapices reales en cuanto a composición botánica y en lo que esto implica en lo referente a los contenidos de Cu.

Aunque las diferencias no son significativas, las gramíneas tienden a tener un contenido de Cu menor que el de las leguminosas y otras especies, de acuerdo con Grace (1983). Hay también una tendencia no significativa a mayores contenidos de Cu en las plantas invernales.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Se advierte una tendencia a aumentar el contenido de Cu en aquellas especies de mayor calidad (tipo productivo), al pasar de especies duras a ordinarias y tiernas, y de éstas a finas. Las malezas enanas presentan los mayores contenidos de Cu.

En los Cuadros 70 y 70a se muestra la distribución estacional por especie del contenido de Cu:

CUADRO 70. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Cu DE DISTINTAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL. Valores expresados como % relativo al contenido de Cu en Verano.

Especie	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
<i>Adesmia bicolor</i>	170	160	118	100
<i>Andropogon lateralis</i>	140	120	150	100
<i>Andropogon ternatus</i>	700		50	100
<i>Aristida uruguayensis</i>			196	100
<i>Axonopus affinis</i>	133	83	75	100
<i>Bothriochloa laguroides</i>	258	147	173	100
<i>Bromus auleticus</i>	1150	300	200	100
<i>Chaptalia piloselloides</i>	280	210	180	100
<i>Chascolytrum subaristatum</i>	375		75	100
<i>Coelorhachis selloana</i>	475	26	64	100
<i>Eustachis bahiensis</i>	115	115	288	100
<i>Paspalum dilatatum</i>	235	280	150	100
<i>Paspalum notatum</i>	289	127	163	100
<i>Paspalum plicatulum</i>	138	67	303	100
<i>Piptochaetium stipoides</i>	308	252	117	100
<i>Schizachirium microstachium</i>	86	200	157	100
<i>Sporobolus indicus</i>	175	138	150	100
<i>Stipa papposa</i>	750	650	200	100
<i>Stipa setigera</i>	408	192	150	100



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 70a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Cu DE DISTINTAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL AGRUPADAS POR FAMILIA, CICLO Y TIPO PRODUCTIVO. Valores expresados como % relativo al contenido de Cu en Verano.

	Nro. de muestras	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
<u>Familia</u>					
Gramíneas	14 - 17	358	193	151	100
Leguminosas	1	170	160	118	100
Otras	1	280	210	180	100
<u>Ciclo productivo</u>					
Estivales	7 - 8	445	268	166	100
Invernales	9 - 11	263	132	139	100
<u>Tipo productivo</u>					
Duros	2	113	160	154	100
Ordinarios	5 - 6	302	223	198	100
Tiernos	5 - 7	386	136	103	100
Finos	3	518	247	156	100
Malezas	1	280	210	180	100
<u>Todas</u>	16 - 19	344	192	151	100

El contenido de Cu de las especies estudiadas individualmente manifestó oscilaciones mucho más amplias que los tapices completos (III.10.1.), siendo el verano la estación de más bajos contenidos. El contenido de Cu en otoño superó en más de tres veces al contenido de Cu en verano, y casi lo duplicó en invierno. Para todas las especies excepto *Schizarchirium microstachium*, *Andropogon lateralis*, *Eustachis bahiensis*, *Paspalum dilatatum* y *Paspalum plicatulum*, el otoño fue la estación del año de mayores contenidos de Cu. En general se observan oscilaciones muy bruscas en el contenido de Cu de una estación a otra.

La leguminosa evaluada, *Adesmia bicolor*, parece tener picos menores de contenido de Cu en otoño e invierno, aunque no pueden extraerse conclusiones con respecto a diferencias entre familias en base a una sola especie.

Por otra parte las plantas de ciclo invernal presentan picos de contenido de Cu más pronunciados en otoño e invierno, y en menor medida en primavera, que las estivales.

En relación a los tipos productivos se aprecia que las especies ordinarias y finas -y en menor medida las malezas enanas son las que presentan la mayor depresión en verano. Las especies tiernas presentan un máximo marcado en otoño. Las especies duras poseen dos máximos, en invierno y primavera.

En el trabajo de Invernizzi y Silveira (1992) el contenido de Cu de las plantas



resultó igual (10.1 ppm; $P=.994$) para las plantas en estado vegetativo y reproductivo. Sin embargo, el contenido de Cu mostró una caída ($R^2 = .1565$; $P< .001$) frente al aumento en el tenor de MS. Si se elimina el valor outlier (46 % MS, 50 ppm de Cu, correspondiente a *Coelorhachis seloana* en verano), la proporción de la variación explicada por la relación cuadrática aumenta a .2271. Underwood (1981) considera que el contenido de Cu de las plantas cae con la madurez, aunque en menor medida que el P o el K.

XII.1.7. Año de la observación

De acuerdo a un modelo lineal el contenido de Cu de las pasturas aumentaría en 0.4 ppm cada 10 años ($R^2 = .086$; $P=.041$). La pendiente de la curva puede ser determinada en gran medida por los resultados de Nores (1944) basados en muestras tomadas por Spangerberg (1941), ya que no hay reportes posteriores de resultados de Cu hasta 1981. Sin embargo, si se remueven estas observaciones, se obtiene que el Cu de las pasturas aumentó entre 1981 y 1991 según una relación cuadrática que explica el 48.07 % ($P<.001$) de la variación. Esta evolución podría verse sesgada por los resultados de Cuenca *et al.* (1981), que por alguna razón son sustancialmente más bajos que los de otras referencias. No obstante, aún eliminando estos resultados se obtiene una correlación significativa ($R^2 = .4953$; $P< .01$) para el modelo cuadrático, el que continúa indicando un incremento de los tenores de Cu en el tiempo.

XII.1.8. Contenido de cenizas

Se obtuvo una correlación cuadrática positiva entre los contenidos de Cu y de cenizas. El contenido de cenizas explicó un 48.07 % de la variación en el contenido de Cu.

XII.1.9. Método de corte

El método de corte de la pastura a los efectos de obtener la muestra para determinar Cu influye sobre los resultados que se obtienen. Los métodos de corte se separaron en cuatro: guadaña, mitad de altura, mitad de disponibilidad y "a la altura del pastoreo" (Cuadro 71):

CUADRO 71. CONTENIDO DE Cu (ppm) SEGUN EL METODO DE CORTE DE LA MUESTRA.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Tipo de corte	Nro. de muestras	media	CV ¹ , %
Guadaña	81	7.8	84.1
A mitad de altura	24	3.9	60.3
A mitad de disponibilidad	18	6.1	15.6
A la altura del pastoreo	41	7.6	29.1

Median test $p=.019$ (Levene: $P = .000$)

El corte a mitad de altura arroja resultados de Cu marcada mente inferiores a los demás. Como se discutió para el caso de otros minerales, tal vez este tipo de corte sea el que recoja material más nuevo. No está tan claro, sin embargo, que el estado fenológico de la planta influya sobre su contenido de Cu. El corte a mitad de altura fue utilizado por Cuenca *et al.* (1981) y por Arroyo y Mauer (1982). La media obtenida por estos últimos autores (6.1 ppm) es cercana a las medias de los demás tipos de corte. En cambio los resultados de Cuenca *et al.* (1981) son sustancialmente más bajos. Se concluiría que las diferencias detectadas hacia obtener menores contenidos de Cu con el corte a media altura son causadas por los resultados bajos obtenidos por Cuenca *et al.* (1981) y probablemente no se asocien al tipo de corte en sí.

XII.1.10. Modelos multivariados

Los modelos construidos son:

- Modelo "conservador":

$N = 197$; $R^2 = .07749$ ($P=.001$);

Error estándar de la estimación = 4.465

Porcentaje de la variación explicado por:

Referencia - 6.38 % ($P=.000$; tolerancia = .410)

Año - .74 % ($P=.214$; tolerancia = .412)

Estación - .63 % ($P=.253$; tolerancia = .993)

Variable(s) fuera: Fertilización, región

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	24.783	-8.117
Residual estandarizado	0.000	5.551	-1.818



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Distancia Mahalanobis	2.963	7.468	0.501
Deleted residual	0.00374	25.329	-8.296
Distancia Cook	0.00342	0.174	0.000

Durbin - Watson d: 1.706; correlación serial = .146

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

- Modelo "audaz":

N = 37; $R^2 = .9350$ (P=.000);
Error estándar de la estimación = 1.224

Porcentaje de la variación explicado por:

Disponibilidad de MS - 60.50 % (P=.000; tolerancia = .907)
Temperatura de secado - 33.00 % (P=.000; tolerancia = .907)

Variable(s) fuera: Estación, año, región, material madre, fertilización, ubicación topográfica, tipo de corte, textura, referencia

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	26.12	-8.004
Residual estandarizado	0.000	21.34	-6.538
Distancia Mahalanobis	0.665	7.988	0.000
Deleted residual	0.015	26.847	-8.726
Distancia Cook	0.267	10.567	0.000

Durbin - Watson d: 1.534; correlación serial = .2286

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal da alguna indicación sobre la existencia de relaciones cuadráticas.

- Tercer modelo:

N = 66; $R^2 = .9492$ (P=.000)
Error estándar de la estimación = 1.096

Porcentaje de la variación explicado por:

Disponibilidad de MS - 31.92 % (P=.000; tolerancia = .456)
Región - 27.16 % (P=.000; tolerancia = .555)



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Estación - 21.33 % (P=.000; tolerancia = .801)
 Referencia - 9.82 % (P=.000; tolerancia = .351)
 Fertilización - 2.75 % (P=.000; tolerancia = .787)
 Año - 1.95 % (P=.000; tolerancia = .394)

Variable(s) fuera: Material madre, temperatura de secado de la muestra, ubicación topográfica, tipo de corte, textura

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	22.034	-14.34
Residual estandarizado	0.000	20.097	-13.08
Distancia Mahalanobis	5.939	18.480	1.073
Deleted residual	0.0539	23.044	-17.22
Distancia Cook	0.703	12.251	0.000

Durbin - Watson d: 1.336; correlación serial = .3306

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados sugiere un ajuste aceptable a un modelo lineal.

El primer modelo explica un porcentaje muy pequeño de la variación, y lo hace en base a la variable referencia, que como se discutió no es directamente atribuible a ningún efecto conocido. Si en este primer modelo se elimina la variable referencia, el modelo que se construye explica el 2.80 % de la variación e incluye las variables año (1.91 %; P=.053) y estación (0.89 %; P=.184). El tercer modelo explica una proporción de la variación ligeramente mayor que el segundo, aunque sus parámetros son más inestables y los residuales están más autocorrelacionados. Ambos coinciden en que la disponibilidad de MS es el parámetro más importante para explicar la variación en el contenido de Cu de las pasturas.

En el primer modelo un 33.00 % de la variación es explicado por la temperatura de secado de la muestra. Sin embargo, es muy difícil aceptar que este factor pueda tener una influencia decisiva en relación a la concentración de Cu determinada sin que afecte a las de los demás minerales, ya que si las diferencias en pérdida de compuestos volátiles por secar la muestra a distintas temperaturas son realmente importantes, esto debería afectar a todos los minerales por igual.

La región y la estación del año tendrían también influencia sobre el contenido de Cu de las pasturas de acuerdo al tercer modelo. La región no manifiesta efectos significativos cuando es estudiada aisladamente (XII.1.6).



XII.2. Status nutricional de animales sin suplementar

XII.2.1. Contenido en pasturas y requerimientos animales

En el Cuadro 72 se observa el porcentaje de las muestras estudiadas que cubriría los requerimientos de Cu de cada categoría de vacunos de carne y ovinos:

CUADRO 72. PORCENTAJE DE LAS MUESTRAS QUE CUBREN LOS REQUERIMIENTOS DE Cu EN VACUNOS Y OVINOS.

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
VACUNOS				
Vacas de cría	11.9	19.6	20.3	8.5
Terneros	11.9	19.6		
Novillos	23.8	25.0	25.0	10.6
OVINOS				
Ovejas de cría	69.0	64.3	78.1	74.5
Corderos	90.5	83.9		100.0
Borregas	81.0	92.9	93.8	87.2
Mantenimiento	69.0	64.3	75.0	70.2

Comparado con otros minerales, y de acuerdo a la información que se tiene acerca de su contenido en diversas especies forrajeras, el Cu aparece como intermedio en relación a las posibilidades de los animales de aumentar su consumo seleccionando las especies de mayor calidad (XII.1.7.). La variación observada entre especies (C.V. = 44.1 %) no respondería solamente al hecho de que las invernales poseen mayores niveles, ya que las diferencias son menores que en relación a otros minerales.

El Cu es mejor absorbido en animales jóvenes y en situaciones de deficiencia (Underwood, 1981). Los factores más importantes que inciden sobre la absorción de Cu son los contenidos de S y Mo del forraje. En realidad, el contenido de Cu de los forrajes tiene poco significado si se ignora el de Mo (De Alba, 1971; Grace, 1983; Ammerman y Henry, 1987a). Este autor sostiene que 3 ppm de Cu son suficientes si el tenor de Mo es inferior a 2 ppm. En la presente revisión los únicos autores encontrados que midieron simultáneamente los tres minerales fueron Sosa y Guerrero (1983). En 11 de las 12 muestras el contenido de Mo se situó por debajo de 2 ppm y el contenido de Cu del forraje hubiera resultado adecuado de acuerdo al criterio de Grace (1983). En el caso de una muestra que arrojó un contenido de Mo de 8 ppm, el contenido de Cu (9 ppm) sería insuficiente, requiriéndose al menos 12 ppm para ovinos y 18 ppm para bovinos.

McDowell y Conrad (1977) colocan a Uruguay dentro del grupo de países



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

donde ocurren deficiencias de Cu.

Por otra parte, en el Cuadro 73 figura el porcentaje de muestras potencialmente tóxico para vacunos y ovinos.

CUADRO 73. PORCENTAJE DE MUESTRAS POTENCIALMENTE TOXICAS PARA VACUNOS Y OVINOS POR EXCESO DE Cu

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Vacunos (115 ppm o más)	0.0	0.0	0.0	0.0
Ovinos (8 ppm)	35.7	32.1	32.8	21.3
Ovinos (25 ppm)	4.8	1.8	0.0	0.0

La posibilidad de intoxicación con Cu de vacunos pastoreando campo natural es descartable. En lo que hace a los ovinos, el valor menor sugerido por NRC (1976) sólo tendría sentido cuando el consumo de Mo es muy bajo. Como aparentemente los tenores de Mo de las pasturas son adecuados (XV.1.) -aunque las determinaciones han sido muy escasas-, se esperaría que la intoxicación con Cu de ovinos pastoreando campo natural no fuera muy frecuente, aunque podría ocurrir en otoño. De hecho la intoxicación por Cu en ovinos pastoreando praderas de trébol rojo puro o asociado a trébol blanco fue diagnosticada por Alonso y Decia (1988) en Río Negro y Soriano. Los tréboles contenían entre 12 y 16 ppm de Cu y solamente 0.1 ppm de Mo. Castrillón *et al.* (1979) describen un caso de intoxicación por Cu de ovinos consumiendo una ración con 20 ppm (la pastura tenía 8 ppm).

Si bien hay una cierta tendencia a encontrar mayores contenidos de Cu en las especies de mayor calidad (XII.1.6.), las diferencias no parecen ser tan importantes como para que la selección de la dieta acarree riesgos de toxicidad en ovinos.

