

01672
4

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCION Y DE
LA SALUD ANIMAL.

EFECTO DE LA RAZA EN EL PERFIL MINERAL DE
SANGRE, LECHE Y LANA DE OVEJAS EN PASTOREO.

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A

YOLANDA CASTAÑEDA NIETO

TUTOR: SILVIA ELENA BUNTINX DIOS
COMITE TUTORAL: CARLOS GARCIA BOJALIL
RENE ROSILES MARTINEZ
IRMA TEJADA CASTAÑEDA
MARIA ESTHER ORTEGA CERRILLA



MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2002



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

El autor da consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México para que la tesis esté disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.

E.P.A., M.V.Z. Yolanda Castañeda Nieto

DEDICATORIAS

A mis padres Amalia y Jaime, que siempre me apoyaron y me impulsaron a seguir,
sin importar los contratiempos.

A mis hermanas Leticia, Ana María y Guadalupe, que me soportaron y apoyaron a
pesar de mis malos momentos.

A mis hermanos Sergio, Eduardo, Jaime, Francisco y José Luis por su apoyo.

A mis sobrinos Rubén, Aracelí, Miriam, Ana Karén, Gerardo, Fernando y Leo.

A mis compañeros de trabajo, que siempre me prestaron su ayuda incondicional,
especialmente al Dr. Lucas Melgarejo V.

Solo puedo decirles Muchas Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Toxicología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial al Dr. René Rosiles Martínez y al M.V.Z. Janitzio Bautista Ordoñez por su ayuda desinteresada.

Al personal del Laboratorio del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de La Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente a los M.V.Z., M.P.A. Antonio Díaz Cruz y Sergio C. Angeles Campos y a la Q. Ma. Antonieta Aguirre, por las facilidades otorgadas para la realización de esta investigación. A la M.V.Z., M.P.A., Hilda A. Ramírez Pérez, a las MVZ Ana B. Aceves López y Beatriz Jiménez Monroy, y a la Señora Fermina Palma por su apoyo y ayuda incondicional.

Al todo el personal del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina por las facilidades otorgadas en la realización de esta investigación. En especial al M.V.Z. M.P.A. Antonio Ortiz Hernández y a los M.V.Z. Rosa B. Angulo, Cesar Tapia R., Cesar Flores S., Ricardo Hernández A., Juan Carlos Jacinto y a la PMVZ Guadalupe Rendón E.

A mi Honorable Comité Tutoral, por las aportaciones hechas a esta investigación, en especial a mi tutora la MVZ, M.Sc., Ph.D. Silvia Elena Buntinx Dios.

Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
Proyecto CONACYT 1567P-B9507: “Estudio de las fluctuaciones en la
concentración mineral corporal de ovinos en diferentes etapas productivas y su
relación con el forraje en un sistema de producción bajo condiciones de pastoreo”
Bajo la supervisión de M.V.Z., M. Sc., Ph D. Silvia Elena Buntinx Dios.

CONTENIDO.

	Página
RESUMEN.....	I
SUMMARY.....	II
CONTENIDO.....	III
LISTA DE CUADROS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Lactancia en pastoreo.....	2
Consumo voluntario en pastoreo.....	4
Minerales.....	6
Macrominerales.....	8
Calcio.....	8
Fósforo.....	9
Magnesio.....	12
Azufre.....	15
Microminerales.....	18
Selenio.....	18
Zinc.....	24
Cobre.....	26
Hierro.....	30
Justificación.....	34
Hipótesis.....	35
Objetivo general.....	36

Objetivos específicos	36
II MATERIAL Y METODOS	37
Fase de campo	37
Alimentación	38
Inducción de celo	38
Manejo experimental preparto	38
Manejo experimental al momento del parto	39
Conformación del grupo experimental	39
Pesaje y muestreos	39
Manejo experimental posparto	39
Dosificación del marcador	40
Obtención de muestras	40
Sangre y suero	40
Leche y calostro	40
Lana	41
Heces	41
Forraje	41
Suelo	42
Fase de laboratorio	42
Análisis de laboratorio	42
Sangre	42
Suero	42
Lana	43
Leche o calostro	43

Forraje	43
Suelo	43
Heces	44
Cuantificación de minerales	44
Análisis estadístico	45
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
Características fisico-químicas y composición mineral del suelo	46
Producción de forraje	53
Digestibilidad y contenido mineral del forraje	55
Composición del concentrado de los corderos	58
Peso de los animales	61
Cambio de peso en las hembras	61
Cambio de peso de los corderos	66
Consumo Voluntario	71
Consumo voluntario por peso metabólico (Kg P.V. ^{0.75})	73
Consumo de proteína cruda y de algunos macro y microminerales	75
Concentración de macrominerales	77
Calcio en sangre	77
Calcio en suero	82
Calcio en leche	86
Fósforo en sangre	88
Fósforo en leche	93
Magnesio en sangre	95
Magnesio en leche	97

Azufre en lana	101
Concentración de microminerales	105
Cobre en sangre	105
Cobre en leche	109
Cobre en lana	113
Hierro en sangre	115
Hierro en leche	111
Zinc en sangre	124
Zinc en Leche	128
Zinc en Lana	133
Selenio en sangre	136
IV. CONCLUSIONES	141
V. BIBLIOGRAFÍA	143

CUADROS

No.	Título	Página
1	<i>Características físico-químicas y análisis mineral del suelo de la pradera experimental.</i>	47
2	<i>Intervalo de pH óptimo del suelo para la asimilación de algunos macro y microminerales.</i>	48
3	<i>Requerimientos de nutrientes asimilables recomendados para <i>Lolium multiflorum</i> según su producción</i>	50
4	<i>Producción de materia seca total y por hectárea de la pradera de <i>Lolium multiflorum</i> durante el periodo experimental utilizando jaulas de exclusión</i>	54
5	<i>Porcentaje de proteína cruda, digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia seca y contenido de algunos minerales del forraje obtenido a partir de muestras manuales.</i>	56
6	<i>Concentración promedio de proteína cruda y de algunos macro y microminerales del pasto <i>Lolium multiflorum</i> en materia seca</i>	57
7	<i>Composición y características nutricias del concentrado de iniciación de los corderos</i>	59
8	<i>Consumo promedio por semana del concentrado de iniciación por cordero al día, durante el experimento</i>	60
9	<i>Análisis de varianza de mediciones repetidas para el cambio de peso de las ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	61
10	<i>Pesos promedio de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactación en pastoreo.</i>	62
11	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo para el cambio de peso de las ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	64

12	<i>Análisis de varianza de mediciones repetidas para el cambio de peso de los corderos Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	66
13	<i>Kilogramos promedio de cordero producidos (suma de ambos corderos) por oveja Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	67
14	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre los kilogramos de cordero producidos por hembra Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	68
15	<i>Requerimientos nutricionales de ovejas en lactación</i>	70
16	<i>Análisis de varianza de mediciones repetidas para el consumo voluntario de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	71
17	<i>Análisis de varianza de mediciones repetidas para el consumo voluntario por peso metabólico de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	74
18	<i>Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de Ca en sangre, suero y leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	78
19	<i>Concentración promedio de Ca en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	79
20	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Ca en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	81
21	<i>Concentración promedio de Ca en suero de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	83
22	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Ca en suero de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	84
23	<i>Concentración promedio de P en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	88
24	<i>Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de P en sangre y leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	89

25	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración P en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	91
26	<i>Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de Mg en sangre, suero y leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	96
27	<i>Concentración promedio de Mg en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	97
28	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Mg en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	99
29	<i>Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de S en lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	101
30	<i>Concentración promedio de S en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	102
31	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración S en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	103
32	<i>Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de Cu en sangre, leche y lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	106
33	<i>Concentración promedio de Cu en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	107
34	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Cu en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	108
35	<i>Concentración promedio de Cu en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	110

36	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración Cu en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	112
37	<i>Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de Fe en sangre, leche y lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	116
38	<i>Concentración promedio de Fe en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	117
39	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Fe en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	118
40	<i>Concentración promedio de Fe en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactación en pastoreo.</i>	120
41	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Fe en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	122
42	<i>Análisis de varianza de mediciones repetida para la concentración de Zn en sangre, leche y lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	125
43	<i>Concentración promedio de Zn en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	126
44	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Zn en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	127
45	<i>Concentración promedio de Zn en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	129
46	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Zn en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	131
47	<i>Concentración promedio de Zn en lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	133

48	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Zn en lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	134
49	<i>Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de Se en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	136
50	<i>Concentración promedio de Se en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	137
51	<i>Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Se en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	139

FIGURAS

No.	Título	Página
1	<i>Producción de materia seca (kg) de la pradera de <u>Lolium multiflorum</u> y demanda de forraje (kg) de las ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo continuo.</i>	55
2	<i>Cambio de peso promedio de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	63
3	<i>Cambio de peso promedio de corderos Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	69
4	<i>Concentración promedio de Ca en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	80
5	<i>Concentración promedio de Ca en suero de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	85
6	<i>Concentración promedio de P en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	90
7	<i>Concentración promedio de Mg en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	98
8	<i>Concentración promedio de S en lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	102
9	<i>Concentración promedio de Cu en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	109
10	<i>Concentración promedio de Cu en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	111
11	<i>Concentración promedio de Fe en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	119

12	<i>Concentración promedio de Fe en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	121
13	<i>Concentración promedio de Zn en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo</i>	126
14	<i>Concentración promedio de Zn en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	130
15	<i>Concentración promedio de Zn en lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	135
16	<i>Concentración promedio de Se en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.</i>	138

RESUMEN

Yolanda Castañeda Nieto “Efecto de la raza en el perfil mineral de sangre, leche y lana de ovejas en pastoreo”, bajo la asesoría de MVZ, M.Sc., Ph.D. Silvia Elena Buntinx Dios.¹

Se utilizaron siete ovejas Suffolk (SU) y siete Rambouillet (RA) de parto gemelar para determinar diferencias por raza en el perfil de Ca, P, Mg, S, Cu, Fe, Zn y Se, en sangre, suero, leche y lana en una lactación en pastoreo continuo en una pradera de *Lolium multiflorum*. Se usó un diseño completamente al azar con dos tratamientos (SU y RA), con mediciones repetidas. Las ovejas se muestrearon y pesaron 15 días antes del parto (calostro al parto), y a los 15, 30, 45 y 60 días posparto (sangre, suero, leche, lana, heces y forraje). Se estimó el consumo voluntario mediante la concentración fecal de Cr_2O_3 y la digestibilidad *in vitro* del forraje. El Ca, Mg, Cu, Fe, Zn y Cr se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica; Se, por generación de hidruros; P, colorimétricamente, y S, por gravimetría. El **consumo voluntario**, expresado en kg por animal y por peso metabólico, mostró diferencias por raza ($P=0.02$), siendo menor para las ovejas SU que para las RA (3.28 vs 2.44 kg M.S.). **SANGRE:** Los niveles de Mg (44 ppm) en sangre no mostraron diferencias de ningún tipo, mientras que Ca, Fe, Cu y Zn mostraron un comportamiento cúbico ($P<0.05$); P tuvo un comportamiento cuártico y Se, un comportamiento lineal. Se observaron diferencias por raza únicamente para Cu en sangre (SU=1.77 vs RA=1.32 ppm, $P<0.05$) y comportamiento cúbico de muestreo. **SUERO:** Ca ($P<0.001$) mostró diferencias por raza (SU=66 vs RA=83 ppm) y tuvo un comportamiento cúbico ($P<0.05$). **LECHE:** Los niveles de P no mostraron diferencias de ningún tipo (4362 ppm); Mg mostró un efecto cuadrático, mientras que Fe y Zn mostraron una interacción raza*muestreo ($P<0.05$). En el caso de Cu se observó una mayor tendencia hacia un comportamiento lineal ($P=0.049$), y se presentaron diferencias por raza (SU=2947 vs RA=3543 ppm) para los niveles de Ca. **LANA:** S y Zn en lana presentaron un comportamiento cuártico ($P=0.02$) y cúbico ($P=0.004$), respectivamente, mientras que el Cu (5.77 ppm) no reveló efecto alguno. El pastoreo continuo con *Lolium multiflorum* no ocasionó altas fluctuaciones ni deficiencias en la concentración de minerales en leche y lana, pero en sangre el comportamiento de los minerales sí sufrió alteraciones. Por lo tanto, el pastoreo en ryegrass no fue adecuado para mantener los altos requerimientos minerales de ovejas de parto gemelar en lactación.

