

1
24.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE LA RAZA Y EL TIPO DE PARTO SOBRE
EL PERFIL MINERAL DE OVEJAS LACTANTES
EN CONFINAMIENTO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
ANA BERTHA ACEVES LOPEZ



ASESORES: M.V.Z., M.Sc., Ph.D. SILVIA ELENA BUNTINX DIOS
M.V.Z., M.P.A. SERGIO ANGELES CAMPOS
M.V.Z., M.P.A. ANTONIO ORTIZ HERNANDEZ

MEXICO, D. F.

1997.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**EFFECTO DE LA RAZA Y EL TIPO DE PARTO SOBRE EL PERFIL
MINERAL DE OVEJAS LACTANTES EN CONFINAMIENTO.**

**Tesis presentada ante la
División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

de la

**Universidad Nacional Autónoma de México
Para la obtención del título de
Medico Veterinario Zootecnista**

Por

Ana Bertha Aceves López

Asesores:

**M. V. Z., M. Sc., Ph. D. Silvia Elena Buntinx Dios
M.V.Z., M. P. A. Sergio Angeles Campos
M. V. Z., M. P. A. Antonio Ortiz Hernández.**

México, D. F. 1997.

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre. Por darme la oportunidad de ser y por todo el cariño y apoyo que me brindaste hasta mi niñez.

A mi padre. Por tu motivación y apoyo incondicional y por darme la oportunidad de una formación académica.

A mis hermanos, Chucho y Lúlu, por todo el cariño y paciencia que he recibido de ustedes, a pesar de ser tan distintos.

A Pera. Por dedicarnos parte de tu vida y cariño a mí y a mis hermanos.

A mis amigos. Por que la amistad es un gran tesoro difícil de encontrar.

A toda aquella persona que de alguna forma ha participado en mi formación académica y espiritual.

AGRADECIMIENTOS

A mi amiga y asesora; Silvia, por leer y corregir la tesis cuantas veces fue necesario, por dedicarme parte de tu tiempo en mi formación profesional y por tu amistad y apoyo incondicional en todo momento.

A Sergio y al Dr. Antonio Ortiz, por su colaboración y apoyo en la realización de este trabajo.

Al C.E.I.E.P.O., "Rancho San Lorenzo", y a todo el personal que colaboró para la realización del ensayo experimental.

A Toni, por darme la oportunidad de trabajar en su laboratorio.

A Fer, por preocuparte y ayudarme en realizar el trabajo de laboratorio; sin tu ayuda no hubiera terminado a tiempo. ¡MUCHAS GRACIAS!

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, especialmente al Dr. Felipe Vázquez y a la Q. Alejandra Guerrero por abrir un espacio en sus actividades para la realización de algunos análisis de laboratorio.

Al laboratorio de Toxicología, especialmente al Dr. René Rosiles y al Dr. Janitzio Bautista, por preocuparse en realizar un buen trabajo y por su gran ayuda tan desinteresada.

Al Dr. Pedro Ochoa a al dr. Jaime Navarro por brindarnos parte de su tiempo.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Funciones de algunos minerales, mecanismos de absorción y regulación.	3
Calcio y Fósforo.	3
Azufre.	8
Cobre.	11
Zinc.	12
Cobalto.	13
Determinación corporal de minerales.	18
Justificación.	20
Hipótesis.	21
Objetivos.	21
MATERIAL Y MÉTODOS	22
Lugar.	22
Animales.	22
Alimentación.	23
Muestreos.	24
Análisis de laboratorio.	25
Análisis estadístico.	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
Alimentación.	29
Materia seca.	29
Proteína cruda.	32
Total de nutrimentos digestibles.	32
Calcio.	32
Fósforo.	33

	Página
Azufre.	34
Cobre.	34
Zinc.	34
Cobalto.	34
Peso de los animales.	35
Hembras.	35
Corderos.	41
Concentración de Minerales.	47
Calcio en sangre.	47
Calcio en leche.	52
Calcio en lana.	53
Fósforo en sangre.	55
Fósforo en leche.	57
Fósforo en lana.	57
Azufre en sangre y leche.	58
Azufre en lana.	59
Cobre en sangre.	59
Cobre en leche.	64
Cobre en lana.	67
Zinc en sangre.	70
Zinc en leche.	74
Zinc en lana.	77
Cobalto.	80
CONCLUSIONES.	81
LITERATURA CITADA.	83
APENDICE.	88

CUADROS

NO.	Título	Página
1	Concentración de macrominerales y microminerales e sangre, leche y lana.	4
2	Requerimientos de materia seca (MS), proteína (PC), total d nutrimentos digestible (TND), y minerales por animal por día.	7
3	Análisis Químico Proximal (AQP), Total de nutrimento digestibles y Fibra neutro detergente (FND) del heno d avena utilizado durante el experimento.	29
4	Análisis Químico Proximal y Total de nutrimentos digestible del concentrado de la etapa de lactancia utilizado durante e experimento.	30
5	Consumo aproximado de materia seca (MS), proteína (PC) total de nutrimentos digestibles (TND) y minerales por anima por día.	30
6	Análisis de varianza de mediciones repetidas para el cambi de peso de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.	35
7	Peso promedio (cuadrado mínimo) de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia e confinamiento.	36
8	Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre e cambio de peso de ovejas Rambouillet y Suffolk de part gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.	38
9	Análisis de varianza de mediciones repetidas para el cambi de peso de corderos de hembras Rambouillet y Suffolk d parto gemelar y sencillo, durante una lactancia e confinamiento.	42
10	Kilogramos de cordero (cuadrado mínimo) por hembr producidos por oveja Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.	43

11	Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre lo kilogramos de cordero por hembra producidos por oveja Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo durante una lactancia en confinamiento.	44
12	Análisis de varianza de mediciones repetidas para l concentración de Ca en sangre, leche y lana de oveja Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.	48
13	Concentración media (cuadrados mínimo) de Ca en sangre leche y lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemela y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.	49
14	Coefficientes de correlación para la concentración de Ca, P, S Cu y Zn con peso, sangre, leche y lana de ovejas Rambouille y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactanci en confinamiento.	50
15	Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre l concentración sanguínea de Ca en ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia e confinamiento.	51
16	Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre l concentración de Ca en lana de ovejas Rambouillet y Suffol de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia e confinamiento.	54
17	Análisis de varianza de mediciones repetidas para l concentración de P en sangre y lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia e confinamiento.	56
18	Concentración media (cuadrados mínimos) de P en sangre y lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.	57
19	Análisis de varianza de mediciones repetidas para l concentración de S en lana de ovejas Rambouillet y Suffol de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia e confinamiento.	58

20	Concentración media (cuadrados mínimos) de S en lana d ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo durante una lactancia en confinamiento.	59
21	Análisis de varianza de mediciones repetidas para l concentración de Cu en sangre, leche y lana de oveja Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante un lactancia en confinamiento.	60
22	Concentración media (cuadrados mínimos) de Cu en sangre leche y lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemela y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.	61
23	Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre l concentración sanguínea de Cu en ovejas Rambouillet y Suffol Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia e confinamiento.	63
24	Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre l concentración de Cu en leche en ovejas Rambouillet y Suffol de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia e confinamiento.	65
25	Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre l concentración de Cu en lana en ovejas Rambouillet y Suffol de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia e confinamiento.	68
26	Análisis de varianza de mediciones repetidas para l concentración de Zn en sangre, leche y lana de oveja Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante un lactancia en confinamiento.	71
27	Concentración media (cuadrados mínimos) de Zn en sangre leche y lana en ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemela y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.	72
28	Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre l concentración de Zn en sangre de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia e confinamiento.	73

29	Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre la concentración de Zn en leche de ovejas Rambouillet y Suffol de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia e confinamiento.....	75
30	Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre la concentración de Zn en lana de ovejas Rambouillet y Suffol de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia e confinamiento.....	79

FIGURAS

No.	Titulo	Página
1	Cambio de peso de ovejas Rambouillet y Suffolk del día 15 antes del parto al día 60 posparto, durante una lactancia en confinamiento.	39
2	Cambio de peso de ovejas de parto gemelar y sencillo de la raza Rambouillet y Suffolk del día 15 antes del parto al día 60 posparto, durante una lactancia en confinamiento.	41
3	Peso total promedio de corderos de parto gemelar y sencillo desde el nacimiento hasta los 60 días posparto. El peso de los corderos de parto gemelar es el promedio de la suma de los pesos de los corderos individuales.	45
4	Kilogramos de peso promedio de corderos Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, por hembras desde el nacimiento hasta los 60 días posparto.	46
5	Concentración promedio de Ca en sangre de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.	52
6	Concentración promedio de Ca en lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.	55
7	Concentración promedio de Cu en sangre de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.	64
8	Concentración promedio de Cu en leche de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.	66
9	Concentración promedio de Cu en lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.	69

10	Concentración promedio de Zn en sangre de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.74
11	Concentración promedio de Zn en leche de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.76
12	Concentración promedio de Zn en lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.80

RESUMEN

ANA BERTHA ACEVES LOPEZ. "Efecto de la raza y el tipo de parto sobre el perfil mineral de ovejas lactantes en confinamiento.", bajo la asesoría de MVZ., M.Sc., Ph.D. Silvia Elena Burtinix Dios, MVZ., M.P.A. Sergio Angeles Campos y MVZ., M.P.A. Antonio Ortiz Hernández. Veintitrés ovejas Suffolk (SU) y 24 Rambouillet (RA) de parto sencillo y gemelar se utilizaron para determinar diferencias entre raza y tipo de parto en el perfil de Ca, P, S, Co, Cu y Zn en sangre, leche y lana durante una lactancia en confinamiento, con una dieta basada en heno de avena y un concentrado con 15 % PC. Dos semanas antes del parto (al parto para muestras de calostro) y 15, 30, 45 y 60 días posparto (DPP) las ovejas se pesaron y se muestrearon (sangre, leche y lana). La determinación de P se realizó por colorimetría, la determinación de S por gravimetría, y las determinaciones de Ca, Cu, Zn y Co se realizaron en un espectrofotómetro de absorción atómica (EAA). Las lecturas y pesos de los animales se sometieron a un análisis de varianza de mediciones repetidas y a un análisis de correlación múltiple. *Peso de las hembras.* La interacción muestreo x raza ($P=.009$) reveló que entre los 15 y 60 DPP las hembras SU perdieron peso de manera constante, mientras que las hembras RA mantuvieron su peso entre los 15 y 30 DPP, pero éste fue disminuyendo hacia los 60 DPP (comportamiento cúbico, $P=.003$). La interacción muestreo x parto ($P=.0001$) indicó que las hembras de parto sencillo perdieron peso de manera gradual y constante hasta los 60 DPP y las hembras de parto gemelar tuvieron una pérdida de peso más marcada hasta los 45 DPP, para aumentar ligeramente hacia los 60 DPP (comportamiento cuártico, $P=.002$). *Peso de los Corderos.* Se presentó una interacción de muestreo x parto ($P=.0001$) con un comportamiento cuártico ($P=.0009$), que indicó que la velocidad de crecimiento de los corderos fue disminuyendo entre el nacimiento y los 60 DPP. La disminución fue más marcada en los corderos de parto gemelar ($P=.04$). Los corderos RA tuvieron una misma velocidad de crecimiento entre el nacimiento y los 30 DPP, la cual disminuyó hacia los 60 DPP. Los corderos SU experimentaron una disminución continua en la velocidad de crecimiento (interacción muestreo x raza, $P=.0003$). *Calcio.* Los niveles en sangre disminuyeron de manera lineal ($P=.0001$) entre los -15 y los 15 DPP (media=62.6 ppm); en leche no se encontraron diferencias (media= 1259.5 ppm) entre razas, ni partos, ni muestreos, y en lana, la interacción muestreo x parto ($P=.04$) presentó un comportamiento lineal ($P=.0001$) para el efecto de muestreo (media=208 ppm). *Fósforo.* No se encontraron diferencias significativas ni en sangre (media=108 ppm), ni en lana (media=276 ppm); en leche no fue determinado. *Azufre.* No se encontraron diferencias significativas en lana (media=46900 ppm). *Cobalto.* Las cantidades de este mineral fueron muy bajas como para poder ser detectados por el EAA. *Cobres.* Se encontraron diferencias entre razas (SU=65 ppm, RA=42 ppm; $P=.0001$), entre tipo de parto (sencillo=.58 ppm, gemelar=.50 ppm; $P=.03$) y entre muestreos ($P=.0001$) en sangre, aumentando la concentración de manera lineal ($P=.002$) entre los -15 y los 60 DPP; entre muestreos ($P=.0001$); comportamiento cúbico, $P=.04$) en leche (media=.23 ppm), y entre razas (SU=3.36 ppm, RA=3.74 ppm; $P=.09$) y muestreos ($P=.03$; comportamiento cuadrático, $P=.02$) en lana. *Zinc.* Se encontraron diferencias entre razas (SU=5.45 ppm, RA=6.2 ppm; $P=.05$) y muestreos ($P=.0001$); comportamiento cuadrático, $P=.003$) en sangre; entre muestreos ($P=.0001$); comportamiento cuadrático, $P=.0001$) en leche (media=6.7 ppm), y entre razas (SU=109.3 ppm, RA=98.3 ppm; $P=.0003$), tipos de parto (sencillo=106.1 ppm, gemelar=101.4 ppm; $P=.07$) y muestreos ($P=.001$) en lana., disminuyendo la concentración de manera lineal ($P=.0005$) conforme avanzaba la lactancia. El análisis de correlación enfatizó la importancia de una adecuada alimentación de los animales durante la época de lactancia, pues a medida que las ovejas perdieron peso, los valores de Ca en sangre ($r=.142$, $P=.04$), Cu en sangre ($r=.99$, $P=.0002$), Cu en leche ($r=.29$, $P=.0001$), Zn en sangre ($r=.96$, $P=.0001$) y Zn en lana ($r=.34$, $P=.0001$) fueron disminuyendo.

INTRODUCCIÓN.

Los alimentos para los animales se constituyen en su mayor parte de componentes de origen orgánico como los glúcidos, lípidos y proteínas y en un pequeño porcentaje, por los minerales, que corresponden a la porción inorgánica (Borkin et al., 1991; Shimada, 1983).

La importancia de los elementos minerales radica en que forman parte esencial de compuestos orgánicos que se encuentran en músculo, sangre y algunas secreciones, y que tienen funciones importantes en el organismo (Borkin et al., 1991).

A los minerales que se encuentran en mayor proporción dentro del cuerpo se les denomina macrominerales y a los que se encuentran en pequeñas proporciones, microminerales. Si bien el organismo contiene muchos elementos minerales, sólo 15 se consideran esenciales para el ovino: siete macrominerales [sodio (Na), cloro (Cl), calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), potasio (K) y azufre (S)] y ocho microelementos [iodo (I), hierro (Fe), molibdeno (Mo), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn) y selenio (Se)] (Bondi, 1989; Haresing, 1989; NRC, 1985).

Los requerimientos de estos elementos en las ovejas son muy variables debido a diversos factores, como la raza, edad, sexo, estado fisiológico en que se encuentren (crecimiento, gestación y lactación) y tipo de alimentación (Speedy, 1992).

FUNCIONES DE ALGUNOS MINERALES, MECANISMOS DE ABSORCION Y REGULACION.

Calcio y Fósforo: Estos minerales son componentes importantes en muchos procesos fisiológicos (Ballantine y Herbein, 1991; Speedy, 1992). Aproximadamente, el 99 % del Ca y el 80 % del P se encuentran en huesos y dientes. El 1 % del Ca y el 20 % del P restante se distribuyen en fluidos extracelulares y tejidos blandos. Las concentraciones de Ca y P en sangre, lana y leche se presentan en el cuadro 1 (Kaneko, 1989; Yano y Breves, 1991; Underwood, 1966). Los valores normales de Ca en sangre son de 10 mg/dL con algunas variaciones por especie, edad, tipo de dieta y consumo (Kaneko, 1989). El Ca sanguíneo se fracciona en **difuso** (50-70 %) y **no difuso** (30-50%). El Ca difuso está compuesto por *Ca ionizado* (40%), fracción fisiológicamente importante, y por *Ca complejo* (60%), el cual se une al P, formando $Ca_3(PO_3)_2$ y al citrato. El Ca no difuso está ligado a proteínas sanguíneas (albuminas y glóbulos rojos) (Cornelius y Kaneko, 1971; Kaneko, 1989).

El contenido total de P sérico es de 14 a 15 mg/dL. El P sanguíneo se presenta como P inorgánico y como P orgánico. El P inorgánico es fisiológicamente importante para el metabolismo, con un valor de 4 a 6 mg/dL en animales adultos y de 6 a 8 mg/dL en animales jóvenes. El P orgánico está ligado a algunos lípidos (fosfolípidos), que forman parte estructural de la membrana celular, con un valor de 5 a 8 mg/dL (Cornelius y Kaneko, 1971; Kaneko, 1989).

Dichos minerales participan en el metabolismo óseo en conjunto (Ballantine y Herbein, 1991; Speedy, 1992). Además, el Ca participa en la permeabilidad de las

Cuadro 1. Concentración de macrominerales y microminerales en sangre, leche y lana de ovinos

	SANGRE	LANA	LECHE
	ppm		
Ca	60 ¹	1450 ²	1900 ¹
	92 ²	700 ³	1200-2000 ⁶
P	170-200 ¹	160 ²	1400 ¹
	309 ³		1000-2200 ⁶
S	5900 ¹	20,000 ¹	472 ¹
	1200 ³	31,000-38,000 ^{1,4,5,9}	417-523 ⁴
		27,400±40,000 ⁵	
Cu	0.8-1.2 ¹	3.1-7 ^{2,7}	0.19-0.5 ⁷
	1.95 ppm ⁸		
Zn	4-5 ¹	278.5 ²	7.2-7.5 ⁷
	6.06 ⁷	82-119 ⁷	
Co	0.03 ¹	---	---

¹Georgievskii, V. I., Annenkov, B. N., Samokhin, V. T.: Mineral Nutrition of Animals. *Butterworths*, London, 1982, 1982.

²Grace, N. D.: Amounts and distribution of mineral elements associated with fleece-free empty body weight gains in the grazing sheep. *N. Z. J. Agric. Res.*, 26:59-70, (1983).

³Grace, N. D. and Lee, J.: Effect of Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Se and Zn supplementation on elemental content of soft tissues and bone in sheep grazing ryegrass-white clover pasture. *N. Z. J. Agric. Res.*, 33:635-647, (1990).

⁴Langlands, J. P. and Sutherland, H. A.: Sulphur as a nutrient for Merino sheep. *Br. J. Nutri.*, 30:529, (1973).

⁵Masters, D. G., Stewart, C. A. and Connell, P. J.: Changes in plasma amino acid patterns and wool growth during late pregnancy and early lactation in the ewe. *Aust. J. Agric. Res.*, 44:945-957, (1993).

⁶Snowder, G. D. and Glimp, H. A.: Influence of breed number of suckling lambs and stage of lactation on ewe milk production and lamb growth under range conditions. *J. Anim. Sci.*, 69:923-930, (1991).

⁷Grace N. D. and Clark R. G.: Trace element requirements diagnosis and preventio of deficiencies in sheep and cattle. In: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in ruminants*. Edited by: Tusta, T., Sasaki, Y and Kawashima, R., *Academic Press, Inc.*, pag. 321-346, San Diego, California, 1991.

⁸White, C. L.: Sulphur - Selenium, studies in sheep. II Effect of a dietary sulfur deficiency on selenium and sulfur metabolism in sheep fed varying levels of seleno methionine. *Aust. J. Biol. Sci.*, 33:699-707, (1980).

⁹Williams A. J.: Some comparative studies of sulfate metabolism in Merino sheep genetically different in wool production. *Aust. J. Agric. Res.*, 46:415-427, (1995).

membranas celulares, proceso de coagulación de la sangre, transmisión de impulsos nerviosos, contracciones musculares y como activador de algunas enzimas (ATPasa membranar, fosforilasaquinasa). El P interviene en el metabolismo de la microbiota ruminal, como parte estructural de la membrana celular y de los ácidos nucleicos (DNA y RNA) y se involucra en el metabolismo de los carbohidratos, aminoácidos y lípidos (Abdelrahman y Kincaid, 1992; Cheek, 1991; NRC: 1980, NRC: 1985; Underwood, 1966).