XII.2.2. Contenido de Cu en tejidos

Los 34 valores encontrados de cupremia de rumiantes sin suplementar pastoreando campo natural (Arroyo y Mauer, 1982; Gómez Haedo y Amorín, 1982; Barrios *et al.*, 1984; Fernández Liñares *et al.*, 1985; Guerrero y Colucci, 1987; Uriarte *et al.*, 1988; Orcasberro y Alonso, 1991) presentaron una media 0.80 ppm de Cu (0.61 a 1.46 ppm; C.V. = 20.0 %). Underwood (1981) define un rango de normalidad de 0.6 a 1.5 ppm, con una alta proporción de casos entre 0.8 y 1.2 ppm. En cambio Grace (1983) restringe el rango de normalidad a este último intervalo. Solamente el 2.94 % de las observaciones sobrepasa el valor de 1.2 ppm y ninguna sobrepasa el valor de 1.5 ppm. Sin embargo, el 61.8 % de los valores se ubican entre 0.6 y 0.8 ppm, que podría definirse como una zona próxima a la deficiencia. De todos modos, Underwood (1981) considera que una deficiencia se diagnosticaría por debajo de 0.5



ppm, o aún menos en el caso de los vacunos.

Una sola de las observaciones de cupremia se refiere a ovinos (Pereira *et al.*, 1988), correspondiendo al valor máximo de todas las observaciones. Esto hace que cuando se construyen modelos multivariados la especie aparece como el principal factor explicatorio de la variación en la cupremia ($R^2 = 54.2 \%$; $P = .000$). Sin embargo, el valor medio hallado por Uriarte *et al.* (1988), correspondiente a la media de varias ovejas de cría durante otoño, invierno y primavera, es sensiblemente inferior y similar a la media de los vacunos: 0.73 ppm (C.V. = 13.7 %) (este valor no se incluyó debido a que algunos de los animales pastorearon praderas artificiales en algunos momentos del año). Para evitar que la única observación de ovinos del set condicionara los modelos multivariados hacia un efecto especie basado en una sola observación se decidió trabajar con los 33 valores obtenidos en vacunos solamente. Los modelos multivariados construidos para intentar explicar los factores que afectan la cupremia son:

- Modelo "conservador":

$N = 33$; $R^2 = .3828$ ($P=.003$);
Error estándar de la estimación = 0.0903

Porcentaje de la variación explicado por:

Estación - 25.68 % ($P=.003$; tolerancia = .9792)
Referencia - 10.11 % ($P=.038$; tolerancia = 9039)
Región - 13.27 % ($P=.012$; tolerancia = .8866)

Variable(s) fuera: Referencia

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	.2233	-.1535
Residual estandarizado	0.000	2.471	-1.699
Distancia Mahalanobis	2.909	6.434	0.892
Deleted residual	-.0014	.2456	-.1661
Distancia Cook	.0303	.1684	0.000

Durbin - Watson d: 1.508; correlación serial = 0.2413

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

- Modelo "audaz":

$N = 11$; $R^2 = .9700$ ($P=.001$);



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Error estándar de la estimación = .0277

Porcentaje de la variación explicado por:

Fertilización - 36.03 % (P=.0742; tolerancia = .5769)

Material madre - 26.75 % (P=.012; tolerancia = .4917)

Referencia - 24.59 % (P=.076; tolerancia = .4860)

Año - 5.32 % (P=.091; tolerancia = .6392)

Textura - 4.32 % (P=.044; tolerancia = .4705)

Variable(s) fuera: Estado fisiológico, región

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	.2686	-.1849
Residual estandarizado	0.000	9.699	-6.676
Distancia Mahalanobis	4.287	9.199	1.087
Deleted residual	.1920	5.516	-1.389
Distancia Cook	266.92	6686.5	0.005

Durbin - Watson d: 0.8708; correlación serial = 0.5665

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal presenta un ajuste aceptable a una recta.

- Tercer modelo:

N = 18; $R^2 = .7079$ (P=.000);

Error estándar de la estimación = .0661

Porcentaje de la variación explicado por:

Fertilización - 36.03 % (P=.010; tolerancia = .7934)

Referencia - 24.59 % (P=.009; tolerancia = .8846)

Estación 10.18 % (P=.044; tolerancia = .8868)

Variable(s) fuera: Región

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	.2453	-.1562
Residual estandarizado	0.000	3.713	-2.364
Distancia Mahalanobis	2.572	5.768	0.491
Deleted residual	-.0029	0.281	-0.235
Distancia Cook	0.1496	1.052	0.000

Durbin - Watson d: 1.141; correlación serial = .4232



El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

El segundo modelo explica un porcentaje de la variación mucho más alto que el primero, y las variables que incluye, con excepción de la referencia, son distintas. Se muestra sin embargo como muy inestable y con problemas de falta de independencia entre observaciones. El tercer modelo coincide con el segundo en las dos variables principales fertilización y referencia-, en tanto la tercer variable en importancia -estación- es la variable más importante en el primer modelo. Este tercer modelo es bastante más estable que el segundo. Se estudiaron separadamente los efectos de fertilización y material madre. Se decidió estudiar esta última variable por explicar un porcentaje importante de la variación en el segundo modelo. La estación del año no reveló efectos significativos ($P=.701$) sobre la cupremia cuando fue estudiada aisladamente.

Los animales que pastorearon campos sin fertilizar ostentaron cupremias más altas que aquellos que pastorearon campos fertilizados (.85 vs. .72 ppm; t test for independent samples: $P = .008$). Esto ocurrió a pesar de que la fertilización fue un factor muy menor en cuanto a su influencia sobre el contenido de Cu de las pasturas (XII.1.10), por lo que se deduce que hubo una posible interferencia a nivel del animal. Los animales que pastorearon campos fertilizados tuvieron fosfatemias superiores a los demás (IV.2.2.). Sin embargo, no se encontraron en la literatura menciones a antagonismos entre P y Cu. La aplicación de superfosfato podría elevar también la ingesta de otros elementos que si interactúan negativamente con la absorción del Cu, en especial el S y en menor medida el Ca (Underwood, 1981; Grace, 1983). La calcemia no se vio influida por la fertilización (t test for independent samples: $P=.535$), a pesar de que las pasturas fertilizadas si contuvieron más Ca (.63 vs. .40 %; $P=.000$), lo que en parte es atribuible a colinealidad con el material madre (III.1.10). La cupremia no mostró ninguna relación significativa con la calcemia ($R^2 = 5.90$ %; $P=.166$) ni con el contenido de Ca en las cenizas de hueso ($R^2 = 1.6$ %; $P=.697$), por lo que se descartaría la posibilidad de interferencia del Ca con el Cu. La falta de información en lo que concierne al contenido de S en pasturas y tejidos impide concluir si este elemento interfirió con la absorción de Cu en los animales que pastorearon campos fertilizados. Los valores provenientes de campos fertilizados son los de Gómez Haedo y Amorín (1982), donde se aplicaron 150 kg. de superfosfato por hectárea en cobertura. Esto podría conducir a un incremento del contenido de S de la vegetación según Morón (com.pers.).

En lo que concierne a la influencia del material madre sobre la cupremia, se observa (Cuadro 74):



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 74. CUPREMIA EN DISTINTOS MATERIALES MADRE

	Nro. de muestras	ppm Cu	Coefficiente de Variación, %
Areniscas	3	0.72a ¹	14.1
Cristalino	2	0.66a	4.3
Basalto	4	0.82a	15.2
Cretácico	6	0.90a	9.5
Yaguari	12	0.77a	13.2
Fray Bentos	3	0.69a	7.5

¹ Medias seguidas de igual letra no presentan diferencias ($P > .05$)

Los animales en pasturas sobre Cretácico presentaron las mayores cupremias seguidos por aquellos sobre Basalto. Las menores cupremias correspondieron a Cristalino y Fray Bentos. El material madre no es una variable importante en los modelos multivariados para explicar el contenido de Cu de las pasturas (XII.1.10.). Sin embargo, su efecto aislado resultó significativo ($P=.061$, XII.1.5.). Coincidentemente con las altas cupremias observadas, las pasturas sobre Cretácico presentaron contenidos de Cu altos; lo contrario ocurrió en cambio con las pasturas sobre Basalto. De igual modo, los animales en pasturas sobre Fray Bentos mostraron cupremias bajas, en contraposición a lo que ocurrió con relación al contenido de Cu de estas pasturas, que fue alto.

El hígado es un reservorio importante de Cu en vacunos y ovinos (Ammerman y Henry, 1987a), pudiendo contener entre el 40 y el 70 % del Cu del organismo (Grace, 1983). Se encontraron en la literatura nacional 27 valores de contenido de Cu en hígado de vacunos sin suplementar (Cuenca, 1981; Arroyo y Mauer, 1982; Gómez Haedo y Amorín, 1982; Almirati y Peri, 1982; Barrios *et al.*, 1984; Fernández Liñares *et al.*, 1985; Guerrero y Colucci, 1987). La media de estas observaciones es de 150 ppm en la MS (30 a 307 ppm; C.V. = 35.9 %). El intervalo considerado como normal por Underwood (1981) se sitúa entre 100 y 400 ppm. Un 92.6 % de las observaciones caerían dentro de este rango, estando las restantes por debajo de 100 ppm.

Cuando se incluyeron todas las variables independientes en la construcción de un modelo multivariado ("modelo audaz") solamente la estación del año fue seleccionada de acuerdo a los criterios especificados en II. Este modelo resultó no significativo ($R^2 = 25.2$ %; $P=.205$). Cuando se incluyeron solamente aquellas variables con mayor número de observaciones ("modelo conservador") las variables seleccionadas fueron la estación del año ($R^2 = 25.2$ %; $P=.008$) y la región ($R^2 = 3.56$ %; $P=.285$). Este modelo, además de ser más estable, explicó un porcentaje mayor de la variación ($R^2 = 28.7$ %; $P=.017$) en el contenido de Cu en el hígado.

Se determinó un efecto significativo de la estación del año cuando fue estudiada en forma aislada (Cuadro 75):


CUADRO 75. VARIACION EN EL CONTENIDO DE Cu EN EL HIGADO SEGUN LA ESTACION DEL AÑO.

	Nro. de muestras	Ppm Cu	CV, %
Otoño	6	156.40 ab ¹	15.7
Invierno	3	85.29 b	56.7
Primavera	9	122.32 b	30.8
Verano	9	194.45 a	24.9

¹ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<.05)

La estación del año es uno de los factores que afecta al contenido de Cu de las pasturas (XII.1.10.). Sin embargo, las curvas de contenido de Cu en pasturas y en hígado aparecen desfasadas unos seis meses, coincidiendo el máximo de contenido de Cu en pasturas (invierno; XII.1.1.) con el mínimo en hígado; en verano, el mínimo de contenido de Cu en pasturas coincide con el máximo en hígado. Underwood (1981) sostiene que la estación del año influye poco sobre el contenido de Cu de las plantas, aunque en forrajes maduros la biodisponibilidad puede ser mayor que en forrajes verdes (Hartsman y Bosman, 1970, citados por Underwood, 1981). Este último hecho podría contribuir a explicar los mayores contenidos de Cu en hígado durante el verano.

A su vez, los mínimos de Cu en hígado en invierno coinciden con los máximos en la pastura de otros elementos que pueden competir por los sitios de absorción, como Ca (III.1.1.) y Zn (XIII.1.1.), mientras que los máximos en verano coinciden con los mínimos de estos elementos. Sin embargo, las correlaciones del contenido de Cu en el hígado con estos elementos en diversos tejidos resultaron todas no significativas:

con calcemia: $R^2 = 1.09 \%$ (P=.878)

con Ca en huesos: $R^2 = 2.56 \%$ (P=.513)

con Zn en hígado: $R^2 = 3.73 \%$ (P=.334)

con Zn en el plasma: $R^2 = 0.16 \%$ (P=.799)

Alonso y Decia (1988) reportan concentraciones de Cu en hígado de ovinos entre 615 y 2606 ppm en la MS en diversos casos de intoxicación por este mineral en los departamentos de Paysandú, Soriano, Río Negro, Florida y Salto entre 1985 y 1988. Castrillón *et al.* (1979) hallaron un contenido de 1214 ppm de Cu en la MS del hígado de un carnero intoxicado por exceso de Cu en la ración.

De acuerdo con Grace (1983), si las reservas de Cu en el hígado caen como consecuencia de una dieta deficiente, lo propio ocurre con la cupremia. No obstante, no se observó la existencia de ninguna relación significativa ($R^2 = .37$; P=.664) entre cupremia y reservas de Cu en el hígado.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

Guerrero y Colucci (1979) estudiaron el contenido de Cu en el pelo de 167 vacunos adultos faenados en frigorífico. Encontraron un valor medio de 10.2 ppm (C.V. = 27.5 %), siendo el valor normal según los propios investigadores de 9 ppm. Solamente la media de nueve animales provenientes de Rocha estuvo por debajo de este último valor. En cambio los contenidos de Cu en la MS del hígado no alcanzaron las 100 ppm en los animales provenientes de Rivera, Soriano, Rocha y Flores. Se desconoce la proporción de animales que habían sido suplementados. La correlación del contenido de Cu en pelo con los contenidos en hígado ($R^2 = 22.7 \%$; $P=.164$) y en plasma ($R^2 = 3.0 \%$; $P=.630$) resultaron no significativas.

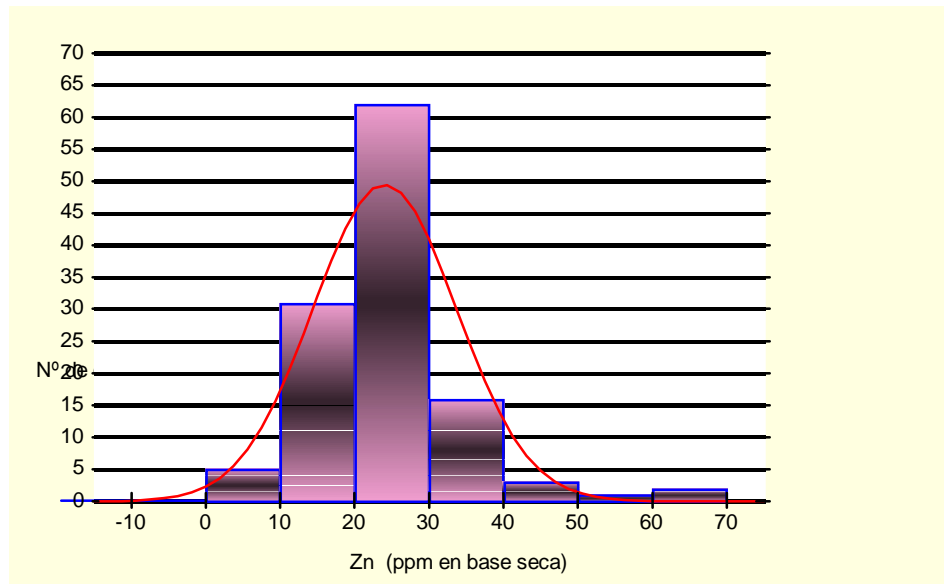
De Alba (1971) atribuye las observaciones de Riet *et al.* (1944) de mortandad masiva de novillos, que estos autores adjudicaron a una baja calcemia, a una deficiencia de Cu.

XIII. ZINC

XIII.1. Factores que afectan el contenido de Zn de las pasturas

La media de 120 observaciones de contenido de Zn en pasturas naturales uruguayas publicadas en la literatura fue de 24.2 ppm en la MS (6.2 a 65.4 ppm; C.V. = 39.2 %; figura 42). Orcasberro y Alonso (1990), basados en resultados 434 muestras de varios autores (Spangerberg *et al.*, 1941; Spangerberg, 1994, Nores, 1944; Cuenca *et al.*, 1981; Sosa y Guerrero, 1983; Fernández *et al.*, 1988; Alonso, sin publicar), reportan un contenido medio de Zn inferior, de 18 ppm (6 a 60 ppm).