Palabras Clave: Suffolk, Rambouillet, lactación, sangre, leche, lana, pastoreo, consumo voluntario, calcio, fósforo, magnesio, azufre, selenio cobre, hierro, zinc

¹ Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la F.M.V.Z., U.N.A.M.

SUMMARY

Yolanda Castañeda Nieto "Effect of breed on the mineral profile of blood, milk and wool of grazing ewes", under the supervision of MVZ, M.Sc., Ph.D. Silvia Elena Buntinx Dios.²

Seven Suffolk (SU) and seven Rambouillet (RA) ewes with twins were used to determine breed differences in the Ca, P, Mg, S, Cu, Fe, Zn and Se profile in blood, serum, milk and wool during a continuous grazing regime in a *Lolium multiflorum* paddock. The data were analyzed as a completely randomized design with two treatments (SU and RA) and repeated measures. The ewes were sampled and weighed 15 days before lambing (calostrum was sampled at birth) and 15, 30, 45 and 60 days post-partum (blood, serum, milk, wool, feces and forage). Voluntary intake was estimated using the fecal concentration of Cr₂O₃ and the *in vitro* dry matter digestibility of the forage. Calcium, Mg, Cu, Fe, Zn and Cr were determined using flame atomic absorption spectrophotometry; Se, using the hydride generation technique; P was assayed colorimetrically, and S, using gravimetry. **Voluntary intake**, expressed as kg/animal and kg/kg^{0.75}, showed breed differences (P=0.02), with higher intakes for SU ewes than for RA ewes (3.28 vs 2.44 kg DM/animal). **Blood:** there were no significant differences in Mg concentration (44 ppm), whereas Ca, Fe, Cu and Zn had a cubic effect with time (P<0.05); P appeared to have quartic trend and Se behaved linearly with time. There were breed differences for Cu (SU=1.77 vs RA 1.32 ppm, P<0.05). **Serum:** There were breed differences for Ca (SU=66 vs R=83 ppm, P<0.001) and sampling effects with a cubic trend (P<0.05). **Milk:** P concentrations had no significant effects (4362 ppm); Mg had a sampling effect, with a quadratic trend (P<0.01), and there was a breed*sampling interaction (P<0.05) for Fe and Zn. There was a greater tendency for Cu to behave linearly (P=0.049) and there were breed differences in Ca concentrations (SU=2947 vs RA=3543 ppm). **Wool:** S and Zn showed a sampling effect, with quartic (P<0.02) and cubic (P<0.004) trends, respectively, whereas no effect was found in Cu (5.77 ppm). Continuous grazing of *Lolium multiflorum* did not seriously affect the mineral concentration in milk and wool, but the blood mineral profile was altered. Therefore, ryegrass grazing could not support the high mineral requirements of lactating ewes with twins.

Keywords: Suffolk, Rambouillet, lactation, blood, milk, wool, grazing, voluntary intake, calcium, phosphorus, magnesium, sulfur, selenium, copper, iron, zinc

² Department of Animal Nutrition and Biochemistry, F.M.V.Z., U.N.A.M.

I. INTRODUCCIÓN

El territorio nacional, debido a su gran variedad de climas y grandes extensiones de tierra, cuenta con condiciones favorables para la ganadería ovina; sin embargo, tiene poca importancia económica en nuestro país (Ortíz, 1995).

El ganado predominante en la zona centro y sur del país es el criollo con influencia de razas de cara negra, principalmente Suffolk (Arbiza y De Lucas, 1992). Originalmente, la oveja Suffolk fue obtenida cruzando las ovejas de cara negra y cuernos de la vieja raza Norfolk con los moruecos de la Southdown. La raza Suffolk se identifica fácilmente, siendo la única que tiene cabeza y orejas completamente negras. Sobresale como una raza productora de carne por su crecimiento y desarrollo muscular; tiene el dorso ancho y plano y bien dotado de carne magra. Las hembras adultas llegan a pesar hasta 91 kg y los machos, 136 kg. Por estas características, generalmente son cruzadas con razas productoras de lana para producir corderos comerciales o para la producción de ovejas cruzadas, que son preferidas a las Suffolk puras, pues esta raza produce poca lana y de baja calidad (Botkin *et al.*, 1988; Owen, 1976; Cole y Ronning, 1974).

En la zona norte predominan los animales criollos con influencia de Merino, en su gran mayoría Rambouillet (Arbiza y De Lucas, 1992). Esta raza se desarrolló en Francia a partir del Merino Español. Se caracteriza por ser de mayor tamaño que la raza Merino, estar libre de excesivas arrugas de la piel y producir una lana excelente. Las hembras adultas pesan entre 64 y 82 kg y los machos, de 115 a 137 kg. Son animales de color blanco, de cara libre de lana y sólo los machos poseen cuernos. Como cualquier descendiente de los Merino, posee un fuerte instinto gregario (Botkin *et al.*, 1988; Owen, 1976; Cole y Ronning, 1974; Ensminger, 1987).

En México, la producción de ovinos se realiza generalmente bajo condiciones de pastoreo y los forrajes constituyen la única fuente de nutrimentos o la mayor parte de la

dieta consumida. En consecuencia, la producción ovina depende, en gran medida, de la disponibilidad y el valor nutritivo de los forrajes (González, 1992).

LACTANCIA EN PASTOREO

Debido a que en la mayor parte de los sistemas las ovejas lactantes se encuentran bajo pastoreo con poco o ningún otro alimento disponible, es muy importante definir el grado en que ovejas en lactancia pueden satisfacer sus elevados requerimientos nutricionales a partir de la pastura (Peart, 1982; Speedy, 1991).

La producción de forraje presenta una amplia variación en cantidad y calidad en los diferentes períodos del ciclo anual. La estacionalidad es una característica inherente a los forrajes, que puede considerarse como su más grave inconveniente. Si se dispusiera de pasto durante todo el año, sería el alimento ideal y la base más rentable para la producción de los rebaños; sin embargo, surge una disminución en su crecimiento a causa de las bajas temperaturas en las zonas frías y de las bajas precipitaciones en las cálidas. Durante el año se alternan períodos en los que el forraje es abundante con otros en los que escasea (Fraser y Stamp, 1989; Ensminger, 1987)

La oveja, por provenir de países europeos, tiene una estacionalidad reproductiva muy marcada, que le permite aprovechar al máximo las épocas con buena producción de forraje. Así, la oveja comienza a ciclar a principios del otoño, cuando la producción de forraje es menor y la calidad del forraje comienza a declinar. La gestación transcurre durante parte del otoño y el invierno y esto no representa un grave problema desde el punto de vista nutricional, pues las demandas nutricias durante la gestación son menores que durante la lactancia. Al iniciar la primavera, con el resurgimiento de pastura de excelente calidad, la oveja está próxima al parto y los nacimientos, entonces, coinciden con la mejor producción y calidad de pasto. De esta manera, la oveja asegura tener una excelente fuente de nutrimentos durante la lactación (Fraser y Stamp, 1989; Haresing, 1989; Speedy, 1991).

En México, la estacionalidad de la oveja es un poco menos marcada, pero es una desventaja, pues la producción de pasto aquí es mayor en verano-otoño que en primavera. Las ovejas se empadran en agosto para parir en enero, cuando prácticamente no hay pastura disponible (Fraser y Stamp, 1989, Haresing, 1989, Ortíz, 1995). Así, la óptima alimentación basada totalmente en el pastoreo resulta difícil (Allison, 1985; Van Houtert, 1996).

La lactación es el período del ciclo productivo de la oveja cuando los requerimientos nutricionales son más elevados. En esta etapa el apetito de la oveja aumenta sustancialmente, entre un 20 a 50% durante las primeras 2 a 3 semanas, declinando lentamente en las semanas siguientes. A pesar de ello, las ovejas casi nunca son capaces de satisfacer sus necesidades de producción al comienzo de la lactación, lo que ocasiona una movilización de las reservas corporales que se traduce en una pérdida de peso. Sin embargo, si las ovejas no consumen una dieta adecuada, la utilización de reservas corporales no permite, por sí misma, sostener una producción de leche en la primera fase de lactación (Owen, 1976; Forbes, 1970; Speedy, 1991).

Los principales factores que influyen sobre la producción de leche de las ovejas son la raza, el peso del cordero al nacimiento, el número de corderos amamantados, la edad, el peso de la oveja y la alimentación durante la gestación y lactación. No hay duda de que la alimentación y el consumo alimentario, en la mayoría de las condiciones de manejo, son los factores más significativos, ejerciendo también el efecto de la demanda de leche por los corderos una importante influencia reguladora (Owen, 1976; Fraser y Stamp, 1989; Ensminger, 1987; Forbes, 1970).

El pico de producción de leche es más elevado y se alcanza antes cuando las ovejas amamantan dos corderos, pero la producción de leche total no es muy diferente de las que amamantan sólo uno, ya que las curvas de producción de estas últimas decrecen con menor lentitud. La composición de la leche cambia a medida que la lactación progresa. Después de un descenso inicial durante las 3 a 4 primeras semanas, el contenido de grasa y de sólidos no grasos, de proteínas y de cenizas normalmente aumenta, mientras que los niveles de

lactosa, después de un pequeño incremento, se reducen a lo largo de la lactación (Owen 1976; Fraser y Stamp, 1989; Ensminger, 1987).

Como se mencionó anteriormente, debido a que la mayoría de las ovejas se mantienen en sistemas de pastoreo, es de particular importancia considerar el consumo voluntario de forraje de las ovejas en lactación bajo estas condiciones (Peart, 1982).

CONSUMO VOLUNTARIO EN PASTOREO

Existen pocos estudios claros y precisos de los patrones de consumo de forraje de las ovejas en lactancia cuando no están restringidas por una baja cantidad o calidad del forraje disponible, en parte debido a la dificultad de estimar el consumo voluntario en pastoreo (Haresing, 1989; Forbes, 1970).

El control del consumo voluntario, particularmente en rumiantes, puede deberse a cuestiones físicas o metabólicas, dependiendo de las propiedades físico-químicas de los ingredientes y de los requerimientos nutritivos del animal. Sin embargo, debido al tipo de alimento al que tienen acceso los animales en pastoreo, con una concentración baja de energía digestible y una digestión lenta, la capacidad física del tracto digestivo impone un límite al consumo voluntario antes de llegar al límite metabólico (Forbes, 1970).

El consumo voluntario en ovejas en lactación usualmente aumenta inmediatamente después del parto, incrementándose rápidamente en las primeras 2 a 3 semanas de lactación; continúa aumentando lentamente hasta alcanzar su máximo a las 2 o 3 semanas después de alcanzarse el pico de producción de leche y entonces declina. En dietas de baja digestibilidad, este aumento es más lento inicialmente y puede continuar elevándose lentamente hasta las 12 semanas de lactación. Las ovejas con parto gemelar tienen un mayor consumo que las de parto sencillo (Forbes, 1970; Peart, 1982).

Hadjipieris y Holmes (1966) señalan un aumento del 42% en el consumo voluntario de ovejas durante una lactación en pastoreo, mientras que Cook, Mattox y Harris, citados por los mismos autores, hablan de un aumento del 26% en comparación con ovejas secas.

Esto coincide con lo indicado por Peart (1982), que menciona que el consumo voluntario en las ovejas en lactación es del 50 al 100% mayor que en ovejas secas o en gestación. Forbes (1970), al igual que Hadjipieris y Holmes (1966), señalan aumentos del 80% en el consumo en ovejas de parto gemelar y del 60% en ovejas con un solo cordero, en comparación con ovejas secas.

Para conocer el consumo esperado de forraje en animales que lo consumen libremente, se puede estimar el consumo individual a partir de la producción fecal y de la digestibilidad del alimento (Church y Pond, 1989; Doyle *et al.*, 1994; Van Houtert, 1996). La recolección de heces es un proceso laborioso y costoso (Bateman, 1970), que presenta las desventajas de que los animales no se adaptan fácilmente al arnés y la recolección debe hacerse una o dos veces al día, lo que puede afectar el patrón normal de pastoreo (Doyle *et al.*, 1994; Van Houtert, 1996). El problema es más complicado al realizar las mediciones en hembras (Doyle *et al.*, 1994; Van Houtert, 1996), pues se requiere de equipo especializado para separar la orina de las heces, ya que si se mezclan, el error es suficiente como para anular la prueba (Bateman, 1970).