Tanto leguminosas como gramíneas son excelentes fuentes de Ca para la alimentación animal. Los niveles óptimos de Ca en los forrajes son de 40-60 mg/Kg de materia seca; sin embargo, estos niveles pueden variar por el pH del suelo y la concentración de Mg, que es un mineral antagonista del Ca (Georgievskii., 1981). Los niveles de P comúnmente son bajos en pasturas (NRC, 1985).

Los requerimientos de Ca y P generalmente se calculan por métodos factoriales. Para determinar el cálculo total de los requerimientos se toma en cuenta el almacenamiento, excreción y eliminación endógena durante las diferentes etapas fisiológicas (crecimiento, gestación y lactación). Los requerimientos diarios se calculan dividiendo los requerimientos totales entre los coeficientes de absorción. Tales requerimientos diarios de Ca y P son convertidos en porcentaje dentro de la dieta para después dividirlos entre el consumo de materia seca por día (Georgievskii, 1981; NRC, 1985).

Los requerimientos de ovinos en la etapa de crecimiento son de 11 g de Ca y 6 g de P por Kg de peso. Para la determinación de estos requerimientos se

consideran numerosos factores, como peso al nacimiento, raza, tamaño, tipo de parto, sexo, edad y nutrición de la madre. Sólo el peso, la raza y el tipo de parto se utilizaron para estimar los requerimientos de ovejas gestantes. Para calcular los requerimientos de Ca y P en ovejas lactantes únicamente se incluye la producción de leche y la concentración de estos minerales en la leche (Georgievskii , 1981; NRC, 1985). El cuadro 2 muestra los requerimientos de Ca y P en la etapa de lactancia dependiendo del tipo de parto.

La mayor absorción del Ca y P dietario se lleva a cabo en el intestino delgado. Recientemente se ha reportado que en el rumen-retículo se considera como sitio de absorción del Ca y P (Yano y Breves, 1991). La absorción de estos minerales puede verse afectada por la edad del animal, concentraciones elevadas de otros minerales en la dieta, como el aluminio y el Fe, y la deficiencia de Mg en el organismo (Georgievskii, 1981; NRC, 1985).

Los niveles corporales de Ca y P están regulados con estricta precisión por la influencia de tres hormonas: la hormona paratiroidea (PTH), que se activa al presentarse una ligera disminución de los niveles normales de Ca extracelular, para mantener los niveles normales; la calcitonina (CT), que se activa cuando se presenta una elevada concentración de Ca extracelular, disminuyendo así la concentración de Ca hasta los valores normales, y el 1-25 dihidroxicolecalciferol (vit. D₃), que actúa en forma intensiva en la absorción de Ca a nivel intestinal (Cornelius y Kaneko, 1971; Guyton, 1989; Kaneko, 1989; Yano y Breves, 1991; Underwood, 1965).

Dietas bajas en Ca y P pueden ocasionar un desarrollo anormal de los huesos, produciendo la enfermedad conocida como raquitismo en animales jóvenes y como osteomalacia en animales adultos (especialmente en la etapa de lactación) (Abdelrahman y Kincaid, 1992; Cheek, 1991; NRC, 1985).

Los requerimientos de estos dos minerales se incrementan durante la etapa de lactación, reflejando la composición de la leche y el rendimiento y la duración de la

Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de macrominerales y microminerales para ovejas lactantes.

	Parto sencillo	Parto gemelar
	x=81 Kg	x=74 Kg
MS (Kg)*	2.6	2.96
PC (g/d)*	344	420
TND (Kg)*	1.69	1.82
Ca (g/d)	5.2-21.3*	5.9-24.3*
P (g/d)	4.2-9.9*	4.7-11.2*
S (g/d)	3.6-6.8*	4.1-7.7*
Cu (mg/d)	18.2-28.6*	20.7-32.6*
	13-26*	14.8-29.6*
Co (mg/d)	0.3-0.5*	0.3-0.6*
	2.6 ^b	2.96 ^b
Zn (mg/d)	52-85.8*	59.2-97.7*
	130 ^b	148 ^b

* NRC= Nutrient Requirements of Sheep, 1985

^bGeorgievskii, V.I.; Annenkov,B.N.; Samokhin,V.T.: Mineral Nutrition of Animals, 1982.

lactancia (Speedy,1992). Sin embargo, la absorción de Ca y P no es lo suficientemente adecuada como para cubrir las demandas de la lactación, ocasionando la utilización y movilización de los minerales maternos almacenados en el esqueleto y los tejidos blandos. Estas demandas aumentan al principio de la lactancia, descendiendo poco a poco después del pico de lactancia, lo cual permite recuperar las reservas de minerales maternos (Braithwaite, 1983; Cheek, 1992; Haresing. 1989; NRC, 1980).

Niveles excesivos de Ca en la dieta no ocasionan problemas de toxicidad en el organismo, pero si precipitan la deficiencia de otros minerales incluyendo el P, Mg, Fe, I, Sn y Mn. La relación normal de Ca:P es de 2:1; sin embargo, los rumiantes pueden tolerar una relación de 7:1 durante periodos cortos (NRC, 1985).

Azufre: El contenido de S en el cuerpo de un animal representa el 0.15% de la masa corporal. Un cuerpo de 50 Kg de peso vivo contiene 90 g de S total que se distribuyen en diversos organos y tejidos. Por ejemplo, el músculo esquelético contiene aproximadamente el 50 %; hueso y cartilago, 9-10 %; hígado, 5-6 %; la lana contiene 3.1-3.8 %; sangre, 0.12-0.6 % y leche, 0.041-0.052 % (Georgievskii 1981; NRC, 1985). El cuadro 1 presenta las concentraciones de S en sangre, lana y leche.

A nivel corporal, el S es parte de los aminoácidos azufrados (metionina, cisteina, cistina, taurina); componente estructural de la enzima glutatión peroxidasa, la cual reduce los sustratos peróxidos a alcoholes, y constituye a la insulina,

hormona que regula el metabolismo de carbohidratos y del fibrinógeno (NRC, 1983; Stryer, 1990). Es importante mencionar que los rumiantes consumen el S en forma inorgánica, proveniente de las plantas, y posteriormente es convertido en S orgánico por la acción de la microbiota ruminal. El contenido total de S en el líquido ruminal es muy variable (50-500mg/L), dependiendo de la concentración de S en el alimento. El S es esencial para los microorganismos ruminales, ya que lo utilizan para la digestión de la celulosa, para la síntesis de vitaminas del complejo B y para el uso del nitrógeno no proteico. Además, los microorganismos son capaces de sintetizar aminoácidos azufrados (Georgievskii, 1981). El S inorgánico es absorbido en mínimas cantidades como tal para la formación de ésteres de sulfato requeridos en la síntesis de mucopolisacáridos (NRC, 1983). El S es un importante factor en la utilización del nitrógeno en el cuerpo, favoreciendo el crecimiento y productividad del animal. La relación de nitrógeno-azufre en la dieta debe ser de 10:1 (Georgievskii, 1981).

Los aminoácidos azufrados (metionina, cisteína y cistina) cubren aproximadamente el 50 % de los requerimientos de S; los compuestos heterocíclicos, biotina y tiamina, cubren otro porcentaje. Los compuestos azufrados frecuentemente se encuentran en cantidades elevadas en algunas materias primas, como: semillas de oleaginosas; leguminosas; productos de origen animal como: harina de sangre, pescado y carne, leche y alimentos altamente proteicos (Georgievskii, 1981; NRC, 1985). Los pastos maduros o henificados contienen cantidades mínimas de S (NRC, 1985).

La absorción de los componentes azufrados es por difusión simple en el tracto gastrointestinal y está regulada por los niveles de proteína y energía en la dieta. La excreción del S es por heces y la cantidad encontrada en heces está estrechamente relacionada con la cantidad de S en el alimento (Georgievskii, 1981). En especial, el ganado ovino requiere cantidades más elevadas de S que otros rumiantes debido a que el ovino lo utiliza para la síntesis y calidad de la lana (Bondi, 1989; Flores, 1990; Grace y Lee, 1992). La cantidad de S en la lana es de 3.1-3.8 %; la variación depende de la raza, producción y contenido de S en el alimento (Georgievski, 1981).

Para la estimación del requerimiento de S en las ovejas se considera lo siguiente: a) la etapa de crecimiento se toma en cuenta la ganancia diaria de peso y el crecimiento de lana; b) la etapa de gestación se considera la raza, el número de fetos y el crecimiento de la lana, y c) la etapa de lactancia, la raza, la producción de leche, el número de corderos amamantados y el crecimiento de la lana (Georgievskii, 1981; NRC, 1985; Langlands y Sutherland, 1973). El cuadro 2 presenta las necesidades nutricionales de S.

Una deficiencia de S en la dieta puede ocasionar disminución en el consumo de alimento, pérdida de peso, aumento en la motilidad ruminal y disminución en la producción de leche y lana. Niveles elevados de S ocasionan anorexia, éstasis ruminal y puede formar complejos insolubles con Cu, Mo y Se, disminuyendo la utilización de estos minerales (Georgievskii, 1981; NRC, 1985).

Cobre: Se estima que el contenido total de Cu en un animal rumiante adulto es de 50-120 mg. Las dos terceras partes del contenido total de Cu se concentran principalmente en hígado, cerebro y pelo; en otros tejidos la concentración es mínima. El rango normal de Cu sanguíneo en ovinos se estima entre 0.6-1.5 $\mu\text{g/mL}$. Se han realizado estudios en otras especies sobre el contenido de Cu en plasma, suero y sangre, determinando que la concentración de Cu es similar en los tres. Las concentraciones de Cu en sangre, lana y leche se muestran en el cuadro 1. El Cu se va acumulando en el hígado de los ovinos, desde la etapa fetal hasta la edad adulta (Kaneko, 1989).

El Cu se encuentra en una serie de metaloenzimas importantes, que incluyen a la citocromo oxidasa C, componente terminal del transporte de electrones; a la enzima superóxido dismutasa (CuZnSOD), que cataliza la conversión del ion superóxido O_2^- en peróxido de hidrógeno y oxígeno molecular, y a la lisil oxidasa, que es necesaria para la conversión de ciertos restos lisilo del colágeno y elastina en α L-lisina, la cual es necesaria para el establecimiento de enlaces cruzados. También es esencial para la actividad de la ferroxidasa, la cual participa en la conversión de hierro en estado Fe^{+2} (ferroso), forma que se absorbe, al estado Fe^{+3} (férico), y de esta forma se puede unir a la proteína plasmática transferrina (Devlin, 1989; Kaneko, 1989). Otras enzimas que contienen Cu son ceruloplasmina, triptofano oxigenasa, dopamina B-hidrogenasa, tiroxinasas-amino-oxigenasa, peptidil-glicil α -amida-monooxigenasa (Kaneko, 1989; NRC, 1985). El Cu participa en la coloración del pelo y la lana, en la formación normal del hueso y en la prevención de

enfermedades (NRC, 1980). En algunas especies se ha estudiado la asociación del Cu con la melanina en la pigmentación de los ojos, pero hasta el momento se desconoce su función (Kaneko, 1989).

Los forrajes, así como también la harina de alfalfa, harina de carne y hueso, melazas, bagazo de caña y levaduras, son fuentes importantes de Cu para la alimentación animal (Georgievskii, 1981; NRC, 1985). El llenado de los requerimientos de Cu en la dieta de ovinos depende de la composición química de la dieta: la presencia de hidróxidos, ioduros, glutaminas, citratos y pirofosfatos originan una mayor absorción de Cu. Altos niveles de ácido fítico, ácido ascórbico, Ca, Fe, Zn y cadmio interfieren en la absorción de Cu a nivel intestinal. El Mo y el S en cantidades elevadas forman complejos insolubles con el Cu, limitando su absorción. El Mo se une al Cu formando tiomolibdato, que es un complejo que no se absorbe a través del tracto gastrointestinal, mientras que el S se une al Cu formando sulfato de cobre, que se absorbe en mínimas cantidades y es eliminado en la orina. Algunas cantidades sugeridas de Cu en la dieta están basadas en el contenido de Mo en la dieta (Church, 1991; Haresing, 1989; Kaneko, 1989; NRC, 1985). El cuadro 2 muestra los requerimientos en la etapa de lactancia.

Un factor que influye en las necesidades de Cu es la raza. Algunos estudios han publicado que existen diferencias en el metabolismo del Cu por el tipo de raza, causando variaciones mínimas en los requerimientos (NRC, 1985).

El Cu se absorbe principalmente en la parte superior del intestino delgado. Los mecanismos empleados en el proceso de absorción del Cu dependen de la

concentración de Cu en la dieta; niveles mínimos se absorben por transporte activo y concentraciones elevadas, por difusión simple. Al absorberse el Cu a través del tracto gastrointestinal, se une a la albúmina, haciendo que parte del Cu absorbido sea disponible para muchos tejidos, pero la mayor parte de éste se concentra dentro de los hepatocitos para la formación de enzimas (monoaminooxidasa, citocromo oxidasa, tirosinasa y ferroxidasa) y líquido biliar (Bondi, 1989; Kaneko, 1989).

La deficiencia de Cu presente en la dieta se refleja en niveles bajos de Cu en sangre de 0.5 $\mu\text{g/mL}$, siendo que los niveles normales de Cu se encuentran entre 0.6 y 1.5 $\mu\text{g/mL}$ (Kaneko, 1989).

Los ovinos con deficiencia de Cu presentan lana hirsuta, con disminución de los rizos, disminución en la tensión y en la elasticidad, y pérdida de pigmentación (Abdelrahman y Kincaid 1992). Esto se debe al funcionamiento imperfecto de la oxidación de grupos tiol durante el crecimiento y queratinización de la lana y a la falta de Cu, necesario para el adecuado funcionamiento de la enzima polifeniloxidasa, que actúa en la conversión de L-tirosina a melanina en la coloración de la lana (Kaneko, 1989; Smith, 1990). Además, dicha deficiencia también puede ocasionar anemia, diarrea, disminución del crecimiento, baja fertilidad e inmunodepresión (Kaneko, 1989; Kellaway et al , 1978).

Durante la etapa de gestación es indispensable el Cu, ya que una deficiencia de este mineral puede ocasionar ataxia neonatal en corderos (Ashton y Williams, 1977). Esta enfermedad se atribuye a un inadecuado desarrollo del sistema nervioso central de los corderos debido a una deficiencia severa de Cu materno

durante la gestación (Ashton y Willians, 1977; NRC, 1985). La ataxia neonatal en corderos se caracteriza por presentar signos de parálisis en los miembros posteriores, incoordinación, anemia y, en algunas ocasiones, ceguera. Los signos nerviosos que presentan los corderos se asocian con una deficiencia de mielina debido a la reducción de la actividad de la enzima citocromo oxidasa, necesaria para la síntesis de fosfolípidos (Kaneko, 1989).

Zinc: Después del Ca y Mg, el Zn es el mineral que se encuentra en mayor concentración dentro de la célula. En hueso, la concentración de Zn es similar a la del Ca, pero, a diferencia de éste, al existir una deficiencia severa de Zn corporal, el Zn no es removido del hueso para regular la deficiencia. El músculo, tejidos tegumentarios (piel, pelo, lana y uñas) y órganos reproductores se consideran como fuentes elevadas en Zn, debido a las diversas funciones que éste desempeña en dichos tejidos. El rango normal de Zn en el plasma y/o suero es de 0.5 a 1.5 $\mu\text{g/mL}$; en la sangre, la concentración es diez veces mayor que en el plasma y/o suero. El cuadro 1 muestra la concentración de Zn en algunos tejidos y fluidos corporales (Kaneko, 1989).

El Zn es esencial para el funcionamiento de más de 90 enzimas (NRC, 1980). Se involucra en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas, así como también en el metabolismo de ácidos nucleicos. Se encuentra como componente estructural de algunas enzimas, que incluyen a la carboxipeptidasa A, fosfatasa alcalina, alcohol deshidrogenasa, anhidrasa carbónica y superóxido dismutasa.

Actúa en la estabilidad estructural del DNA, RNA y ribosomas. El Zn se liga a grupos sulfhidrilos formando mercáptidos, compuestos que funcionan como estabilizadores membranales (Kaneko, 1989).

Concentraciones elevadas de Zn se encuentran principalmente en salvados, levaduras y leguminosas. En forrajes, la concentración promedio de Zn es de 17-28 mg/Kg de materia seca. (NRC, 1985).

Las necesidades de Zn en corderos toman en cuenta el potencial de crecimiento del animal, así como también el crecimiento y desarrollo testicular. Los requerimientos mínimos sugeridos son de 20 mg/Kg de materia seca y se recomiendan 33 mg/Kg de materia seca para un adecuado desarrollo testicular (NRC, 1985). En la etapa de gestación y lactancia los requerimientos no han sido establecidos adecuadamente. Sin embargo, en la etapa de lactancia las hembras son susceptibles a presentar deficiencias. Dietas con concentraciones de Ca y P mayores a las requeridas afectan la utilización de Zn en la dieta (Georgievskii, 1981; NRC, 1985). Los requerimientos para la etapa de lactancia se presentan en el cuadro 2.

Una tercera parte del Zn dietario se absorbe en el abomaso y en la primera sección del intestino delgado (duodeno). Existen algunos compuestos (monositol hexafosfato) que afectan la absorción del Zn, formando complejos insolubles (Kaneko, 1989).

El Zn dentro del organismo se une a la albúmina, que transporta al Zn al hígado. Dentro de los hepatocitos, el Zn está involucrado en varios procesos

metabólicos. Aproximadamente el 50 % del Zn se asocia con la proteína metalotioneína. Esta proteína actúa como fijadora del Zn y del Cu en el citosol de la célula. La regulación en la producción de la metalotioneína en el hígado se debe a la concentración de Zn y al estímulo de ciertas hormonas (glucocorticoides y glucagon) (Kaneko, 1989).

La deficiencia de Zn en el organismo ocasiona retraso e inhibición en el crecimiento, atraso en la madurez sexual, presencia de anorexia, alteraciones en el sistema inmunológico, caída de la lana, disminución en los rizos de la lana, anormalidades en los huesos. Deficiencias severas durante la etapa de gestación ocasionan malformaciones congénitas, problemas de distocia e incluso la muerte del animal (Borkin et al., 1991; Braithwaite, 1983, Church, 1991; Grace y Lee, 1992; Kaneko, 1989).

Cobalto: El contenido total de Co en el cuerpo de un ovino adulto es de 1-1.5 mg. La distribución de este mineral es muy variada. En el hígado, se estima que la concentración es de 0.1 mg/100 g; en el músculo esquelético, de 0.2 mg/100 g; en el hueso y pelo, de 0.3 mg/100 g y en el tejido adiposo, de 0.4 mg/100 g. En otros tejidos la concentración es extremadamente inferior. El Co, en contraste con otros minerales (Zn, Cu, Fe), no se acumula durante la etapa fetal. Las concentraciones de Co en sangre varían significativamente entre sus distintas fracciones. En sangre total, la concentración es de 0.31 ng/g; en plasma, 0.25 ng/g y en los eritrocitos, 0.14 ng/g (Kaneko, 1989, Mertz, 1985).

La única función de este mineral en la nutrición de ovinos es como promotor de la síntesis de vitamina B₁₂ en el rumen (NRC, 1985). La vitamina B₁₂ participa como cofactor en dos importantes enzimas: 1) la metilmalonil-CoA mutasa, que cataliza la conversión del sustrato metilmalonil-CoA a succinil-CoA, reacción muy importante en el metabolismo gluconeogénico de los rumiantes, ya que el succinil-CoA es el precursor al ácido propiónico, y 2) la 5-metiltetrahidrofolato + homocisteína metiltransferasa, que cataliza la reformación de metionina (Kaneko, 1989; Mertz, 1985).