FIGURA 42. CONTENIDO DE Zn EN PASTURAS NATURALES



Underwood (1981) sostiene que una alta proporción de plantas creciendo en suelos promedio contiene entre 25 y 50 ppm de Zn. Pasturas mejoradas en Nueva Zelanda tenían entre 23 y 70 ppm (media = 38 ppm) en la Isla Norte y 17 a 27 ppm (media = 22 ppm) en la Isla Sur. En la zona montañosa tenían entre 8 y 48 ppm (Grace, 1972, citado por Underwood, 1981). En Escocia las pasturas tenían entre 25 y 35 ppm en áreas alejadas de la actividad industrial (Mills y Dalgarno, 1972, citados por Underwood, 1981), y entre 5 y 50 veces más en áreas cercanas a la misma (Underwood, 1981).

XIII.1.1. Variación estacional

En los Cuadros 76 y 76a se presenta la variación estacional del contenido de Zn reportada por distintos autores, llevada a una base relativa con respecto al contenido en verano:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 76. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Zn EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido en Verano y expresados como ppm en base seca entre paréntesis.

Referencia	Departamento	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	390 (38.9)		100 (10.0)	
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres		239 (14.9)		100 (6.2)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres		204 (16.5)		100 (8.1)
Arroyo y Mauer, 1982	Cerro Largo			107 (24.2)	100 (22.5)
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo		100 (26.9)	96(25.9)	100 (26.9)
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo		146 (31.7)	111(24.0)	100 (21.6)
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	128 (28.5)		134(25.8)	100(22.3)
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	123 (23.6)		113(21.8)	100(19.2)
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	Río Negro	95 (20.8)		85(18.4)	100(21.8)
Orcasberro y Alonso (1991)	Colonia		124 (35.8)	87 (25.1)	100 (28.8)
Orcasberro y Alonso (1991)	Paysandú	91 (18.5)	85 (17.1)	76 (15.4)	100 (20.2)
Orcasberro y Alonso (1991)	Paysandú	128 (22.4)	276 (48.1)	125 (21.9)	100 (17.4)
Orcasberro y Alonso (1991)	Salto	108 (24.1)	295 (65.4)	89 (19.8)	100 (22.4)
Orcasberro y Alonso (1991)	Tacuarembó	66 (31.2)	61 (28.7)	111 (52.6)	100 (47.0)
Orcasberro y Alonso (1991)	Cerro Largo	126 (18.2)	193 (27.8)	268 (38.5)	100 (14.3)

CUADRO 76a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Zn EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido en Verano (Resumen).

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nro. de muestras	11	8	12	15
Media	155	160	117	100
CV, %	59.8	54.5	43.4	
Máximo	390	295	268	
Mínimo	66	61	76	

Promedialmente se observa un aumento de los contenidos de Zn en otoño e invierno, un posterior descenso en primavera y un mínimo en verano. Generalmente el máximo anual se presentó en invierno. Existen excepciones a estas tendencias que aparentemente no están asociadas a la región en que ocurren: Orcasberro y Alonso (1991) en Paysandú, Tacuarembó y Cerro Largo, y Fernández Liñares *et al.* (1985) en Río Negro. En contraposición a las oscilaciones descritas, Towers (1977) y Metson *et al.* (1979), citados por Underwood (1981), no notaron influencias estacionales claras sobre el contenido de Zn de las pasturas.

XIII.1.2. Disponibilidad de MS

Una relación lineal entre contenido de Zn y disponibilidad de MS explicó 21.89 % ($P=0.000$) de la variación de la variable dependiente. Si se elimina un valor outlier (937 kg. de MS/ha; 46.2 ppm de Zn, obtenido por Almirati y Peri, 1982, en Glencoe en invierno) el porcentaje de la variación explicado asciende a 41.32 %.



El pool de 66 pares de observaciones (disponibilidad de MS y contenido de Zn) proviene de cinco fuentes (Gómez Haedo y Amorín, 1982; Arroyo y Mauer, 1982; Almiratti y Peri, 1982; Barrios *et al.*, 1984, y Fernández Liñares *et al.*, 1985). Las pendientes de las curvas disponibilidad de MS y Zn de cada referencia son todas negativas excepto en el caso de Fernández Liñares (1985) en que es casi nula o incluso ligeramente positiva. La ordenada en el origen correspondiente a esta referencia es a su vez mayor. No habría una explicación clara de este comportamiento; las diferencias en temperaturas de secado de muestras para medir disponibilidad de MS y composición química, y los distintos métodos de corte pueden alterar el valor de ordenada en el origen pero no la pendiente, y mucho menos anularla o invertir su sentido, lo que implica un cambio cualitativo en la respuesta. Esta respuesta de Fernández Liñares *et al.* (1985) se atribuiría al bajo número de observaciones, que hace que no resulte significativa.

En lo que hace a la relación entre disponibilidad de MS y contenido de Zn por estación, las respuestas son similares para otoño, primavera y verano, en tanto en invierno la caída del contenido de Zn frente al aumento en la disponibilidad de MS se produce a tasas menores. En la respuesta negativa del contenido de Zn frente al aumento de la disponibilidad de MS podría estar envuelta una reducción del tenor del mineral concomitante con la maduración de la planta. Este mecanismo actuaría con menor intensidad en invierno, y esto explicaría la menor respuesta del contenido de Zn al aumento en la disponibilidad de MS que se produce en esa estación.

Una objeción a esa hipótesis es que las praderas naturales uruguayas están dominadas por especies estivales, por lo que el período vegetativo de la mayor parte de las plantas transcurriría en verano. Una segunda objeción de mayor peso procede de resultados de Invernizzi y Silveira (datos sin publicar), de donde surge que las plantas en estado reproductivo tienen ligera (51.6 vs. 47.5 ppm) pero significativamente más Zn que aquellas en estado vegetativo. Por otra parte, no existió una relación significativa ($P=0.406$) entre los contenidos de MS y Zn. No ha podido por tanto identificarse claramente la causa de la menor respuesta en invierno del contenido de Zn a la disponibilidad de MS.

XIII.1.3. Ubicación topográfica

En los Cuadros 77 y 77a se observa una recopilación de resultados de contenido de Zn en pasturas naturales de acuerdo con su ubicación topográfica en cuchilla o bajo:

CUADRO 77. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE Zn (ppm) DE PASTURAS NATURALES POR DEPARTAMENTO Y ESTACION DEL AÑO



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Referencia	Departamento	Estación	Cuchilla	Bajo
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Verano	13.4	10.0
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Flores	Verano	15.8	9.9
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	23.6	34.6
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	29.8	25.9
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Artigas	Otoño	25.9	35.9
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Rocha	Verano	15.0	10.7
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	Otoño	14.9	16.5
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Treinta y Tres	Verano	6.2	8.1
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Otoño	33.1	25.5
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Otoño	24.1	21.9
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Primavera	27.2	21.9
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Primavera	24.5	21.8
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Verano	21.9	23.0
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Cerro Largo	Verano	22.6	15.3

CUADRO 77a. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE Zn (ppm) DE PASTURAS NATURALES (Resumen).

	Cuchilla	Bajo
Nro. de muestras	14	14
Media ¹	21.3 a	20.1 a
Coef. de Variación, %	34.3	44.0
Máximo	33.1	35.9
Mínimo	6.2	8.1

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren ($p=0.448$)

No se encontró ningún efecto de la ubicación topográfica sobre el contenido de Zn de las pasturas. En ese sentido, de los resultados de Invernizzi y Silveira (datos sin publicar) no surgen diferencias significativas (Kruskall - Wallis ANOVA: $P = .181$) en relación al contenido de Zn de plantas creciendo en cuatro tipos de suelo de Basalto diferenciados por su posición topográfica, profundidad y color del horizonte A (Cuadro 78):

CUADRO 78. CONTENIDO MEDIO DE Zn DE VARIAS ESPECIES EN CUATRO SUELOS SOBRE BASALTO

Suelo	Zn (ppm)
Litosol rojo	42.6a ¹
Litosol negro	49.0a
Brunosol	51.7a
Vertisol	50.2a

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren con $P<0.05$)

Los autores no encontraron diferencias significativas ($P > .05$) al comparar los contenidos de Zn de la misma especie (*Paspalum notatum*, *Stipa setigera* y *Eryngium nudicaule*) cuando creció en más de dos suelos.



XIII.1.4. Textura

En los Cuadros 79 y 79a se observa el contenidos de Zn de muestras provenientes de suelos livianos y pesados:

CUADRO 79. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE Zn DE PASTURAS NATURALES POR DEPARTAMENTO SEGUN DISTINTOS AUTORES.

Referencia	Departamento	Zn (ppm)
Texturas pesadas		
Almirati y Peri, 1982	Paysandú	22.8
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo	27.6
Orcasberro y Alonso (1991)	Colonia	29.9
Orcasberro y Alonso (1991)	Paysandú	17.8
Texturas livianas		
Almirati y Peri, 1982	Tacuarembó	14.8
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Cerro Largo	25.7
Orcasberro y Alonso (1991)	Tacuarembó	39.9

CUADRO 79a. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE Zn DE PASTURAS NATURALES (Resumen).

	Textura	
	Pesada	Liviana
Nro. de muestras	4	3
Media	24.5a ¹	26.8a
Coef. de Variación, %	21.9	46.9
Máximo	29.9	39.9
Mínimo	17.8	14.8

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren con P<0.05)

No se observan diferencias significativas entre tapices vegetales creciendo en suelos pesados o livianos en lo atinente a su contenido de Zn.

XIII.1.6. Material madre

En los Cuadros 80 y 80a se presentan resultados de contenido de Zn en pasturas creciendo sobre suelos originados sobre los principales materiales madre del país:

CUADRO 80. CONTENIDO DE Zn EN PASTURAS NATURALES SOBRE DISTINTOS MATERIALES MADRE Y DEPARTAMENTOS SEGUN AUTORES.

Referencia	M.madre	Departamento	Zn (ppm)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Flores	14.6
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Flores	24.4



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Treinta y Tres	10.6
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Cristalino	Treinta y Tres	12.3
Orcasberro y Alonso (1991)	Cristalino	Colonia	29.9
Orcasberro y Alonso (1991)	Fray Bentos	Paysandú	17.8
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1982	Cretácico	Río Negro	20.3
Almirati y Peri, 1982	Areniscas	Tacuarembó	14.8
Orcasberro y Alonso (1991)	Areniscas	Tacuarembó	39.9
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Basalto	Artigas	26.4
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Basalto	Artigas	32.1
Almirati y Peri, 1982	Basalto	Paysandú	22.8
Orcasberro y Alonso (1991)	Basalto	Paysandú	27.5
Orcasberro y Alonso (1991)	Basalto	Salto	32.9
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Yaguari	Cerro Largo	27.6
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Yaguari	Cerro Largo	25.7
Orcasberro y Alonso (1991)	Yaguari	Cerro Largo	24.7

CUADRO 80a. CONTENIDO DE Zn EN PASTURAS NATURALES SOBRE DISTINTOS MATERIALES MADRE (Resumen).

	Material madre					
	Areniscas	Basalto	Cretácico	Cristalino	Fray Bentos	Yaguari
Nro. de muestras	2	5	1	5	1	3
Media ¹	27.3a	28.3a	20.3a	18.4a	17.8a	26.0a
Medias ajustadas ²	26.4	26.7	25.7	16.8	13.6	28.9
Coef. de Variación, %	64.8	14.7		45.6		5.7
Máximo	39.9	32.9		29.9		27.6
Mínimo	14.8	22.8		10.6		24.7

¹ Por variable referencia

² Medias seguidas de la misma letra no difieren con $P < 0.05$)

No existieron diferencias significativas entre materiales madre en lo concerniente a su contenido de Zn. Si bien en algunos casos figura una sola observación, debe recordarse que la misma está compuesta por una serie de observaciones registradas en distintas estaciones. Las pasturas sobre algunos materiales madre como Areniscas, Basalto, Cretácico o Yaguari tienden a tener más Zn que aquellas sobre Fray Bentos o Cristalino; sin embargo, no hay ningún patrón asociado a textura o región. El contenido de Zn de las plantas reflejaría pobremente los tenores del suelo (Whitton y Wells, 1974, citados por Towers, 1983).

XIII.1.6. Región geográfica

En los Cuadros 81 y 81a se presentan resultados de contenido de Zn en pasturas de cinco regiones geográficas distintas:

CUADRO 81. CONTENIDO DE Zn EN PASTURAS DE DISTINTAS REGIONES Y DEPARTAMENTOS SEGUN AUTORES.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

Referencia	Región	Departamento	Zn (ppm)
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Rocha	15.0
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Rocha	10.7
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Treinta y Tres	10.6
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Este	Treinta y Tres	12.3
Arroyo y Mauer, 1982	Este	Cerro Largo	23.3
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Este	Cerro Largo	27.6
Gómez Haedo y Amorín, 1982	Este	Cerro Largo	25.7
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Este	Cerro Largo	25.5
Barrios <i>et al.</i> , 1984	Este	Cerro Largo	21.5
Orcasberro y Alonso (1991)	Este	Cerro Largo	24.7
Fernández Liñares <i>et al.</i> , 1985	Litoral S	Río Negro	20.3
Orcasberro y Alonso (1991)	Litoral S	Colonia	29.9
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Litoral N	Artigas	26.4
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Litoral N	Artigas	32.1
Almirati y Peri, 1982	Litoral N	Paysandú	22.8
Orcasberro y Alonso (1991)	Litoral N	Paysandú	17.8
Orcasberro y Alonso (1991)	Litoral N	Paysandú	27.5
Orcasberro y Alonso (1991)	Litoral N	Salto	32.9
Almirati y Peri, 1982	Noreste	Tacuarembó	14.8
Queirolo <i>et al.</i> , 1985	Noreste	Tacuarembó	25.1
Orcasberro y Alonso (1991)	Noreste	Tacuarembó	39.9
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Centro	Flores	14.6
Cuenca <i>et al.</i> , 1981	Centro	Flores	24.4

CUADRO 81a. CONTENIDO DE Zn EN PASTURAS DE DISTINTAS REGIONES (Resumen).

	Región				
	Litoral N	Litoral S	Centro	Noreste	Este
Nro. de muestras	6	2	2	3	10
Media ¹	26.6a	25.1a	19.6a	26.6a	19.7a
Media ajustada	26.7	25.0	19.6	26.8	19.5
Coef. de Variación, %	21.5	26.8	35.3	47.3	34.6
Máximo	32.9	29.9	24.4	39.9	27.6
Mínimo	17.8	20.3	14.6	14.8	10.6

¹Medias seguidas de la misma letra no difieren con P<0.05)

La ubicación geográfica de la pastura no explica su contenido de Zn. De todos modos, las pasturas de las regiones Centro y Este tenderían a tener menos Zn que las del resto del país.

Orcasberro y Alonso (1990) reportan un resumen de resultados de la literatura agrupados a la vez por material madre y región geográfica. Los valores que se brindan para el Zn son más bajos que los manejados en los Cuadros 80 y 81. Las pasturas sobre Cristalino muestran valores de 12 ppm de Zn, mientras que la media ajustada por referencia que se brinda en el Cuadro 80 es de 16.8 ppm. Las pasturas sobre Basalto figuran con 18 ppm, mientras que en el Cuadro 80 lo hacen con 26.7



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

ppm. Las pasturas sobre Areniscas figuran con 14 ppm, mientras que en el Cuadro 80 lo hacen con 26.4 ppm de Zn. La región Noreste aparece con 25 ppm -esto podría explicar en alguna medida la diferencia en lo que concierne a Areniscas. Finalmente, las pasturas de la región Este presentan 12.7 ppm mientras que en el Cuadro 81 lo hacen con 19.5 ppm. La media general reportada por Orcasberro y Alonso (1990) para Zn es de 18 ppm, y se ve aumentada al incluir la categoría Otros, con 31 ppm.