La producción fecal se puede estimar a partir de la dilución en heces de una sustancia marcadora indigestible (Luginbuhl *et al.* 1994; Van Houtert, 1996). Los marcadores son ampliamente utilizados en humanos y en animales (rumiantes y no rumiantes) (Kotb y Luckey, 1972) para estimar la digestibilidad de los forrajes, la producción fecal, el consumo voluntario, la tasa de pasaje de líquidos y sólidos a través del tracto gastrointestinal y la digestibilidad de la materia seca (MS) (Pond *et al.*, 1987; Bateman, 1970).

En forma general, un marcador es un material utilizado para la estimación cualitativa o cuantitativa, generalmente de modo indirecto, de fenómenos de tipo fisiológico o nutricional (Pond *et al.* 1987). El problema principal es seleccionar una sustancia que pueda determinarse con facilidad. Una sustancia inerte como el sesquióxido de cromo (Cr_2O_3) es ideal para determinarse y no se absorbe (Bateman, 1970).

El Cr₂O₃ es el marcador más usado para rumiantes (Bateman, 1970). Es ligero (peso molecular =152.02), de color verde oscuro, prácticamente insoluble en agua, alcohol y acetona, pero ligeramente soluble en álcalis y ácidos (Kotb y Luckey, 1972). Puede administrarse mezclado con el alimento, con una sustancia aglomerante, en cápsulas o como píldoras. Debido a que el Cr₂O₃ no es absorbido por el sistema digestivo, es lógico esperar que todo el sesquióxido de cromo sea recuperado en las heces (Bateman, 1970).

La producción fecal se calcula basándose en la concentración del marcador en las heces, a través de dos metodologías: 1) utilizando una dosis única de éste, o 2) administrándolo diariamente para lograr un nivel constante en el rumen (Buntinx, 1990).

La estimación de la producción de heces usando la técnica de la dosis única se consigue midiendo el cambio a través del tiempo de la concentración del marcador después de la administración del mismo. Entre la dosificación y la aparición en heces del Cr₂O₃ transcurre cierto tiempo y después se presenta un pico en la concentración que va disminuyendo hasta límites no detectables. La desventaja de este método es la necesidad de recoger frecuentemente muestras fecales para construir la curva de aparición del marcador, lo que puede alterar el comportamiento de los animales en pastoreo (Pond, *et al.*, 1987).

La segunda técnica consiste en proporcionar diariamente una cantidad conocida del marcador para obtener una concentración constante en el rumen. La concentración en las heces alcanza un valor constante, generalmente días después de iniciada la dosificación; a partir de este momento las muestras pueden tomarse a cualquier hora durante el día y durante tres a siete días consecutivos para obtener una concentración promedio del marcador (Van Houtert, 1996).

La producción fecal se calcula con la siguiente ecuación (Van Houtert, 1996):

$$\text{Prod. fecal (M.S. g/día)} = \frac{\text{Dosis de marcador (mg/día)}}{\text{Concentración del marcador en heces (mg/g M.S.)}}$$

Una vez estimada la producción fecal individual, y conociendo la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de la dieta, es posible calcular el consumo voluntario con la siguiente ecuación (Pond, *et al.* 1987):

$$\text{Consumo voluntario (g/día)} = \frac{\text{Producción fecal (g M.S./día)}}{1 - \text{DIVMS}/100}$$

MINERALES

Aún cuando se ha estudiado el aporte de energía y proteína de los forrajes de clima tropical y templado, poco se ha progresado en el conocimiento de la función de los minerales y de los requerimientos y los factores que afectan su disponibilidad en los rumiantes en pastoreo (Spears, 1994).

Los minerales representan una porción relativamente pequeña de la dieta de los animales; sin embargo, son vitales para la vida de los mismos (Church, 1991), ya que forman parte de vitaminas, enzimas y hormonas y afectan todas las formas de metabolismo (carbohidratos, proteínas y lípidos). Obviamente, dado que los elementos minerales forman una parte esencial del cuerpo, ningún animal puede mantenerse y menos producir si los minerales no se encuentran presentes en cantidades adecuadas (Fraser y Stamp, 1989).

Aquellos minerales que se necesitan en mayor cantidad en la dieta se conocen como macroelementos o elementos minerales principales: calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), cloro (Cl) y azufre (S). El grupo presente en cantidades pequeñas se conoce como microelementos, oligoelementos o minerales traza: cobre (Cu), cobalto (Co), hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), selenio (Se), yodo (I) y molibdeno (Mo) (NRC, 1985; Keen y Graham, 1989; I.N.R.A., 1990).

Actualmente se reconocen 16 elementos minerales como esenciales para los rumiantes (NRC, 1985; Keen y Graham, 1989; I.N.R.A., 1990); sin embargo, Pope (1971) menciona que solo 15 de estos elementos pueden ser considerados como esenciales en ovinos, que incluyen Ca, P, K, Mg, S, Mo, Se, Na, Cl, I, Mn, Fe, Cu, Co y Zn.

MACROMINERALES

CALCIO

Los forrajes son fuentes generalmente satisfactorias de Ca para el ganado en pastoreo, particularmente cuando contienen leguminosas. Suttle y Underwood (1999) señalan valores promedio de 14.2 y 10.1 g de Ca por kg M.S. para las leguminosas de climas templados y tropicales respectivamente, y 3.7 y 3.8 g de Ca por kg de M.S. para los pastos correspondientes.

Aproximadamente el 99% del Ca se encuentra en los huesos y dientes; sólo el 1% se encuentra fuera de los huesos, distribuido en los fluidos y tejidos blandos del cuerpo, donde participa en un amplio rango de funciones esenciales, pudiéndose encontrar como ión libre, unido a proteínas del suero, a complejos orgánicos y como ácidos inorgánicos (Underwood, 1981; Maynard y Loosli, 1975).

Las células sanguíneas están casi desprovistas de calcio, pero el suero posee entre 90 a 120 mg/L en la mayoría de las especies animales (Grace, 1983). Littledike *et al.* (1987) indican que el nivel normal de Ca en plasma está en un rango de entre 80 y 120 mg/L.

El Ca está involucrado en un importante número de funciones fisiológicas y bioquímicas; junto con el P es parte de la compleja sal hidroxapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO})_6(\text{OH})_2$), la cual forma la matriz inorgánica de huesos y dientes. El hueso es un tejido metabólicamente activo con una recirculación y remodelación continuas, no sólo en los animales en crecimiento sino también en los animales adultos, actuando como un almacén de Ca para proveer de éste cuando su demanda se incrementa, como ocurre durante la lactación (Georgievskii, 1982; Grace, 1983, Church y Pond, 1989; Horst, 1994).

Además de su función como parte estructural de los huesos, el Ca del suero (Ca ionizado) participa en la conducción nerviosa, mantenimiento de la contracción muscular y relajación, incluyendo al músculo cardíaco; actúa como activador o estabilizador de algunas

enzimas, liberación hormonal, permeabilidad de la membrana y es requerido para la coagulación sanguínea (Underwood, 1981; Georgievskii, 1982; Church y Pond, 1989; Grace 1989).

Una nutrición adecuada de Ca no sólo depende de la cantidad suministrada en la dieta sino también en la forma química en la que se encuentre en ésta, de la relación Ca:P y de la presencia de la vitamina D en el animal (McDowell *et al.* 1997; Georgievskii, 1982; Church Pond, 1988).

La relación Ca:P recomendada en las dietas para crecimiento es de 1:1 a 2:1, siendo esta última la relación aproximada de estos dos minerales en los huesos. Los rumiantes pueden tolerar un rango más amplio de Ca:P, particularmente cuando el nivel de vitamina D₃ es alto, de hasta 9:1 (McDowell *et al.* 1997; Georgievskii, 1982; Church Pond, 1988).

El Ca de la dieta se absorbe principalmente en el duodeno y yeyuno de la mayoría de los animales, tanto por transporte activo (dependiente de energía) como por transporte pasivo (difusión). La eficiencia de absorción de Ca disminuye con la edad, por el exceso de fosfatos, iones de Mg y Al y por la grasa (Georgievskii, 1982, Church y Pond, 1989; Horst, 1994).

El principal efecto de la deficiencia de Ca se manifiesta en el esqueleto. En animales jóvenes, una deficiencia simple de Ca se manifiesta como raquitismo y en los adultos, la enfermedad se denomina osteomalacia. (NRC, 1980; Georgievskii, 1982; Grace, 1983).

FÓSFORO

El P es un importante elemento mineral tanto para las plantas de la pradera como para los rumiantes en pastoreo. El P contenido en los pastos varía entre 1.1. g y 9.9 g/kg de M.S. (0.11 y 0.99% M.S.), con un promedio de 4.1g/kg MS (0.41% M.S.), siendo tan alto en las gramíneas como en las leguminosas (Grace, 1989).

El P es el mayor anión intracelular y el segundo elemento mineral más abundante en el cuerpo animal. Cerca del 80% se encuentra en huesos y dientes, formando parte de la

matriz inorgánica (hidroxiapatita); el 20% restante está ampliamente distribuido en los fluidos y tejidos blandos del cuerpo, donde se utiliza para un amplio rango de funciones esenciales (Underwood, 1981, Grace, 1989; McDowell *et al.* 1997)

El P forma parte de combinaciones orgánicas, tales como fosfoproteínas, nucleoproteínas, fosfolípidos, fosfocreatina, fosfatos de hexosa, etc. El P es un componente de muchos sistemas enzimáticos, concentrándose principalmente en los glóbulos rojos, tejidos musculares y nervios (Maynard y Loosli, 1975; Underwood, 1981, McDowell *et al.* 1997); forma parte de los fosfolípidos, de las membranas celulares y de las vainas de mielina que se encuentran alrededor de las fibras nerviosas. Los fosfatos pueden formar compuestos de alta energía, tales como el nucleótido ATP, que proveen de energía química para algunas de las reacciones bioquímicas y fisiológicas que involucran el metabolismo de los carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos y para la contracción muscular (Grace, 1989).

El P en forma de 3, 5 AMP cíclico está involucrado en la función de varias hormonas como: adrenalina, glucagon, adenocorticotropina (ACTH) y hormona luteinizante (LH). El 3, 5 AMP cíclico es un activador intermediario que opera en algunos sitios metabólicos (Church y Pond, 1989; Grace, 1989). El P también tiene función como un componente de los ácidos nucleicos, esencial en el desarrollo celular y la diferenciación; ayuda, en combinación con otros elementos, para mantener el balance osmótico y ácido-básico de la sangre y otros fluidos, además de intervenir en diversos sistemas enzimáticos y en el metabolismo de proteínas. Finalmente, está involucrado en el control del apetito, en una manera no bien estudiada, y en la eficiencia de la utilización del alimento (Underwood, 1981; McDowell *et al.* 1997). Las funciones bioquímicas y fisiológicas del P son muchas y variadas y está interrelacionado con el metabolismo del Ca y de la vitamina D (Grace, 1989; Maynard y Loosli, 1975). Por otra parte, el P es esencial para los microorganismos ruminales, especialmente los que digieren la celulosa de las plantas (McDowell *et al.* 1997).

Desde el punto de vista de la nutrición mineral, interesa especialmente el P inorgánico del plasma, aunque es evidente que hay un continuo intercambio de fosfatos

entre la forma orgánica e inorgánica (Maynard y Loosli, 1975). Grace (1983) y Underwood (1981) mencionan que el rango normal de P inorgánico en plasma es de 40 a 65 mg/L.

El mantenimiento del nivel de P inorgánico en la sangre está gobernado por los factores que promueven la asimilación del Ca y del P. Parece que los riñones tienen una función importante en el mantenimiento del equilibrio de éste en el organismo (Georgievskii, 1982; Maynard y Loosli, 1975).

Como se mencionó anteriormente, la nutrición adecuada de Ca y P depende de la cantidad suministrada en la dieta, la forma química en la que se encuentren en ésta y del estado de la vitamina D del animal, así como de la relación Ca:P (McDowell *et al.* 1997; Georgievskii, 1982; Underwood, 1981).