Los productos alimenticios ricos en Co incluyen la harina de carne y hueso, melazas y levaduras, mientras que los forrajes maduros son deficientes en Co (0.08 mg/Kg de materia seca). Para estimar los requerimientos de Co en la dieta, se calcula el contenido de vitamina B₁₂ en heces que se aplica a la siguiente ecuación: $Y = 0.0779X - 0.0757$, donde Y= consumo oral de Co en mg/Kg de materia seca y X= concentración de B₁₂ en heces expresado en µg/g de heces (NRC, 1985). El cuadro 2 presenta las necesidades de Co durante la lactancia.

El Co en animales rumiantes no es absorbido como tal, ya que la microflora del rumen tiene la capacidad de convertir el Co en cobalamina y absorberla a través de las paredes del rumen (Kaneko, 1989; Mertz 1985).

Los signos de deficiencia de Co son los observados durante la deficiencia de vitamina B₁₂. Entre ellos se encuentran: pérdida del apetito, anemia, disminución de la actividad estral y disminución en la producción de leche y lana (Borkin et al., 1991; NRC, 1980; NRC, 1985).

DETERMINACIÓN CORPORAL DE MINERALES

El contenido mineral dentro del organismo varía de órgano a órgano. Esto se debe a que los minerales tienen diversas funciones en cada órgano. Algunos minerales se determinan a través del suero sanguíneo o plasma y la cantidad de éstos se reportan como la concentración total del mineral en mg/dL de suero o plasma. El Ca se determina en forma ionizada (fracción fisiológicamente importante), dejando sin determinar la fracción no ionizada o la concentración que se encuentra en el glóbulo rojo (Ballantine y Herbein, 1991; Bustillos, 1995; Kaneko, 1989).

Estudios recientes (Haydon et al., 1990), sin embargo, indican que las concentraciones de los minerales en suero sanguíneo se ven afectadas por muchos factores, como estrés en los animales, el aumento o disminución de la temperatura del medio ambiente y el tiempo de la separación sérica (Cohen, 1973; Haydon et al., 1990; Kaneko, 1989). Estos factores ocasionan la lisis y el aumento de permeabilidad de la membrana eritrocitaria, incrementando la concentración de minerales en el suero sanguíneo, lo cual ocasionaría una alteración de la concentración real de minerales en los animales. Lo anterior significa que las determinaciones del perfil mineral que se realizan actualmente no son indicadores adecuados para el diagnóstico del estado mineral del animal (Abdelrahman y Kincaid, 1992; Ballantine y Herbein, 1991; Bustillos, 1995; Haydon et al., 1990; Kaneko, 1989). Además de lo anterior, la cuantificación en sangre de algunos minerales como Ca y P no refleja las concentraciones reales de su nivel de ingestión

por encontrarse controlados hormonalmente por el organismo. Algunos otros minerales, como el Co, se encuentran en concentraciones mínimas y no fácilmente detectables (NRC, 1980).

La lana es un indicador del estado mineral del animal durante todo el año, debido a que está compuesta principalmente por una cantidad elevada de minerales (Grace y Lee, 1992). El patrón de crecimiento de la lana es continuo y está influido por la concentración de minerales en el organismo y el estado fisiológico en que se encuentre el animal (White et al., 1991). Las concentraciones minerales en esta lanera son similares a las concentraciones del suero, pero a diferencia del suero, las concentraciones de los minerales en la lana son susceptibles a los cambios en la ingestión de los minerales en la dieta, considerándola, así, como un mejor indicador para la detección de deficiencias severas de algunos minerales o la concentración de algunos metales pesados (Combs, 1987; Grace y Lee, 1992; Kellaway, 1978).

La producción y composición de la leche depende de las células alveolares de la glándula mamaria. Estas células captan más del 80 % de los nutrimentos de la sangre, convirtiéndolos en constituyentes lácteos (Jelinek et al., 1990). Por lo tanto, se considera que la leche puede ser un indicador del estado mineral de las ovejas (Ashton y Williams, 1977). Esto permite conocer las demandas inmediatas de los minerales, evitando, así, la presencia de enfermedades metabólicas y pérdida de peso, ya que en la etapa de lactancia la oveja requiere un porcentaje mayor de nutrimentos para poder producir leche y así amamantar a sus crías (Snowder y Glimp, 1991; White et al., 1991).

JUSTIFICACIÓN:

La etapa más crítica de producción en un animal es la lactancia, debido a que el animal utiliza su reservas corporales para mantener la producción de leche en forma constante. La producción de leche, así como también su composición mineral, varía por tipo de raza o por tipo de parto. Algunos estudios reportan que puede existir una relación entre la composición nutricional de la leche y la sangre. Otros autores reportan que el pelo o la lana pueden relacionarse con la composición mineral de la leche o la sangre. El presente trabajo se realizó con el fin de determinar el efecto de la raza y el tipo de parto en el perfil de Ca, P, S, Cu, Zn y Co en sangre, leche y lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar y sencillo durante una lactancia en confinamiento y recibiendo una cantidad fija de alimento.

HIPÓTESIS:

- 1.- Existen variaciones en la concentración de diferentes elementos minerales en sangre, leche y lana entre ovejas de raza Suffolk (productora de carne) y ovejas de raza Rambouillet (productora de lana).
- 2.- Existen variaciones en la concentración de diferentes elementos minerales en sangre,leche y lana entre ovejas de parto sencillo y ovejas de parto gemelar.
- 3.- Existe asociación entre las concentraciones de minerales en leche, lana y sangre.

OBJETIVO GENERAL:

Determinar si la raza o el tipo de parto influyen sobre el perfil mineral de ovejas Suffolk y Rambouillet lactantes en confinamiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1.-Determinar la concentración de Ca, P, S, Cu, Zn y Co en leche de ovejas durante la etapa de lactancia en confinamiento.
- 2.- Determinar la concentración de Ca, P, S, Cu, Zn y Co en lana de ovejas durante la etapa de lactancia en confinamiento.
- 3.- Determinar la concentración de Ca, P, S, Cu, Zn y Co en sangre completa de ovejas durante la etapa de lactancia en confinamiento.
- 4.- Comparar la concentración de minerales en leche, lana y sangre entre dos razas ovinas.
- 5.- Comparar la concentración de minerales en leche, lana y sangre entre ovejas de parto sencillo y parto gemelar.

MATERIAL Y MÉTODOS

LUGAR: El experimento se llevó a cabo durante los meses de marzo a junio de 1996 en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (C.E.I.E.P.O.), "Rancho San Lorenzo", perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. El C.E.I.E.P.O. se encuentra ubicado en el Km. 53.1 de la Carretera Federal México-Cuernavaca, poblado Tres Marias, Estado de Morelos, localizado a 19°03' de latitud Norte y 99°14' longitud Oeste. La altitud es de 2810 msnm. Presenta un clima Cb (m) (w), con una precipitación promedio anual de 1724 mm y una temperatura media de 18°C

ANIMALES: Debido a que el experimento necesitaba de animales de parto sencillo y gemelar y no era posible conocer la fecha exacta de parto ni el tipo de parto, se utilizaron y muestrearon al inicio del experimento (dos semanas antes de empezar las pariciones) 100 ovejas, 50 de la raza Suffolk y 50 de la raza Rambouillet, de segundo y cuarto parto, con una edad promedio de 3 a 5 años, que se fueron seleccionando y agrupando según el tipo de parto, simple o gemelar. De este modo, se obtuvieron cuatro grupos, dos de parto simple (Suffolk y Rambouillet) y dos grupos de parto gemelar (Suffolk y Rambouillet).

Las 100 ovejas seleccionadas al inicio del experimento se mantuvieron en el rebaño general durante la etapa de gestación, bajo condiciones de pastoreo. Al

momento del parto se confinaron y se seleccionaron de acuerdo con su peso y tipo de parto para ir formando cada una de los grupos. El rebaño experimental consistió de 23 ovejas Suffolk (10 de parto sencillo y 13 de parto gemelar) y 24 ovejas Rambouillet (13 de parto sencillo y 11 de parto gemelar). El resto de las hembras fueron eliminadas del estudio por que no cumplían con las características deseadas. Los animales seleccionados fueron marcados y retornados al rebaño general donde permanecieron hasta el término de la etapa de lactancia. Se utilizó un crayón marcador para facilitar la identificación de los animales.

ALIMENTACIÓN Las ovejas en la etapa de gestación fueron alimentadas en praderas compuestas por ryegrass (*Lolium perenne*), pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y trébol blanco (*Trifolium repens latum*). En el corral, se suplementaron con heno de avena y concentrado. En la etapa de lactancia, las ovejas fueron confinadas y alimentadas con heno de avena (que al inicio de la lactancia consumían a razón de 1.5 Kg/animal/día aproximadamente, aumentando su ración diariamente hasta llegar a consumir 2.5 Kg/animal/día aproximadamente) y un concentrado integrado por sorgo (44%), pasta de cítricos (21%), pasta de soya (23%), melaza (8%), premezcla mineral (2%) y bicarbonato de sodio (2%), consumiéndolo a razón de 1 Kg/animal/día, aproximadamente. Se reporta el consumo aproximado porque no fue posible medir el consumo individual de los animales.

El alimento de las dos etapas productivas fue muestreado y analizado para determinar la concentración de minerales. El forraje de la pradera se muestreó utilizando un cuadro de un metro cuadrado, que se ubicó en cinco puntos al azar en la pradera. Se cortó el forraje que se encontró dentro del cuadro con tijeras podadoras, obteniendo así una muestra representativa. El concentrado se muestreó directamente de los costales, seleccionando cada costal al azar y utilizando un cucharón, obteniendo muestras representativas suficientes para los análisis. El heno de avena se muestreó seleccionando aleatoriamente pacas almacenadas en la bodega y de cada paca se tomaron varias muestras para obtener muestras representativas.

MUESTREOS: Los muestreos se iniciaron dos semanas antes de la fecha de parto, pesando a los animales y tomando muestras de sangre y lana. Al momento del parto y hasta 72 hrs. después, se tomó una muestra de calostro de cada animal. Posteriormente, los animales fueron muestreados (peso, leche, lana y sangre) cada 15 días hasta cumplir 60 días de lactancia (15, 30, 45 y 60 días). Asimismo, se llevó un registro quincenal del peso de los corderos. Las ovejas y corderos se pesaron en una báscula de plataforma con una capacidad de 200 Kg.

Las muestras de **sangre** se tomaron por venopunción de la vena yugular, colectando la sangre en tubos vacutainer, previamente identificados. Las muestras de **lana** se tomaron de rectángulos imaginarios localizados en los flancos y en la cruz de los animales, de forma alternativa para permitir el crecimiento de la lana

(Grace y Lee, 1990). Las muestras se almacenaron en bolsas de plástico con cierre hermético, previamente identificadas. Las muestras de **leche** fueron colectadas directamente de la ubre en tubos de ensaye con tapón de rosca, previamente identificados. Tanto las muestras de sangre como las de leche fueron refrigeradas a 4° C.

Para no interferir con el manejo del rancho, los muestreos fueron realizados todos los viernes durante el periodo de lactancia, agrupando a las ovejas de tal manera que los muestreos cayeran a los 15 ± 3 , 30 ± 3 , 45 ± 3 y 60 ± 3 días posparto.

ANÁLISIS DE LABORATORIO: Las muestras de alimento fueron analizadas para determinar su composición química por el método de Análisis Químico Proximal (AQP) (Tejada, 1992; ver Apéndice). El heno de avena fue analizado para determinar la fracción insoluble de la pared celular por el método de fibra neutro detergente (FND) (Tejada, 1992; ver Apéndice).

En el alimento, sangre, leche y lana se determinaron las concentraciones de los macrominerales Ca, P, y S y de los microminerales Cu, Co, y Zn. Para ello las muestras fueron sometidas a una digestión ácida. La digestión ácida del alimento, lana y sangre se realizó por el método de "microondas" (Kingston y Jassie, 1988; ver Apéndice), que consiste en el calentamiento de las muestras con energía electromagnética, el uso de ácidos minerales y el control de presión. El aparato utilizado fue un horno de microondas CEM (MDS-2000).

Las muestras de lana fueron sometidas a un lavado previo a la digestión ácida. El objetivo del lavado fue eliminar partículas ajenas a la lana. El lavado se realizó en dos pasos: primero se añadió alcohol de 96° a las muestras de lana para eliminar la tierra y grasa. Posteriormente, las muestras fueron enjuagadas con agua bidestilada hasta que se encontraron completamente limpias. Se secaron a temperatura ambiente (Kellaway, 1978).

Las muestras de leche, a diferencia de las demás muestras (alimento, lana y sangre), fueron sometidas a una digestión ácida por el método "en placa", debido a que en el momento en que fue necesario iniciar su digestión (para evitar la descomposición de las muestras) no estuvo disponible el horno de microondas. El método en placa consiste en colocar las muestras en frascos mikrojeldahl y utilizar ácido nítrico y ácido perclórico concentrados y calor controlado (no mayor a 80 C°). (Tejada, 1992; ver Apéndice).

Con estos dos métodos de digestión se obtuvieron las soluciones primarias de cada una de las muestras, las cuales se utilizaron para la lectura de los minerales ya mencionados. El Ca, Cu, Zn y Co fueron determinados directamente en el espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin-Elmer, modelo 2380); el P, fue cuantificado utilizando el método colorimétrico de Fiske y Subbarow (1925) (ver Apéndice) y el S se midió por el método gravimétrico (Stahr, 1965; ver Apéndice).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO: El experimento tuvo un diseño completamente al azar, en un arreglo factorial 2x2 (dos razas y dos tipos de parto), con rompimiento en tiempo. La unidad experimental fue el animal (n= 47). El modelo estadístico es:

$$Y_{ijkl} = \text{media} + R_i + T_j + RT_{ij} + D_{(ij)} + M_k + RM_{ik} + TM_{jk} + RTM_{ijk} + E_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl}	= l-ésima observación de concentración mineral en sangre, leche o lana en el k-ésimo período para el j-ésimo parto de la i-ésima raza
media	= media de la población.
R_i	= efecto de la i-ésima raza, $i = 1, 2$.
T_j	= efecto del j-ésimo tipo de parto, $j = 1, 2$.
RT_{ij}	= interacción raza x tipo de parto.
$D_{(ij)}$	= error de restricción con 0 grados de libertad.
M_k	= efecto del k-ésimo período de muestreo = 1, ..., 5.
RM_{ik}	= efecto de la interacción raza x período de muestreo.
TM_{jk}	= efecto de la interacción tipo de parto x período de muestreo.
RTM_{ijk}	= efecto de la triple interacción raza x tipo de parto x período de muestreo.
E_{ijkl}	= error experimental.

Los datos obtenidos tanto de minerales como de los pesos de las ovejas fueron sometidos a un análisis de mediciones repetidas, utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS (1985). En el caso de corderos de parto gemelar, los análisis y medias se realizaron utilizando la suma de los pesos de los dos corderos. Cuando el factor muestreo resultó significativo, se realizó una transformación polinomial para descomponerlo en efecto lineal, cuadrático, cúbico y cuártico. Asimismo, se realizó un análisis de correlación entre las diferentes muestras (sangre, leche, lana) y los pesos de los animales en cada mineral (PROC

CORR, SAS, 1985). Se consideró que un efecto era significativo si $P < .05$. Debido a que hubo observaciones perdidas, por falta de muestra o pérdida de éstas, las medias se calcularon por el método de cuadrados mínimos (SAS, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ALIMENTACIÓN

El Cuadro 3 muestra los resultados del A.Q.P. y de la FND del heno de avena que consumieron las hembras durante el experimento. El Cuadro 4 muestra los resultados del A.Q.P. del concentrado de la etapa de lactancia que consumieron las ovejas durante el experimento. El Cuadro 5 muestra el consumo aproximado de nutrimentos por animal por día durante el experimento.

Cuadro 3. Análisis químico proximal (A.Q.P). Total de nutrimentos digestibles (TND) y Fibra neutro detergente (FND) del heno de avena utilizado durante el experimento.

Nutrimento	%
Materia seca	86.96
Proteína cruda	7.15
Extracto etereo	3.6.9
Cenizas	6.60
Fibra cruda	30.84
Elementos libres de nitrogeno	51.80
T N D	66.95
FND	64.66

Materia Seca (MS). Se calculó que el consumo total aproximado de MS por animal por día fue de 2.750 Kg (Cuadro 5). El heno de avena aportó aproximadamente 1.84 Kg de MS/animal/d ($MS \cdot animal^{-1} \cdot d^{-1}$) y el concentrado, 0.910 Kg (Cuadro 4). En este experimento no se tuvo la posibilidad de medir exactamente el consumo de MS por animal porque en el lugar experimental no se contaba con

Cuadro 4. Análisis químico proximal (AQP) y total de nutrientes digestibles (TND) del concentrado de la etapa de lactancia utilizado durante el experimento.

Nutrimiento	%
Matena seca	90.06
Proteína cruda	15.89
Extracto etereo	2.18
Cenizas	5.51
Fibra cruda	4.98
Elementos libres de nitrógeno	71.44
T.N.D.	83.12

Cuadro 5. Consumo aproximado de materia seca (MS), proteína (PC), total de nutrimentos digestibles (TND) y minerales por animal por día

Nutrimiento	Consumo por día
MS (Kg)	
Heno de avena	1.84
Concentrado	0.910
PC(g)	265.00
TND(Kg)	1.88
Ca (g)	42.36
P (g)	22.64
Co (mg)	7.16
Cu (mg)	25.19
Zn(mg)	551.52

corraletas individuales para el número de animales en estudio. Probablemente esta fue la razón por la cual el consumo aproximado de alimento fue similar entre las hembras Rambouillet de parto gemelar y sencillo y entre las hembras Suffolk de parto gemelar y sencillo, ya que las hembras durante la etapa de lactancia se

encontraban en confinamiento divididas por raza, pero no por tipo de parto. El NRC (1985) indica que las necesidades de MS $\text{animal}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ para la etapa de lactancia dependen del peso del animal, así como también del número de crías amamantadas. El Cuadro 2 muestra las necesidades de MS $\text{animal}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, dependiendo del tipo de parto para animales de peso similar a los del experimento. En este estudio se observó que el consumo aproximado de MS para hembras de parto sencillo estuvo 0.15 Kg de MS por encima de las necesidades. Por el contrario, la cantidad de alimento suministrado a las hembras de parto gemelar fue insuficiente faltando en promedio 0.21 Kg de MS. En realidad, el consumo de MS no fue suficiente, pues las hembras perdieron peso y la pérdida fue mayor para las hembras de parto gemelar que para las de parto sencillo esta pérdida de peso se explica más adelante en el capítulo Peso de los Animales.

En la etapa de lactancia la necesidad de MS es mucho mayor que en otras etapas fisiológicas, debido a que esta etapa es la más crítica y demandante para una hembra, por lo que se requiere mayor cantidad de nutrientes concentrados en la MS para la producción de leche (Singh y Singh, 1990). Peeters et. al. (1992) concluyeron que la composición del alimento durante la etapa de lactancia puede interferir con la composición de la leche. Al presentarse una deficiencia de alimento, la calidad de la leche puede disminuir, afectando el crecimiento de los corderos.

Proteína cruda (PC): El aporte aproximado de PC de la dieta fue de 265 $\text{g} \cdot \text{animal}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, dato que se presenta en el Cuadro 5. Las hembras de parto gemelar, así como las de parto sencillo, no cubrieron sus necesidades de PC con esta dieta.

En el Cuadro 2 se presentan los requerimientos de PC para hembras de parto sencillo y gemelar, recomendados por el NRC (1985) (344 g y 420 g, respectivamente). Como puede observarse, el consumo restringido de MS restringió también el consumo de PC. La deficiencia de PC ocasionó la pérdida de peso de las hembras, debido a que éstas tuvieron que hacer uso de su masa muscular para poder cubrir la demanda de proteína para la producción de leche.

Por otro lado, Georgievskii (1982) indicó que dietas con niveles bajos de proteína ocasionan que la concentración de Ca en el tejido óseo de ovejas gestantes disminuya, mientras que dietas elevadas en proteína evitan la eliminación de Ca del tejido óseo. Braithwaite (1976) menciona que un inadecuado aporte de PC en la dieta ocasiona malformación en la matriz ósea, aumentando la resorción ósea.