XIII.1.7. Composición botánica

Carbajal *et al.* (1987) e Invernizzi y Silveira (1992) estudiaron los contenidos de Zn de distintas especies. Sus resultados figuran en los Cuadros 82 y 82a:


CUADRO 82. CONTENIDO DE Zn DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL SEGUN AUTORES.

	Referencia		
	Carbajal <i>et al.</i> , 1987	Invernizzi y Silveira, 1992	media
Andropogon lateralis		56.8	56.8
Aristida uruguayensis		32.2	32.2
Eustachis bahiensis		26.8	26.8
Schizachirium microstachium		40.2	40.2
Adesmia bicolor		53.8	53.8
Bromus auleticus	26.6		26.6
Coelorhachis selloana	20.0	49.3	34.7
Paspalum dilatatum	28.7	32.4	30.6
Poa lanigera		32.7	32.7
ciperáceas	20.0		20.0
Chaptalia piloselloides		69.5	69.5
Eryngium nudicaule		60.4	60.4
Oxalis sp.		45.0	45.0
Bothriochloa laguroides	26.3	49.9	38.1
Chascolytrum subaristatum	26.0		26.0
Paspalum plicatulum	17.7	80.4	49.1
Andropogon ternatus	21.0		21.0
Axonopus affinis		50.5	50.5
Paspalum notatum	28.0	66.0	47.0
Piptochaesium stipoides	20.8	43.1	32.0
Stipa papposa	23.4		23.4
Stipa setigera	24.3	37.9	31.1
Trifolium polymorphum		44.7	44.7
Sporobolus indicus		38.8	38.8



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 82a. CONTENIDO DE Zn DE DIVERSAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL AGRUPADAS POR FAMILIA, CICLO Y TIPO PRODUCTIVO.

	Nro. de muestras	Media	CV,%	Máx.	Mín.
<u>Familia</u>					
Gramíneas	17	36.0a ¹	28.0	56.8	21.0
Leguminosas	2	49.2a	13.1	53.8	44.7
Otras	5	44.2a	48.3	69.5	20.0
<u>Ciclo productivo</u>					
Invernales	11	40.5a ²	38.0	69.5	23.4
Estivales	12	38.8a	27.2	56.8	21.0
<u>Tipo productivo</u>					
Duros	2	48.5 ab ³	24.3	56.8	40.2
Ordinarios	5	35.8 b	26.7	49.1	23.4
Tiernos	10	33.6 b	32.1	50.5	21.0
Finos	4	35.9 b	33.9	53.8	26.6
Malezas enanas	3	58.3 a	21.2	69.5	45.0
<u>Todas</u>	24	38.8	33.9	69.5	20.0

¹ Medias con letras distintas dentro de Familia difieren ($p=0.256$)

² Medias con letras distintas dentro de Ciclo Productivo difieren ($p=0.902$)

³ Medias con letras distintas dentro de Tipo Productivo difieren ($p=0.028$)

El contenido mayor de Zn lo presentó la compuesta *Chaptalia piloselloides* (Invernizzi y Silveira, 1992) seguida por el cardo *Eryngium nudicaule* (Invernizzi y Silveira, 1992). Los menores contenidos aparecen en *Andropogon ternatus* (Invernizzi y Silveira, 1992), *Stipa papposa* (Invernizzi y Silveira, 1992), y ciperáceas (Carbajal *et al.*, 1987). Para algunas especies los contenidos de Zn informados por Carbajal *et al.* (1987) y por Invernizzi y Silveira (1992) difieren en magnitudes importantes.

Ese es el caso de *Coelorhachis selloana*, *Bothriochloa laguroides*, *Paspalum plicatulum*, *Paspalum notatum* y *Piptochaetium stipoides*. En todos los casos en que ambas fuentes informan contenidos de Zn para la misma especie los valores reportados por Invernizzi y Silveira (1992) son invariablemente mayores a los de Carbajal *et al.* (1987).

La media general de las especies estudiadas individualmente es mayor que la media general de los tapices (24.2 ppm), lo que indicaría que el tapiz ficticio conformado por las especies del Cuadro 60 es diferente a los tapices reales en cuanto a composición botánica y en lo que esto implica en lo referente a los contenidos de Zn.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Aunque las diferencias no son significativas, las gramíneas tienden a tener un contenido de Zn ligeramente menor que el de las leguminosas y otras especies. Estudios realizados con forrajes norteamericanos por French *et al.* (1957), citados por Underwood (1981), revelaron contenidos de Zn de entre 20 y 60 ppm para las leguminosas y 10 y 30 ppm para las gramíneas. Estudios similares llevados a cabo por Price y Hardison (1963), citados por Underwood (1981) arrojaron valores de 11 a 18 ppm para las leguminosas y 8 a 17 ppm para las gramíneas.

No existieron diferencias entre invernales y estivales en cuanto a su contenido de Zn. Las malezas enanas concentraron significativamente más mineral que los demás tipos productivos excepto los pastos duros.

En los Cuadros 83 y 83a se observa la distribución estacional por especie del contenido de Zn:

CUADRO 83. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Zn DE DISTINTAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL. Valores expresados como % relativo al contenido de Zn en Verano.

Especie	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Adesmia bicolor	176	322	241	100
Andropogon lateralis	15	36	20	100
Andropogon ternatus	192		192	100
Aristida uruguayensis			69	100
Axonopus affinis	49	60	163	100
Bothriochloa laguroides	187	271	149	100
Bromus auleticus	103	91	72	100
Chaptalia piloselloides	109	109	159	100
Chascolytrum subaristatum	409		200	100
Coelorhachis seloana	70	40	86	100
Eustachis bahiensis	108	97	55	100
Paspalum dilatatum	153	300	92	100
Paspalum notatum	114	76	121	100
Paspalum plicatulum	77	16	84	100
Piptochaetium stipoides	91	139	111	100
Schizachirium microstachium	165	124	126	100
Sporobolus indicus	48	52	34	100
Stipa papposa	133	117	90	100
Stipa setigera	144	108	76	100



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

CUADRO 83. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Zn DE DISTINTAS ESPECIES DE CAMPO NATURAL AGRUPADAS POR FAMILIA, CICLO Y TIPO PRODUCTIVO. Valores expresados como % relativo al contenido de Zn en Verano.

	Nro. de muestras	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
<u>Familia</u>					
Gramíneas	14 - 17	129	109	102	100
Leguminosas	1	176	322	241	100
Otras	1	109	109	159	100
<u>Ciclo productivo</u>					
Estivales	9 - 11	107	108	103	100
Invernales	7 - 8	159	140	126	100
<u>Tipo productivo</u>					
Duros	2	90	80	73	100
Ordinarios	5 - 6	160	111	102	100
Tiernos	5 - 7	110	85	117	100
Finos	3	144	238	135	100
Malezas	1	109	109	159	100
<u>Todas</u>	16 - 19	130	122	113	100

El contenido de Zn de las especies estudiadas individualmente manifestó oscilaciones similares al de los tapices completos (III.10.1.), con picos más moderados en otoño e invierno. Se observa sin embargo que el patrón de distribución anual varía ampliamente de una especie a otra, y se encuentran especies que poseen su máximo contenido de Zn en cada una de las estaciones del año.

La leguminosa evaluada, *Adesmia bicolor*, parece tener picos de contenido de Zn más pronunciados que las gramíneas, aunque no pueden extraerse conclusiones con respecto a diferencias entre familias en base a una sola especie.

Por otra parte las plantas de ciclo invernal presentan picos de contenido de Zn más pronunciados en otoño, invierno y primavera que las invernales.

En relación a los tipos productivos se aprecia que las especies duras poseyeron sus mayores contenidos de Zn en verano. Las ordinarias manifestaron un pico claramente diferenciado en otoño, en tanto las finas lo hicieron en invierno y la maleza enana en primavera. Las especies tiernas no exhibieron variaciones importantes a lo largo del año.



XIII.1.8. Año de la observación

Un modelo lineal que explica un 23.47 % de la variación en el contenido de Zn ($P=.016$) marca un aumento de 9 ppm de Zn por año entre 1981 y 1991. No hay una explicación clara de este resultado.

XIII.1.9. Método de corte

El método de corte de la pastura a los efectos de obtener la muestra para determinar Zn influye sobre los resultados que se obtienen. Los métodos de corte se separaron en tres: mitad de altura, mitad de disponibilidad y "a la altura del pastoreo" (Cuadro 84):

CUADRO 84. CONTENIDO DE Zn SEGUN EL METODO DE CORTE DE LA MUESTRA.

Tipo de corte	Nro. de muestras	media	CV ¹ ,%
A mitad de altura	23	20.0	44.3
A mitad de disponibilidad	18	22.5	17.3
A la altura del pastoreo	41	27.8	37.4

¹ Coeficiente de variación

El corte a la altura del pastoreo arrojó resultados de contenido de Zn algo superiores a los demás. No está tan claro que el estado fenológico de la planta influya sobre su contenido de Zn (XIII.1.2.). El corte a la altura del pastoreo fue utilizado por Gómez Haedo y Amorín (1982) y por Orcasberro y Alonso (1991). Se dispone de resultados de una o dos referencias por tipo de corte, las que difieren en relación a muchas variables metodológicas, de lugar, etc. Seguramente para conocer con rigor el efecto del tipo de corte sobre el contenido de minerales debería plantearse un ensayo con repeticiones y con cada tratamiento en idénticas condiciones.

XIII.1.10. Modelos multivariados

Los modelos construidos son:

- Modelo "conservador":

$N = 114$; $R^2 = .6171$ ($P=.000$);
Error estándar de la estimación = 5.881

Porcentaje de la variación explicado por:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Referencia - 44.20 % (P=.000; tolerancia = .351)
 Fertilización - 7.17 % (P=.000; tolerancia = .831)
 Año - 6.55 % (P=.006; tolerancia = .395)
 Región - 3.26 % (P=.003; tolerancia = .868)
 Estación - .54 % (P=.220; tolerancia = .974)

Variable(s) fuera: ninguna

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	29.754	-22.60
Residual estandarizado	0.000	5.059	-3.843
Distancia Mahalanobis	4.897	18.173	0.878
Deleted residual	0.0405	31.047	-24.39
Distancia Cook	0.0261	0.346	0.000

Durbin - Watson d: 0.968; correlación serial = .516

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones de hasta sexto orden.

- Modelo "audaz":

N = 37; $R^2 = .5130$ (P=.000);
 Error estándar de la estimación = 6.941

Porcentaje de la variación explicado por:

Disponibilidad de MS - 21.89 % (P=.004; tolerancia = .485)
 Temperatura de secado de la muestra - 12.75 % (P=.015; tolerancia = .754)
 Estación - 8.57 % (P=.033; tolerancia = .803)
 Región - 8.09 % (P=.028; tolerancia = .477)

Variable(s) fuera: Referencia, año, material madre, fertilización, ubicación topográfica, tipo de corte, textura

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	37.215	-18.31
Residual estandarizado	0.000	5.361	-2.638
Distancia Mahalanobis	3.485	12.034	0.1965
Deleted residual	-0.155	38.709	-22.45
Distancia Cook	0.053	0.9238	0.000

Durbin - Watson d: 1.446; correlación serial = .2725

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para



una distribución normal da alguna indicación sobre la existencia de relaciones cuadráticas.

- Tercer modelo:

N = 114; $R^2 = .6171$ (P=.000)
Error estándar de la estimación = 5.881

Porcentaje de la variación explicado por:

Disponibilidad de MS - 21.89 % (P=.000; tolerancia = .483)
Región - 12.59 % (P=.001; tolerancia = .563)
Estación - 12.24 % (P=.000; tolerancia = .806)
Referencia - 8.55 % (P=.001; tolerancia = .9357)

Variable(s) fuera: Material madre, temperatura de secado de la muestra, ubicación topográfica, tipo de corte, año, textura, fertilización

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	38.137	-17.00
Residual estandarizado	0.000	5.926	-2.641
Distancia Mahalanobis	3.913	13.882	0.299
Deleted residual	0.0466	39.070	-19.79
Distancia Cook	0.0363	0.747	0.000

Durbin - Watson d: 1.216; correlación serial = .3916

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

Si en el primer modelo se elimina la variable referencia, ésta es sustituida por la variable año, que queda como única variable explicatoria ($R^2 = .655$).

De los modelos construidos, el primero explica el mayor porcentaje de la variación. A su vez es el más estable frente a la introducción de datos externos al pool con que fue construido, aunque por otra parte presenta el menor grado de independencia entre las observaciones. El defecto de este modelo es que en realidad explica muy poco, ya que un 44.20 % de la variación es explicado por la variable referencia, que actúa como una suerte de efecto experimento cuyas causas serían desconocidas. De los dos modelos restantes, el tercero explica un porcentaje de la variación ligeramente mayor, es más estable, aunque posee un menor grado de independencia entre las observaciones. En este tercer modelo el porcentaje de la



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

variación explicado por la variable referencia es comparativamente menor. Se concluiría que la disponibilidad de MS es la variable que más influye sobre el contenido de Zn de las pasturas, seguida de la región y la estación. Al igual que en lo que concierne al Cu, la región no posee un efecto significativo cuando se evalúa en forma aislada (XIII.1.6.)

XIII.2. Status nutricional de animales sin suplementar

XIII.2.1. Contenido de Zn en pasturas y requerimientos

En el Cuadro 85 se observa el porcentaje de las muestras estudiadas que cubriría los requerimientos de Zn de cada categoría de vacunos de carne y ovinos:

CUADRO 85. PORCENTAJE DE LAS MUESTRAS QUE CUBREN LOS REQUERIMIENTOS DE Zn EN VACUNOS Y OVINOS.

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
VACUNOS				
Vacas de cría	94.7	85.3	58.5	21.9
Terneros	84.2	64.7		
Novillos	94.7	64.7	95.1	75.0
OVINOS				
Ovejas de cría	57.9	52.9	70.7	21.9
Corderos	89.5	64.7		71.9
Borregas	68.4	55.9	90.2	68.8
Mantenimiento	57.9	44.1	75.6	31.3

En algunas categorías, como vacas y ovejas de cría, y ovinos en mantenimiento, se observan déficits de Zn durante algunos períodos -especialmente en verano, que sería la estación donde sus concentraciones en las pasturas son más bajas. En Australia, Masters y Somers (1980), citados por Underwood (1981), detectaron las mayores deficiencias de Zn en ovejas en preñez temprana en otoño y tardía en invierno. En el primer caso la causa fue que los niveles en la pastura eran mínimos en el otoño. En lo que atañe a los contenidos de Zn de las pasturas uruguayas, la estación fue un factor menor pero significativo en dos de los tres modelos evaluados (XIII.10). Sin embargo, el contenido de Zn de las pasturas fue en otoño muy similar al del invierno, registrándose el mínimo en verano (XIII.1.1). En el caso de las ovejas en preñez tardía, esta deficiencia se produjo debido a los requerimientos aumentados en esta etapa fisiológica, a pesar de que los niveles de Zn en la pastura eran máximos en invierno.



No existe una relación clara del contenido de Zn de las distintas especies forrajeras con su calidad, por lo que no se esperaría que la ingesta lo contuviera en una proporción sustancialmente mayor que la pastura. En tapices degradados si podría ser algo mayor debido a los contenidos más altos hallados en malezas enanas.