El P en el suero sanguíneo es un buen indicador del estado de este mineral siempre y cuando los factores de estrés y la preparación de la sangre (hemólisis, temperatura y tiempo de separación del suero) puedan ser controlados estrictamente (Georgievskii, 1982; Church y Pond, 1989; McDowell *et al.* 1997).

Los excesos de P pueden causar defectos óseos y reducir el consumo voluntario y la ganancia de peso. Si se supone un consumo adecuado de M.S., dependiendo de la edad y el estado de producción, el nivel máximo tolerable de Ca es de 2% para rumiantes, y el de P, cerca de 0.6% para ovinos y 1% para bovinos. Un nivel elevado de Ca o de P reduce la eficiencia de utilización del otro y de otros minerales (NRC, 1980; McDowell *et al.* 1997).

El mayor sitio de absorción de P es el intestino delgado (NRC, 1985; Grace, 1983). La absorción del P depende de su solubilidad en el punto de contacto con las membranas del sitio de absorción (Maynard y Loosli, 1975), por lo que la ingestión de grandes cantidades de Fe, Al y Mg dificultan la absorción de P al formar fosfatos insolubles (NRC, 1980; Georgievskii, 1982; Maynard y Loosli, 1975). La asimilación del P también disminuye por exceso de Cu, F o Mn en la dieta (NRC, 1980; Georgievskii, 1982), así como por el parasitismo intestinal (Grace, 1983).

El metabolismo del Ca y del P están interrelacionados. Las hormonas paratiroidea, calcitonina y vitamina D tienen influencia sobre su movilización. Una de las funciones de la vitamina D es promover la absorción del Ca y P, por lo que para una eficiente absorción de estos son necesarios niveles adecuados en la dieta de ésta (0.13 mg/kg de PV en ovinos) (Grace, 1983). Los forrajes verdes no son normalmente ricos en esta vitamina (Underwood, 1981). Cuando los niveles de Ca en el suero disminuyen (hipocalcemia), se secreta la parathormona, incrementándose la absorción tanto de Ca como de P en el intestino y la reabsorción renal de Ca. Al mismo tiempo, se estimula la producción de la 1,25 hidroxicolecalciferol, que incrementa la absorción y movilización del Ca del hueso. Por otro lado, cuando el Ca está elevado (hipercalcemia), se secreta la calcitonina, la cual indirectamente impide la movilización del Ca de huesos y posiblemente actúa en el riñón e intestino para bloquear la utilización de Ca (Underwood, 1981).

La principal vía de eliminación del P en los herbívoros es a través de las heces; usualmente, sólo un pequeño porcentaje es perdido en la orina, principalmente como fosfatos (6% en forma orgánica), aunque en algunos ovinos se ha observado que excretan considerables porcentajes de P en la orina. Para los carnívoros la principal vía de eliminación es la orina. La eliminación de P varía según la especie y está influida por la edad y factores dietéticos (Maynard y Loosli, 1975; Underwood, 1981; Georgievskii, 1982).

MAGNESIO

Generalmente, los forrajes contienen niveles altos de Mg, siendo las leguminosas las que mayor cantidad aportan en comparación con las gramíneas (NRC, 1985). El Mg es abundante en la mayoría de los alimentos más comunes con relación al requerimiento aparente de los animales. Las variaciones en los niveles de Mg en el forraje se presentan como resultado de cultivo en diferentes tipos de suelo, de variaciones estacionales, de cambios en la composición botánica de los forrajes y de tratamientos con fertilizantes (Grace, 1983).

Cerca del 70% del Mg corporal se encuentra en el tejido óseo, 25% en el músculo esquelético y 1% en el espacio extracelular, siendo el Mg el segundo catión en abundancia después del K en los fluidos intracelulares y organelos (Underwood y Suttle, 1999; NRC, 1985; Grace, 1983).

El 75% del Mg sanguíneo se encuentra en los eritrocitos (6 meq/L) y el 25% en el suero (1.1-2.0 meq/L); de este último, el 35% se encuentra ligado a proteínas (Church y Pond, 1989). Según Grace (1983) el nivel normal de Mg en plasma está en un rango de 18 a 30 mg/L mientras que en lana la concentración es de 28 g/kg de lana.

Además de jugar un papel importante en la integridad de los huesos y dientes, el Mg está ampliamente involucrado en el metabolismo de los carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos y proteínas, principalmente como catalizador de una gran cantidad de enzimas (mioquinasas, creatinquininas, carboxilasa y oxidasa de ácido pirúvico, fofatasa alcalina, ADN y ARN polimerasas, polinucleotidasas, etc.) (Grace, 1983; Church y Pond, 1989), facilitando la unión substrato-enzima. Además se requiere en la fosforilación oxidativa para la formación de ATP, para los procesos de la bomba de Na⁺ y K⁺, la oxidación del piruvato, la conversión de α -cetoglutarato a succinilcoenzima A y la transferencia de fosfatos. Participa en la modulación de la actividad neuromuscular y afecta el control autonómico en el corazón; en bajas concentraciones acelera la transmisión de impulsos nerviosos (Underwood y Suttle, 1999; Grace, 1983).

Los requerimientos dietéticos de Mg de los animales varían con la especie, raza, edad, tasa de crecimiento o de producción del animal y con la disponibilidad biológica del mineral en la dieta. Las necesidades mínimas para el crecimiento de los ovinos y los bovinos pueden ser obtenidas generalmente de los pastos o de las dietas conteniendo 0.10% de Mg (McDowell *et al.* 1997).

El proceso de absorción de Mg es complejo. Se acepta que su absorción se realiza por transporte activo a través de la pared ruminal (McDowell *et al.* 1997; Grace, 1983). Materns *et al.* (1978), trabajando con muestras de epitelio ruminal *in vitro*, encontraron que

éste es el principal sitio de absorción de Mg. Estas observaciones concuerdan con los resultados obtenidos por Thomas y Potter (1976), citados por Materns *et al.* (1978), que realizaron experimentos *in vivo* en ovinos, por lo que diversos autores actualmente aceptan al rumen como el principal sitio de absorción de Mg (Materns *et al.*, 1978; McDowell *et al.* 1997; Grace, 1983).

La eficiencia de absorción del Mg es de un 10 a 25% (Grace, 1983), y es afectada por muchos factores dietéticos, que incluyen: Ca, K, P, Al, Na, proteína, grasa, ácidos orgánicos, tipos de carbohidratos, pH, ionóforos, así como la concentración del mineral en la dieta y la frecuencia de alimentación (McDowell *et al.* 1997). Cerca del 0.75% del total del Mg del cuerpo retorna al tracto digestivo vía saliva, jugo pancreático, bilis, etc. Esta cantidad es similar al total de Mg en el espacio extracelular (Grace, 1983). Grace (1991) menciona que la absorción de Mg también se ve afectada negativamente por la edad, por lo que la susceptibilidad a problemas de hipomagnesemia aumentan en los rumiantes más viejos, por la disminución en la habilidad para movilizar el Mg del tejido óseo a medida que envejecen.

El principal problema relacionado con el metabolismo del Mg es la tetania hipomagnésica, también conocida como tetania de los pastos. Generalmente, se manifiesta en los rumiantes en pastoreo, sobre todo al principio de la lactación y en becerros alimentados por largo tiempo con leche, sin acceso a otros alimentos. La etiología de la tetania de los pastos es compleja e incluye tanto factores del animal como problemas en la absorción, cambios en la distribución corporal del Mg, como de la planta (bajas concentración de Mg y alto contenido de K) y factores medioambientales (Grace, 1983).

La concentración de Mg en el plasma sólo disminuye en casos de deficiencia severa. Por otro lado, un exceso o falta de Mg se refleja inmediatamente en la mayor o menor excreción de Mg en la orina. Por esto, la excreción diaria de Mg en la orina es un mejor indicador de la disponibilidad del Mg que la concentración en el plasma (McDowell *et al.* 1997).

AZUFRE

La descomposición de la roca madre es la fuente primaria del azufre del suelo. Las rocas ígneas contienen cantidades pequeñas de azufre, generalmente inferiores al 1%, en forma de sulfuros, que se oxidan en el curso de su descomposición, y las rocas sedimentarias, generalmente más ricas en este elemento, suelen llevar el azufre en forma de sulfatos. El contenido medio de azufre en los suelos agrícolas oscila entre 0.02 y 0.06%, si bien, en algunos casos, puede superar el 1 % y alcanzar hasta 1.5%. (Ortíz y Ortíz, 1990)

El S principalmente absorbidos en forma aniónica (SO_4^{2-}) de las soluciones del suelo, por vía radicular (Ortíz y Ortíz, 1990). El contenido de S en los pastos puede variar de 1.8 a 5 g/kg de M.S. (McDowell *et al.* 1997)

La demanda de S debe satisfacerse en forma de complejos orgánicos, sobre todo aminoácidos, más que en forma inorgánica. Sin embargo, las bacterias del rumen aprovechan el S inorgánico para elaborar aminoácidos azufrados (Maynard y Loosli, 1975). El S es esencial para los microorganismos ruminales para la digestión de la celulosa, utilización de fuentes de nitrógeno no proteico y para la síntesis de vitaminas del complejo B (Georgievskii, 1982).

El metabolismo del S está interrelacionado con el del nitrógeno, ambos utilizados por los microorganismos ruminales para la síntesis de aminoácidos azufrados (metionina, cisteína y cistina) (Grace, 1983 y McDowell *et al.* 1997). En general, la relación N:S en rumiantes es de 14:1; en ovejas se recomienda una proporción de 10:1. El nivel óptimo de S para la digestión de la celulosa *in vitro* oscila entre 0.16 y 0.24% de la M.S. (McDowell *et al.* 1997).

El organismo contiene aproximadamente 0.15% de azufre, principalmente como un componente de compuestos orgánicos (Church y Pond, 1989), la mayor parte como aminoácidos azufrados, y en menor proporción, en forma inorgánica (sulfatos, sulfitos, sulfuros, tiosulfatos, tetracionados, tiocinatos) (Georgievskii, 1982; Grace, 1983, Church y Pond, 1989).

La concentración de S en el organismo aumenta con la edad, probablemente por que se intensifica la biosíntesis de proteína muscular, por su acumulación en el pelo o lana. (Georgievskii,1982). La lana contiene cerca de 4% de azufre en forma de cisteína (Maynard y Loosli, 1975; McDowell *et al.* 1997; Georgievskii, 1982). La mayor concentración de S se encuentra en músculos, representando casi el 50% del S total en el organismo; en piel, pelo y tejidos cornificados es de 15 al 17%; en sangre, de 6 a 7%; en hígado, del 5 al 6% y el resto, en otros tejidos (Georgievskii, 1982).

En la sangre el S se encuentra distribuido en plasma (140 mg/dl), eritrocitos (165mg/dl) y leucocitos (290 mg/dl). El S de los eritrocitos, se encuentra presente en forma de aminoácidos, pero principalmente como glutatión (<90 mg/dl). Está claro que la necesidad de S en el organismo concierne principalmente a la nutrición en aminoácidos azufrados (Maynard y Loosli, 1975 y McDowell *et al.* 1997).

El metabolismo del S es complicado porque el factor inorgánico (SO_4^{2-}) y los componentes orgánicos (aminoácidos y polisacáridos azufrados) son metabolizados por diversas vías (Grace, 1983).

Las funciones corporales que involucran el S son: síntesis de proteínas y metabolismo de proteínas, lípidos y carbohidratos; coagulación de la sangre; funciones endócrinas, y equilibrio ácido-base en el fluido intra y extracelular. Los requerimientos de S para rumiantes en pastoreo se estiman entre 0.1 y 0.32% (McDowell *et al.* 1997).

Los aminoácidos azufrados son requeridos para la síntesis de las proteínas del cuerpo incluyendo la lana, que tiene un alto contenido de éste en comparación con otros tejidos (Grace, 1983; Maynard y Loosli, 1975), además el organismo los utiliza en la elaboración de dos reguladores del metabolismo: glutatión e insulina (Maynard y Loosli, 1975), y forma parte de la tiamina y biotina, que contienen azufre, que no son elaboradas en el organismo de ninguna especie animal (Maynard y Loosli, 1975; McDowell *et al.* 1997; Georgievskii, 1982) y son cofactores de diversas enzimas involucradas en el metabolismo de carbohidratos (Grace, 1983; Georgievskii, 1982)

El S inorgánico se halla en forma de sulfato de condroitina, polisacárido azufrado, componente clave de los cartílagos, huesos, tendones, y paredes de las venas (*McDowell et al.* 1997, Grace, 1983), además de la heparina, que previene la coagulación de la sangre (Maynard y Loosli, 1975).