Total de Nutrientos Digestibles: En el Cuadro 5 se presenta la contribución aproximada de TND en la dieta (1.88 Kg TND/día), siendo ésta similar a los niveles recomendados por el NRC (1985) (1.69 Kg/día para parto sencillo y 1.82 Kg/día para parto gemelar, Cuadro 2). A pesar de que el consumo aproximado de energía en las hembras es el sugerido por el NRC (1985), éstas permanecieron bajo restricción alimentaria y pérdida de peso constante, por lo que se duda de que el consumo de energía haya sido el adecuado. Deficiencias de energía en la dieta pueden contribuir a la disminución de peso de las hembras y a una disminución en la absorción de P dietario (Braithwaite, 1976; Peeters et al., 1992).

Calcio: El Cuadro 5 presenta la cantidad aproximada de Ca en la dieta que consumieron las hembras durante la lactancia (42.36 g/día). Esta cantidad de Ca es

superior a lo recomendado por el NRC (1985) (5.2-21.3g/día para parto sencillo y 5.9-24.3g/día para parto gemelar, Cuadro 2) y por Georgievskii (1982) (13.2-14.9 g/día para ambos tipos de parto, Cuadro 2). Estos niveles excesivos no ocasionan problemas de toxicidad en el organismo siempre y cuando la relación Ca:P se mantenga dentro de los límites normales, pero si precipitan la deficiencia de otros minerales como Mg, Fe, I, estaño (Sn), Mn y Zn (NRC, 1985). Rajaratne et al. (1990) postulan que en hembras alimentadas con altos niveles de Ca durante el parto, la absorción de Ca disminuye por una posible alteración en las hormonas PTH y 1-25 dihidrocolecalciferol D_3 , que se encargan de la regulación y absorción del Ca. Esta observación se basa en lo encontrado por Braithwaite (1985), quien observó que en hembras lactantes que consumían dietas con niveles excesivos de Ca, la absorción de éste disminuía a nivel intestinal, aumentando así su demanda. Las hembras, para contrarrestar el aumento en la demanda de Ca, utilizan y movilizan las reservas almacenadas en el tejido óseo y órganos blandos. En el presente estudio sólo se midió la concentración de Ca en sangre, leche y tana, que fue menor a los rangos normales reportados (ver más adelante).

Fósforo: El consumo aproximado de P en la dieta fue de 22.64 g/día (Cuadro 5), superior a las necesidades de las hembras en la etapa de lactancia (4.2-9.9 g/día para parto sencillo y 4.7-11.2 g/día para parto gemelar (NRC, 1985) y 6.7-7.5 g/día (Georgievskii, 1982), Cuadro 2). Al igual que el Ca, el P se encuentra regulado hormonalmente, por lo tanto presenta las mismas problemáticas que el Ca. La

relación normal de Ca:P es 2:1. La dieta en este estudio tuvo una relación 1.87:1, dentro de los límites normales.

Azufre: No se determinó la concentración de S en la dieta.

Cobre: La cantidad proporcionada de Cu en la dieta fue aproximadamente de 25.19 mg/d (Cuadro 5). Esta cantidad estuvo dentro del intervalo de los niveles recomendados por el NRC (1985) y Georgievskii (1982), que aparecen en el Cuadro 2: 18.2-28.6 mg/d para parto sencillo y 20.7-32.6 para parto gemelar (NRC) y 13-26 mg/d, para parto sencillo y 14.8-29.6, para parto gemelar (Georgievskii, 1982). Algunos estudios mencionan que existe diferencia en las metabolismo de Cu según el tipo de raza, causando variaciones mínimas en los requerimientos y la presencia de S y Mo (Wiener y Field, 1979).

Zinc: En el Cuadro 5 se presenta la contribución aproximada de Zn en la dieta (551.52 mg/día). Los niveles de Zn fueron superiores a los recomendados por el NRC (1985) (52-85.6 mg/d para parto sencillo, y 59.2-97.7 mg/d para parto gemelar, Cuadro 2) y Georgievskii (1982) (130 mg/d para parto sencillo y 148 mg/d para parto gemelar, Cuadro 2). Los niveles excesivos de Zn pueden ocasionar problemas de deficiencias de Cu y Fe en el animal, porque el Zn interfiere con la absorción de estos minerales. Sin embargo, el Zn también protege a los animales contra la intoxicación por Cu (Georgievskii, 1982; Shimada, 1983).

Cobalto: El consumo aproximado de Co en la dieta fue de 7.16 mg/d (Cuadro 5). Esta cantidad fue 2.5 veces mayor a las necesidades. El Cuadro 2 presenta las necesidades sugeridas por el NRC (0.3-0.5 mg/d para parto sencillo y 0.3-0.6 mg/d

para parto gemelar). Georgievskii indica (2.6-2.9 mg/d) y aún cuando este nivel fue mucho mayor que el NRC, fue cubierto con base en el consumo que manifestaron las ovejas.

PESO DE LOS ANIMALES

Hembras. El Cuadro 6 muestra el análisis de varianza para el cambio de peso de las ovejas durante el experimento. Las hembras Suffolk, como era de esperarse por tratarse de una raza productora de carne, fueron más pesadas ($P=.0001$, Cuadro 6) que las Rambouillet (83.4 vs 71.8 Kg, respectivamente, Cuadro 7), mientras que las hembras de parto gemelar pesaron menos ($P=.0006$) que las de parto sencillo (74.0 vs 81.1 Kg, respectivamente, Cuadro 7). Snowder y Glimp (1991) observaron que las hembras de parto gemelar disminuyeron más de peso comparado con ovejas de

Cuadro 6. Análisis de varianza de mediciones repetidas para el cambio de peso de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo durante una lactancia en confinamiento.

Fuente de Varianción	G L	Cuadrado Medio	F	P
<i>Entre animales</i>				
Raza	1	7771.0512	36.25	0.0001
Parto	1	2938.4085	13.71	0.0006
Raza*Parto	1	64.0607	0.30	NS ¹
Error	43	214.3548		
<i>Dentro de animales</i>				
Muestreo	4	1340.5346	93.12	0.001
Muestreo*Raza	4	49.8179	3.46	0.009
Muestreo*Parto	4	113.2478	7.87	0.0001
Muestreo*Raza*Parto	4	17.3190	1.20	NS
Error	172	14.3951		
Total	234			

¹NS= no significativo ($P>.05$)

Cuadro 7. Pesos promedio (cuadrados mínimos) de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo durante una lactancia en confinamiento.

		PESOS DE OVEJAS	
		Media (CM ¹)	
Efecto		Kg	EEM ²
Raza			
Rambouillet		71.79 ^a	0.67
Suffolk		83.37 ^b	0.69
Parto			
Gemelar		74.02 ^a	0.68
Sencillo		81.14 ^b	0.69
Muestreo (DPP³)			
	-15	86.50	1.08
	15	77.64	1.08
	30	76.65	1.08
	45	74.70	1.08
	60	72.41	1.08
Raza Muestreo (DPP)			
Rambouillet	-15	81.52	1.51
Rambouillet	15	70.25	1.51
Rambouillet	30	70.45	1.54
Rambouillet	45	69.23	1.57
Rambouillet	60	67.53	1.73
Suffolk	-15	91.49	1.14
Suffolk	15	85.03	1.55
Suffolk	30	82.85	1.59
Suffolk	45	80.17	1.61
Suffolk	60	77.29	1.78
Parto Muestreo			
Gemelar	-15	85.47	1.11
Gemelar	15	73.64	1.51
Gemelar	30	72.58	1.54
Gemelar	45	63.44	1.58
Gemelar	60	68.97	1.73
Sencillo	-15	87.53	1.14
Sencillo	15	81.63	1.55
Sencillo	30	80.72	1.59
Sencillo	45	79.96	1.61
Sencillo	60	75.85	1.78

¹CM= cuadrado mínimo²EEM= error estándar de la media³DPP= Días posparto^a Literal diferente en cada efecto indica diferencia estadística: P= 0.001 para raza y P= 0.006 para parto

parto sencillo a medida que se incrementó la producción de leche. En este estudio no se midió la producción de leche de las hembras, pero el aumento en la producción de leche pudo inferirse de manera indirecta por el hecho de que las hembras de parto gemelar destetaron más Kg que las hembras de parto sencillo, como se verá más adelante. La disminución de peso que se presentó posiblemente se debió al estrés metabólico que ocurre durante la lactancia por la producción lactea, que se agrava si el consumo de nutrimentos no es el adecuado (Torres y Hohenboken, 1980).

El efecto de muestreo fue significativo (Cuadro 6), pero dependió tanto del efecto de raza como del tipo de parto ($P=.009$ para la interacción muestreo x raza y $P=.0001$ para la interacción muestreo x parto, Cuadro 6). Las medias para el efecto de muestreo y las dobles interacciones aparecen en el Cuadro 7, pero en lugar de someterlas a un análisis de comparación de medias, se realizó una transformación polinomial del efecto de muestreo para definir su comportamiento. El Cuadro 8 muestra los resultados de la transformación polinomial y puede apreciarse que el efecto de muestreo presentó un comportamiento cúbico ($P=.003$), que fue afectado por la raza ($P=.04$). Este comportamiento puede apreciarse claramente en la Fig. 1. La pérdida de peso que se observó entre los 15 días antes del parto y los 15 días posparto se debió lógicamente al parto. De los 15 a los 60 DPP, las hembras Suffolk perdieron peso de manera constante, por lo tanto, el comportamiento de su curva fue más bien cuadrático. Por el contrario, las hembras Rambouillet mantuvieron su peso entre los 15 y los 30 DPP, para después ir disminuyendo de peso hasta los 60 DPP.

Cuadro 8. Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre el cambio de peso de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo durante una lactancia en confinamiento.

Efecto Lineal				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	5030.4509	212.46	0.0001
Raza	1	5.6479	0.24	NS ¹
Parto	1	232.4751	9.82	0.003
Raza*Parto	1	12.7399	0.54	NS
Error	43	23.6776		
Efecto Cuadrático				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	230.3953	13.47	0.0007
Raza	1	151.7013	8.87	0.004
Parto	1	175.8838	10.28	0.002
Raza*Parto	1	0.0378	0.00	NS
Error	43	17.1057		
Efecto Cúbico				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	91.7672	9.76	0.003
Raza	1	38.4549	4.09	0.04
Parto	1	12.1952	1.36	NS
Raza*Parto	1	22.2033	2.36	NS
Error	43	9.4000		
Efecto Cuártico				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	9.5152	1.29	NS
Raza	1	3.4674	0.47	NS
Parto	1	32.4361	4.39	0.04
Raza*Parto	1	34.2947	4.64	0.03
Error	43	7.3968		

¹NS = no significativo (P >= 0.05)

La posible explicación de este fenómeno radica en la rusticidad de la raza Rambouillet y la ganancia de peso por parte de los corderos no es igual a los corderos de la raza Suffolk (Snowder y Glimp, 1991; Peeters et al., 1992). La dieta de estos animales durante el período experimental fue deficiente en proteína, como

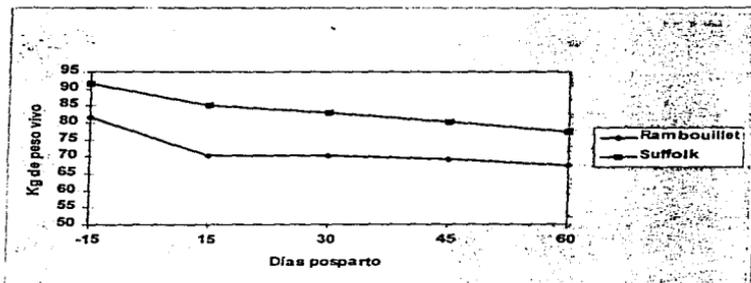


Figura 1. Cambio de peso de ovejas Rambouillet y Suffolk del día 15 antes del parto al día 60 posparto, durante una lactancia en confinamiento

ya se explicó. Las restricciones nutricionales en la etapa de lactancia ocasionan la pérdida de peso en las hembras, ya que utilizan las reservas corporales para mantener la producción de leche (Snowder y Glimp, 1991; Purroy y Jaime, 1995). Entre los 15 y los 30 DPP, el consumo de heno de avena y concentrado posiblemente fue suficiente para que las ovejas Rambouillet produjeran leche sin perder masa corporal, pero al alcanzar el pico de lactación, el consumo ya no fue suficiente para mantener la producción de leche y los animales bajaron de peso. Snowder y Glimp (1991) mencionan que la mayor pérdida de peso en las hembras ocurre de los 28 a los 42 DPP. Peeters et al. (1992) observaron que el pico máximo de producción de leche se presenta durante la cuarta y quinta semana de lactancia y posteriormente la producción empieza a declinar. Los requerimientos nutricionales para el mantenimiento corporal de las hembras Suffolk son más estrictos (Snowder y

Glimp, 1991), por lo que estos animales se vieron en desventaja nutricional desde el principio, presentando el efecto cuadrático que se observó en la curva de peso.

El efecto de parto resultó significativo dentro de los comportamientos lineal ($P=.003$) y cuadrático ($P=.002$) de muestreo. La Fig. 2 muestra el comportamiento del peso para hembras de parto gemelar y sencillo a lo largo del estudio. Puede

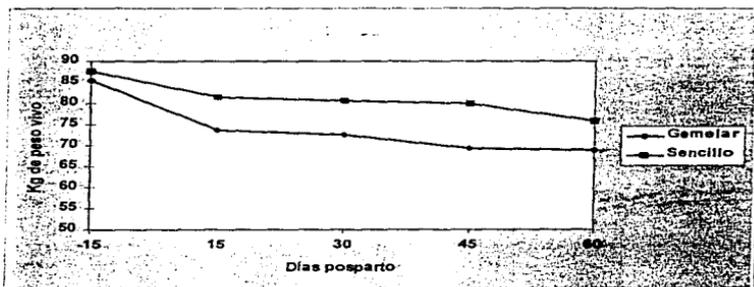


Figura 2. Cambio de peso de ovejas de parto gemelar y sencillo de la raza Rambouillet y Suffolk del día 15 antes del parto al día 60 posparto, durante una lactancia en confinamiento.

observarse que el peso inicial de las hembras fue similar para ambos tipos de parto y que la mayor pérdida de peso se presentó de los 15 días antes de parto a los 15 DPP. Sin embargo, esta pérdida de peso fue mayor en las hembras de parto gemelar que en las de parto sencillo, como lo indica la pendiente de cada una de las líneas. La explicación de este comportamiento está en el suceso del parto, que

implica el nacimiento del cordero o de los corderos, la pérdida de la placenta y algunos fluidos corporales. La curva de peso de las hembras de parto sencillo, presentó un comportamiento lineal, manteniendo los animales un peso constante de los 15 a los 45 DPP, que disminuyó ligeramente hacia los 60 DPP. Este comportamiento se atribuyó a que las hembras de parto sencillo movilizaron menos sus reservas corporales, ya que las demandas de nutrimentos para la producción de leche fueron menores en estos animales. La curva de peso de las hembras de parto gemelar presentó un comportamiento cuadrático; de los 15 días antes del parto a los 15 DPP hubo una marcada disminución de peso y de los 15 a los 45 DPP el peso fue declinando de manera constante para aumentar ligeramente hacia el final de la lactación. Las demandas nutricionales se incrementan durante la lactancia; sin embargo, estas demandas son mayores para hembras de parto gemelar que producen más cantidad de leche que para hembras de parto sencillo (Peeters et al., 1992; Snowden y Glimp, 1991). La dieta de estos animales fue restringida, deficiente en materia seca y proteína, como ya se explicó. Esta restricción nutricional en las hembras ocasiono la pérdida de peso, ya que éstas utilizaron sus reservas corporales para mantener la demanda de nutrimentos para la producción de leche.

Corderos. El Cuadro 9 muestra el análisis de varianza para el cambio de peso de los corderos durante el experimento. Las hembras de la raza Suffolk produjeron más kilogramos en corderos ($P= .0001$) que las hembras de la raza Rambouillet (19.85 vs 17.17 Kg por hembra, respectivamente, Cuadro 10) y las hembras de parto gemelar

produjeron más Kg ($P=0.0001$) que las hembras de parto sencillo (22.29 vs 14.73 Kg por hembra, respectivamente, Cuadro 10). Se ha señalado que el potencial de crecimiento de los corderos depende tanto del tipo de raza de la madre como del tipo de parto (Torres y Hohenboken, 1980).

Cuadro 9. Análisis de varianza de mediciones repetidas para el cambio de peso de corderos de hembras Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo durante una lactancia en confinamiento.

Fuente de Variación	G L	Cuadrado Medio	F	P
<i>Entre animales</i>				
Raza	1	416 4318	18 15	0 0001
Parto	1	3314 7825	144 44	0 0001
Raza*Parto	1	74 1179	3.23	NS ¹
Error	43			
<i>Dentro de animales</i>				
Muestreo	4	2827.2258	979 94	0 0001
Muestreo*Raza	4	15 8948	5 51	0 0003
Muestreo*Parto	4	74 1114	25 69	0 0001
Muestreo*Raza*Parto	4	3 3858	1.17	NS
Error	172			
Total	234	2 8851		

¹NS= no significativo ($P > 0.05$)

Como sucedió con el peso de las hembras, el efecto de muestreo fue significativo también (Cuadro 9), pero dependió tanto del efecto de raza ($P=0.0003$, Cuadro 9), como del efecto de parto ($P=0.0001$, Cuadro 9). Las medias para el efecto de muestreo y las dobles interacciones se presentan en el Cuadro 10 y, al igual que en el caso anterior, se realizó una transformación polinomial del efecto de muestreo para determinar su comportamiento, análisis que aparece en el Cuadro 11. El efecto de muestreo tuvo un comportamiento cuártico ($P=0.0009$), que dependió del tipo de

Cuadro 10. Kilogramos de cordero por hembra (cuadrados mínimos) producidos por oveja Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo durante una lactancia en confinamiento.

KILOGRAMOS DE CORDERO PRODUCIDOS			
Efecto	Kg	EEM ²	
Raza			
Rambouillet	17.17 ^a	0.24	
Suffolk	19.85 ^b	0.24	
Parto			
Gemelar	22.29 ^a	0.24	
Sencillo	14.73 ^b	0.24	
Muestreo (DPP³)			
-15	7.76	0.5	
15	14.35	0.5	
30	19.82	0.5	
45	23.64	0.5	
60	26.74	0.5	
Raza Muestreo (DPP)			
Rambouillet	7.19	0.20	
Rambouillet	15	12.74	0.51
Rambouillet	30	18.36	0.54
Rambouillet	45	22.18	0.61
Rambouillet	60	25.38	0.68
Suffolk	-15	7.91	0.20
Suffolk	15	15.78	0.52
Suffolk	30	21.21	0.56
Suffolk	45	25.09	0.63
Suffolk	60	29.25	0.70
Parto Muestreo			
Gemelar	-15	9.49	0.20
Gemelar	15	17.28	0.51
Gemelar	30	24.15	0.54
Gemelar	45	28.29	0.61
Gemelar	60	32.24	0.68
Sencillo	-15	5.62	0.20
Sencillo	15	11.24	0.53
Sencillo	30	15.42	0.56
Sencillo	45	18.99	0.63
Sencillo	60	22.39	0.70

¹ CM= cuadrado mínimo

² EEM= error estandar d la media

³ DPP= Días posparto

^{a, b} Literal diferente en cada efecto indica diferencia estadística, (P=,0001).

Cuadro 11. Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre los kilogramos de cordero por hembra producidos por ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo durante una lactancia.