Las posibilidades de intoxicación debido al Zn en la pastura serían directamente inexistentes.

XIII.2.2. Contenido de Zn en tejidos

Los 34 valores reportados de concentración de Zn en plasma de vacunos sin suplementar pastoreando campo natural (Arroyo y Mauer, 1982; Gómez Haedo y Amorín, 1982; Barrios *et al.*, 1984; Fernández Liñares *et al.*, 1985; Guerrero y Colucci, 1987; Uriarte *et al.*, 1988; Orcasberro y Alonso, 1991) presentaron una media 1.08 ppm (0.67 a 2.45 ppm; C.V. = 30.0 %). Un 58.8 % de estos valores estaría dentro del rango de normalidad definido por Towers y Grace (1983)(0.8 a 1.2 ppm). Un 26.5 % supera el extremo superior y un 14.7 % no alcanza el extremo inferior.

La validez del tenor de Zn en plasma como criterio para diagnosticar su deficiencia es relativizado por Underwood (1981), basado en resultados de Grace (1972), quien obtuvo valores bajos en ovejas sanas consumiendo pasturas con contenidos de Zn "normales".

Si se construye un primer modelo que maximice el número de observaciones válidas ("modelo conservador"), se obtiene, de acuerdo a los criterios explicitados en II., que las variables ingresadas son región, estación y referencia, explicando esta última un 47.8 % de la variación en el tenor de Zn en plasma. A pesar de que el modelo explica un 85.7 % de la variación, desde el punto de vista biológico explica en realidad poco, ya que la variable de mayor peso es una suerte de "efecto experimento". Si se remueve la variable referencia se obtiene el siguiente modelo:

$N = 34; R^2 = .3900 (P=.002);$
 Error estándar de la estimación = 0.265

Porcentaje de la variación explicado por:

Región - 27.11 % (P=.002; tolerancia = .8855)
 Año - 9.85 % (P=.036; tolerancia = .8822)
 Estación - 2.04 % (P=.325; tolerancia = .9893)



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Variable(s) fuera: ninguna

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	1.138	-.4372
Residual estandarizado	0.000	4.292	-1.649
Distancia Mahalanobis	2.912	7.585	0.500
Deleted residual	0.0039	1.281	-.4759
Distancia Cook	.0281	.6491	0.000

Durbin - Watson d: 1.380; correlación serial = 0.3021

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados sugiere la existencia de relaciones cúbicas.

- Modelo "audaz":

Al igual que en el primer caso, al maximizar el número de variables explicatorias disponibles para la construcción de modelo, se obtiene un modelo en que la referencia explica el 47.8 % de la variación. Removiendo esta variable se obtiene el siguiente modelo:

N = 11; $R^2 = .4602$ (P=.085);
Error estándar de la estimación = .2747

Porcentaje de la variación explicado por:

Región - 27.11 % (P=.105; tolerancia = .8824)
Estado fisiológico - 18.92 % (P=.133; tolerancia = .8824)

Variable(s) fuera: Año, estación, material madre, textura, fertilización

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	1.091	-.4914
Residual estandarizado	0.000	3.970	-1.789
Distancia Mahalanobis	1.753	5.467	0.630
Deleted residual	.0278	1.593	-.6063
Distancia Cook	.2650	5.697	0.000

Durbin - Watson d: 1.432; correlación serial = 0.2783

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal presenta un ajuste aceptable a una recta, aunque podrían haber relaciones cuadráticas.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Si se agrega la variable estado fisiológico (primer variable en importancia en el segundo modelo no tenida en cuenta para la construcción del primero) a las variables con que primeramente se construyó el primer modelo (incluyendo referencia), ésta no es seleccionada y se obtiene el mismo modelo que cuando el estado fisiológico no se considera. En este modelo, como se explicó, la referencia explica el 47.8 % de la variación. Removiendo esta variable se obtiene:

$N = 34$; $R^2 = .5144$ ($P = .000$);
Error estándar de la estimación = .2406

Porcentaje de la variación explicado por:

Región - 27.11 % ($P = .002$; tolerancia = .7245)
Estado fisiológico - 18.92 % ($P = .003$; tolerancia = .7975)
Año - 3.55 % ($P = .157$; tolerancia = .7985)
Estación - 1.86 % ($P = .300$; tolerancia = .9890)

Variable(s) fuera: ninguna

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	1.001	-.5118
Residual estandarizado	0.000	4.159	-2.127
Distancia Mahalanobis	3.819	9.672	0.512
Deleted residual	.0050	1.185	-0.565
Distancia Cook	.0431	.7518	0.000

Durbin - Watson d: 1.349; correlación serial = .3126

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal se ajusta aceptablemente a una recta.

El primer modelo y el tercero no difieren grandemente en cuanto a estabilidad, y el último explica un porcentaje mayor de la variación, incluyendo la variable estado fisiológico, cuyo efecto es significativo. El segundo modelo explica menos la variación que el tercero y es más inestable. Se concluye que las principales variables que afectan el tenor de Zn en la sangre son la región y el estado fisiológico. Sus efectos se observan en forma aislada en el Cuadro 86:

CUADRO 86. CONTENIDO DE Zn EN PLASMA SEGUN REGION DE MUESTREO.

	Nro. de muestras	media (ppm)	Media ajustada ¹	Coefficiente de Variación, %
Litoral S	8	1.164 ab ²	1.224	14.8
Litoral N	8	1.316 a	1.255	38.5
Noreste	3	1.080 ab	1.018	19.3



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Este	15	0.909 b	0.972	19.1
------	----	---------	-------	------

¹ Por referencia

² Letras distintas en la misma columna indican diferencias ($P < .05$)

Los animales pastoreando en campos del Litoral Norte tendrían contenidos de Zn en plasma mayores que aquellos de la región Este.

La región fue un factor significativo, aunque de peso relativamente menor, para explicar el contenido de Zn de las pasturas (XIII.1.10) en los modelos multivariados, aunque no mostró efectos significativos cuando se estudió en forma aislada ($P = .452$).

De todas maneras, coincidentemente con lo que ocurre con los contenidos de Zn en plasma, las pasturas de la región Este son las que presentan los menores contenidos del mineral, en tanto las del Litoral N exhibieron los valores más altos (XIII.1.6.).

Grace (1972), citado por Underwood (1981), encontró diferencias entre distintos distritos en cuanto al tenor de Zn en plasma de ovejas, las que no se explicaban por diferencias en el consumo del mineral, siendo en muchos casos mayor el tenor en plasma en aquellas pasturas que contenían menos Zn. Esto podría deberse a diferencias en biodisponibilidad, aunque es muy poco lo que se conoce al respecto (Underwood, 1981).

En lo que hace a la influencia del estado fisiológico (Cuadro 87):

CUADRO 87. EFECTO DEL ESTADO FISIOLÓGICO SOBRE EL CONTENIDO DE Zn EN PLASMA.

Estado fisiológico	Nro. de Muestras	media	CV ¹ , %
Gestación	2	1.263a ²	5.3
Gestación avanzada	8	1.209a	45.8
Lactación	16	1.074a	20.9
Lactación - crecimiento	2	1.068a	8.3
Crecimiento - engorde	6	0.867a	13.6

¹ Coeficiente de variación

² Letras distintas en la misma columna indican diferencias ($p = 0.121$)

Underwood (1981) sostiene que es usual observar una caída en los niveles de Zn en plasma luego del parto, lo cual coincidiría con los menores niveles observados en vacas lactando en relación a aquellas gestantes. Aunque de acuerdo con Dufty *et al.* (1977) y Pryor (1976), citados por Towers y Grace (1983), los niveles normales se recuperarían en pocos días.

El contenido de Zn en el hígado fue estudiado por varios autores (Cuenca, 1981; Almirati y Peri, 1982; Arroyo y Mauer, 1982; Barrios *et al.*, 1984; Fernández Liñares *et al.*, 1985). Se ha supuesto que todos los valores corresponden a MS de



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

hígado, aunque esto no se aclara en todos los casos. La media de 27 referencias fue de 116 ppm (37 a 437 ppm; C.V. = 75.4 %). De acuerdo con Beisel (1977), citado por Towers y Grace (1983), en condiciones de estrés y/o enfermedad los niveles de Zn en el plasma se reducen reflejando una redistribución en el cuerpo, con un movimiento notorio hacia el hígado. Estos cambios no están bien entendidos. De los resultados encontrados solamente un 48.1 % alcanzó o superó el valor mínimo normal de 84 ppm según Fick *et al.* (1976), en tanto un 29.6 % superó el máximo normal de 132 ppm según este autor.

Si se construye un primer modelo a partir de las variables que maximizan el número de observaciones ("modelo conservador"), se obtiene, de acuerdo con los criterios especificados en II., un modelo donde la referencia y el año explican, respectivamente, un 52.37 (P=.000) y un 36.63 % (P=.000) de la variación en el contenido de Zn en el hígado. Como ya se discutió, estas variables de algún modo "explican sin explicar". Si son removidas se obtiene el modelo siguiente:

N = 27; $R^2 = .1685$ (P=.109);
Error estándar de la estimación = 83.099

Porcentaje de la variación explicado por:

Fertilización - 9.99 % (P=.109; tolerancia = .983)
Estación - 6.86 % (P=.172; tolerancia = .983)

Variable(s) fuera: estado fisiológico, región

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	297.76	-111.9
Residual estandarizado	0.000	3.583	-1.346
Distancia Mahalanobis	1.638	9.026	0.144
Deleted residual	0.942	313.65	-126.8
Distancia Cook	0.0146	0.241	0.000
Durbin - Watson d: 1.391; correlación serial = .3016			

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones de tercer orden.

- Modelo "audaz":

N = 8; $R^2 = .6017$ (P=.024);
Error estándar de la estimación = 62.609

Porcentaje de la variación explicado por:



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Material madre - 60.17 % (P=.024; tolerancia = 1.00)

Variable(s) fuera: Referencia, año, material madre, fertilización, textura, estación, estado fisiológico, región

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	244.87	-114.3
Residual estandarizado	0.000	3.911	-1.825
Distancia Mahalanobis	0.800	3.36	0.000
Deleted residual	3.759	338.63	-225.2
Distancia Cook	0.840	8.437	0.000

Durbin - Watson d: 0.801; correlación serial = .5978

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones cúbicas.

- Tercer modelo:

N = 24; $R^2 = .8381$ (P=.000)

Error estándar de la estimación = 38.85

Porcentaje de la variación explicado por:

Material madre - 60.17 % (P=.000; tolerancia = .584)

Estación - 10.97 % (P=.011; tolerancia = .959)

Fertilización - 6.97 % (P=.021; tolerancia = .5973)

Estado fisiológico - 5.70 % (P=.018; tolerancia = .9460)



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Variable(s) fuera: Referencia, año, región

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	197.34	-211.9
Residual estandarizado	0.000	5.080	-5.454
Distancia Mahalanobis	3.687	9.454	0.379
Deleted residual	0.575	349.08	-354.4
Distancia Cook	0.505	7.019	0.001

Durbin - Watson d: 0.985; correlación serial = .5067

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados presenta un ajuste aceptable a una recta.

El primer modelo es más estable que el tercero; el problema es que el porcentaje de la variación que explica es muy bajo, no alcanzando un nivel de significación del 10 %. El segundo modelo es más inestable que el tercero y explica un menor porcentaje de la variación en el contenido de Zn en el hígado. De todos modos no hay contradicción conceptual entre ambos, ya que el material madre es la principal variable explicatoria. Su efecto aislado se observa en el Cuadro 88:

CUADRO 88. EFECTO DEL MATERIAL MADRE SOBRE EL CONTENIDO DE Zn EN EL HIGADO.

	Nro. de muestras	Media (ppm) ¹	CV ¹ , %
Areniscas	1	144.6	
Cristalino	5	209.0	22.5
Basalto	2	143.8	13.9
Cretácico	6	89.0	22.9
Yaguari	9	65.4	23.6

¹ Coeficiente de variación
Median test (Levene: P=.085): P=.007

El contenido de Zn en el hígado no aparece ligado al contenido de Zn de las pasturas sobre distintos materiales madre. Los mayores contenidos se observan en hígados de animales sobre Cristalino, y en cambio estas pasturas fueron las de menor contenido de Zn (XIII1.6.). Análogamente, las pasturas sobre Yaguari tuvieron contenidos de Zn altos, y en cambio los hígados de vacunos pastoreando las mismas presentaron los menores contenidos. Por otra parte, el efecto del material madre sobre el contenido de Zn de la pastura resultó no significativo (P=.317).

Cuando se trabaja solamente con las variables que maximizan el número de observaciones en el modelo multivariado la fertilización aparece como más



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

importante que la estación del año. En cambio, cuando se incluye además la variable de mayor peso, el material madre, la estación pasa a tener una importancia ligeramente mayor que la fertilización. En base a esa consideración se estudió el efecto de la estación del año en el Cuadro 89:

CUADRO 89. EFECTO DE LA ESTACION DEL AÑO SOBRE EL CONTENIDO DE Zn EN EL HIGADO

	Nro. de muestras	Media (ppm)	CV ¹ , %
Otoño	6	137.8	62.9
Invierno	3	96.0	44.1
Primavera	9	73.8	46.8
Verano	9	159.6	74.1

¹ Coeficiente de variación

Los contenidos de Zn en el hígado son máximos en verano, a pesar de que el contenido en las pasturas es mínimo en esa estación (XIII.1.1.). En cambio, los altos de contenidos de Zn de las pasturas en invierno no se tradujeron en altas concentraciones en el hígado, a pesar de que este órgano es descrito como de respuesta rápida en relación a la acumulación y el turn over de Zn (Feaster *et al.*, 1954, y Heath y Liquier-Milward, 1950, citados por Underwood, 1971).

Un modelo cuadrático en que el contenido de Zn en el hígado fue la variable independiente explicó el 19.08 % ($P < .01$) de la variación de la concentración de Zn en el plasma. Según Underwood (1981) la reducción del contenido de Zn en el plasma debido a dietas deficientes es más pronunciada que la que tiene lugar en el hígado, lo que parece reflejar la relación cuadrática de concavidad negativa observada.

Barrios *et al.* (1984) estudiaron los contenidos de Zn en cenizas de hueso. La media de los tres valores que reportan en vacunos sin suplementar es de 210 ppm (C.V. = 14.0 %), estando todos por encima del tenor de 100 ppm considerado mínimo normal por Fick *et al.* (1976).

Guerrero y Colucci (1979) estudiaron el contenido de Zn en pelo de 166 vacunos en terminación faenados en frigorífico -desconociéndose que proporción había sido suplementada-. El contenido medio resultó de 161 ppm (C.V. = 14.9 %), en tanto el valor normal según los autores es de 130 ppm. Underwood (1981) afirma que el contenido de Zn en pelo es generalmente alto y declina marcadamente con las deficiencias alimenticias, aunque hay variaciones importantes asociadas al individuo, la edad, la parte del cuerpo, etc.