La mayor parte del S llega al intestino delgado formando parte de proteínas; éstas son desdobladas por enzimas proteolíticas y el S es absorbido como aminoácidos azufrados; un porcentaje menor es absorbido del rumen como sulfito de azufre (Grace, 1983; Church y Pond, 1989).

El S puede ser reciclado, retornando a rumen a través de la saliva como S^{O_4} , S , mientras que pequeños porcentajes son excretados por la bilis y jugos pancreáticos en el intestino delgado (Grace, 1983). Las heces y orina son las principales vías de excreción del azufre, generalmente en forma inorgánica (SO_4^{2-}) en la orina y como S orgánico en las heces. La eliminación urinaria del azufre puede ser de tres formas: como sulfato inorgánico, último estado de oxidación del azufre orgánico; como sulfato etéreo; en complejos productos de desintoxicación, y como azufre neutro, en la cistina, taurina, tiosulfato y otros compuestos (Maynard y Loosli, 1975; Grace, 1983). La lana también es considerada como una vía de eliminación de azufre (Georgievskii, 1982).

Los síntomas de deficiencia de S en rumiantes no son específicos, pero son similares a los de cualquier deficiencia nutritiva o factor que deprima la actividad microbiana del rumen. En ovejas alimentadas con dietas altas en fibra generalmente se presenta depresión del consumo voluntario y digestibilidad, debido a la incapacidad de las bacterias para digerir la celulosa. Las ovejas pasan más tiempo rumiando y eventualmente se presenta una baja o nula ganancia de peso, disminución de la producción láctea, lana, lagrimeo, salivación, emaciación y muerte (Suttle y Underwood, 1999).

La deficiencia de S también pueden presentarse cuando la mayor parte del N dietario es aportado por nitrógeno no proteico. La falta de S también produce el crecimiento de una población microbiana que no utiliza el ácido láctico, provocando la acumulación de

este ácido en rumen, sangre y orina. Para diagnosticar deficiencias de S se ha sugerido utilizar el nivel de sulfato en suero, sin embargo los niveles de ácido láctico y S en la dieta podrían ser los indicadores más confiables para determinar el estado del S. (McDowell *et al.* 1997; Georgievskii, 1982; I.N.R.A., 1990),

Niveles excesivos de S en la dieta pueden causar una toxicidad severa, resultando en signos clínicos, tales como dolor abdominal, contracciones musculares, diarrea, deshidratación severa, olor fuerte a sulfuro en el aliento, pulmones congestionados y enteritis severa (Miller, 1979; McDowell *et al.* 1997). El máximo nivel tolerable del S es de 0.40% (NRC, 1980, McDowell *et al.* 1997). Un exceso de S en la dieta no es un problema como tal, pero en los pastos un incremento en los niveles de Mo en presencia de S disminuye la absorción de Cu (McDowell *et al.* 1997).

El Se puede reemplazar el S en algunos compuestos orgánicos, debido en parte a que ambos tienen una estructura similar, pero la actividad metabólica de los compuestos seleníferos es menor a la de los compuestos que contienen S. Este último puede ser utilizado para contrarrestar el Se cuando se ha consumido en concentraciones tóxicas (McDowell *et al.* 1997).

MICROMINERALES

SELENIO

En la década de 1950 se llevaron a cabo las primeras investigaciones tendientes a dilucidar el papel del Se en la producción animal; hasta dicha década el Se se asociaba con su capacidad tóxica o como elemento potencialmente cancerígeno (Grace, 1983).

El nivel óptimo de Se en los alimentos es de 0.1 ppm; niveles menores son considerados deficientes y concentraciones de 5 a 8 ppm son consideradas tóxicas (Georgievskii, 1982), por lo que debido a su reducido rango de seguridad es el único mineral estrechamente regulado por la FDA (Food and Drug Administration) en E.E.U.U. (Church y Pond, 1989).

La concentración de Se en el organismo animal es de 2 a 3 mg/kg de P.V. y varía dependiendo de la dieta y edad (NRC, 1980; Grace, 1983; Georgievskii, 1982). La distribución del Se en el cuerpo es la siguiente: en músculo, de 50 a 52%; piel, pelo y tejido córneo, 14 a 15%; esqueleto 10%; hígado 8%; otros tejidos 15 a 18%. En los rumiantes del 60 al 70% del Se en sangre se encuentra en los eritrocitos (Grace, 1983; Georgievskii, 1982), con una concentración menor en ovinos que en bovinos (Grace, 1983).

El nivel mínimo de Se recomendado por el NRC (1980) varía entre 0.1 y 0.3 ppm. En ovinos, el requerimiento fluctúa entre 0.12 y 0.72 mg/día, dependiendo de la edad y de la etapa productiva del animal (Ceballos *et al.*, 1996).

Los requerimientos recomendados varían dependiendo de la forma química del Se, la concentración previa de minerales en el animal, y de factores que dificultan o mejoran la acción de los minerales, tales como vitamina E, S, lípidos, proteínas, aminoácidos, Cu, Hg, As y Cd (NRC, 1980; McDowell *et al.* 1997). Algunos minerales en la ración interfieren en el metabolismo del Se, como arsénico, azufre, cadmio, cobalto, cobre estaño, hierro, mercurio, plata, plomo telurio y zinc (Georgievskii, 1982, Underwood, 1981)

Existe una interrelación compleja entre la vitamina E y el Se, de tal manera que uno puede alterar los requerimientos del otro pero no reemplazarlos completamente (McDowell *et al.*, 1997).

Los microorganismo ruminales actúan sobre la forma oxidada de Se, que es la biológicamente activa, reduciéndola a un estado inabsorbible. Las dietas altas en carbohidratos no estructurales disminuyen el pH ruminal, favoreciendo la reducción del Se a forma no absorbibles. La incorporación del Se a la proteína sintetizada por las bacterias ruminales se ve interferida por el aumento de nitritos y sulfitos en la ración (Ceballos *et al.* 1996).

Otros factores que interfieren en el metabolismo del Se son la concentración tisular preexistente, la cantidad de Se suministrado y se ha descrito un componente de tipo

genético que determina la capacidad de absorción y retención del elemento en individuos de la misma especie (Ceballos *et al.*, 1996; Suttle y Underwood, 1999).

El selenito (SeO_3) y selenato (SeO_4) son metabolizados a Se elemental, el cual es incorporado parcialmente a la proteína bacterina en el rumen; otra parte es metabolizada a selenito insoluble, el cual no puede ser empleado por las bacterias ruminales o por el huésped (Ceballos *et al.*, 1996).

La absorción de Se se lleva a cabo principalmente en el duodeno, mediante un mecanismo de transporte activo en forma de selenometionina, mientras que al emplear selenocisteína y selenito la absorción es a través de un mecanismo de difusión pasiva (Church y Pond, 1989). Ardüser *et al.*, (1985) y Wolfram *et al.*, (1985), citados por Ceballos *et al.* (1996), mencionan que el selenato (SeO_4) se absorbe mediante un proceso de transporte activo mediado por la $\text{Na}^+ \text{K}^+$ ATPasa. Ceballos *et al.* (1996), reporta que la absorción de Se en los rumiantes es menor que en animales monogástricos, debido a la reducción de las formas biológicamente activas a su paso por el rumen.

Después de su absorción, el Se se une a proteínas transportadoras para ser llevado al hígado. Si bien hay diferentes tipos de proteínas transportadoras de Se, la albúmina es la principal, para ser revertido nuevamente en la circulación sanguínea, para su distribuido en las diferentes fosas de almacenamiento y compartimentos de movilización lenta, almacenándose principalmente en los tejidos que tienen una composición proteica en forma de selenometionina y selenocistina. (Church y Pond, 1989; Grace, 1983).

Durante el metabolismo celular se producen constantemente metabolitos oxigenados reactivos, los cuales son perjudiciales para la integridad y funcionalidad celular. Los superóxidos y el peróxido de hidrógeno son algunos de los radicales oxigenados que pueden desencadenar reacciones oxidativas (Church y Pond, 1989; Ceballos *et al.*, 1996). El Se es un componente de la glutatión peroxidasa (GSH-Px; EC1.11.1.9), que es una metaloenzima cuya estructura está conformada por 4 g/mol de Se por cada mol de enzima, con un peso molecular aproximado de 80 000 daltons. La función de la GSH-PX es catalizar la reducción del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en presencia de glutatión reducido

(GSH), el cual actúa como agente reductor, al ceder un átomo de hidrógeno (H^+), transformándose en glutatión oxidado (GSSG). La inactivación del metabolito oxigenado al transformarse en agua evita los daños sobre la integridad celular, por lo que esta enzima es el primer responsable de la protección de la membrana de las células, que deben funcionar en un ambiente aeróbico, lejos del daño que sobre éstas pueden causar los peróxidos orgánicos (Ceballos *et al.*, 1996).

Además esta enzima también interviene en la cascada de reacciones que catalizan la formación de prostaglandinas, leucotrienos, prostaciclina y tromboxanos a partir del ácido araquidónico; Asimismo, está relacionada con el funcionamiento normal del sistema inmunológico y con la integridad funcional del tracto reproductivo, tanto en machos como en hembras (Church y Pond 1989; Underwood y Suttle, 1999; Ceballos *et al.*, 1996).

La deficiencia de Se se traduce en la disminución de la actividad enzimática de GSH-Px, dejando a la célula expuesta a la acción nociva de los radicales oxigenados reactivos, permitiendo que éstos alteren la estructura de los lípidos, proteínas, polisacáridos, DNA y otras macromoléculas presentes en la célula. Las moléculas oxidadas sustraen electrones de otras moléculas, generando reacciones en cadena, las cuales pueden provocar daño en la permeabilidad de la membrana celular, funcionalidad enzimática y aun en el tono muscular. La peroxidación desencadena lesiones en la mitocondria, lisosoma, pared y estructura celular, las cuales interfieren con la adecuada funcionalidad de la célula (Georgievskii, 1982; Ceballos, 1996).

La presencia de selenocisteína en la estructura de la enzima hace que exista una estrecha relación entre la concentración sanguínea y tisular de Se y la actividad de la GSH-Px. La correlación entre la actividad eritrocítica de la enzima y la concentración sanguínea de Se en ovinos es de $r = 0.96$ (Underwood, 1981). A raíz de la alta relación que existe entre la concentración de Se en el organismo y la actividad enzimática de la GSH-Px es posible, mediante la determinación de su actividad, tener una aproximación del balance de Se en el animal (Ceballos *et al.*, 1996).

El Se, aparte de formar parte de la estructura de la GSH-Px, cumple otras funciones. Forma parte de la estructura de proteínas similares al citocromo-C, está relacionado con la presencia de citocromo P-450, forma parte de la selenoproteína P y regula el metabolismo de algunos aminoácidos (Underwood, 1981; Levander, 1986; Ullrey, 1992). La conversión de tetraiodo tiroxinaa triiodo tironina en los tejidos, y principalmente en el hígado, es un proceso catalizado por la enzima seleno-dependiente 5'deiodinasa. Por lo anterior, algunos efectos sobre el crecimiento y la salud del bovino originados por la deficiencia de Se están mediados por la alteración del metabolismo de las hormonas tiroides (Ceballos *et al.*, 1996; Church y Pond, 1989).