Efecto Lineal				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	11240.9097	1798.19	0.0001
Raza	1	51.9385	8.31	0.006
Parto	1	280.3391	44.85	0.0001
Raza*Parto	1	6.3327	1.01	NS ¹
Error	43	6.2513		

Efecto Cuadrático				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	6.0587	3.18	NS
Raza	1	3.7756	1.98	NS
Parto	1	3.4961	1.83	NS
Raza*Parto	1	4.9317	2.59	NS
Error	43	1.9054		

Efecto Cúbico				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	47.3054	21.18	0.0001
Raza	1	7.8523	3.52	NS
Parto	1	7.6285	3.42	NS
Raza*Parto	1	0.0007	0.00	NS
Error	43	2.2331		

Efecto Cuártico				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	14.6292	12.17	0.0009
Raza	1	0.0129	0.01	NS
Parto	1	4.9818	4.33	0.04
Raza*Parto	1	2.2783	1.98	NS
Error	43	1.1505		

¹ NS= no significativo (P > 0.05)

parto. La Fig. 3 muestra el peso total promedio de los corderos de parto gemelar y sencillo a lo largo del estudio. En realidad, el efecto cuártico es difícil de apreciar, pero lo que el análisis indica es que la velocidad de crecimiento de los corderos fue disminuyendo entre los 15 y 60 DPP. El crecimiento de los corderos debería haber sido lineal y la disminución en la velocidad de crecimiento conforme avanzaba la

lactancia resultó en que los corderos no alcanzaran el potencial de su peso al destete. La disminución fue más marcada en los corderos de parto gemelar, de ahí la significancia del efecto de parto ($P=0.04$) para el comportamiento cuártico del muestreo.



Figura 3. Kilogramos de peso promedio de corderos de parto gemelar y sencillo desde el nacimiento hasta los 60 días posparto. El peso de los corderos de parto gemelar es el promedio de la suma de los pesos de los corderos individuales.

Snowder y Glimp (1991) observaron en un ensayo que los corderos provenientes de parto gemelar eran más ligeros que los de parto sencillo a los 28 DPP. La posible explicación se basa en lo encontrado por Torres y Hohenboken (1980), quienes mencionan que la producción de leche por las madres es un factor limitante para la ganancia de peso en partos gemelares. Sin embargo, Torres y Hohenboken (1980), Snowder y Glimp (1991) y Peeters et al. (1992) encontraron que

conforme avanzaron los días de lactancia (entre las 4-5 semanas), los corderos de parto gemelar tendieron a consumir mayor cantidad de alimento sólido que los corderos de parto sencillo. Por esta razón, los corderos de parto gemelar aumentaron su velocidad de crecimiento hacia el final de la lactancia, mientras que en los de parto sencillo la velocidad de crecimiento tendió a disminuir.

En este estudio, sin embargo, no se apreció este efecto, aunque los corderitos tuvieron acceso al alimento de las madres. Posiblemente, la competencia entre corderos y madres y la restricción alimenticia de estas últimas, impidieron que los corderitos tuvieran un consumo adecuado de alimento sólido.

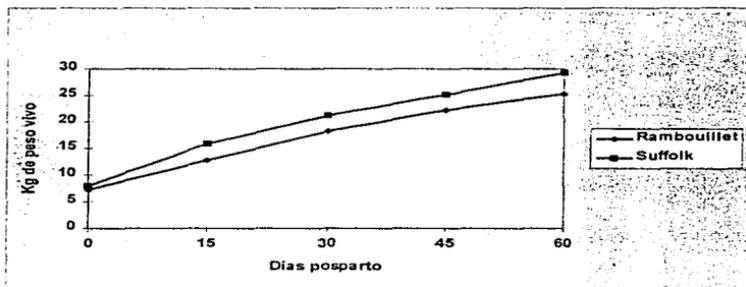


Figura 4. Kilogramos de peso promedio de corderos Rambouillet y Suffolk de parto sencillo y gemelar por hembra desde el nacimiento hasta los 60 días posparto.

La Fig. 4 muestra los kilogramos de peso promedio de las crías para mostrar la asociación entre el peso de las madres (Fig. 1). Las hembras Rambouillet

mantuvieron su peso entre los 15 y 30 DPP (Fig. 1) y sus crías durante este período de tiempo tuvieron la misma velocidad de crecimiento que del nacimiento a los 15 DPP (Fig. 4). Cuando el peso de las madres disminuyó, de los 30 a los 60 DPP, la velocidad de crecimiento de las crías Rambouillet también disminuyó, a partir de los 30 DPP. En el caso de las hembras Suffolk su disminución de peso fue constante de los 15 a los 60 DPP (Fig. 1) y esto se ve reflejado en una continua disminución en la velocidad de crecimiento de las crías (Fig. 4). Lo anterior también ilustra la interacción muestreo x raza observada y que ya se mencionó.

CONCENTRACION DE MINERALES

Calcio en sangre. El Cuadro 12 muestra el análisis de varianza para la concentración de Ca en sangre. Esta fue similar para ambas razas y ambos tipos de parto ($x=63$ ppm, Cuadro 13). Los niveles de Ca en sangre aquí encontrados fueron similares a los niveles reportados por Georgievskii (1982) (60 ppm). Sin embargo, Grace (1983) indicó valores de 92 ppm de Ca en sangre. Grace estudió animales en crecimiento con un peso promedio de 25.4 Kg, bajo condiciones de pastoreo.

La concentración de Ca sanguíneo estuvo débilmente correlacionada con el peso de los animales ($r=.137$, $P=.04$, Cuadro 14). Esto significa que al ir disminuyendo el peso de los animales (Fig. 1), la concentración de Ca sanguíneo también disminuyó (Fig. 5). Sin embargo, ésta también estuvo asociada con la concentración de Ca en leche ($r= -.147$, $P=.032$, Cuadro 14). La correlación fue débil

Cuadro 12. Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de Ca en sangre, leche y lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

Fuente de variación	SANGRE				LECHE				LANA			
	G.L.	Cuadrado Medio	F	P	G.L.	Cuadrado Medio	F	P	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
<i>Entre animales</i>												
Raza	1	69 0110	0.48	NS ¹	1	6791505	0.73	NS	1	1070.33	0.11	NS
Parto	1	441 4618	3.09	NS	1	11199603	1.20	NS	1	3995 80	0.40	NS
Raza*Parto	1	46 8159	0.33	NS	1	5314879	0.53	NS	1	7424 40	0.75	NS
Error	37	142.8713			35	9332799.29			31	9893 21		
<i>Dentro de animales</i>												
Muestreo	4	537 8546	3.58	0.0082	4	5913417	0.61	NS	4	74086.7	7.75	0.0001
Muestreo*Raza	4	345 3358	2.30	NS	4	8812332	0.90	NS	4	3751.4	0.39	NS
Muestreo*Parto	4	111 7817	0.74	NS	4	6080023	0.62	NS	4	25169.3	2.63	0.0374
M*R ² P ²	4	97 3864	0.65	NS	4	8221672	0.84	NS	4	13204.7	1.38	NS
Error	148	150.4026			140	9740813			124	9560 9		
Total	204				194				174			

¹ NS= No significativo (P > 0.05)

² M= muestreo, R= raza, P= parto

Cuadro 13. Concentración media (cuadrados mínimos) de Ca en sangre, leche y lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

Efecto	SANGRE ¹ (n=41)		LECHE (n=43)		LANA ² (n=43)	
	Media (CM) ³ ppm	EEM ⁴	Media (CM) ppm	EEM	Media (CM) ppm	EEM
Raza						
Rambouillet	63.79	0.0001	1454.87	79.96	203.49	0.0001
Suffolk	62.25	0.0001	1064.14	79.05	212.73	0.0001
Parto						
Gemelar	61.37	0.0001	1008.56	76.02	213.68	0.0001
Sencillo	64.67	0.0001	1510.38	76.02	202.54	0.0001
Muestreo(DDP⁵)						
-15	68.35	0.0001			132.34	0.0001
15	64.32	0.0001			186.32	0.0001
30	61.96	0.0001			225.03	0.0001
45	60.62	0.0001			230.24	0.0001
60	59.86	0.0001			266.60	0.0001
Parto Muestreo (DPP)						
Gemelar -15					141.74	23.01
Gemelar 15					190.19	21.02
Gemelar 30					192.62	20.50
Gemelar 45					258.91	31.09
Gemelar 60					301.40	13.46
Sencillo -15					151.45	25.04
Sencillo 15					185.90	22.87
Sencillo 30					259.99	22.31
Sencillo 45					206.29	33.84
Sencillo 60					233.23	14.65

¹ SANGRE: Muestreo: P=0.0082.

² LANA: Muestreo: P=0.0001, Muestreo x parto: P=0.0374.

³ CM= cuadrado mínimo

⁴ EEM= error estándar de la media

⁵ DDP= días posparto

y negativa e indica que a menor concentración de Ca en sangre, mayor concentración de Ca en leche (o viceversa).

El efecto de muestreo fue significativo (P=.0082, Cuadro 12). Las medias para el efecto de muestreo aparecen en el Cuadro 13. La transformación polinomial

del efecto de muestreo (Cuadro 15) reveló un comportamiento lineal ($P=0.0001$), como puede observarse en la Fig. 5. La concentración de Ca en sangre fue

Cuadro 14. Coeficientes de correlaciones para la concentración de Ca, P, S, Cu y Zn con peso, sangre, leche y lana de ovejas Rambouillet y Suffolk, durante una lactancia en confinamiento.

	Peso	Ca leche	P lana	Cu sangre	Cu leche	Cu lana	Zn sangre	Zn leche
Ca sangre	0.136*	-0.147*		0.136*			0.128**	0.137*
Ca leche				-0.225***	0.134**		-0.199**	
Ca lana					0.132**	0.128**		
S lana			0.147*					
Cu sangre	0.995***				0.288***			
Cu leche	0.295***							
Zn sangre	0.958***			0.952***	0.312***			
Zn lana	0.345***			0.346***		0.249***	0.351***	

* $P= .04$

** $P= .05$

*** $P= .0001$

disminuyendo desde los 15 días antes del parto hasta los 60 DPP. Brommage y DeLuca (1985) mencionan que las concentraciones de Ca y P en plasma se ven afectadas por la alta demanda de estos minerales para la producción de leche, ocasionando una ligera disminución en la concentración en plasma. Akio et al. (1995) observaron que la concentración de Ca en suero disminuyó durante las primeras cuatro semanas de lactancia. Braithwaite (1985), por su parte, señaló que en la etapa de lactancia la absorción de Ca y P no es lo suficientemente adecuada como para cubrir las cantidades requeridas para la producción de leche, ocasionando la movilización y utilización de los minerales maternos almacenados en

Cuadro 15. Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre la concentración sanguínea de Ca en ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

Efecto Lineal				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	1975.7735	36.08	0.0001
Raza	1	1.5903	0.03	NS ¹
Parto	1	4.9977	0.09	NS
Raza*Parto	1	0.0154	0.00	NS
Error	37	54.7625		
Efecto Cuadrático				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	64.2768	0.51	NS
Raza	1	916.3696	7.23	0.0107
Parto	1	65.7869	0.52	NS
Raza*Parto	1	17.4791	0.14	NS
Error	37	126.7911		
Efecto Cúbico				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	76.5002	0.31	NS
Raza	1	387.2209	1.56	NS
Parto	1	209.7338	0.85	NS
Raza*Parto	1	116.1109	0.47	NS
Error	37			
Efecto Cuártico				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	34.8676	0.20	NS
Raza	1	76.1681	0.44	NS
Parto	1	166.6084	0.97	NS
Raza*Parto	1	255.9401	1.48	NS
Error	37			

¹ NS=no significativo

el esqueleto y los tejidos blandos. Brommge y DeLuca (1985) y Rajaratne et al. (1990) también sugieren que la movilización y utilización del Ca y P son parte de la fisiología normal que se presenta en la etapa de lactancia. Rajaratne et al. (1990) además mencionaron que el proporcionar dietas elevadas en Ca a ovejas en la etapa de preparto puede suprimir la actividad de la PTH y la 1-25 D₃, ocasionando la

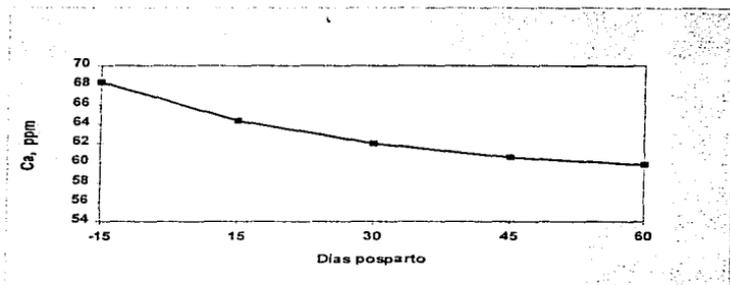


Figura 5. Concentración promedio de Ca en sangre de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

disminución de absorción del Ca y P, aumentando los requerimientos de Ca y P corporal.

Calcio en leche: El Cuadro 12 muestra el análisis de varianza para la concentración de Ca en leche y, como puede observarse, no se presentaron diferencias significativas para ningún efecto. El valor promedio de la concentración de Ca en leche fue de 1259.5 ppm (Cuadro 13). Este valor cae dentro de los rangos reportados por Georgievskii (1981) y Snowden y Glimp (1991) (1200-2000 ppm). Snowden y Glimp (1991) señalan que los niveles de Ca en leche disminuyen conforme avanza la lactancia y que el número de corderos no influye en el contenido de Ca y P. Jelínek et al. (1996) mencionan que los macrominerales más importantes

en la leche son el Ca y el P, que están regulados homeostáticamente y que no se ven afectados por los niveles nutricionales en la dieta.

Calcio en lana: El Cuadro 12 muestra el análisis de varianza para la concentración de Ca en lana. No se observó efecto significativo de raza, parto y la doble interacción raza x parto tampoco fue significativa. La concentración promedio de Ca fue de 208 ppm (Cuadro 13). Esta cantidad fue menor a los niveles reportados por Grace y Lee (1990), (700-1400 ppm, Cuadro 2).

La concentración de Ca en lana estuvo débilmente asociada con la concentración de Cu en leche ($r=.132$, $P=.05$, Cuadro 14) y con la concentración de Cu en lana ($r=.122$, $P.05$, Cuadro 14).

El efecto de muestreo fue significativo, pero dependió del tipo de parto ($P=.0374$, Cuadro 12). Las medias para el efecto de muestreo y la doble interacción se muestran en el Cuadro 13. Al igual que en los casos anteriores, se realizó una transformación polinomial del efecto de muestreo, análisis que aparece en el Cuadro 16. El efecto de muestreo tuvo un comportamiento lineal ($P=.0001$), que dependió del tipo de parto ($P=.0522$), como puede apreciarse en la Fig. 6. La concentración de Ca en lana de ovejas de parto gemelar fue en aumento desde los 15 días antes del parto a los 60 DPP. La interacción se debe a las ovejas de parto sencillo. En estos animales, la concentración de Ca en lana fue similar a la de las ovejas de parto gemelar entre los 15 días antes del parto y los 15 DPP, pero a los

Cuadro 16. Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre la concentración de Ca en lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

Efecto Lineal				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	289795.28	40.38	0.0001
Raza	1	1701.7369	0.24	NS ¹
Parto	1	29252.1971	4.08	0.0522
Raza*Parto	1	8472.7951	1.18	NS
Error	31	7176.0670		
Efecto Cuadrático				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	43.4161	0.00	NS
Raza	1	5440.9998	0.50	NS
Parto	1	27280.4452	2.52	NS
Raza*Parto	1	8885.5080	0.82	NS
Error	31	10804.4743		
Efecto Cúbico				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	15.8150	0.00	NS
Raza	1	7565.0089	0.66	NS
Parto	1	1209.6167	0.11	NS
Raza*Parto	1	24297.6184	2.12	NS
Error	31	11438.4165		
Efecto Cuártico				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	6492.4055	0.74	NS
Raza	1	297.9579	0.03	NS
Parto	1	42934.8730	4.87	0.0349
Raza*Parto	1	11161.7740	1.26	NS
Error	31	8824.9149		

¹ NS=no significativo ($P > .05$)

30 DPP la concentración aumentó en las ovejas de parto sencillo, mientras que en las de parto gemelar la concentración se mantuvo constante. Entre los 45 DPP y 60 DPP la concentración de Ca en la lana de ovejas de parto sencillo disminuyó y nuevamente volvió a elevarse, de tal manera que al final de la lactancia la concentración de Ca en estas ovejas fue mayor que a los 15 días antes del parto,

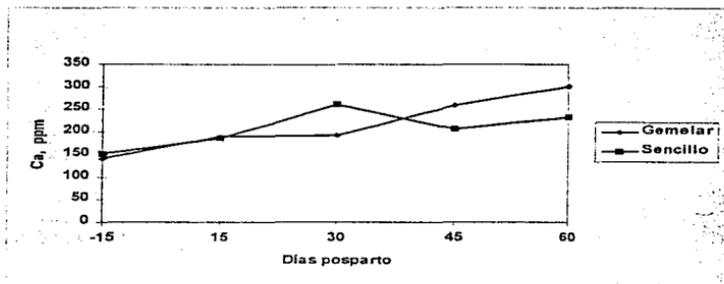


Figura 6. Concentración de Ca en lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

pero inferior al nivel de las ovejas de parto gemelar. En parte este fenómeno pudo haberse debido a la manera en que se tomaron las muestras de lana, alternando entre los flancos y la cruz de las hembras. Combs et al. (1982) encontraron que el contenido mineral del pelo está afectado por varios factores, entre ellos, la raza, el tamaño y la edad del animal, el color del pelo, la localización en el cuerpo y el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, Combs et al (1982) también reportan que otros autores han encontrado que el contenido de minerales es constante en varios sitios del cuerpo, lo que se contrapone con lo anterior.

Fósforo en sangre: El Cuadro 17 muestra el análisis de varianza para la concentración de P en sangre. Como era de esperarse, el análisis de varianza no

reveló diferencias significativas, ya que la concentración de P en sangre está homeostáticamente controlada, aunque pueden presentarse fluctuaciones por cortos

Cuadro 17. Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de P en sangre y lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

Fuente de variación	SANGRE				LANA			
	G.L.	Cuadrado Medio	F	P	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
<i>Entre animales</i>								
Raza	1	3075.384	1.32	NS ¹	1	0.0021	0.00	NS
Parto	1	123.916	0.05	NS	1	0.5693	1.07	NS
Raza*Parto	1	2148.177	0.92	NS	1	0.5517	1.03	NS
Error	33	2327.069			42	0.5338		
<i>Dentro de animales</i>								
Muestreo	4	2149.218	0.74	NS ¹	4	0.1549	0.36	NS
Muestreo*Raza	4	3316.924	1.14	NS	4	0.3123	0.72	NS
Muestreo*Parto	4	2780.778	0.95	NS	4	0.5026	1.15	NS
M*R ² P ²	4	2748.753	0.94	NS	4	0.1693	0.39	NS
Error	132	2915.151			168			
Total	217				229			

¹ NS= No significativo (P > 0.05)

² M= muestreo, R= raza, P=parto

periodos de tiempo, debido a las diversas concentraciones de P en la dieta (Rajaratne et al, 1990). El valor promedio de la concentración de P en sangre en las ovejas en estudio fue de 108 ppm (Cuadro 18). Este valor es menor a los valores reportados por Georgievskii (1982) y Grace (1983) (170-309 ppm, Cuadro 1). Brommage y DeLuca (1985) mencionan que las concentraciones de Ca y P en plasma se ven afectadas por la alta demanda de estos minerales para la producción de leche, ocasionando una ligera disminución en la concentración en plasma. Akio

Cuadro 18. Concentración media (cuadrados mínimos) de P en sangre y lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

Efecto	SANGRE (n=43)		LANA (n=46)	
	Media CM ¹ ppm	EEM ²	Media (CM) ppm	EEM
Raza				
Rambouillet	110.16	4.72	265.52	27.12
Suffolk	104.98	4.84	286.72	27.72
Parto				
Gemelar	106.32	4.68	278.21	27.02
Sencillo	108.80	4.88	274.03	27.72

¹CM= cuadrados mínimos

²EEM= error estándar de la media

et al. (1995) observaron que la concentración de P en suero disminuyó durante las primeras cuatro semanas de lactancia. En el análisis de correlaciones, la concentración de P en sangre no estuvo asociada con ninguna otra variable.

Fósforo en leche: No se determinó la concentración de P en leche debido a que no se contaba con la técnica adecuada.