XIV. COBALTO



XIV.1. Factores que afectan el contenido de Co en pasturas naturales

Nores (1944) reporta medias anuales de entre 4.5 y 76.4 ppm en la MS, lo cual es sustancialmente superior a lo descrito en la literatura (Underwood, 1981; Clark y Millar, 1983). Se constató una confusión en las unidades usadas, ya que posteriormente Spangerberg (1944b) cita los mismos resultados de Nores (1944) para el Departamento de Cerro Largo con una diferencia de dos órdenes de magnitud. Por lo tanto, se procedió a dividir entre 100 los resultados de Nores (1944) a los efectos de su análisis. La media de 94 observaciones de contenido de Co de pasturas naturales uruguayas publicadas por Nores (1944) y Sosa y Guerrero (1983) resultó entonces ser de 0.23 ppm en la MS (0.00 a 1.676 ppm; C.V. = 117.4 %). De Alba (1971) considera que la información de Nores (1944) en relación al Co es poco concluyente debido a que el método analítico utilizado no era lo suficientemente sensible como para encontrar los niveles críticos de menos de 0.06 ppm. Algunas observaciones que aparecen como cero responden a que la sensibilidad mínima del equipo usado era de 0.01 ppm. Los valores mínimos reportados por Sosa y Guerrero (1983) son también de 0.06 ppm.

Orcasberro y Alonso (1990), basados en resultados 56 muestras de varios autores (Spangerberg *et al.*, 1941; Spangerberg, 1994, Nores, 1944; Cuenca *et al.*, 1981; Sosa y Guerrero, 1983; Fernández *et al.*, 1988; Alonso, sin publicar), reportan un contenido medio de Co de 0.19 ppm (0.06 a 0.62 ppm).

La media de algunas determinaciones realizadas en Río Grande do Sul por Gavillón y Quadros (1965), citados por De Alba (1971), fue de 0.22 ppm, con algunos valores de 0.06 ppm, y una determinación de 0.05 ppm en San José do Norte, cerca de la costa. Diez muestras de pasturas escocesas presentaron entre 0.02 y 0.2 ppm (media = 0.09) de Co (Mitchell, 1957, citado por Underwood, 1981).

XIV.1.1. Variación estacional

En los Cuadros 90 y 90a aparece la variación estacional del contenido de Co reportada por Nores (1944), llevada a una base relativa con respecto al contenido en verano.

CUADRO 90. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Co EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido de Co en Verano y expresados como ppm en base seca entre paréntesis.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Referencia	Departamento	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nores, 1944	Rocha		0 (0)	615 (11.7)	100 (1.9)
Nores, 1944	Rocha		546 (60.7)	254 (28.3)	100 (11.1)
Nores, 1944	Salto	202(18.6)	193 (17.8)	183 (16.9)	100 (9.2)
Nores, 1944	Salto	96(17.8)	602 (112)	62 (11.6)	100 (18.6)
Nores, 1944	Paysandú	33 (5)	221 (33.5)		100 (15.1)
Nores, 1944	Paysandú	113(10.8)	93 (8.8)	182 (17.3)	100 (9.5)
Nores, 1944	Rivera	85 (4)	608 (28.6)	23 (1.1)	100 (4.7)
Nores, 1944	Río Negro	93(17.7)	136 (25.9)	103 (19.6)	100 (19)
Nores, 1944	Durazno	234(33.1)	519 (73.2)	11 (1.6)	100 (14.1)
Nores, 1944	Durazno	207(57.4)	116 (32.1)	38 (10.5)	100 (27.6)
Nores, 1944	Cerro Largo	816(35.1)	1065 (45.8)	588 (25.3)	100 (4.3)
Nores, 1944	Treinta y Tres	270(42.7)	39 (6.1)	120 (19)	100 (15.8)
Nores, 1944	Artigas	823 (70)	783 (66.6)	282 (24)	100 (8.5)

CUADRO 90a. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE Co EN PASTURAS NATURALES URUGUAYAS. Valores en % relativos al contenido de Co en Verano (Resumen).

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Nro. de muestras	11	13	12	13
Media	271	379	205	100
CV, %	104.0	87.3	99.7	
Máximo	823	1065	615	
Mínimo	33	0	11	

Se observa una tendencia a encontrar menores contenidos de Co en pasturas en verano en relación al resto del año. En contraste, en invierno los contenidos de Co de las pasturas aparecen como los más altos, seguidos por los del otoño. En ese sentido, Andrews (1965; 1971), citado por Clark y Millar (1983), constató que los contenidos de Co de las pasturas son generalmente menores en primavera y verano que en otoño e invierno. Sin embargo, y de acuerdo a lo que se observa en el Cuadro 90a, los valores medios son extremadamente variables, y en cualquiera de las estaciones es posible que el contenido de Co sea sustancialmente inferior al del verano.

Andrews (1971) opina que además de variaciones dentro del año puede haber fluctuaciones entre años en el contenido de Co de las pasturas.

XIV.1.2. Disponibilidad de MS

El contenido de Co se relaciona pobremente con la disponibilidad de MS. Un



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

modelo lineal explicó un 2.43 % ($P = .194$) de la variación en el contenido del mineral, en tanto un modelo cuadrático explicó un 2.99 % ($P > .05$).

XIV.1.3. Ubicación topográfica

En los Cuadros 91 y 91a se observan los resultados de Nores (1944) de acuerdo con su ubicación topográfica en cuchilla o bajo:

CUADRO 91. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE Co (ppm) DE PASTURAS NATURALES POR DEPARTAMENTO Y ESTACION DEL AÑO.

Referencia	Departamento	Estación	Cuchilla	Bajo
Nores, 1944	Rocha	Verano	0.019	0.111
Nores, 1944	Rocha	Invierno	0.0	0.607
Nores, 1944	Rocha	Primavera	0.117	0.283
Nores, 1944	Rocha	Otoño	0.383	0.074
Nores, 1944	Rocha	Invierno	0.0	0.454
Nores, 1944	Rocha	Verano	0.0	0.0
Nores, 1944	Rocha	Primavera	0.0	0.019

CUADRO 91. EFECTO DE LA UBICACION TOPOGRAFICA SOBRE EL CONTENIDO DE Co (ppm) DE PASTURAS NATURALES (Resumen).

	Cuchilla	Bajo
Nro. de muestras	7	7
Media	0.098 a ¹	0.198 a
Coef. de Variación, %	167.0	119.3
Máximo	0.383	0.607
Mínimo	0.0	0.0

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren ($P < 0.447$)

La media de contenido de Co en los bajos duplica a la de las cuchillas. Sin embargo, la variabilidad es tan grande que no pudieron detectarse diferencias significativas (Sign test: $P=683$; Wilcoxon Matched Pairs test: $P=.345$).

XIV.12.4. Textura

En el Cuadro 92 aparece una comparación de contenidos de Co de muestras provenientes de suelos livianos y pesados.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

CUADRO 92. EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE EL CONTENIDO DE Co DE PASTURAS NATURALES.

	Textura	
	Pesada	Liviana
Nro. de muestras	3	3
Media (ppm)	0.281a ¹	0.123b
Coef. de Variación,%	37.3	24.9

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren (p= 0.05)

Las pasturas sobre suelos pesados aparecen con significativamente más Co que aquellas sobre suelos livianos. De acuerdo con Clark y Millar (1983) los suelos con buen drenaje tienen generalmente menos Co disponible para las plantas que aquellos pobremente drenados, y esto podría ser una razón para los resultados del Cuadro 92.

XIV.1.5. Material madre

En el Cuadro 93 aparece el análisis del efecto del material madre sobre el contenido de Co de las pasturas. Los datos son de Nores (1944).

CUADRO 93. CONTENIDO DE Co EN PASTURAS SOBRE DISTINTOS MATERIALES MADRE.

	Material madre			
	Areniscas	Cretácico	Cristalino	Fray Bentos
Nro. de muestras	1	1	7	2
Media, ppm	0.096a ¹	0.116a	0.202a	0.221a
Coef. de Variación, %			48.3	10.2

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren con P=.558

No existieron diferencias significativas entre materiales madre en lo concerniente a su contenido de Co. Aunque aquellos que originan suelos de texturas livianas, Areniscas y Cretácico, muestran contenidos más bajos. La cantidad de información es insuficiente como para extraer conclusiones sólidas.

Los suelos provenientes de rocas magmáticas como el granito generalmente poseen poco Co, mientras que aquellos sobre Basalto lo poseen en cantidades suficientes (Gardner, 1977, citado por Clark y Millar, 1983). En Nueva Zelanda los suelos originados a partir de riolitas no suministran cantidades suficientes de Co a las plantas debido a que su meteorización ha sido generalmente insuficiente. Las plantas que crecen en suelos anegables generalmente poseen más Co que aquellas que crecen sobre suelos con buen drenaje. El Mn, Fe y Ni han sido reportados como elementos competitivos con el Co en relación a su absorción por los vegetales. Por otra parte, el pH ácido facilita la absorción (Underwood, 1981; Clark y Millar, 1983).



XIV.1.6. Región geográfica

En el Cuadro 94 aparece el análisis del efecto de la región geográfica sobre el contenido de Co de las pasturas. Los datos son de Nores (1944).

CUADRO 94. CONTENIDO DE Co EN PASTURAS DE DISTINTAS REGIONES

	Litoral N	Litoral S	Región Centro	Noreste	Este
Nro. de muestras	5	3	5	2	8
Media, ppm ¹	0.246	0.231	0.230	0.260	0.284
CV, %	61.9	10.2	36.5	89.2	81.2

¹ Medias seguidas de la misma letra no difieren con P=.982

No existieron diferencias significativas entre pasturas de distintas regiones en relación su contenido de Co.

Orcasberro y Alonso (1990) reportan un resumen de resultados de la literatura agrupados a la vez por material madre y región geográfica. Las pasturas sobre Cristalino aparecen con 0.23 ppm de Co, en tanto en el Cuadro 93 lo hacen con 0.20 ppm. Las pasturas sobre Basalto figuran con 0.18 ppm, mientras que en el Cuadro 93 lo hacen con 0.22 ppm. Las pasturas sobre Areniscas figuran con 0.14 ppm, en tanto en el Cuadro 93 lo hacen con 0.10 ppm. La región Noreste aparece con 0.17 ppm, valor menor al del Cuadro 94.

XIV.1.7. Composición botánica

Las leguminosas tienden a tener mayores contenidos de Co que las gramíneas, pero las diferencias se hacen mínimas en suelos deficientes (Andrews, 1971, citado por Clark y Millar, 1983).

XIV.1.8. Contenido de cenizas

Un modelo lineal entre contenidos de Co y de cenizas explicó un 13.18 % de la variación (P=.001). La remoción de un valor outlier (17.5, 168) incrementa le porcentaje explicado a 15.26 (P=.000).



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

XIV.1.9. Modelos multivariados

Los modelos construidos son:

- Modelo "conservador":

$N = 82$; $R^2 = .1627$ ($P=.000$);
Error estándar de la estimación = 26.67

Porcentaje de la variación explicado por:

Estación - .1627 % ($P=.000$; tolerancia = 1.000)

Variable(s) fuera: Región

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	126.6	-37.03
Residual estandarizado	0.000	4.747	-1.389
Distancia Mahalanobis	0.988	1.778	0.198
Deleted residual	-0.002	131.05	-38.34
Distancia Cook	0.0121	0.412	0.000

Durbin - Watson d: 2.020; correlación serial = -0.0191

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere la existencia de relaciones cuadráticas.

- Modelo "audaz":

$N = 16$; $R^2 = .4154$ ($P=.082$);
Error estándar de la estimación = 25.412

Porcentaje de la variación explicado por:

Estación - 16.27 % ($P=.1249$; tolerancia = 1.000)

Textura - 13.40 % ($P=.1340$; tolerancia = .471)

Región - 11.87 % ($P=.1444$; tolerancia = .471)

Variable(s) fuera: Material madre, ubicación topográfica, disponibilidad de MS

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	142.45	-47.13
Residual estandarizado	0.000	5.605	-1.855



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

Distancia Mahalanobis	3.205	6.122	0.265
Deleted residual	-1.417	214.23	-83.31
Distancia Cook	0.228	5.953	0.000

Durbin - Watson d: 1.573; correlación serial = .180

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados para una distribución normal sugiere un ajuste aceptable a un modelo con relaciones lineales.

- Tercer modelo:

N = 24; $R^2 = .4154$ (P=.012)
Error estándar de la estimación = 24.108

Porcentaje de la variación explicado por:

Estación - 16.27 % (P=.052; tolerancia = 1.000)
Textura - 13.40 % (P=.059; tolerancia = .471)
Región - 11.87 % (P=.058; tolerancia = .471)

Variable(s) fuera: Material madre, ubicación topográfica, disponibilidad de MS

	media	máximo	mínimo
Residual	0.000	142.45	-47.13
Residual estandarizado	0.000	5.909	-1.955
Distancia Mahalanobis	3.276	6.258	0.271
Deleted residual	-0.668	183.42	-64.26
Distancia Cook	0.122	3.233	0.000

Durbin - Watson d: 1.573; correlación serial = .180

El plot de distribución de los residuales en relación a los valores esperados sugiere un ajuste aceptable a un modelo con relaciones lineales.

El tercer modelo y el segundo incluyen las mismas variables y explican la misma proporción de la variación de la variable dependiente, pero el tercero tiene siete grados de libertad más, lo que lo torna más significativo y más estable. Comparado con el primero, el porcentaje de variación explicado es mayor; sin embargo, el primer modelo aparece como bastante más estable. De todos modos, no hay contradicción entre ambos a los efectos de describir las causas que afectan el contenido de Co de las pasturas. Claramente la estación aparece como el factor más importante dentro de los evaluados seguido por la textura y la región. La región no tiene efectos significativos sobre el contenido de Co de las pasturas cuando es



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

estudiada aisladamente. El contenido de Co en las pasturas estaría afectado por los mismos factores, y en igual orden de importancia, que el contenido de Fe.

XIV.2. Status nutricional de animales sin suplementar

El 63.8 y el 70.2 % de las muestras analizadas por Nores (1944) y Sosa y Guerrero (1983) cubriría los requerimientos de vacunos y ovinos (0.09 y 0.11 ppm respectivamente según Clark y Millar, 1983). No existiría riesgo de toxicidad para animales pastoreando campo natural. En el Cuadro 95 se observa el porcentaje de las muestras estudiadas por estación que cubriría los requerimientos de Co de bovinos y ovinos (Cuadro 95):

CUADRO 95. PORCENTAJE DE LAS MUESTRAS QUE CUBREN LOS REQUERIMIENTOS DE Co

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Bovinos	85.7	81.8	60.0	56.3
Ovinos	81.0	77.3	54.3	43.8

Se observa que algunas pasturas pueden ser deficitarias en Co, especialmente en primavera y verano. McDowell y Conrad (1977) colocan a Uruguay dentro del grupo de países donde ocurren deficiencias de Co.

En animales adultos con reservas adecuadas de cianocobalamina en el hígado existe un período relativamente extenso entre el comienzo del suministro de forraje bajo en Co y la manifestación de síntomas de deficiencia. Este período puede ser de 3 a 4 meses en ovinos y 6 a 10 meses en vacunos. Los corderos serían la categoría más susceptible (Clark y Millar, 1983).

XV. MOLIBDENO

XV.1. El contenido de Mo de las pasturas

Los datos de contenido de Mo en praderas naturales son escasos. Sosa y Guerrero (1983) hallaron un contenido medio de 1.5 ppm en la MS (0.6 a 8 ppm; CV = 129.0 %) en 12 muestras a lo largo de la ruta 26. El contenido de Mo de las pasturas puede oscilar entre 0.2 y más de 10 ppm en la MS, dependiendo del pH del suelo, la estación del año, la composición botánica y la fertilización con Mo (Ferguson *et al.*, 1938; 1940; Lewis, 1943, citados por Underwood, 1971; Grace, 1983). La



humedad del suelo favorece la absorción de Mo (Kubota *et al.*, 1961; 1963, citados por Underwood, 1971). La escasez de información impide el análisis de la influencia de los factores que se tratan para otros minerales sobre el contenido de Mo en las pasturas naturales uruguayas.