Aunque la vitamina E y el Se, ejercen un efecto sinérgico en el organismo, no son totalmente intercambiables y cada uno tiene sus funciones biológicas (Georgievskii 1982). Bajo la denominación de vitamina E se conoce a un grupo de compuestos lipo-solubles que cumplen también una función como antioxidantes; son dos grupos principalmente conocidos también como tocoferoles y tocotrienos (Georgievskii, 1982; Underwood y Suttle, 1999). La vitamina E posee un grupo OH en su anillo cromanol, lo cual le confiere su actividad como antioxidante. El tocoferol se adhiere a la membrana subcelular, atrayendo las moléculas de ácidos grasos poliinsaturados. Posteriormente, cede un hidrógeno fenótico a los radicales lípidicos libres formados durante la peroxidación; el complejo radical-tocoferol es eliminado parcialmente con la respiración y la otra parte es reconvertida a tocoferol en presencia de ácido ascórbico (vitamina C). Otro mecanismo de acción consiste en conferir a la membrana celular mayor estabilidad mediante la adhesión del tocoferol a ésta. La vitamina E prácticamente actúa, en la membrana celular, como un "recolector" de los radicales formados durante la oxidación de lípidos, mientras que la GSH-Px cataliza en el citosol la formación de compuestos inocuos a partir de metabólicos oxigenados (Underwood y Suttle, 1999; Ceballos *et al.*, 1996).

Si bien la función que desempeñan el Se y la vitamina E es similar, no son sustancias mutuamente excluyentes, es decir, la suplementación con sólo una de ellas no reemplaza la deficiencia de la otra y se ha encontrado que el empleo de una combinación de

ambas es más benéfico que emplear sólo una de ellas (Georgievskii, 1982; Grace 1983; Ceballos *et al.*, 1996).

La reducción de Se por los microorganismos ruminales a formas inabsorbibles hace que la mayor parte del mineral ingerido sea excretado en las heces; Así, el aumento de Se en la excreción fecal total se debe principalmente a la baja absorción más que al aumento del elemento excretado en forma endógena (Ceballos *et al.*, 1996).

El Se puede excretarse por diferentes vías, siendo la fecal en los poligástricos la que reviste mayor importancia, seguida de la urinaria y de menor relevancia, las vías biliar, salival y pulmonar; también una vía de importancia lo es la secreción de Se en la leche (Grace, 1983; Church y Pond, 1989). En el rumiante, el eructo es otro mecanismo mediante el cual se puede eliminar Se (Ceballos *et al.*, 1996).

La transferencia de Se desde el plasma para ser secretado en la leche se realiza mediante un proceso de biorreducción, uniéndose a la fracción proteica de la leche, especialmente la caseína y, en parte, al suero y la grasa. Diversos factores afectan la secreción y unión del Se con las proteínas de la leche, como: el contenido de Se en la ración, la concentración sanguínea de Se preexistente, la especie animal y el estado de lactancia. Alejos y Romero, (1995), citados por Ceballos *et al.* (1996), reportan que son principalmente la concentración preexistente de Se y la cantidad ingerida lo que determinan la secreción del mineral en la leche.

La mayoría de los suelos en Latinoamérica y otras regiones tropicales son ácidos; en los suelos ácidos, la absorción de Se se reduce al formarse complejos con el hierro férrico y el selenito (McDowell *et al.* 1997; Suttle y Underwood, 1999).

El Se es uno de los pocos elementos conocidos que pueden ser absorbidos por las plantas en suficientes cantidades como para causar peligro de toxicidad. El envenenamiento crónico se caracteriza por somnolencia, enflaquecimiento y pelo áspero (McDowell *et al.* 1997).

La condición de toxicidad por Se llamada "enfermedad alcalina" o "cojera tambaleante" ha sido la causa de muchas muertes en los animales de granja. La enfermedad alcalina se ha presentado en animales pastoreando forrajes con niveles excesivos de Se (5 a 40 ppm). En la forma más aguda de intoxicación, conocida como "cojera tambaleante", una mayor cantidad de Se es consumida. El envenenamiento agudo por Se generalmente se asocia con el consumo de plantas acumuladoras de Se tal, como el *Astragalus racemosus*, la cual puede contener de 100 a 9 000 ppm de Se (McDowell *et al.* 1997).

La toxicidad del Se puede ser modificada por los niveles de As, Ag, Hg, Cu y Cd en la dieta. El As ha sido usado con éxito para contrarrestar el envenenamiento causado por el exceso de selenio en el ganado vacuno (McDowell *et al.* 1997).

ZINC

El Zn es esencial para plantas y animales. En las plantas participa en los procesos de óxido reducción, en la formación de la clorofila, auxinas y en la síntesis del triptofano. El porcentaje promedio de Zn en los pastos es de 30 a 50 mg/kg de materia seca (Georgievskii, 1982).

En ciertas regiones del mundo, los animales en pastoreo están recibiendo insuficiente Zn de los forrajes (McDowell *et al.* 1997). El calcio interfiere con la absorción del zinc, de tal modo, que en regiones en donde el calcio es alto, es probable que se presenten deficiencia de Zn, aún cuando los forrajes contengan suficiente. Los forrajes tropicales en escasas ocasiones pueden satisfacer los requerimientos (McDowell *et al.* 1987; Suttle y Underwood, 1999).

La concentración total de Zn se distribuye como sigue: esqueleto 28%; hígado y piel, 7 a 8%, sangre, 2 a 3%; otros órganos, 16 a 18%. El contenido total de Zn sanguíneo, se encuentra distribuido de la siguiente manera: eritrocitos, 75%; plasma, 22%; leucocitos, 3% (Georgievskii, 1982). En los eritrocitos está presente, principalmente como componente de la anhidrasa carbónica (Church y Pond, 1989; Underwood, 1981; Georgievskii, 1982).

Dos terceras partes del Zn del plasma se encuentran unidas a globulinas, una tercera partes a albúmina y otra pequeña porción, a aminoácidos (Georgievskii, 1982; Underwood, 1981). El complejo zinc-globulinas cumple con funciones enzimáticas, mientras que el complejo zinc-albúmina es la forma de transportación del Zn. (Underwood, 1981). En ovinos la concentración de Zn en plasma es de 0.6 a 1.2 mg/L (Grace, 1983).

La leche contiene de 3.2 a 6.5 mg Zn/l, pero este nivel puede estar influido por la dieta consumida y la fase de lactación (Grace, 1983). El Zn tiene una concentración tres veces superior en el calostro que en la leche (Maynard y Loosli, 1975; Georgievskii, 1982).

La función primaria del Zn en el cuerpo parece estar relacionada con varios sistemas enzimáticos, como parte de la molécula o como activador (McDowell *et al.* 1997; Maynard y Loosli, 1975), siendo un constituyente de numerosas metaloenzimas, que incluyen a la anhidrasa carbónica, enzima respiratoria de los eritrocitos y otras células, esencial para eliminar el bióxido de carbono y que contiene 0.3% de Zn, las carboxipeptidasas A y B, varias deshidrogenasas, la fosfatasa alcalina, ribonucleasa y la polimerasa del DNA. Además, activa algunas enzimas y desempeña una función en la configuración del DNA y RNA (Georgievskii, 1982 (McDowell *et al.* 1997; Church y Pond, 1989).

El Zn tiene un papel en la producción, almacenamiento y secreción de hormonas individuales y también en la eficiencia de los sitios receptores y respuesta de órganos terminales. Los efectos más notables de deficiencia de Zn en la producción y secreción de hormonas están relacionados con la testosterona, la insulina y los corticosteroides adrenales. La espermatogénesis y el desarrollo de los órganos sexuales primarios y secundarios en el macho, las fases reproductivas en la hembra desde el estro hasta el parto y la lactancia pueden ser afectados por deficiencias de Zn. (McDowell *et al.* 1997).

El Zn debe estar presente en la dieta de todos lo animales domésticos y debe porporcionarse casi continuamente, ya que sólo se almacena en pequeñas cantidades (McDowell *et al.* 1997). El Zn distribuido en plasma, hígado, páncreas y tejido óseo es considerado reserva rápidamente intercambiable, en tanto que el que se encuentra en músculo y cerebro no se intercambia (Georgievskii, 1982). La dependencia tisular para

compensar el bajo consumo del mineral a partir del alimento no puede mantener las tasas máximas de producción (McDowell *et al.* 1997).

El Zn se absorbe en el intestino delgado; en rumiantes su absorción es de un 20 a 40% del total de la dieta (Georgievskii, 1982; NRC, 1980). La absorción de Zn se ve afectada por diversos factores, como la edad, la concentración de P, Cd, Cu, agentes quelantes (EDTA) y vitamina D. Altas concentraciones de Ca en presencia de ácido fítico inhiben su absorción en el intestino (Georgievskii, 1982.; Maynard y Loosli, 1975).

El requerimiento mínimo para rumiantes varía con la forma química cuando el elemento se combina con otros componentes de la dieta. Los requerimientos de Zn sugeridos para rumiantes varían de 20 a 40 ppm (McDowell *et al.* 1997).

Los rumiantes y la mayoría de los mamíferos son tolerantes al alto consumo de Zn. La magnitud de la tolerancia depende principalmente de los contenidos de Ca, Cu, Fe y Cd (McDowell *et al.* 1997; Georgievskii, 1982). Sin embargo, niveles de Zn de 500 ppm afectan adversamente la productividad de los rumiantes (McDowell *et al.* 1997).

COBRE

El Cu es absorbido por los vegetales en su forma catiónica, ya sea como Cu^{++} ó Cu^{+++} . Las causas de su deficiencia están determinadas por las cantidades en el suelo y por las condiciones del mismo en cuanto a pH, materia orgánica, etc. (Rodríguez, 1981).

El Cu en las plantas es un portador de electrones en enzimas participantes en los procesos de óxido-reducción, que son esenciales para el desarrollo y reproducción. Regula la respiración y ayuda en la utilización de Fe y en la asimilación de N y de carbohidratos y participa en la fotosíntesis (Georgievskii, 1982; Ortiz y Ortiz, 1990).

La distribución de Cu total del cuerpo en los tejidos varía con la edad y el estado nutricional del Cu en el animal (Grace, 1983). En la mayoría de las especies las más altas concentraciones de Cu se encuentran en el hígado, cerebro, riñones, corazón, la parte pigmentada del ojo, el pelo o la lana; el páncreas, bazo, los músculos, la piel y los huesos

tienen concentraciones intermedias y la tiroides, pituitaria, próstata y el timo tienen las concentraciones más bajas (Church y Pond, 1989).

El rumiante tiende a acumular mayores cantidades de Cu en el hígado que otras especies, almacenando en este órgano entre el 40 al 70% del total del Cu corporal (Georgievskii, 1982; Grace, 1983; Grace, 1994).

El nivel sanguíneo de Cu en ovinos con dietas adecuadas de Cu es de 0.8 a 1.2 mg Cu/L, pero cuando los rumiantes están alimentados con cantidades deficientes pueden caer a 0.3 mg Cu/L (Grace 1983; Grace, 1994). En la sangre, la concentración de Cu es muy semejante a la del plasma y suero (Georgievskii, 1982) y se asocia en un 90% con la alfa 2 globulina, como ceruloplasmina, y el 10% que se encuentra en los eritrocitos, como eritrocupreína (Church y Pond, 1989). La lana contiene de 6 a 8 mg de Cu por kg (Grace 1983; Grace, 1994).

En los animales el Cu es esencial para la respiración celular, la formación de huesos, la apropiada función cardíaca, el desarrollo del tejido conectivo, la mielinización de la médula espinal y la queratinización y pigmentación de los tejidos (McDowell *et al.* 1997), además de ser un componente esencial de varias metaloenzimas: citocromo oxidasa, "lisil" oxidasa, superóxido dismutasa, dopamino-beta-hidroxilasa y tirosinasa. En relación con el sistema inmunológico, la deficiencia de Cu afecta las células T y B, neutrofilos y macrófagos, reduciendo las células que producen anticuerpos (McDowell *et al.* 1997; Maynard y Loosli, 1975).

Como resultado de una serie de estudios comenzados en 1925, Hart *et al.* descubrieron que es necesaria una pequeña cantidad de Cu, junto con el Fe, para formación de hemoglobina (Maynard y Loosli, 1975; Church y Pond, 1989). El papel del Cu en el metabolismo del Fe no se conoce bien, pero cuando existe deficiencia de éste en la dieta, disminuye la absorción de Fe, produciéndose una grave anemia microcítica hipocrómica (Maynard y Loosli, 1975). El fracaso de la administración de Fe intravenoso a fin de corregir esta anemia indica que el Cu es esencial para la utilización del Fe en la síntesis de

la hemoglobina. Se ha encontrado que juega un papel en esta síntesis y en la maduración de los glóbulos rojos (Maynard y Loosli, 1975).