Fósforo en lana: El Cuadro17 muestra el análisis de varianza para la concentración de P en lana, el cual no reveló diferencias significativas. El valor promedio de la concentración de P en lana fue de 276 ppm (Cuadro18). Esta concentración fue mayor a los niveles reportados por Grace 1983 (160 ppm, Cuadro 1). Combs et al. (1982) mencionan que la localización en la toma de la muestra de pelo puede afectar la concentración de minerales y como ya se explicó, las muestras de lana no se

tomaron constantemente del mismo lugar. Por otro lado, aunque las muestras fueron lavadas y desengrasadas, algo de contaminación con tierra pudo haber alterado los resultados. La concentración de P en lana estuvo débilmente asociada con la concentración de S en lana ($r=.147$, $P=.03$, Cuadro14). La relación indica que a menor concentración de P en lana, menor concentración de S en lana (o viceversa).

Azúfre en sangre y leche: El método analítico utilizado en la determinación de S en sangre y leche presentó múltiples problemas, por lo que los resultados obtenidos no se consideraron confiables y no se analizaron.

Cuadro19. Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de S en lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento

Fuente de Variación	G L.	Cuadrado Medio	F	P
<i>Entre animales</i>				
Raza	1	33329717	0.02	NS ¹
Parto	1	62068490	0.03	NS
Raza*Parto	1	518797406	0.24	NS
Error	41	2178710353		
<i>Dentro de animales</i>				
Muestreo	4	2451200290	1.19	NS
Muestreo*Raza	4	578454579	0.28	NS
Muestreo*Parto	4	3158427244	1.53	NS
Muestreo*Raza*Parto	4	1306411679	0.63	NS
Error	164	2063753353		
Total	224			

¹ NS=no significativo

Cuadro 20. Concentración media (cuadrados mínimos) de S en lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

LANA (n=46)		
Efecto	Media (CM ¹) ppm	EEM ²
Raza		
Rambouillet	47200.20	0.03
Suffolk	46600.10	0.03
Parto		
Gemelar	46580.90	0.03
Sencillo	47220.30	0.03

¹CM= cuadrado mínimo

²EEM=error estándar

Azufre en lana: El Cuadro 19 muestra el análisis de varianza para la concentración de S en lana y como puede observarse, no se obtuvieron diferencias significativas en ningún efecto. El valor promedio de la concentración de S en lana fue de 46900 ppm (Cuadro20). Este valor es mayor a los rangos reportados por Langlands y Sutherland (1973), White et al.(1991), Georgievskii (1982) y Williams (1995) (20000-40000 ppm). Langlands y Sutherland (1973) mencionan que existe dificultad en la determinación de S. Por otro lado, aunque las muestras fueron lavadas y desengrasadas, algo de contaminación con tierra pudo haber alterado los resultados.

Cobre en sangre. El Cuadro 21 muestra el análisis de varianza para la concentración de Cu en sangre. Los niveles de Cu fueron más elevados ($P=0.0001$) en las hembras Suffolk que en las Rambouillet (0.65 vs 0.42 ppm, respectivamente, Cuadro 22), pero fueron inferiores a los reportados en la literatura (0.8 - 1.2 ppm, Georgievskii (1982)). Diferencias entre razas han sido reportadas por Mertz, (1987), Wiener y Field (1971) y Wiener (1979). Mertz (1987) menciona que la raza Finnish

Cuadro 21. Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de Cu en sangre, leche y lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

Fuente de Variación	SANGRE				LECHE				LANA			
	GL	Cuadrado Medio	F	P	GL	Cuadrado Medio	F	P	GL	Cuadrado Medio	F	P
<i>Entre animales</i>												
Raza	1	3 1619	33 15	0 0001	1	0 0165	0 25	NS	1	5 3584	2 93	NS
Parto	1	0 4487	4 70	0 03	1	0 0988	1 51	NS	1	3 0189	1 65	NS
Raza*Parto	1	0 0651	0 66	NS ¹	1	0 0013	0 02	NS	1	0 0187	0 01	NS
Error	41	0 0954			39	0 06543			38	1 8281		
<i>Dentro de animales</i>												
Muestreo	4	0 1148	4 47	0 0001	4	1 5791	30 80	0 0001	4	3 1576	2 68	0 03
Muestreo*Raza	4	0 0401	1 56	NS	4	0 0198	0 39	NS	4	1 6180	1 37	NS
Muestreo*Parto	4	0 0118	0 46	NS	4	0 0515	1 00	NS	4	1 5234	1 29	NS
M ² *R ² *P ²	4	0 0261	1 02	NS	4	0 0298	0 58	NS	4	1 6605	1 41	NS
Error	164	0 0257			156	0 0513			152	1 1796		
Total	224				214				209			

¹ NS= No significativo (P> 05)

² M= muestreo, R=raza, P=parto

Cuadro 22. Concentración media (cuadrados mínimos) de Cu en sangre, leche y lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

Efecto	SANGRE ¹ (n=45)		LECHE ² (n=43)		LANA ³ (n=42)	
	Media (CM) ⁴ ppm	EEM ⁵	Media (CM) ppm	EEM	Media (CM) ppm	EEM
Raza						
Rambouillet	0.42 ^a	0.02	0.24	0.02	3.74	0.10
Suffolk	0.65 ^b	0.02	0.22	0.02	3.36	0.11
Parto						
Gemelar	0.50 ^a	0.02	0.21	0.02	3.46	0.10
Sencillo	0.58 ^b	0.02	0.25	0.02	3.65	0.11
Muestreo(DDP⁶)						
-15	0.49	0.03			3.97	0.17
0			0.57	0.03		
15	0.53	0.03	0.17	0.03	3.39	0.17
30	0.49	0.03	0.14	0.03	3.31	0.17
45	0.56	0.03	0.12	0.03	3.60	0.17
60	0.61	0.03	0.15	0.03	3.50	0.16

¹ SANGRE: ^{a,b} Raza: P=0.0001, ^{a,b} Parto: P=0.03; Muestreo: P=0.0001.

² LECHE: Muestreo: P=0.0001.

³ LANA: Muestreo: P=0.03.

⁴ CM= cuadrado mínimo.

⁵ EEM= error estándar.

⁶ DDP= días posparto

Landrace presenta menor concentración de Cu en sangre que la raza Merino y que algunos autores han demostrado que el tipo de hemoglobina en ovejas se asocia con la concentración de Cu.

La concentración de Cu por debajo de los niveles normales probablemente se debió por una deficiente absorción del Cu dietario, lo cual pudo verse reflejado en las concentraciones almacenadas en el hígado y en los componentes sanguíneos (Kaneko, 1989). El consumo aproximado de Cu fue de 25.2 mg/d, dentro de lo señalado como el requerimiento de consumo diario, 18-33 mg, pero los consumos

aproximados de Ca (42.3 g) y Zn (551.5 mg) fueron mayores a lo indicado por elNRC (1985) y Georgievskii (1982) (21.3-24.3 g para Ca y 85-98 mg para Zn). Niveles de consumo elevados de estos minerales pudieron ocasionar una disminución en la absorción de Cu por antagonismo (Shimada, 1983). Sin embargo, las correlaciones de Cu sanguíneo con Ca y Zn sanguíneos fueron positivas: $r = .14$ ($P = .04$, Cuadro 14) para Ca y $r = .95$ ($P = .0001$, Cuadro 14) para Zn. La correlación con Zn fue extremadamente elevada e indica que un aumento o una disminución de Zn sanguíneo iba acompañado de un aumento o una disminución de Cu sanguíneo (o viceversa). Esto podría descartar la hipótesis de una deficiente absorción de Cu debido a un antagonismo con el Zn. Lo más probable es que el consumo de Cu fuera deficiente, como lo señala la prácticamente perfecta correlación que existió entre la concentración de Cu en sangre y el peso de los animales: $r = .99$ ($P = .0001$, Cuadro 14). Esto indica que al disminuir el peso de los animales, la concentración de Cu en sangre disminuyó de manera inmediata. La pérdida de peso, a su vez, estuvo asociada con un inadecuado consumo de alimento.

En las hembras de parto sencillo la concentración de Cu fue mayor ($P=.03$, Cuadro 21) que en las hembras de parto gemelar (0.58 vs 0.50 ppm, respectivamente, Cuadro 22). Esta diferencia pudo haber estado relacionada con el consumo de alimento. Como ya se ha explicado, el consumo no pudo medirse, pero, considerando que las hembras de parto gemelar perdieron más peso que las de parto sencillo (Fig. 2), puede suponerse que el consumo de alimento también fue

menor y no logró cubrir el requerimiento de 21 - 33 mg de Cu/d (Georgievskii, 1982; NRC, 1985) para las hembras de parto gemelar.

El efecto de muestreo fue significativo ($P=0.0001$). Las medias para el efecto de muestreo se presentan en el Cuadro 22 y su transformación polinomial (Cuadro 23) reveló un comportamiento lineal ($P=0.002$), el cual puede apreciarse en la Fig. 7.

Cuadro 23. Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre la concentración sanguínea de Cu en ovejas de la raza Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo durante una lactancia en confinamiento.

Efecto Lineal				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	0.3235	11.50	0.002
Raza	1	0.0385	1.37	NS ¹
Parto	1	0.0091	0.32	NS
Raza*Parto	1	0.0352	1.25	NS
Error	41	0.0281		
Efecto Cuadrático				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	0.0623	1.96	NS
Raza	1	0.0691	2.16	NS
Parto	1	0.0372	1.16	NS
Raza*Parto	1	0.0049	0.15	NS
Error	41	0.0320		
Efecto Cúbico				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	0.0215	1.34	NS
Raza	1	0.0021	0.13	NS
Parto	1	0.0000	0.03	NS
Raza*Parto	1	0.0397	2.48	NS
Error	41	0.0160		
Efecto Cuártico				
Fuente de variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	0.0513	1.93	NS
Raza	1	0.0507	1.91	NS
Parto	1	0.0005	0.02	NS
Raza*Parto	1	0.0246	0.93	NS
Error	41	0.0265		

¹ NS= no significativo

La concentración de Cu en sangre fue en aumento progresivo desde los 15 días antes del parto hasta los 60 DPP. La posible explicación podría estar en lo reportado por Mertz (1987), quien encontró que la concentración de Cu en hígado, sangre y plasma disminuye durante las últimas semanas de gestación. Después del parto, la concentración de Cu incrementa progresivamente. Este aumento progresivo podría deberse a una menor demanda de nutrientes para la producción de leche conforme avanza la lactancia. Sin embargo, las hembras en este estudio no alcanzaron a estabilizar la concentración de Cu sanguíneo en los niveles normales reportados, como ya se explicó.

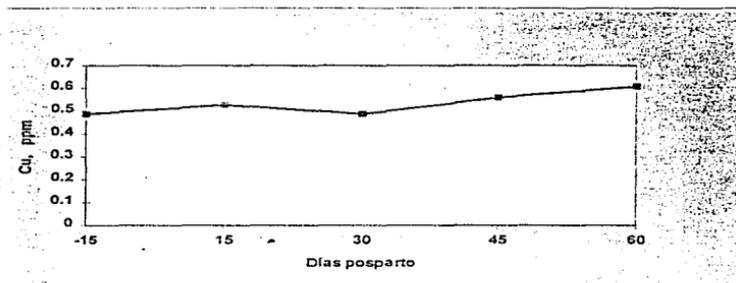


Figura 7. Concentración de Cu en sangre de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento

Cobre en leche: El Cuadro 21 muestra el análisis de varianza para la concentración de Cu en leche y sólo se observó un efecto de muestreo ($P=0.0001$). El valor

promedio de Cu en leche fue de 0.23 ppm, dentro del rango normal (0.19-0.5 ppm) sugerido por Grace y Clark (1991). Las medias para el efecto de muestreo se presentan en el Cuadro 22. Los resultados de la transformación polinomial del efecto de muestreo revelaron un comportamiento cúbico ($P=0.04$, Cuadro 24), el cual

Cuadro 24. Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre la concentración de Cu en leche en ovejas de la raza Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo durante una lactancia en confinamiento.

Efecto Lineal				
Fuente de Varianción	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	4.1222	37.52	0.0001
Raza	1	0.0402	0.37	NS ¹
Parto	1	0.0686	0.62	NS
Raza*Parto	1	0.0671	0.61	NS
Error	39	0.1099		
Efecto Cuadrático				
Fuente de Varianción	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	2.0795	31.06	0.0001
Raza	1	0.0292	0.44	NS
Parto	1	0.1344	2.01	NS
Raza*Parto	1	0.0343	0.51	NS
Error	39	0.0669		
Efecto Cúbico				
Fuente de Varianción	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	0.0972	4.63	0.04
Raza	1	0.0044	0.21	NS
Parto	1	0.0025	0.12	NS
Raza*Parto	1	0.0052	0.25	NS
Error	39	0.0209		
Efecto Cuártico				
Fuente de Varianción	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	0.0177	2.42	NS
Raza	1	0.0056	0.77	NS
Parto	1	0.0005	0.06	NS
Raza*Parto	1	0.0125	1.71	NS
Error	39	0.0073		

¹ NS=no significativo ($P>.05$)

puede observarse en la Fig. 8. Se presentó una disminución drástica en la concentración de Cu de la fecha de parto (.57 ppm) a los 15 DPP (.17 ppm). Entre los 15 y 45 DPP, los niveles de Cu en la leche siguieron disminuyendo, pero hacia los 60 DPP la concentración aumentó levemente a .15 ppm. Como puede apreciarse, los niveles de Cu sólo fueron normales en el calostro. De los 15 a los 60 DPP, los valores estuvieron por debajo de lo reportado como normal por Grace y Clark (.19 - .5 ppm). White et al. (1991) observaron que la concentración de Cu en muestras tomadas inmediatamente después del parto contenían 0.9 mg/L (ppm) de Cu; siete días después, la concentración de Cu disminuyó a 0.4 mg/L (ppm) de Cu. Ashton y Willians (1977) observaron una marcada disminución de Cu en la leche de ovejas durante la lactancia. Mertz (1987) y Grace y Clark (1991) reportaron que el

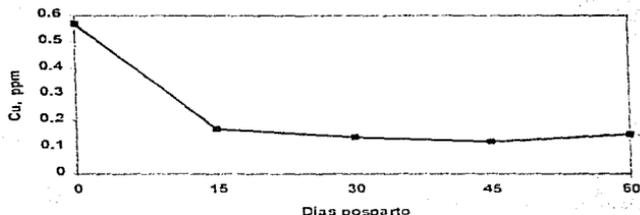


Figura 8. Concentración de Cu en leche de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento

contenido de Cu en la leche de mujeres y ovejas lactantes decrecía progresivamente durante la lactancia. Por otro lado, la concentración de Cu en la leche depende del tipo de alimentación suministrada. Grace y Clark (1991) mencionan que el incrementar el consumo de Cu en la etapa de lactancia no afecta la concentración de Cu en la leche. Sin embargo, se ha visto que en animales que consumen dietas bajas en Cu y que tienen niveles bajos de Cu en leche, la concentración de Cu en ésta aumenta al aumentar el consumo de Cu (Grace y Clark, 1991)

Considerando la información de White et al. (1991), los niveles de Cu en el calostro también se encontraron por debajo de lo normal. Los bajos niveles de Cu encontrados también en leche refuerzan la hipótesis de que el consumo de alimento, y por ende del mineral, fue inadecuado. En este caso, el peso de los animales estuvo débilmente relacionado con la concentración de Cu en leche ($r = .29$, $P = .0001$, Cuadro 14). Sin embargo, ésta también estuvo asociada con la concentración de Cu en sangre ($r = .29$, $P = .0001$, Cuadro 14). La relación es débil, pero altamente significativa e indica que a menor concentración de Cu en la sangre, menor concentración de Cu en la leche (o viceversa). La concentración de Cu en leche también estuvo débilmente asociada con la concentración de Ca en lana ($r = .13$, $P = .05$, Cuadro 14) y con la concentración de Zn en sangre ($r = .31$, $P = .0001$, Cuadro 14).

Cobre en lana: El Cuadro 21 muestra el análisis de varianza para la concentración de Cu en lana. La concentración fue similar entre hembras Rambouillet y Suffolk,

con un promedio de 3.53 ppm, valor que cae dentro de los rangos sugeridos por Grace y Clark (1991) (3.1 - 7.0 ppm, Cuadro 22). La concentración de Cu en lana estuvo débilmente asociada con la concentración de Ca en lana ($r = .13$, $P = .05$) y con la concentración de Zn en lana ($r = .25$, $P = .0001$, Cuadro 14).

El efecto de muestreo resultó significativo ($P=.03$, Cuadro 21). Las medias para el efecto de muestreo se presentan en el Cuadro 22. Los resultados de la transformación polinomial del efecto de muestreo (Cuadro 25) revelaron un

Cuadro 25. Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre la concentración de Cu en lana en ovinos de la raza Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo durante una lactancia en confinamiento.

Efecto Lineal				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	6 0250	3.16	0.08
Raza	1	6 4523	3.39	0.07
Parto	1	3 9431	2.07	NS1
Raza*Parto	1	0 2039	0.11	NS
Error	38	1 9055		

Efecto Cuadrático				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	5 8129	5.96	0.02
Raza	1	0 0006	0.00	NS
Parto	1	1 0069	1.03	NS
Raza*Parto	1	0 0004	0.00	NS
Error	38	0 9759		

Efecto Cúbico				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	0 4421	0.37	NS
Raza	1	0 0046	0.00	NS
Parto	1	0 3939	0.33	NS
Raza*Parto	1	6 3889	5.28	0.03
Error	38	1.2101		

Efecto Cuártico				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	0 3504	0.56	NS
Raza	1	0 0146	0.02	NS
Parto	1	0 7999	1.20	NS
Raza*Parto	1	0 0486	0.08	NS
Error	38	0 6267		

¹ NS=no significativo ($P > .05$)

comportamiento cuadrático ($P=0.02$), que puede observarse en la Fig. 9. La Concentración de Cu disminuyó de los 15 días antes del parto a los 30 DPP, aumentando hacia los 60 DPP. En este caso, la disminución de Cu coincide con el pico de lactancia. Durante las primeras cuatro semanas de lactancia las demandas de nutrimentos son mucho mayores, por lo que las hembras utilizan todas sus reservas corporales. Si a eso se aúna un consumo de alimento inadecuado, el resultado puede ser una menor concentración de Cu en la lana. Sin embargo, los valores permanecieron dentro de los rangos normales. El aumento en la concentración de Cu en lana después de los 30 DPP pudo ser consecuencia de una disminución en las demandas de nutrimentos debido a que la producción de leche comenzó a declinar.

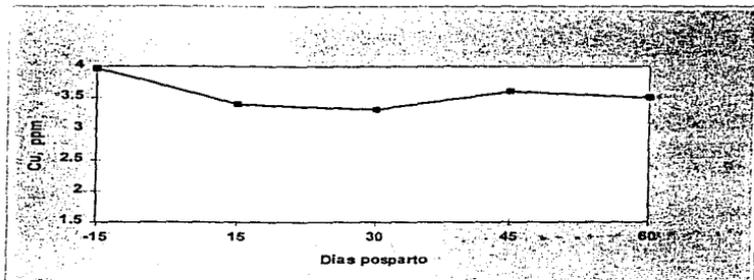


Figura 9. Concentración de Cu en lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

Zinc en sangre: El Cuadro 26 muestra el análisis de varianza para la concentración de Zn en sangre. La concentración de Zn fue mayor en hembras Rambouillet ($P=.05$) que en hembras Suffolk (6.20 vs 5.45 ppm, respectivamente, Cuadro 27). Estas concentraciones se encuentran dentro de los valores normales reportados por Georgievskii (1982) y Grace y Clark (1991) de 2.5 a 6 ppm. Es posible que la mayor concentración de Zn en sangre en las hembras Rambouillet se deba al hecho de que ésta es una raza productora de lana y como ya ha sido mencionado por Grace (1992), el Zn, el Cu y el S influyen en las propiedades de la lana. La concentración de Zn en sangre estuvo alta y positivamente correlacionada con el peso de los animales ($r=.96$, $P=.0001$, Cuadro 14). Esto significa que al ir disminuyendo el peso de las ovejas (Fig. 1), la concentración de Zn en sangre también disminuyó (Fig. 10).