Las gramíneas generalmente tienen contenidos de Mo más altos que las leguminosas (Beck, 1962; Dick *et al.*, 1953, citados por Underwood, 1971), aunque existen resultados contrarios a esto (Kubota *et al.*, 1967, citados por Underwood, 1981).

XV.2. Status nutricional de animales sin suplementar

El 100 % de las muestras recolectadas por Sosa y Guerrero (1983) cubriría los requerimientos de Mo establecidos por NRC (1975) para ovinos, en tanto el 8.3 % resultaría potencialmente tóxica de acuerdo con los niveles indicados por la misma fuente (6 ppm). Sin embargo, niveles de Mo de 1 - 2 ppm pueden deparar en carencias de Cu en animales sobre pasturas bajas en Cu y con adecuados contenidos de S debido a la formación en el rumen de tiomolibdatos de Cu no asimilables (Grace, 1983). Un 41.7 % de las muestras obtenidas por Sosa y Guerrero (1983) alcanzó o superó el tenor de 1 ppm de Mo. Según AFRC (1988), el contenido más bajo de Mo en las pasturas tiene lugar en primavera, momento en que fue recolectada la muestra tomada por Sosa y Guerrero (1983). Por lo tanto, los problemas derivados de exceso de Mo podrían ser mayores en otras estaciones del año, especialmente en otoño.

XVI. SELENIO

XVI. 1. El contenido de Se de las pasturas

La única referencia que se encontró de contenido de Se corresponde a pasturas sembradas. Podestá *et al.* (1976) hallaron contenidos de 0.090 ppm de Se en invierno y 0.056 y 0.045 ppm en primavera en una pastura de trébol blanco y trébol subterráneo.

Las correlaciones entre el contenido de Se en suelo, planta y animal son muy buenas. El status nutricional de los animales puede predecirse con confianza



conociendo los niveles en el suelo o en la pastura. Los menores niveles se encuentran en suelos en formación y en suelos livianos. En suelos deficientes las diferencias entre plantas desaparecen (Underwood, 1981; Millar, 1983).

XVI.2. Status nutricional de animales sin suplementar

Ninguna de las tres muestras citadas arriba alcanzaría a cubrir los requerimientos de Se de vacunos y ovinos indicados por NRC (1975, 1976), que son de 0.20 y 0.10 ppm respectivamente. En cambio, las tres alcanzan a cubrir el valor de 0.03 ppm manejado por Millar (1983) para ovinos sobre pasturas de Nueva Zelanda. Las discrepancias se explicarían por los diferentes niveles en la dieta de vitamina E y otras sustancias que interactúan, como el S (Millar, 1983).

McDowell y Conrad (1977) colocan a Uruguay dentro del grupo de países donde ocurren deficiencias de Se.

La mayor parte del Se en los forrajes se encuentra bajo forma de seleniometionina, con cantidades mucho menores de seleniocisteína. Ambas formas son bien utilizadas por los rumiantes (Underwood, 1981).

En Treinta y Tres, Ruksan *et al.* (1993) atribuyeron a una deficiencia de Se los abortos y las retenciones de placenta observados en vacas lecheras de un establecimiento. La media de los valores de actividad de glutatión peroxidasa se encontraría en el límite señalado como crítico (20 mm de NADPH oxidados/min/g de Hb) por Sheppard y Millar (1981), citados por Millar (1983), aunque Whanger *et al.* (1977), citados por Millar (1983), opinan que el hecho de que animales normales y otros ") exhiban actividades similares de la enzima pone en duda la utilidad de estas determinaciones.

XVII. IODO

Nores y Rossi Stajano (1948) no hallaron diferencias entre materiales geológicos en relación al contenido de I en el suelo, aunque el mineral tendía a disminuir al aumentar la proporción de arena. Los contenidos más bajos se encontraron sobre Cretácico y algunas zonas bajas de Rocha y Soriano, aunque con considerables variaciones entre potreros dentro del mismo establecimiento. No se encontraron datos sobre contenido de I en pasturas.

De acuerdo con Cerviño *et al.* (1967), citados por Pereira *et al.* (1988), el bocio humano en el Uruguay se presenta especialmente en la zona norte, disminuyendo hacia el sur.



McDowell y Conrad (1977) colocan a Uruguay dentro del grupo de países donde ocurren deficiencias de I.

Pereira *et al.* (1988) encontraron un 40 % en terneros autopsiados en un establecimiento de Paysandú en el que se observó una mortalidad alta (30 %) de corderos recién nacidos durante un invierno benigno (1986). Estos animales mostraron niveles muy bajos de tiroglobulinas T3 y T4. La administración de I a la majada al año siguiente revirtió la situación.

Hirigoyen (com. pers.) realizó determinaciones de tiroglobulinas T3 y T4 y estudió histopatología de glándula tiroidea en fetos abortados a término en ganado Hereford que pastoreaba campo natural en los alrededores de Dolores, concluyendo que los abortos se produjeron como consecuencia de una deficiencia de I.

XVIII. OTROS MINERALES

No se encontró información acerca del contenido de pasturas naturales uruguayas de otros minerales que han sido descritos como necesarios para no rumiantes: Ni, Sn, Cr o V, o elementos potencialmente tóxicos: Cd, F, As, Pb o Hg.

XIX. REFERENCIAS

- AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients, Report Number 3, Characterization of Feedstuffs: Other Nutrients. Nutrition Abstracts and Reviews (Series B) 58(10):550-571. 1988.
- AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients, Report Number 6. A Reappraisal of the Calcium and Phosphorus Requirements of Sheep and Cattle. Nutrition Abstracts and Reviews (Series B) 61(9):573-612. 1991.
- AGORIO, C. y COSTABEL, M. Evaluación química y biológica de los subproductos de la industria cárnica para la alimentación animal. Tesis Facultad de Agronomía. 1986. 151 pp.



- AGUIRRE ARREGUI, A. Alimentación del ganado. Contribución a su estudio. Ministerio de Ganadería y Agricultura, Dirección de Agronomía, N° 14, 1936. 26 pp.
- ALLEGRI, M.; PITTALUGA, O.; CORBO, M. y RIET, F. Mayor producción: Suplementación mineral en suelos arenosos. En: MGAP informa. 3° época. Año 1. N° 2. 1988. pp 6 - 7.
- ALMIRATI, H. y PERI, M. Efecto de la suplementación mineral y completa sobre el crecimiento invernacional de hembras de reemplazo en campos naturales sobre Areniscas de Tacuarembó y Basalto. Tesis Facultad de Agronomía, Montevideo, 1982. 88 pp.
- ALONSO, T.S. y DECIA, J.C. Intoxicación por cobre en ovinos. Jornadas Científico-Técnicas de Producción Animal. Facultad de Veterinaria, Montevideo, pp E 47-E 48. 1988.
- ALONSO, T.S.; FERNANDEZ, A.; DECIA, J.C. y LORENTI, F. Concentración de fósforo, calcio, magnesio y zinc en costillas obtenidas para biopsia. 3^{er} Congreso Nacional de Veterinaria. Soc. de Med. Vet. del Uruguay. 1982. p. 223 - 229.
- AMMERMAN, C.B. y HENRY, P.R. 1987a. Deficiencias minerales de los rumiantes en pastoreo en América Latina. Reunión sobre determinación de carencias y suplementación mineral de bovinos. Campo Grande (Brasil), 8-12 de junio de 1987. Ed. J.P. Puignau. IICA-PROCISUR, Diálogo XXX, pp 83-90.
- AMMERMAN, C.B. y HENRY, P.R. 1987b. Métodos para determinar los requerimientos minerales de los bovinos. Reunión sobre determinación de carencias y suplementación mineral de bovinos. Campo Grande (Brasil), 8-12 de junio de 1987. Ed. J.P. Puignau. IICA-PROCISUR, Diálogo XXX, pp 91-96.
- ARROYO, G. y MAUER, R. Efecto de la suplementación mineral sobre el comportamiento reproductivo y evolución del peso en vacas de cría Hereford y su relación con la concentración mineral en el suero y tejidos de reserva y estudio del aporte de minerales por las praderas naturales del noreste uruguayo. Tesis Facultad de Agronomía. Montevideo, 1982. 231 p.
- AVISO FOSFASOL. Revista de la Asociación Rural del Uruguay. N° 10. 1943. p 105.
- BARRIOS, J.; BERTOLOTTI, C. y POLLIO, J. Influencia de la suplementación



mineral sobre el comportamiento reproductivo de vacas de cría Hereford. Tesis Facultad de Agronomía. Montevideo, 1984. 267 p.

BARROS VIDAL, L. Minerale en los ovinos del Uruguay. Quintas Jornadas Veterinarias de Ovinos. Tacuarembó, diciembre 1989. a-2-a-21.

BARROS VIDAL, L. Perfiles metabólicos en la evaluación de la alimentación del ganado lechero. En: 3^{er} Congreso Nacional de Veterinaria. 1982. p 125 - 134.

BARROS VIDAL, L. y GANZO, L. Perfiles metabólicos en bovinos de leche, valores normales. Anales de la Facultad de Veterinaria (Montevideo, Uruguay) 18/20:101-107. 1981-83.

BARROS VIDAL, L. Perfiles metabólicos: Estudio de cinco años de aplicación en Uruguay. XV Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, ROU. 1987. p. E.1 - E.14.

BARROS VIDAL, L. y GANZO, L. Perfiles metabólicos en bovinos. Valores de referencia. 1^{ras} Jor. Téc. Fac. Vet., : 118 - 119, 1983.

BARROS VIDAL, L.; KREMER, R. y GANZO, L. Perfiles metabólicos en ovinos en gestación. II. Minerale. 1^{ras} Jor. Téc. Fac. Vet., : 73 - 74, 1983.

BARROS VIDAL, L.; KREMER, R.; TAROCO, J. y GANZO, L. Perfiles metabólicos en ovinos. Valores de referencia. 1^{ras} Jor. Téc. Fac. Vet., : 69 - 70, 1983.

BEMHAJA, M.; MEDEROS, A.; FRANCHI, M.; FIGURINA, G. y ALONSO, T. Contenido de minerale en comunidades nativas bajo pastoreo en suelos arenosos de Tacuarembó. Presentado y aceptado al Primer Congreso Binacional de Producción Animal Argentina-Uruguay (Paysandú, 3 al 5 de setiembre de 1997)

BERETTA, V.; ORCASBERRO, R. y BERTI, A. Composición química de alimentos nacionales. Jornadas Científico - Técnicas de Producción Animal. 1988.

BERTI, A.; GIUDICE, E. y IBARRA, E. Composición química de algunas materias primas utilizadas en alimentación animal en el Uruguay. Revista de la AIA. 1984. 23 - 30.

BERRETA, E.J. Producción de forraje y productividad animal de pasturas naturales en condiciones de pastoreo continuo. Serie: Producción de Pasturas Naturales



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

en Salto. Hojas Técnicas N° 1. 1985. p. 1 - 5.

BERRETA, E.J. Campo Natural: Valor Nutritivo y Manejo. En: Seminario de Actualización Técnica sobre Producción y Manejo de Pasturas. Tacuarembó. Eds. D. Risso, E. Berreta y A. Morón. 1995. p. XI-1 - XI-11.

BERTI, A. y OLIVERO, R. Composición química de cuatro materias primas que aportan minerales en la alimentación animal. Memorias, IV Jornadas Técnicas. Facultad de Agronomía, 1992. p. 34.

BONINO, J. Patologías de la producción. LANA Noticias. N° 84. Febrero 1984. p. 31 - 32.

CAPAU, E.G. y DE LUCA, L.J. Perfiles metabólicos. "Algunas consideraciones". En: XIV Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, ROU. 1986. p. 11/1 - 11/3.

CARAMBULA, M; COLUCCI, P.E. y ORCASBERRO, R. Fortalecimiento de los programas de investigación agropecuario prioritarios en Uruguay. Nutrición Animal y Pasturas. Informe final de la Consultoría Técnica de la FAO. 1986. p. 177 - 180.

CARBAJAL, C.M.; FERNANDEZ, J. y GABACHUTTO, I.R. Producción y calidad de diferentes especies forrajeras nativas bajo condiciones de campo. Tesis Facultad de Agronomía. Montevideo, 1987. 176 pp.

CASTRILLON, P.; RIET CORREA, F.; UMPIERREZ, M. y CORBO, M. Un caso colectivo de intoxicación crónica por cobre (Cu). Primeras Jornadas Veterinarias de Ovinos, pp 1-12. Tacuarembó, 9-10 de noviembre de 1979.

CATEDRA DE BOVINOS DE CARNE. FACULTAD DE AGRONOMIA. Informe de avances del programa de investigación. Performance de rodeos de cría en pastoreo. Material de Circulación Interna. 1990. 33 pp.

CATEDRA DE NUTRICION ANIMAL. FACULTAD DE AGRONOMIA. Contenido de minerales de pasturas sembradas. Material elaborado por Ana Inés Trujillo. 1994.

CLARK, R.G. and MILLAR, K.R. Cobalt (Co). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9: 27-37. 1983.



- CORENGIA, C.; D'ALESSANDRO, J.; REPETTO, J.; HAREAU, M.; DE LIMA, D.; MICHELINI, E. y ECHARRI, V. Estudio del valor nutritivo de distintos ensilados en la alimentación del ganado lechero. Primera comunicación.
- CUENCA, L.; FERNANDEZ, A.; ALONSO, T. y DECIA, J.C. Niveles de minerales en pasturas y tejidos de bovinos de carne en el Uruguay. *Veterinaria* 77:103-109. 1981.
- DE ALBA, J. Alimentación del ganado en América Latina. 2da edición, Méjico, 1971. 475 pp.
- DE SOUZA, P.J. Producción y calidad de las pasturas naturales del Uruguay, revisión de literatura. En: Primer Seminario Nacional sobre Campo Natural. 1985. p. 12.
- FAVRE, E.; MATTIAUDA, E.; CHILIBROSTE, P.; ORDEIX, B.; RODRIGUEZ, R.; BRUNI, M.; APEZTEGUÍA, E. y BENTANCUR, O. Efecto de la suplementación sobre la performance de vacas lecheras. Jornada de Investigación; Producción Animal en Pastoreo. EEMAC, Paysandú. 1991. p. 22 - 26.
- FERNANDEZ, A.; ALONSO, T.S. y DECIA, J.C. Contenido de minerales en forraje de campo natural en Uruguay. Primer Seminario Nacional sobre Campo Natural. 1985. p. 31.
- FERNANDEZ, A.; ALONSO, T.S. y DECIA, J.C. Niveles de calcio, fósforo y magnesio en forrajes de campo natural en Uruguay. *Revista Plan Agropecuario* Nº 49: 11-12, noviembre 1989.
- FERNANDEZ LIÑARES, J.; LUSSICH, D.H. y MARIZCURRENA, P.M. En:fluencia de la suplementación mineral sobre el comportamiento reproductivo y evolución de peso en vacas de cría Hereford. Tesis Facultad de Agronomía. Montevideo, 1985. 185 p.
- FICK, K.R.; MILLER, S.M.; FUNK, J.D.; McDOWELL, L.R.; HOUSER, R.H. y VALDIVIA, R. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. Departamento de Ciencia Animal, Gainesville, Universidad de Florida, 1976. pp 708-712.
- FRICK, C. El fósforo en la producción ganadera. *Anuario del Plan Agropecuario*



(Uruguay) pp 17-28. 1976.