Una deficiencia simple de Cu causada por bajo consumo de Cu en las dietas es frecuentemente responsable de desórdenes, incluyendo, anormalidades en pigmentación y queratinización de la lana y pelo, anemia, anormalidades del esqueleto y ataxia enzoótica (Galbraith, 1997).

La mayor parte de la absorción del Cu se lleva a cabo en la parte superior del intestino delgado, aunque en ovinos también puede ocurrir en el intestino grueso (Grace, 1983; Church y Pond, 1989). La absorción de Cu en el recién nacido ocurre por pinocitosis; esto aunado con altas concentraciones del mineral en el calostro aseguran un suministro de Cu abundante (Suttle y Underwood, 1999). En animales adultos el mecanismo de absorción no está claro, pero puede ser de dos tipos, dependiendo de la concentración del Cu en la dieta: uno saturable por transporte activo, cuando las concentraciones del mineral son bajas, y por transporte pasivo, saturable, que funciona cuando las concentraciones del mineral son altas (Suttle y Underwood, 1999; Keen *et al.* 1989).

La eficiencia en la absorción del Cu en el cordero es muy alta, alrededor de un 80 a 90%, pero una vez que empieza a consumir forrajes y su rumen retículo se convierte en funcional, la eficiencia de absorción disminuye a cerca de 10 a 20% al destete y a 5% en animales adultos. (Grace, 1994; Suttle y Underwood, 1999).

El Cu, después de ser absorbido, se une fácilmente a la albúmina y a aminoácidos para ser transportado al hígado, donde se incorpora a un gran número de proteínas, como la ceruloplasmina, que representa cerca del 70% del total de Cu en plasma, o es almacenado en asociación con otras proteínas como las metalotioninas (Grace, 1994; Church y Pond, 1989).

En rumiantes en pastoreo puede observarse una amplia deficiencia de Cu aún cuando la concentración de éste en el forraje sea la adecuada. Esta condición es causada por la presencia de antagonistas, que reducen su disponibilidad, interfiriendo con su absorción

y, subsecuentemente, con su utilización en procesos metabólicos (Galbraith, 1997). La absorción de Cu puede disminuir drásticamente al incrementarse el consumo de Mo en presencia de S. Este efecto adverso en la utilización de Cu por rumiantes se atribuye a la formación de tiomolibdatos en el rumen (Galbraith, 1997; Grace, 1994; McDowell *et al.* 1997). Por lo que en las recomendaciones generales para los rumiantes deben tomarse en cuenta las concentraciones de estos antagonistas en los pastos (McDowell *et al.* 1997).

En el retículo-rumen los iones sulfito (S^{2-}) y los iones de molibdato (MoO_4^{2-}) reaccionan y surgen los tiomolibdatos (tetra, MoO_4^{2-} ; tri, $MoS Mo_3O^{2-}$, di y mono). Estos tiomolibdatos forman enlaces insolubles con el Cu, disminuyendo su absorción (McDowell *et al.* 1997). En el intestino delgado, estos complejos insolubles son excretados en las heces (Grace, 1994; Galbraith, 1997). Los iones de tiomolibdato que logran ser absorbidos y distribuidos para el metabolismo del Cu ocasionan una interferencia en el metabolismo de éste en el hígado, provocando una reducción en la síntesis de las proteínas que contienen este mineral, e incrementando las concentraciones de Cu en plasma. La mayor parte de éste se encuentra unido a proteínas insolubles en ácidos y aparentemente no está disponible para ser utilizado por los tejidos (Grace, 1994; Galbraith, 1997; Underwood y Suttle, 1999).

Bingley y Carrillo, citados por McDowell *et al.* (1997) encontraron que la hipocuprosis en los animales se presenta cuando los forrajes tienen una proporción de Cu:Mo menor de 2.8:1 en presencia de una concentración adecuada de S. Grace (1994), menciona que para garantizar que la deficiencia de Cu no ocurra, la relación Cu:Mo en la ración debe mantenerse cercano a 4.

La mayoría de los reportes mundiales sugieren una deficiencia de Cu "condicionada" cuando los niveles normales de Cu (6 a 16 ppm) son inadecuados. Esto es debido a niveles altos de otros elementos como Mo, S y la presencia de otros factores que disminuyen la utilización de Cu en el cuerpo animal (Grace, 1994).

La determinación de Cu en la dieta tiene un valor limitado en el diagnóstico y, de hecho, puede ser seriamente engañosa, a menos que otros elementos con los que

interacciona el Cu, que incluyen principalmente al Mo y S, sean también determinados (McDowell *et al.* 1997).

La concentración de Cu en la sangre o plasma reflejan el consumo de Cu en la dieta, a pesar de que el rango normal es amplio. En rumiantes el rango normal es de 0.6 a 1.5 mcg/ml. Concentraciones menores de 0.6 mcg/ml en sangre o plasma indican deficiencias en el ovino (NCMN, 1973). Otra posibilidad en el diagnóstico de la deficiencia de Cu es el análisis de varias metaloenzimas que contienen el mineral, en la sangre y los tejidos, las cuales van decreciendo conforme se incrementa la deficiencia (McDowell *et al.* 1997).

La tolerancia a la intoxicación por Cu varía considerablemente entre especies (NRC, 1980) y algo de variación existe entre razas de animales. Por ejemplo, las ovejas Merino son más tolerantes a los niveles tóxicos de Cu que otras razas de ovejas (Georgievskii, 1982).

Los animales monogástricos son más tolerantes a la toxicidad por el Cu en comparación con los rumiantes, entre los cuales los ovinos presentan la mayor susceptibilidad. El nivel de tolerancia en bovinos es de 100 ppm de Cu. En cambio, para ovinos es de 25 ppm (NRC, 1980). El envenenamiento por Cu, ya sea en su forma aguda o crónica, ha sido descrito en casi todo el mundo (McDowell *et al.* 1997; Grace, 1994; Galbraith, 1997).

HIERRO

El Fe es absorbido por la plantas en forma Fe^{2+} (ferrosa) o Fe^{3+} (férrica), además de otras formas orgánicas complejas como los quelatos, siendo la más importante la forma ferrosa (Suttle y Underwood, 1999).

Los forrajes contienen concentraciones elevadas, pero variables de Fe, lo cual depende de la especie, tipo de suelo en que se desarrolla la planta, la edad y el grado de contaminación del suelo (Morris 1985; Suttle y Underwood, 1999).

En el organismo, el Fe se encuentra principalmente en formas complejas, bien como compuestos hem, ya sean como proteínas (70 a 75% del total; este grupo incluye a la hemoglobina (Hb), y mioglobina) o enzimas (citocromos, citocromo oxidasa, catalasa, peroxidasa) o compuestos no hem (25 a 30%, incluye a la transferrina, ferritina, hemosiderina, ferroflavoproteínas), encontrándose en muy poca cantidad como Fe^{2+} (Ferroso) inorgánico libre (Georgievskii, 1982; Smith, 1989; Morris, 1985).

Tres cuartas partes del Fe total se encuentran en dos proteínas: mioglobina (en músculo estriado) y hemoglobina (en sangre) (Georgievskii, 1982; Smith, 1989).

La hemoglobina total es proporcional al peso corporal, presentando variaciones debidas a la altitud, edad, sexo, estado nutricional, de salud y fisiológico (gestación, lactación, etc.) (Morris, 1987).

Cada molécula de hemoglobina contiene 4 átomos de Fe (Smith, 1989) La unión entre el Fe y la globina estabiliza al metal en estado Fe^{2+} y permite que se ligue al O_2 (Morris, 1985).

Según Morris (1985) la concentración de hemoglobina en animales adultos de diferentes especies es la siguiente: humanos y rata 13-17 g/dL; perro 13-14 g/dL; bovinos y conejos 11-12 g/dL y cerdos, ovinos cabras y caballos 10-11 g/dL.

La mayor cantidad de Fe en sangre se encuentra en el eritrocito principalmente en forma de Hb, y una pequeña cantidad en el suero unido a una proteína específica denominada como transferrina (Georgievskii, 1982), una beta globulina con dos átomos de Fe^{2+} , que es el principal acarreador del metal en sangre, además de participar en los mecanismos de defensa contra infecciones (Morris, 1985)

En el suero también se encuentra la ferritina sérica, que junto con la hemosiderina son los principales compuestos de almacén de Fe en el organismo y su concentración en los tejidos, refleja el estado de este mineral en los animales (Smith, 1989; Morris, 1987; Suttle y Underwood, 1999).

La ferritina es una proteína no hem (globulina) que contiene 20% de Fe en su molécula, se encuentra ampliamente distribuida en el organismo, particularmente en el hígado. Hay una alta correlación positiva entre la concentración de ferritina sérica y el almacén de Fe (Morris, 1985; Suttle y Underwood, 1999)

La hemosiderina contiene 35% de Fe, principalmente en forma coloidal como hidróxido férrico (Suttle y Underwood, 1999).

Las funciones del Fe están asociadas con las moléculas de las que forman parte. La Hb y mioglobina participan en el almacén y transferencia de oxígeno a las células. Las enzimas con grupo hem, citocromo A y citocromo oxidasa C, intervienen en la fosforilación oxidativa; la catalasa y peroxidasa, descomponen grupos peróxido; los compuestos sin hem, succinato deshidrogenasa y NADH deshidrogenasa, participan en la transferencia de electrones; la xantina oxidasa, en el metabolismo de bases púricas y pirimidínicas (Georgievskii, 1982; Suttle y Underwood, 1999) y, la ferritina y transferrina, en la reserva y transporte de Fe, respectivamente (Georgievskii, 1982; Morris, 1985; Smith, 1989).

La absorción del Fe es de acuerdo con las necesidades y esta afectada por muchos factores tales como el estado del metal en el organismo y la edad. La absorción del Fe es mayor en animales deficientes, porque el metabolismo del Fe es regulado predominantemente por su nivel en el intestino, donde su eficiencia de absorción está controlado por el estado del metal en la mucosa. (Suttle y Underwood, 1999).

Siendo el duodeno el principal sitio de absorción, según Morris (1987) y Church y Pond (1989) el proceso de absorción es más eficaz en condiciones ácidas, por lo que la absorción en estómago y duodeno es mucho mayor que en el íleon.

Las sustancias reductoras presentes en los alimentos, como el ácido ascórbico y la cisteína, pueden ayudar en la reducción del hierro de férrico a ferroso favoreciendo su absorción, mientras que los niveles altos de fosfatos, fitatos y oxalatos reducen su absorción, al combinarse formando compuestos insolubles (McDowell *et al.*, 1997).

Elevados niveles de Co, Zn, Cd, Cu y Mn interfieren con la absorción del Fe por competencia con los sitios que ligan el metal (McDowell, *et al.*, 1997)

El Fe absorbido es captado por el enterocito y es retenido en la célula, cuando este se satura impide la absorción del metal hasta que la ferritina es liberada a la sangre (Morris, 1985).

El Cu, participa en la utilización del Fe. La ceruloplasmina, facilita la liberación del Fe de la ferritina en la mucosa intestinal y células hepáticas hacia el plasma, donde es captada para ser utilizada en la síntesis de hemoglobina, mioglobina y enzimas (Suttle y Underwood, 1999; Georgievskii, 1982).

El Fe es eliminado por el organismo principalmente por las heces, pero también por la orina, sudor y saliva (McDowell *et al.*, 1997).

El Fe es considerado uno de los microminerales menos tóxicos, la intoxicación por Fe en rumiantes en pastoreo es poco frecuente, se produce por consumo excesivo del metal durante largos periodos de tiempo, siendo el nivel máximo tolerable de 1000 ppm (Church y Pond, 1989; McDowell *et al.*, 1997).

JUSTIFICACIÓN

La lactación es el período del ciclo productivo de la oveja cuando las necesidades de nutrimentos son más elevadas; necesidades, que muchas veces no son cubiertas, aun con un aumento en el consumo voluntario lo que ocasiona una movilización de las reservas corporales, que se traduce en una pérdida de peso. Poco se sabe cómo fluctúan los diferentes minerales en el organismo ovino cuando los animales tienen acceso únicamente a forraje verde. Tampoco existe mucha información sobre el efecto que la concentración mineral del forraje puede tener sobre esas fluctuaciones. El presente estudio intentará encontrar las respuestas a estas interrogantes, para así poder proporcionar recomendaciones de complementación durante esta etapa productiva.