El efecto de muestreo fue significativo ($P=.0001$, Cuadro 27). Las medias para el efecto de muestreo aparecen en el Cuadro y los resultados de la transformación polinomial, en el Cuadro 28. Puede apreciarse que el efecto de muestreo presentó un comportamiento cuadrático ($P=.003$). Este comportamiento puede observarse en la Fig. 10. La concentración de Zn en sangre a los 15 días antes del parto fue de 8.61 ppm, mayor a los rangos normales. A los 15 DPP la concentración de Zn disminuyó a 4.85 ppm, aumentando paulatinamente hasta los 45 DPP. El muestreo a los 15 días antes del parto se realizó cuando los animales todavía estaban en pastoreo. Sin embargo, la condición de la pradera era muy mala y los animales, al cortar el pasto, consumían también tierra. La concentración de Zn en la tierra fue de 103.9 ppm. Esto podría explicar los niveles más elevados

Cuadro 26. Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de Zn en sangre, leche y lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

Fuente de Variación	SANGRE				LECHE				LANA			
	G.L.	Cuadrado Medio	F	P	G.L.	Cuadrado Medio	F	P	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
<i>Entre animales</i>												
Raza	1	40.4573	3.94	0.05	1	21.8836	0.89	NS	1	7215.7327	15.64	0.0003
Parto	1	0.3968	0.04	NS ¹	1	31.4917	1.28	NS	1	1578.4120	3.42	NS
Raza*Parto	1	0.0588	0.01	NS	1	0.1286	0.01	NS	1	19.8305	0.04	NS
Error	37	10.2790			39	24.5527			39	461.4683		
<i>Dentro de animales</i>												
Muestreo	4	104.7238	8.94	0.0001	4	491.5027	19.20	0.0001	4	942.6542	4.73	0.001
Muestreo*Raza	4	7.2914	0.62	NS	4	27.4326	1.07	NS	4	249.3239	1.25	NS
Muestreo*Parto	4	5.8898	0.50	NS	4	0.4746	0.02	NS	4	250.4176	1.26	NS
M*R*P ²	4	4.2880	0.37	NS	4	3.4439	0.13	NS	4	247.2009	1.24	NS
Error	148	11.7180			156	25.6007			156	199.4749		
Total	204				214				214			

¹ NS= no significativo (P>.05)

² M=muestreo, R=raza, P=parto

Cuadro 27. Concentración media (cuadrados mínimos) de Zn en sangre, leche y lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

Efecto	SANGRE ¹ (n=41)		LECHE ² (n=43)		LANA ³ (n=43)	
	Media (CM4) ppm	EEM 5	Media (CM) ppm	EEM	Media (CM) ppm	EEM
Raza						
Rambouillet	6.20 ^a	0.29	6.49	0.47	98.27 ^a	1.49
Suffolk	5.45 ^b	0.31	6.88	0.48	109.30 ^b	1.53
Parto						
Gemelar	5.85	0.30	6.33	0.47	101.43	1.50
Sencillo	5.81	0.31	7.04	0.48	106.13	1.53
Muestreo (DDP⁶)						
-15	8.61	0.49			110.34	2.39
0			12.51	0.74		
15	4.85	0.48	5.18	0.75	105.74	2.37
30	5.19	0.43	4.54	0.75	99.80	2.44
45	5.54	0.48	5.12	0.78	102.62	2.37
60	4.96	0.48	6.07	0.74	100.42	2.40

¹ SANGRE: ^{a, b} Raza: P=0.05; Muestreo: P= 0.0001.

² LECHE: Muestreo: P=0.0001.

³ LANA: ^{a, b} Raza P= 0.0003; Muestreo: P=0.002

⁴ CM= cuadrado mínimo

⁵ EEM= error estándar de la media.

⁶ DDP=días posparto

encontrados en ese momento. Sin embargo a pesar de que el consumo aproximado de Zn durante la lactancia fue de 551.52 mg/d, seis veces más de lo señalado como el requerimiento de consumo diario (52-148 mg), la disminución en la concentración de Zn en sangre durante la lactancia fue marcada, aunque los niveles se mantuvieron dentro de lo normal. Esta disminución pudo deberse a que los niveles de Zn durante la gestación están elevados por el proceso de organogénesis del feto, pero al momento del parto y durante la lactancia decrecen por la alta demanda en la

Cuadro 28. Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre la concentración de Zn en sangre de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto sencillo y gemelar durante una lactancia en confinamiento

Efecto Lineal				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	251.4417	22.49	0.0001
Raza	1	0.3026	0.03	NS ¹
Parto	1	9.6848	0.87	NS
Raza*Parto	1	1.4346	0.13	NS
Error	37	11.1814		

Efecto Cuadrático				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	130.1951	10.26	0.003
Raza	1	10.4813	0.83	NS
Parto	1	0.0979	0.01	NS
Raza*Parto	1	1.3602	0.11	NS
Error	37	12.6857		

Efecto Cubico				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	37.2344	2.40	NS
Raza	1	2.2952	0.15	NS
Parto	1	10.9515	0.71	NS
Raza*Parto	1	2.0332	0.13	NS
Error	37	15.4849		

Efecto Cuártico				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	0.0248	0.00	NS
Raza	1	16.0863	2.14	NS
Parto	1	2.8251	0.38	NS
Raza*Parto	1	12.3242	1.64	NS
Error	37	7.5202		

¹ NS=no significativo ($P \geq .05$)

producción de leche (Krebs y Hambidge, 1987). Krebs y Hambidge (1987) mencionan que la concentración de Zn en sangre en mujeres durante el inicio de la lactancia es elevada y conforme avanzaba la lactancia la concentración de Zn va declinando. White et al (1991) observaron que en ovejas durante la etapa de

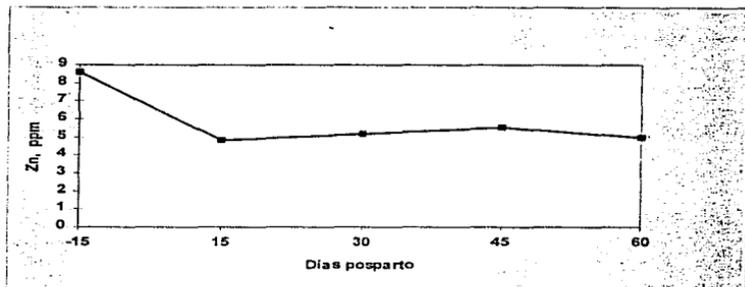


Figura 10. Concentración de Zn en sangre de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

lactancia, bajo condiciones de pastoreo y con complementación de Zn, la concentración de Zn en plasma disminuyó durante los 14 DPP, aumentando ligeramente hacia los 28 DPP. Esta disminución no fue evitada por la complementación de Zn proporcionada.

Zinc en leche: El Cuadro 26 muestra el análisis de varianza para la concentración de Zn en leche. No hubo efecto de raza ni de parto y la doble interacción no fue significativa. La concentración promedio de Zn en leche fue de 6.68 ppm. Este valor está ligeramente por debajo de los niveles reportados por Grace y Clark (1991) y Ashton y Williams (1977) (7.2-7.5 ppm). Sin embargo, el valor promedio aquí obtenido incluye la concentración de Zn en el calostro que fue de 12.51 ppm (Cuadro

27). Si no se considera al calostro, el promedio de los valores en leche (15-60 DPP) sería de 5.23 ppm, por debajo de los niveles reportados como normales.

El efecto de muestreo fue significativo ($P=0.0001$). Las medias para el efecto de muestreo se presentan en el Cuadro 27. El Cuadro 29 muestra los resultados de la transformación polinomial, que revelaron un comportamiento cúbico ($P=0.05$). Este

Cuadro 27. Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre la concentración de Zn en leche de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

Efecto Lineal				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	1033.9074	17.91	0.0001
Raza	1	45.5407	0.79	NS ¹
Parto	1	0.8142	0.01	NS
Raza*Parto	1	0.0603	0.00	NS
Error	39	57.7355		
Efecto Cuadrático				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	901.2252	27.11	0.0001
Raza	1	46.6799	1.40	NS
Parto	1	1.0223	0.03	NS
Raza*Parto	1	11.4549	0.34	NS
Error	39	33.2446		
Efecto Cúbico				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	30.7686	4.02	0.05
Raza	1	16.9265	2.21	NS
Parto	1	0.0012	0.00	NS
Raza*Parto	1	0.5459	0.07	NS
Error	39	7.6565		
Efecto Cuártico				
Fuente de Variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	0.1099	0.03	NS
Raza	1	0.5836	0.15	NS
Parto	1	0.0442	0.01	NS
Raza*Parto	1	1.7147	0.46	NS
Error	39	3.7364		

¹ NS=no significativo. ($P>0.05$)

comportamiento puede apreciarse en la Fig. 11. La mayor concentración de Zn en leche se obtuvo en el calostro. El calostro es la secreción inicial de la etapa de lactancia y es una fuente muy importante de nutrimentos para los corderos durante las 72 hrs. después del nacimiento (Pattinson et al., 1995). Georgievskii (1982) señala que la concentración de Zn en el calostro es 3-5 veces más elevada que en la

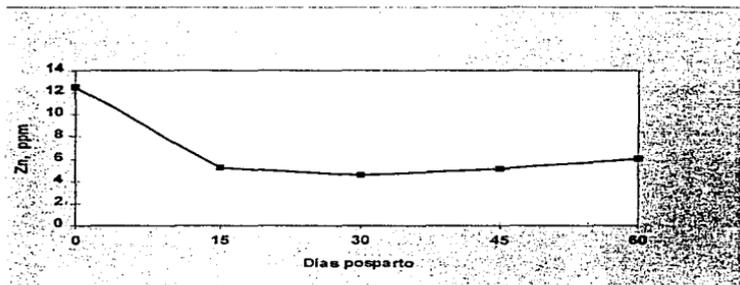


Figura 11. Concentración de Zn en leche de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento

leche. White et al. (1991) también observaron que la concentración de Zn al inicio de la etapa de lactancia (calostro) era más elevada y que conforme transcurría la lactancia, la concentración de Zn iba decayendo. En este estudio, la concentración de Zn disminuyó drásticamente del parto a los 15 DPP, siguió disminuyendo ligeramente hasta los 30 DPP y después fue aumentando hasta los 60 DPP. La mayor producción de leche va a presentarse entre los 15 y 30 DPP, período durante

el cual posiblemente la disponibilidad del Zn en la dieta no fue suficiente para cubrir las demandas en la producción de leche. Poco a poco estas demandas fueron disminuyendo, lo mismo que las necesidades nutricionales, y esto pudo haber sido la causa de que la concentración de Zn en la leche fuera en aumento.

White et al. (1991) concluyeron en su experimento que la disminución de Zn en leche se debió a una baja concentración de proteína en la dieta de los animales, lo cual ocasiona una disminución en la absorción del Zn. En este experimento, la dieta que consumían las hembras era deficiente en proteína, por lo que podría haberse presentado una deficiencia en la absorción de Zn, reflejándose en bajos niveles en la leche. Sin embargo, los niveles sanguíneos de Zn, aunque disminuyeron, permanecieron dentro de los rangos normales. Por otro lado, Ashton y Willians (1977) no observaron una disminución en la concentración de Zn durante las primeras seis semanas de lactancia.

Zinc en lana: El Cuadro 26 muestra el análisis de varianza para la concentración de Zn en lana durante el estudio. La concentración de Zn en lana fue mayor ($P=0.0003$) en las hembras Suffolk que en las Rambouillet (109.3 vs 98.3 ppm, respectivamente, Cuadro 27). La concentración normal de Zn en lana es de 119-278 ppm (Grace, 1983; Grace y Lee, 1990). Por lo tanto, los valores aquí observados se encuentran ligeramente por debajo del valor mínimo normal. En este estudio se esperaba que la raza Rambouillet tuviera mayor concentración de Zn en lana, ya que esta raza es productora de lana. Sin embargo, Grace y Clark (1991) encontraron que la raza

Cheviot, de doble propósito (carne y lana) presenta mayor contenido de Zn en lana comparado con la raza Romney, productora de lana. Esto concuerda con los resultados aquí obtenidos. Grace (1983) observó que la raza, el tipo de pastura, el consumo de materia seca y la estación del año influyen en el contenido de minerales en la lana.

El efecto de muestreo fue significativo ($P=.0005$, Cuadro 26). Las medias para el efecto de muestreo aparecen en el Cuadro 27. Los resultados de la transformación polinomial revelan que el efecto de muestreo presentó un comportamiento lineal ($P=.0005$, Cuadro 30), que dependió del tipo de raza ($P=.05$, Cuadro 30). Este comportamiento se observa en la Fig. 12. Los niveles de Zn fueron disminuyendo de los 15 días antes de parto hasta los 60 DPP, para ambas razas. Sin embargo, para las hembras Suffolk la disminución de Zn fue constante, mientras que en las Rambouillet la concentración de Zn aumentó ligeramente a partir de los 30 DPP. La posible explicación de este fenómeno radica nuevamente en la rusticidad de las hembras Rambouillet. Después del pico de lactancia, las demandas de Zn disminuyen, lo que ayuda para que las hembras Rambouillet recuperen ligeramente el contenido de Zn en lana, mientras que en las Suffolk la recuperación de Zn en lana no se presenta. Sin embargo, el contenido de Zn en lana debería haber sido mayor en las hembras Rambouillet que en las Suffolk. White et al. (1991) observaron que la concentración de Zn en lana declina constantemente durante la etapa de lactancia y el Zn no limita el crecimiento y producción de la lana en ovejas lactantes.

Cuadro 30. Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre la concentración de Zn en lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

Efecto Lineal				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	2839.4943	14.56	0.0005
Raza	1	751.5684	3.85	0.05
Parto	1	11.5011	0.06	NS ¹
Raza*Parto	1	138.4109	0.70	NS
Error	39	195.0827		
Efecto Cuadrático				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	344.3553	2.23	NS
Raza	1	58.9006	0.38	NS
Parto	1	964.8156	6.24	0.01
Raza*Parto	1	4.6445	0.03	NS
Error	39	154.6718		
Efecto Cúbico				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	98.1589	0.37	NS
Raza	1	167.4274	0.63	NS
Parto	1	7.5992	0.03	NS
Raza*Parto	1	814.2122	3.05	NS
Error	39	267.0937		
Efecto Cuártico				
Fuente de Variación	G. L.	Cuadrado Medio	F	P
Media	1	488.6081	2.70	NS
Raza	1	19.3990	0.11	NS
Parto	1	17.7547	0.10	NS
Raza*Parto	1	33.5362	0.19	NS
Error	39	181.0518		

¹ NS= no significativo (P>>.05)

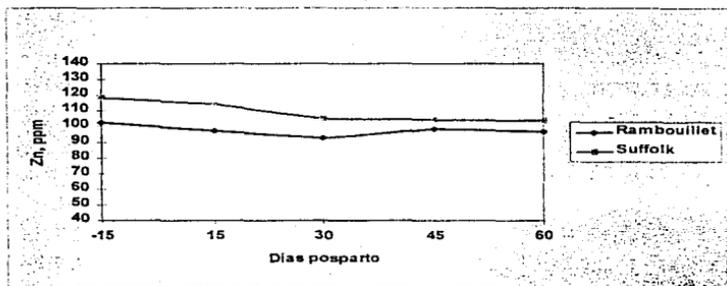


Figura 12. Concentración de Zn en lana en ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

La concentración de Zn en lana estuvo asociada con el peso de los animales ($r=.35$, $P=.0001$, Cuadro 14), con la concentración de Zn en sangre ($r=.35$, $P=.0001$, Cuadro 14), con la concentración de Cu en sangre ($r=.35$, $P=.0001$, Cuadro 14) y con la concentración de Cu en lana ($r=.25$, $P=.0001$, Cuadro 14).

Cobalto: No se determinó la concentración de Co en **sangre, leche y lana**, ya que los niveles de Co son extremadamente bajos y no fácilmente detectables con un espectrofotómetro de absorción atómica.

CONCLUSIONES.

Los resultados de este estudio confirman que existen diferencias entre razas y tipos de parto en la pérdida de peso durante la etapa de lactancia.

Durante el período de estudio, la disponibilidad de alimento estuvo limitada, lo que ocasionó que las hembras perdieran peso en forma constante.

Al inicio y durante el transcurso de la lactancia las hembras se encontraron en estrés metabólico, por lo que se recomienda que en lactancias subsecuentes las hembras consuman alimentos *ad libitum* para minimizar el estrés y tratar de no someterlas a restricciones nutricionales.

En este estudio se observó que las hembras de parto gemelar perdieron más peso que las hembras de parto sencillo. Esto sugiere que las hembras de parto gemelar pueden beneficiarse con una mejor complementación alimenticia para disminuir la pérdida de peso y aumentar el potencial de crecimiento de los corderos.

En promedio, las concentraciones de Ca en sangre y leche estuvieron dentro de lo reportado en la literatura, aunque los niveles de Ca en sangre fueron disminuyendo durante el transcurso de la lactancia. El P estuvo por debajo de lo normal.

La concentración de Ca en leche se mantuvo constante durante la lactancia, mientras que las concentraciones de P y S en lana estuvieron por arriba de lo reportado en la literatura.

Las concentraciones de Cu y Zn en general estuvieron por debajo de lo normal excepto Cu en lana y Zn en sangre. La concentración de Cu en sangre fue en aumento, aunque se mantuvo por debajo de los niveles normales. El Zn sanguíneo disminuyó de los 15 días antes del parto a los 15 DPP, pero se mantuvo dentro de los valores normales.

Las concentraciones de Cu y Zn en leche presentaron una caída abrupta entre el parto y los 15 DPP, pero los niveles fueron recuperándose hacia el final de la lactancia. Los valores estuvieron ligeramente por debajo de lo reportado como normal.

En lana, los valores de Cu estuvieron dentro de los rangos normales, aunque se presentó una disminución de los 15 días antes de parto a los 30 DPP. Los valores de Zn estuvieron por debajo de lo normal y fueron declinando a lo largo de la lactancia.

LITERATURA CITADA

1. Abdelrahman, M.M. and Kincaid, R.L.: Effects of concurrent deficiencies of phosphorus and copper in growing lambs on the concentration of minerals in tissues. *Small Ruminant Res.*, 9:229-241, (1992).
2. Akio, S.; Yoshinori, T. and Satsuki, M.: Changes in the serum, urinary and milk concentrations of calcium, phosphorus and magnesium in ewe during the perinatal period. *Anim. Sci. Technol. (Jpn.)*, 66:267-273, (1995).
3. Ashton, W. M. and Williams, M.: Studies on ewe's milk. VI. The content of some trace elements. *J. Agric. Sci., Camb.*, 88:529-531, (1977).
4. Ballantine, H.J. and Herbein, J.H. Potentiometric determination of ionized and total calcium in blood plasma of Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.*, 74: 446-449, (1991).
5. Bondi A.: Nutrición Animal. *Acirbia* España, 1989.
6. Borkin, M.P.; Ray, A. and Field, B. Sheep and Wool. *Ed. Prentice Hall*, New Jersey, 1991.
7. Braithwaite, G. D.: Calcium and phosphorus metabolism in ruminants with special reference to parturient paresis. *J. Dairy Res.*, 43:501-520, (1976).
8. Braithwaite, G.D.: Calcium and phosphorus requirements of the ewe during pregnancy and lactation. *Br. J. Nutr.*, 50: 711-722, (1983).
9. Brommage, R. and DeLuca H. Regulation of bone mineral loss during lactation. *Am. J. Phys.*, 284:182-187, (1985).
10. Bustillos, L.G.: Evaluación del magnesio y calcio (fracción ionizada y ligada), intraeritrocitarios y séricos en perros clínicamente sanos del D.F. Tesis de licenciatura.: Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., 1995.
11. Cheek, P.: Applied Animal Nutrition. *Macmillan*, New York, 1991.
12. Church, D.C.: Livestock Feeds and Feeding. *Prentice Hall*, New Jersey, 1991.
13. Cohen, R. D. H.: Phosphorus nutrition of beef cattle: Relation of pasture phosphorus to phosphorus content of blood, hair and bone of grazing steers. *Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 13:5-8, (1973).