FYNN, C.A. La decalcificación de los campos en algunas zonas del Uruguay. Los suplementos alimenticios minerales. Revista de la Facultad de Agronomía. N° 21, 1940. p. 51 - 61.

GALLINAL *et al.* Estudio sobre praderas naturales del Uruguay. Primera Contribución. 1938. 208 pp.

GOMEZ HAEDO, A. y AMORIN, J. Suplementación mineral y proteica de novillos en crecimiento. Tesis Facultad de Agronomía. Montevideo, 1982. 264 p.

GRACE, N.D. A summary of the mineral requirements of sheep and cattle. En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9: 135-141. 1983.

GRACE, N.D. Calcium (Ca). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9: 100-105. 1983.

GRACE, N.D. Copper (Cu). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9: 56-66. 1983.

GRACE, N.D. Magnesium (Mg). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9: 92-99. 1983.

GRACE, N.D. Manganese (Mn). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9: 80-83. 1983.

GRACE, N.D. Molybdenum (Mo). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9: 71-75. 1983.

GRACE, N.D. Phosphorus (P). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9: 106-111. 1983.



- GRACE, N.D. Sulphur (S). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication Nº 9: 67-70. 1983.
- GUERRERO, J. y COLUCCI, P.E. Situación actual y perspectivas de la investigación sobre nutrición mineral de bovinos en el Uruguay. Reunión sobre determinación de carencias y suplementación mineral de bovinos. Campo Grande (Brasil), 8-12 de junio de 1987. Ed. J.P. Puignau. IICA-PROCISUR, Diálogo XXX, pp 73-79.
- HERNANDEZ, J.; OTEGUI, O. y ZAMALVIDE, J.P. Formas y contenidos de fósforo en algunos suelos del Uruguay. Boletín de En:vestigaciones Nº 43. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Montevideo, 1995. 31 pp.
- INVERNIZZI, J.P. y SILVEIRA, M.F. Valor nutritivo de diferentes especies nativas en suelos de Basalto, en condiciones de pastoreo. Tesis Facultad de Agronomía, Montevideo, 1992. 98 pp.
- MASOLLER, H. Intoxicación con Cobre. Revista Plan Agropecuario. Nº 45. 1988. p. 31- 44.
- MAUER, E. y ARROYO, G. Suplementación mineral y comportamiento productivo de vacas Hereford en Cerro Largo. Revista Plan Agropecuario. 1985. Nº 35. p. 6 - 7.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F. and WARNER, R.G. Nutrición Animal. Cuarta Ed. en español, Mc Graw-Hill, 1981. 640 pp.
- McDOWELL, L.R. y CONRAD, J.H. La importancia nutricional de los oligoelementos en América Latina. Revista Mundial de Zootecnia 24:24-33. 1977.
- McDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; ELLIS, G.L. y LOOSLI, J.K. Minerale para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Departamento de Ciencia Animal, Centro de Agricultura Tropical, Universidad de Florida, Gainesville, y La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo En:ternacional. Boletín (Library of Congress Catalog Card Number: 84-71582. 1984. 86 pp.
- MILLAR, K.R. Selenium (Se). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication Nº 9: 38-47. 1983.
- MONTEDÓNICO, L.A.; FYNN, C.A. y VEDANI, F.O. Resultados de los ensayos de



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

suministro de Fosfosal en campos afectados por Osteomalacia. Revista Facultad de Agronomía. N° 18. 1939. p. 115 - 141.

NORES, J.G. Contenido de algunos elementos traza en pasturas naturales uruguayas. Revista de la Facultad de Agronomía 35:23- 35. 1944.

NORES, J.G. y ROSSI STAJANO, M. Contenido yódico de las tierras de pastoreo en el Uruguay. Ministerio de Ganadería y Agricultura, Comisión Nacional de Estudio del Problema Forrajero. Montevideo, 1948. 29 pp.

NORES, J.G. Y SANTORO VECINO, R. La composición bromatológica y calcicofosfatada de diversos forrajes ensilados. . Revista Facultad de Agronomía. 26: 27 - 40. 1940.

NRC (National Research Council) Tablas de requerimientos de bovinos de carne (1976) y ovinos (1975). Recopilación de tablas de requerimientos de animales domésticos. Cátedra de Nutrición Animal, Facultad de Agronomía, Montevideo, 1991.

OLMOS, F. Fenología y producción de Bromus auleticus. Primer Seminario Nacional sobre Campo Natural. Resúmenes, p 7. Estación Experimental de Bañado de Medina. Cerro Largo, 12-14 de setiembre de 1985.

ORCASBERRO, R. Manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría. Avances en Generación y Validación de Tecnología. Revista Plan Agropecuario, N° 74, 1997. P. 29 - 34.

ORCASBERRO, R. and ALONSO, T. Mineral nutrition and reproductive performance of beef cattle in Uruguay. Research Project. First Research Coordination Meeting on "Development of Feed Supplementation Strategies for Improving Ruminant Productivity on Small-Holder Farms in Latin America through the Use of Radioimmunoassay Techniques". Santiago, Chile, May 14-18 1990. Mimeo, 8 pp.

ORCASBERRO, R. and ALONSO, T.S. Mineral nutrition and reproductive performance of beef cattle in Uruguay: Survey. Second Research Coordination Meeting of the FAO/IAEA Coordinated Research Programme on "Development of Feed Supplementation Strategies for Improving Ruminant Productivity on Small-Holder Farms in Latin America through the Use of Radioimmunoassay Techniques". Mexico City, Mexico, 4-8 November 1991. Mimeo, 11 pp.



- PAÑELA, E. Manejo reproductivo de la vaca. Curso Manejo Reproductivo de la Vaca Lechera. División Productores y Relaciones Cooperativas. Dpto. Sanidad e Higiene. CONAPROLE. p. 33 - 35.
- PEREIRA, D.; RIVERO, R. y FEOLA, R. Bocio hiperplásico congénito en ovinos. Veterinaria L(24):13-19. 1988.
- FIGURINA, G. I. y METHOL, M. Tabla de contenido nutricional de pasturas y forrajes del Uruguay. En: Guía para la alimentación de rumiantes. Serie Técnica N° 44. 1994. p. 37 - 39.
- PITTALUGA, O. Alternativas de mejora de la productividad del proceso de cría vacuna en condiciones extensivas en el Norte. CIAAB. Miscelánea 39. 1982. p. 1 - 11.
- PITTALUGA, O.; ALLEGRI, M.; CORBO, M. y RIET, F. Relevamiento de Minerale en las Pasturas y en Sangre de Vacas de Cría y su Relación con Reproducción y Cambios de Peso en Suelos Arenosos, Bajo Distintos Esquemas de Suplementación. En:vestigaciones Agroómicas Año 1 N° 1:42-45. 1980.
- PITTALUGA, O.; GUERRA, J.; ALLEGRI, M. Y CASTRO, E. Efecto de la suplementación de vacas de cría en la región basáltica. 2^{da} Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía. Montevideo, 1979.
- PODESTA, M.; COLUCCI, P.; ARMENTANO, J.; DA FONSECA, D. y OHANIAN, C. Distrofia muscular nutricional (DMN). Primera comprobación en bovinos del Uruguay. Veterinaria (Uruguay) 63:19-35. 1976.
- PORTA, R.; BENTOS, R.; DE PENA, I. y SOSA, J.C. Influencia de la suplementación mineral sobre la ganancia de peso en bovinos de sobreaño. 1^{ras} Jor. Téc. Fac. Vet., : 121 - 122, 1983.
- QUEIROLO, L.E.; GEYMONAT, D.H.; ALBERNAZ, A.; CAPANO, F.; ALONSO, T.; OLIVERA, M.A. y otros. Aspectos reproductivos en rodeos para carne del área de Tacuarembó. XIII Jornadas Uruguayas de Buiatría, pp I.1-I.13. Paysandú, 12-14 de junio de 1985.
- RIET, J.; RIET, C. y PALADINO, V.H. Relación entre las lesiones cardíacas consecutivas a carencias salinas y las muertes por fiebre aftosa. Revista de la Facultad de Agronomía 36:33-43. 1944.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

- RISSO, D.F. Pasturas implantadas. III Seminario Técnico de Producción Ovina, pp 239-250. Paysandú, 1990.
- ROJAS, M.A. Aspectos prácticos sobre la alimentación suplementaria del ganado vacuno a pastoreo. Jornadas de Buiatría. 1975. p. 1 - 24.
- RUBINO, M.C. Contribución al estudio de la osteomalacia en los bovinos. En: Compilación de Trabajos Científicos del Dr. Miguel C. Rubino. M.G.A.-R.O.U., 1946a. pp 393-409.
- RUBINO, M.C. En:fluencia de la composición del suelo y de los pastos sobre el desarrollo de la osteomalacia de los bovinos (hipofosforosis). En: Compilación de Trabajos Científicos del Dr. Miguel C. Rubino. M.G.A.-R.O.U., 1946a. pp 411-437.
- RUBINO, M.C. Sobre valores normales en la composición química de la sangre de los bovinos (*Bos taurus*) y sus variaciones en los animales atacados de tristeza bovina (Piroplasmosis y anaplasmosis). En: Compilación de Trabajos Científicos del Dr. Miguel C. Rubino. M.G.A.-R.O.U., 1946c. pp 655-696.
- RUKSAN, B; UBILLA, C.; SOSA PRIETO, J.C. y DUTRA, F. Abortos y retenciones de placenta en vacas Holando con insuficiencia de selenio. En: 6° Congreso Nacional de Veterinaria y 1^{er} Congreso de Veterinarios Especialistas en Pequeños Animales. Montevideo, 1996. J.A.P.D. Publicaciones Electrónicas.
- SECCO DUARTE, C.A. Efecto de complejo vitamínico mineral en el crecimiento de terneros Hereford sobre pradera natural, durante el invierno.
- SERRENTINO, R. Suplementación de ganado lechero. Revista Plan Agropecuario, N° 55. 1991. p. 13 - 16.
- SMITH, G.S. and CORNFORTH, I.S. Concentrations of nitrogen, phosphorus, sulphur, magnesium, and calcium in North Island pastures in relation to plant and animal nutrition. New Zealand Journal of Agricultural Research 25:373-387. 1982.
- SOBRERO, T. Aspectos poco difundidos de la cría lanar y vacuna. VIII. Suplementación Animal. 2^{da} ed. Hemisferio Sur, Montevideo. p. 411 - 441.
- SOSA, J.C. y GUERRERO, J. Composición mineral de forrajes de algunos establecimientos al norte del Río Negro. Primeras Jornadas Técnicas de la Facultad de Veterinaria, pp 119-120. Montevideo, 1983.



- SOSA, J.C. Ensayos de campo con sales minerales Cobalfosal. Período 1985/89. Publicado por Barraca Deambrosi S.A. 1990. 33 pp
- SOSA, J.C. Suplementación mineral en bovinos. MGAP informa. 3^{ra} época, Año 2, N° 5. 1989. p. 6 -7.
- SOSA, J.C.; TEXEIRA, E. y NUÑEZ, A. Suplementación mineral y energética en bovinos. En: 6° Congreso Nacional de Veterinaria y 1^{er} Congreso de Veterinarios Especialistas en Pequeños Animales. Montevideo, 1996. J.A.P.D. Publicaciones Electrónicas.
- SPANGENBERG, G.E. Tierras y Pastos. Revista de la Facultad de Agronomía, N° 16. 1938. p. 71 - 93.
- SPANGENBERG, G.E. La producción de nuestras pasturas naturales en diversas zonas. Sus ventajas y defectos. Revista de la Federación Rural, N° 24, 1942. p. 36 - 48.
- SPANGENBERG, G.E. La Sequía. Zonas mas afectadas - medidas a adoptar. Revista de la Federación Rural. N° 25. 1943. p. 70 - 87.
- SPANGENBERG, G.E. Importancia de las deficiencias minerales en nuestras praderas naturales. Tierras y pasturas del Depto. de Rivera. Revista de la Facultad de Agronomía 36:9-32. 1944.
- SPANGENBERG, G.E. Tierras y pasturas del departamento de Cerro Largo. -El problema que plantea la persistente sequía.- Recuperación de pastoreos. Revista de la Facultad de Agronomía N° 37:3- 81. 1944.
- SPANGENBERG, G.E. Las mejores Forrajeras en el ambiente Rural y Agrotécnico del Uruguay. Revista de la Facultad de Agronomía. N° 42, 1945. p. 9 - 42.
- SPANGENBERG, G.E.; MONTEDONICO, L.A.; NORES, J.G. y FYNN, C.A. La producción y calidad de las pasturas naturales en relación a tierras y clima. Revista de la Facultad de Agronomía 25:9-77. 1941.
- SPANGENBERG, G.E. y RIET, E. Deficiencias bromatológicas permanentes e incidentales de las pasturas naturales. Revista de la Facultad de Agronomía. N° 18. 1939. p. 7 -30.



INIA Tacuarembó – Revisión Minerale

- SPANGENBERG, G.E. y SANCHEZ, F. Resultados obtenidos en la distribución de sal con hierro, cobre y cobalto a las majadas. Archivo Fitotécnico del Uruguay. Vol. V, 1952 - 1953. p. 213 - 221.
- TOWERS, N.R. Chlorine (Cl). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9, 1983. pp 125-128.
- TOWERS, N.R. Potassium (K). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9, 1983. pp 112-114.
- TOWERS, N.R. and CLARK, R.G. Factors in diagnosing mineral deficiencies. En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9, 1983. pp 13-21.
- TOWERS, N.R. and GRACE, N.D. Iron (Fe). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9, 1983. pp 76-79.
- TOWERS, N.R. and GRACE, N.D. Zinc (Zn). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9, 1983. pp 84-91.
- TOWERS, N.R. and SMITH, G.S. Sodium (Na). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9, 1983. pp 115-124.
- TRUJILLO, A.I.; BRUNI, M. y ORCASBERRO, R. Calidad del forraje seleccionado por ovinos con fístula esofágica pastoreando campo natural. Jornadas Científico-Técnicas de Producción Animal, pp E1-E3. Montevideo, 5-6 de diciembre de 1988.
- UNDERWOOD, E.J. The Mineral Nutrition of Livestock. Second Ed., Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal, England, 1981. 180 pp.
- UNDERWOOD, E.J. Trace elements in human and animal nutrition. Third Ed., En:stitute of Agriculture, University of Western Australia. Nedlands, Western Australia, 1971. 543 pp.
- URIARTE, G.; BONINO, J.; GAGGERO, C. y OFICIALDEGUI, R. Algunos



INIA Tacuarembó – Revisión Minerales

parámetros bioquímicos sanguíneos en ovejas, y sus relaciones con la nutrición e índices productivos. Producción ovina 1(1):47-58. 1988.

VIGIL, L. Nuevo Camino Abierto a la Ciencia de la Nutrición y a los Problemas de la Ganadería en General. Importancia de los llamados “Elementos Traza” en la alimentación animal. Revista de la Asociación Rural del Uruguay. Año LXIX, N° 10. 1942. p. 13 - 16.

VIGIL, L. Nuevo Camino Abierto a la Ciencia de la Nutrición y a los Problemas de la Ganadería en General. Importancia de los llamados “Elementos Traza” en la alimentación animal. Revista de la Asociación Rural del Uruguay. Año LXIX, N° 11. 1942. p. 17 - 20.

YAHN, J.R. Contribución al estudio del mejoramiento de las pasturas naturales en el Uruguay. Revista de la Facultad de Agronomía N° 8: 3-84. 1933.

ZORRILLA DE SAN MARTIN, J.C. Niveles bromatológicos en materias primas. Técnicas en Avicultura, N° 30, Año V. 1983. p. 17 - 20.