14. Combs, D. K.; Goodrich, R. D. and Meiske, J. C.: Mineral concentrations in hair as indicators of mineral status: a review. *J. Anim. Sci.*, 54:391-398, (1982).
15. Combs, D. K.: Hair analysis as an indicator of mineral status of livestock. *J. Anim. Sci.*, 65:1753-1758, (1987).
16. Cornelius, C. E. and Kaneko, J. J.: *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 2a Ed. *Academic Press*, New York, 1971.
17. Devlin, T. M.: *Bioquímica*, 2a Ed. *Reverté, S.A.*, Barcelona, 1991.
18. Fiske, C. M. and Subbarow, Y.: The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, 66:375-376, (1925).
19. Flores, J. A.: *Bromatología Animal*. 3a. Ed. *Limusa*, México, 1980.
20. Georgievskii, V. Y.; Annenkov, B. N.; Samokhin, U. T.: *Mineral Nutrition of Animals*. *Butterworths*, London, 1982.
21. Grace, N. D.: Amounts and distribution of mineral elements associated with fleece-free empty body weight gains in the grazing sheep. *N. Z. J. Agric. Res.*, 26:59-70, (1983).
22. Grace, N. D. and Lee, J.: Effect of Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, and Zn supplementation on the elemental content of soft tissues and bone in sheep grazing ryegrass/white clover pastures. *N. Z. J. Agric. Res.*, 33:635-647, (1990).
23. Grace, N. D. and Clark, R. G.: Trace Element Requirements Diagnosis and Prevention of Deficiencies in Sheep and Cattle. In: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*, Edited by Tsuda, T., Sasaki, Y. and Kawashima, R.: *Academic Press, Inc*, pag. 321-346, San Diego California, 1991.
24. Grace, N.D. and Lee, J.: Influence of high zinc intakes, season, and staple site on the elemental composition of wool and fleece quality in grazing sheep. *N. Z. J. Agric. Res.*, 35:367-377, (1992).
25. Guyton, A. C.: *Tratado de Fisiología Médica*. 7a Ed. *Interamericana McGraw-Hill*, México, 1989.
26. Haresing, W.: *Producción Ovina*. AGT, México, 1989.
27. Haydon, K.D., West, J.W. and McCarter, M.N.: Effect of dietary electrolyte balance on performance and blood parameters of growing-finishing swine fed in high ambient temperatures. *J. Anim. Sci.*, 68:2400-2406, (1990).

28. Jelínek, P.; Gajdušek and S; Illek, J.: Relationship between selected indicators of milk and blood in sheep. *Small Ruminant Res.*, 20:53-57, (1996).
29. Kaneko, J. J.: Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 7a Edition. *Academic Press*. New York, 1980.
30. Kellaway, R. C., Sitorus, P., and Leibholz, J. M. L.: The use of copper levels in hair to diagnose hypocuprosis. *Res. Vet. Sci.*, 24:352-357, (1978).
31. Kingston, H. M. and Jassie, L. B.: Introduction to Microwave Sample Preparation. Theory and Practice. *Ed. American Chemical Society*, Washington, D. C., 1988.
32. Krebs, N. F. and Hambidge, K. M.: Zinc supplementation during lactation. Effects on maternal zinc status and milk zinc concentrations. En: Trace Elements in Man and Animals. Edited by: Mills, C. F.; Bremner, Y. and Chesters, J. K. 416-419, *Commonwealth Agricultural Bureaux* Farnham Royal, United Kingdom, (1987).
33. Langlands, J. P. and Sutherland, H. A.: Sulphur as a nutrient for Merino sheep. *Br. J. Nutr.*, 30. 529, (1973).
34. Mertz, W.: Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 5a Ed. *Academic Press*, New York, 1985.
35. NRC: Mineral Tolerance of Domestic Animals. *National Academy of Sciences*, Washington, 1980.
36. NRC. Nutrient Requirements of Sheep. 6th. *National Academy Press*, Washington, 1985.
37. Pattinson, S. E., Davies, D. A. and Winter, A. C.: Changes in the secretion rate and production of colostrum by ewes over the first 24 h. Postpartum. *J. Anim. Sci.*, 61:63-68, (1995).
38. Peeters, R., Buys, L.; Vanmontfort, D. and Van Isterdael, J.: Milk yield and milk composition of Flemish milk sheep, Suffolk and Texel ewes and their crossbreds. *Small Ruminant Res.*, 7:279-288, (1992).
39. Purroy, A. and Jaime, C.: The response of lactating and dry ewes to energy intake and protein source in the diet. *Small Ruminant Res.*, 17:17-24 (1995).
40. Rajaratne, A. A. J.; Scott, D.; Buchan, W. and Duncan, A.: The effect of variation in dietary protein or mineral supply on calcium and phosphorus metabolism in lactating ewes. *Br. J. Nutr.*, 64:147-160. (1990)

41. SAS. SAS. User's Guide: Statistics, version 5.12. *SAS Institute Inc, Cary, NC, 1985.*
42. Shimada, A.: *Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Ed. Consultores en Producción Animal, México, 1983.*
43. Simith, B.P.: *Large Animal Internal Medicine. 7a Ed. Mosby Company, Canada, 1990.*
44. Singh, N. P. and Singh, M.: Voluntary food intake and nutrient utilization in sheep during pregnancy, lactation and non-pregnant stages. *Indian J. Anim. Sci., 60:467-471, (1990).*
45. Snowden, G.D. and Glimp, H.A.: Influence of breed, number of suckling lambs, and stage of lactation on ewe milk production and lamb growth under range conditions. *J. Anim. Sci., 69:923-930, (1991).*
46. Speedy, A.W.: *Progress in sheep and goat research. Wallingfor: CAB Internacional. England, 1992.*
47. Stahr, H. M.: *Analytical Toxicology Methods Manual. State University Press. Ames. Iowa 1977.*
48. Stryer, L.: *Bioquímica. 3a Edición. Ed. Reverté. S.A., Barcelona, 1990.*
49. Tejada, I.: *Análisis de Alimentos para Animales. Ed. Trillas, México, 1992.*
50. Torres, H.G. and Hohenboken, W.: Relationships between ewe milk production and composition and preweaning lamb weight gain. *J. Anim. Sci., 50:597-603, (1980).*
51. Underwood, E.J.: *The Mineral Nutrition of Livestock. 2a Ed. Commonwealth Agricultural Bureaux, England, 1966*
52. White, C.L.; Chandler, B.S. and Peter, D.W.: Zinc supplementation of lactating ewes and weaned lambs grazing improved mediterranean pastures. *Aus. J. Exp Agric., 31:183-189, (1991).*
53. Williams, A. J.: Some comparative studies of sulfate metabolism in Merino sheep genetically different in wool production. *Aust. J. Agric. Res., 46:415-427, (1995).*
54. Wiener, G. and Field, A. C.: The concentration of minerals in the blood of genetically diverse groups of sheep. *J. Agric. Sci., Camb., 76:513-520, (1971).*
55. Wiener, G.: Review of genetic aspects of mineral metabolism with particular reference to copper in sheep. *Livestock Production Sci, 6:223-232, (1979).*

56. Yano, F. and Breves, G.: Calcium and phosphorus metabolism in ruminants. En: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*. Edited by Tsuda, T., Sasaki, Y. and Kawashima, R.: *Academic Press, Inc.*, pag. 321-346, San Diego California, 1991.

A P E N D I C E .

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL (AQP).

Es un análisis químico que determina la composición de un alimento en término de sus principales grupos de nutrientes (Tejada, 1980).

Humedad: Agua contenida en los alimentos.

- Secar la muestra en una tara hasta peso constante a 100-110° C en horno a presión atmosférica durante 18 horas.

Cenizas: Materia mineral total de alimentos.

- Pesar aproximadamente 2 g de muestra en un crisol de porcelana y calcinar durante 3 horas en una mufla precalentada a 550-600° C. Enfriar el crisol en un desecador y pesar rápidamente calculando % de cenizas.

Proteína cruda: Nitrógeno total, en forma de amonio, sin diferenciar si proviene de proteínas o de otra fuente.

Reactivos:

Ácido sulfúrico concentrado (93-95), Q.P.

Catalizador, mezcla de K_2SO_4 200g, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 20 g y Se 5 g

Solución de hidróxido de sodio aproximadamente al 50 % (500g NaOH en 500 mL de agua

Zinc en gránulos.

Solución de ácido bórico: 40g en 1 L H_2O .

Solución aproximada 0.1N de HCl o H_2SO_4 , titulada con Na_2CO_3 anhidro, usando naranja de metilo como indicador.

Solución indicadora 1 g de verde de bromocresol en 100 mL de etanol.

Digestión.

- Pesar exactamente 1.0 a 2.0 g de muestra sobre una hoja de papel filtro, doblar cuidadosamente el papel e introducir el conjunto en un matraz Kjeldahl de 800 mL
- Añadir aproximadamente 1 g de catalizador.

- Añadir 20 mL de H_2SO_4 concentrado.
- Calentar en el digestor, primeramente a temperatura moderada hasta que la formación de espuma cese y después a modo de mantener una ebullición activa hasta que la solución se clarifique.
- Continuar por 15-20 minutos más después de alcanzar este punto.
- Dejar enfriar y añadir aproximadamente 400 mL de agua con agitación constante.

Destilación.

- Colocar 50 mL de solución de ácido bórico en un matraz Erlenmeyer de 500 mL. Añadir 2 o 3 gotas de indicador. Asegurarse de que la punta del condensador se encuentre bajo la superficie del líquido en el Erlenmeyer.
- Sosteniendo el matraz Kjeldahl en posición inclinada, añadir cuidadosamente una mezcla de 100 mL de solución de NaOH al 50%, a modo que resbale por las paredes y se formen dos capas.
- Conectar inmediatamente al destilador, mezclar el contenido del matraz kjeldahl mediante agitación rotatoria y calentar hasta que todo el NH_3 haya sido destilado (150 mL de destilado son generalmente suficientes).
- Bajar el matraz Erlenmeyer de manera que el extremo del condensador quede fuera de la solución de ácido bórico y apagar el sistema de calentamiento. Enjuagar con agua destilada la punta del condensador.

Titulación

- Titular con una solución 0.1N de HCl el contenido del matraz Erlenmeyer hasta el cambio de color del indicador.

$$\%N = \frac{(\text{ml ácido} \cdot \text{normalidad del ácido}) \cdot (1.40)}{\text{Peso de la muestra en gramos}}$$

$$\% \text{ Proteína calculada} = \%N \cdot 6.25.$$

Grasa cruda o Extracto Etéreo: Substancias liposolubles en éter sulfúrico.

- Extraer en un aparato soxhlet o goldfish aproximadamente 2 g de muestras seca con éter sulfúrico en un dedal de papel filtro que permita el paso rápido del disolvente. El tiempo de extracción puede variar desde cuatro horas a velocidad de condensación de cinco a seis gotas por segundo, hasta 16 horas, de dos a tres

gotas por segundo. Se recupera el éter y el éter residual se evapora sobre baño maría en un lugar ventilado. Secar el residuo a 100° C durante 30 minutos, enfriar y pesar.

Fibra cruda: Fibra común determinada como la pérdida por calcinación del residuo de las digestiones ácidas y alcalinas de la muestra.

Reactivos.

Solución de ácido sulfúrico 0.255 ± .005 N (1.25 g de H₂SO₄/100 mL de agua).

Solución de hidróxido de sodio 0.313 ± .005 N (1.25 g de NaOH/100 mL de agua libre de Na₂CO₃).

Procedimiento

- Pesar 2 g de muestra seca, molida y desengrasada con éter etílico y transferirla a un vaso Berzelius de 600 mL.
- Agregar 200 mL de ácido sulfúrico 1.25 % hirviendo y una gota del antiespumante o perlas de ebullición. Colocar el vaso en el digestor y hervir exactamente por 30 min.
- Filtrar el contenido a través de papel filtro previamente pesado y lavar con 4 porciones de agua hirviendo.
- Transferir el residuo filtrado al mismo vaso, añadir 200 mL de la solución de NaOH 1.25 % hirviendo y hervir exactamente por 30 minutos.
- Filtrar el contenido a través de otro papel filtro previamente pesado. Lavar con una porción de 25 mL de H₂SO₄ 1.25 % tres porciones de agua y 25 mL de alcohol. Secar el residuo por dos horas. Enfriar en desecador y pesar.

Extracto Libre de Nitrógeno(ELN):

% ELN= 100-(%H+%C+%PC+%EE+%FC)

%H= Humedad

%C= Cenizas

%PC= Proteína cruda

%EE= Grasa cruda o Extracto Etéreo

%FC= Fibra cruda

FIBRA NEUTRO DETERGENTE (FND).

Determina las paredes celulares en alimentos fibrosos vegetales (Tejada, 1980)

Reactivo

Solución detergente neutro: 1L de agua destilada, 30 g sulfato lauril sódico; 14.61 g de ácido etilendiaminotetracético, 4.0 g de hidróxido de sodio, 6.81 g de tetraborato de sodio, 4.56 g de fosfato disódico anhidro, 10 mL de etilenglicol monoetiléter.

Procedimiento

- Pesar 0.5 g de muestra secada y molida,
- Agregar 100 mL de solución detergente neutro.
- Poner en la parrilla del aparato de reflujo y calentar para que la solución hierva en cinco minutos y reducir la temperatura cuando comienza la ebullición, para evitar la formación de espuma.
- Mantener las muestras así por 60 minutos contando desde el momento en que se inicia la ebullición.
- Poner en el aparato de filtración los crisoles tarados y pasar a través de ellos agua caliente. Decantar toda la muestra en el crisol utilizando un mínimo de agua caliente, lavá la muestra dos veces con agua caliente y dos veces con acetona y aplicar succión hasta que seque.
- Secar los crisoles a 105° C por ocho horas en una estufa de aire forzado.
- Pesar los crisoles para obtener el contenido de paredes celulares.
- Calcinar a 525° C por 3 horas, sacar de la mufla y pesar.
- La pérdida en el peso corresponde a las paredes celulares libres de cenizas.

DIGESTIÓN ÁCIDA.

El proceso de digestión ácida sirve para eliminar la materia orgánica que pueda estar adherida a la materia inorgánica por analizar (Tejada, 1980).

Digestión ácida en placa**Reactivos**

Ácido nítrico concentrado

Ácido perclórico concentrado

Procedimiento

- Pesar 3-5 g de muestra y meter la muestra en un matraz microkjeldahl. El matraz debe lavarse previamente con ácido nítrico.
- Añadir 6-7 mL de ácido nítrico a la muestra.
- El matraz microkjeldahl se coloca sobre una placa que deberá calentarse lentamente hasta alcanzar una temperatura de 80° C.
- Añadir 2 mL de ácido perclórico cuando la muestra se observe medianamente blanquecina, dejando calentar nuevamente la muestra.
- Cuando la muestra se haya digerido por completo y el ácido se haya evaporado, la muestra deberá aparecer blanca; si no es así, continuar la digestión, añadiendo más ácido nítrico.
- Se filtra la muestra digerida sobre papel filtro y se afora a 25 mL con agua desionizada.

Digestión ácida por microondas.

El procedimiento de digestión consiste en el calentamiento de la muestra adicionando ácidos minerales y cierta presión (psi). El calor es producido con energía electromagnética (microondas). Las microondas son energía de radiación no ionizada, causada por movimientos moleculares, migración de iones y rotación de dipolos. La energía de microondas tiene un rango de frecuencia de 300 a 300,000 MHz; la frecuencia más comúnmente utilizada en el procesamiento de digestión es de 2450 Mhz (Kingtons, 1988).

El rango de presión que se utiliza en el proceso de digestión depende del tipo de muestra que se esté digiriendo, combinado esto, con la energía electromagnética. La presión se mide en libras sobre pulgada cuadrada (psi).

El efecto del calentamiento y la presión sobre las muestras se controlan mediante el uso de vasos de teflón totalmente cerrados, lo que también permite recuperar la totalidad de los minerales contenidos en las muestras. Además, elimina

contaminaciones externas, reduce el uso de ácidos minerales, elimina totalmente el ácido perclórico y también reduce el tiempo de procesamiento de las muestras.

Digestión ácida de sangre total.

Reactivos

- 10 mL de ácido nítrico destilado
- 2 mL de agua desionizada
- 2 mL de sangre completa
- 13 mL de agua doblemente destilada

Las muestras de sangre se sometieron a una digestión en un horno de microondas CEM (MDS-2000) con el siguiente programa:

Estado	1	2	3
Poder	100	100	100
psi	40	80	120
Tiempo	25.00	25.00	25.00
¹ TAP	300	300	1000

¹TAP=Tiempo a presión

Digestión ácida de lana

Reactivos

- 5 mL de ácido nítrico destilado
- 0.5 g de lana limpia
- 20 mL de agua doblemente destilada.

Las muestras de lana se sometieron a una digestión en un horno de microondas CEM (MDS-2000) con el siguiente programa:

Estado	1	2	3	4
Poder	90	90	90	40
psi	20	40	85	135
Tiempo	10.00	10.00	10.00	15.00
TAP	300	400	500	1000

¹TAP= Tiempo a presión

DETERMINACIÓN DE AZUFRE: (Stahr, 1977)

Reactivos

Solución de cloruro de bario al 0.1 M.

Procedimiento

- Desecar rodajas de papel filtro y pesar a peso constante.
- Agregar 5 mL de solución madre y 5 mL de cloruro de bario de 0.1 M en un vaso precipitado de 40 mL.
- Calentar la solución a ebullición; posteriormente, se deja reposar durante toda la noche de modo que sedimente el precipitado de sulfato de bario.
- Filtrar la solución en las rodajas de papel filtro, reteniendo el precipitado.
- Desecar las rodajas en una estufa a 100 C y pesar, obteniendo el peso de los cristales de sulfatos de bario
- Cálculos:

$$\text{Sulfatos} = \frac{(\text{peso de los cristales})(0.411)}{0.000005} = \frac{10}{3} = \text{ppm de sulfatos}$$

DETERMINACIÓN DE FÓSFORO

Método de Fiske y Subbarow. *J. Biol. Chem.*, 66:375-376. (1925).

Reactivos:

Ácido tricloroacético al 10 %.

Estándar del molibdato de amonio: Disolver 25 g de molibdato de amonio en 200 mL de agua destilada. En un matraz volumétrico de 1000 mL colocar 300 mL de

ácido sulfúrico al 10 N y mezclar con la solución del molibdato de amonio; por último, diluir la mezcla con agua destilada hasta los 1000 mL.

Estándar del ácido aminonaftosulfónico: Mezclar 0.5 mg de ácido aminonaftosulfónico purificado, 195 mL de bisulfito de sodio al 15 % y 5 mL de sulfito de sodio.

Solución estándar de fósforo. Disolver 0.439 g de fosfato monopotásico en 1000 mL de agua destilada. Esta solución contiene 0.1 mg de P en 1 mL.

Procedimiento.

- En un tubo de ensaye colocar 9 mL de ácido tricloroacético al 10% y 1 mL de solución madre.
- Transferir 5 mL de la mezcla anterior y añadir 1 mL de molibdato de amonio y 0.4 mL de ácido aminonaftosulfónico; diluirlo con agua destilada hasta 10 mL.
- Agitar el tubo y dejar reposar por 5 min.
- Determinar en un fotocolorímetro con un rango de 650 nm.

Blanco

- Colocar en un tubo 5 mL de ácido tricloroacético al 10 % y añadir 1 mL de molibdato de amonio y 0.4 mL de ácido aminonaftosulfónico. Diluir a 10 mL con agua destilada y dejar reposar 5 min.

Estandar

- Colocar en un tubo 5 mL de la solución estandar y añadir 1 mL de molibdato de amonio y 0.4 mL de ácido aminonaftosulfónico. Diluir a 10 mL con agua destilada y dejar reposar por 5 min.

Cálculos:

$$\frac{5.0}{\text{lectura del estandar}} \cdot \text{lectura de la muestra} \cdot 12.6 = \text{mg}$$