HIPOTESIS

1. La concentración en leche, sangre y suero de Ca, P, Mg, Fe, Cu, Zn y Se presentará variaciones ocasionadas por la demanda de estos nutrientes durante las diferentes fases de la lactación.
2. La concentración de Ca, P, Mg, Fe, Cu, Zn y Se en sangre, suero, leche y lana presentarán diferencias de acuerdo con la raza.
3. El consumo voluntario en ovejas lactantes presentará un incremento durante la primera fase de la lactación, ocasionado por un aumento en los requerimientos para la producción láctea.
4. La cantidad de forraje consumido voluntariamente por animal presentará diferencias de acuerdo con la raza, siendo mayor para la raza Sulffolk.
5. La cantidad de forraje consumido voluntariamente por kilogramo de peso metabólico presentará diferencias de acuerdo con la raza, siendo mayor para la raza Rambouillet.
6. Aun cuando el incremento en el consumo voluntario, no logre satisfacer totalmente las demandas minerales de las ovejas en lactación, las fluctuaciones en la concentración de minerales en leche, sangre, suero y lana se mantendrán dentro de rangos fisiológicos normales al activarse los mecanismos de homeostasis.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la raza en las fluctuaciones de algunos macro y microminerales en suero (Ca), sangre, leche (Ca, P, Mg, Fe, Cu, Zn y Se) y lana (S, Cu, Zn, Se y Fe) de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar en etapa de lactación, en un sistema de pastoreo restringido.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar los cambios en la producción de materia seca en la pradera a lo largo del experimento
2. Determinar los cambios en la digestibilidad de la materia seca del forraje a lo largo del experimento.
3. Determinar las fluctuaciones en la concentración de los diferentes minerales en el suelo y en el forraje.
4. Determinar las fluctuaciones de Ca en sangre, suero y leche de ovejas en pastoreo
5. Determinar las fluctuaciones de P, Mg, Fe, Cu, Zn y Se en sangre y leche de ovejas en pastoreo.
6. Determinar las fluctuaciones de S, Cu, y Zn en lana de ovejas lactantes en pastoreo.
7. Estimar la producción fecal de cada animal, utilizando como marcador sesquióxido de cromo.
8. Estimar el consumo voluntario de materia seca por animal y por kilogramo de peso metabólico en ovejas lactantes en pastoreo, utilizando la información sobre producción fecal y digestibilidad de la M.S.
9. Relacionar las fluctuaciones en la concentración de los diferentes minerales en el forraje con las fluctuaciones en la sangre, suero, lana y leche de ovejas en pastoreo.

II MATERIAL Y METODOS

FASE DE CAMPO

El estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (C.E.I.E.P.O.), perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (F.M.V.Z.) de la Universidad Nacional Autónoma de México (U.N.A.M.), ubicado en el kilómetro 53.1 de la carretera federal México-Cuernavaca, poblado de Tres Marías, en el municipio de Huitzilac, estado de Morelos, a 19°03' latitud norte, 99°14' longitud oeste, y 2810 msnm. Tres Marías presenta un clima tipo Cb'(m)(w), con temperatura promedio de 18°C y precipitación promedio anual de 1724 mm (García, 1988). La fase de campo inicio el 21 de noviembre de 1998 y finalizo el 22 de enero del 2000.

El experimento tuvo una duración de 60 días, dividido en cuatro periodos de 15 días cada uno, además de un muestreo 15 días previos al parto, ya que para calcular la producción fecal basándose en la concentración del marcador en heces, diversos autores observaron que son necesarios de 7 a 10 días para lograr un nivel constante de éste en rumen (Kotb y Luckey, 1972; Pond *et al.*, 1987; Van Houtert, 1996) y la administración del marcador se inició apartir 4° día posparto.

Durante la fase de campo 15 días antes del parto y al final de cada periodo se obtuvieron muestras de heces, lana, calostro, leche, sangre y suero de ovejas en etapa de lactación, que se utilizaron para determinar el consumo voluntario y las concentraciones de diversos macro y microminerales (Ca, P, Mg, Fe, Cu, Zn, Se y S). Asimismo, se tomó un registro del peso de los animales y sus crías.

Se obtuvieron muestras del terreno de pastoreo, para determinar la concentración de minerales y de la pradera para obtener producción de materia seca, digestibilidad del forraje y concentración de minerales.

ALIMENTACION

Antes de iniciar la investigación, los animales fueron alimentados en un sistema de pastoreo rotacional con complementación en pesebre de avena y concentrado. El período de pastoreo estuvo comprendido entre las 08:00 y las 17:00 h. Para realizar este trabajo se modificó el sistema de alimentación de pastoreo rotacional con complementación a únicamente pastoreo, para lo cual se implantó una pradera con ryegrass anual (*Lolium multiflorum*). El pastoreo se realizó de 8:00 a 17:30 h y al término de este periodo, los animales se alojaban en corrales.

INDUCCIÓN DE CELO

Para asegurar uniformidad en las fechas de parto y lograr hacer coincidir los nacimientos con una producción de forraje adecuada tanto en cantidad como en calidad, se indujo el celo a los animales colocando esponjas impregnadas con un progestágeno* en la vagina durante 9 días y administrando una dosis de una gonadotropina sérica** intramuscularmente al momento de retirar la esponja, para posteriormente proporcionar monta. Con el fin de garantizar un adecuado número de animales para el estudio, y considerando que en verano el porcentaje de fertilización de la ovejas en el C.E.I.E.P.O. es de alrededor del 50%, se indujo el celo a 27 ovejas Rambouillet y 33 ovejas Suffolk, y al momento del parto se conformó el grupo experimental.

MANEJO EXPERIMENTAL PREPARTO

Los muestreos se iniciaron dos semanas antes de la fecha probable de parto, momento en el cual los animales se pesaron y se tomaron muestras de sangre, suero, lana y heces. Estas muestras constituyeron el muestreo cero (M0), excepto las muestras de heces, que se consideraron como muestras blanco.

* Chrono-gest (acetato de fluorogestona (FGA): esponjas de 30 mg. Intervet de México.

** Folligon (PMSG=gonadotropina sérica: liofilizado de 1000 UI, diluyente de 5 ml Intervet de México.

MANEJO EXPERIMENTAL AL MOMENTO DEL PARTO

a) Conformación del grupo experimental

Debido a que no era posible saber con exactitud cuántos animales iban a parir y cuántos tendrían crías únicas o gemelares, se procedió a agrupar a los animales con base en: 1) el día de parto y 2) el tipo de parto. El grupo experimental quedó finalmente conformado por dos grupos de animales de diferente raza (6 ovejas Suffolk y 8 ovejas Rambouillet), pero con el mismo tipo de parto (gemelar).

Para facilitar los muestreos, se formaron grupos de animales con diferencia de ± 3 días en la fecha de parto, de tal forma que las ovejas que parieron los primeros tres días conformaron el primer grupo, las que parieron en los tres días siguientes, el segundo grupo. Gracias a la inducción, todos los partos ocurrieron en un lapso no mayor a 9 días. Los grupos fueron identificados por letras (A y B), además de asignársele un número progresivo a cada animal con pintura de spray en los flancos y grupa con base en el orden en que ocurrieron los partos.

b) Pesaje y muestreos

Dentro de las 2 primeras horas posparto las crías se pesaron en una báscula de plataforma con capacidad de 200 kg y se tomó una muestra de calostro directamente de la ubre en tarros de plástico de 50 ml con tapa, previamente identificados. El calostro se conservó en congelación hasta su análisis.

MANEJO EXPERIMENTAL POSPARTO.

Las hembras permanecieron encerradas con sus crías hasta el tercer día posparto, y al cuarto día madre y crías salieron juntos a pastar.

Las ovejas animales fueron muestreados (leche, lana, sangre y heces) y pesados cada 15 días hasta cumplir los 60 días de lactancia (15, 30, 45 y 60 días posparto). Asimismo, se registró quincenalmente el peso de las madres y sus corderos.

1) Dosificación del marcador

Para determinar el consumo voluntario se administraron vía oral, utilizando una jeringa de 20 ml a la que se le cortó la punta, cápsulas de gelatina (No. 0) con 500 mg de Cr_2O_3 , previamente preparadas y almacenadas en frascos de vidrio hasta el momento de ser utilizadas.

La dosificación del marcador se inició al cuarto día posparto, administrando dos cápsulas, una por la mañana (7:00 h), antes del pastoreo, y otra por la tarde, al finalizar el mismo (17:30 h), asegurándose de forma visual que fueran deglutidas por los animales. La administración del marcador se mantuvo durante toda la lactación (60 días).

2) Obtención de muestras

a) Sangre y suero

Las muestras de sangre se obtuvieron por venopunción de la yugular y fueron recolectadas en dos tipos de tubos vacutainer, uno con EDTA (10 ml para sangre) y otro sin EDTA (10 ml para suero), previamente identificados. Los muestreos se realizaron a las 07:00 horas, antes del pesaje de los animales. La sangre se dejó sedimentar a temperatura ambiente, para la obtención de suero, que fue recolectado con pipetas Pasteur (una por muestra) y se conservaron en congelación en recipientes de plástico de 30 ml, identificados previamente. Las muestras de sangre se conservaron en refrigeración. En la sangre se midieron las concentraciones de Ca, P, Mg, Fe, Cu, Zn y Se y en el suero, únicamente la concentración de Ca.

b) Leche y calostro

Las muestras de leche o calostro fueron recolectadas directamente de la ubre en tarros de plástico de 50 ml con tapa de rosca, identificados, y se congelaron para su conservación. En la leche se determinaron las concentraciones de Ca, P, Mg, Fe, Cu y Zn.

c) Lana

Las muestras de lana se tomaron de ambos costados de los animales, usando una trasquiladora eléctrica con peines de acero inoxidable. Las muestras se conservaron en bolsas de polietileno con cierre hermético, previamente identificadas. En la lana se determinaron las concentraciones de S, Cu, Zn y Fe.

d) Heces

Se recolectaron vía rectal excretas de cada animal dos veces al día (7:00 y 19:00), durante tres días consecutivos, a los 15, 30, 45 y 60 días posparto. Las muestras por día/animal/muestreo se depositaron en bolsas de polietileno con cierre hermético, previamente identificadas, y se mantuvieron en congelación.

e) Forraje

Las praderas fueron muestreadas para obtener la producción y calidad del forraje los mismos días en que se realizó el muestreo de los animales, además de tomar muestras al inicio y al término del período de ocupación.

Para calcular el forraje disponible al inicio del pastoreo, se realizó un muestreo de la pradera con un método de tipo destructivo, utilizando un cuadrante de 0.10 m². Las muestras obtenidas se desecaron hasta peso constante en horno de convección a 50°C, para posteriormente realizar el cálculo de producción de M.S. por hectárea. El mismo procedimiento se realizó cada 15 días después de que los primeros animales entraron a la pradera y al final del período de ocupación.

Para estimar el crecimiento y la producción de forraje verde por hectárea por día durante la fase de campo, se distribuyeron al azar 4 jaulas de exclusión en la pradera, realizándose muestreos cada 15 días.

Para determinar la calidad del forraje, se tomaron tres muestras manuales de la pradera de lugares adyacentes a donde se observaba a los animales consumir forraje. Este

procedimiento se realizó tres veces durante el horario de pastoreo, a las 08:00, 12:00 y 16:00 horas. Las muestras se colocaron en bolsas de polietileno y se congelaron de inmediato en N líquido para su conservación y posterior análisis.

f) Suelo

Al inicio de la investigación se realizó un muestreo del terreno, con un muestreador cilíndrico para suelo de acero inoxidable de 30 cm de largo, para determinar algunas características físico-químicas y la concentración de algunos macro y microminerales.

FASE DE LABORATORIO

La fase de laboratorio se llevó a cabo en el laboratorio de Análisis de Alimentos del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la F.M.V.Z. de la U.N.A.M.

ANÁLISIS DE LABORATORIO.

a) Sangre

Las muestras de sangre se sometieron a un proceso de digestión húmeda con ácido nítrico (HNO_3) (AOAC, 1984), para lo cual se utilizaron 5 ml. La solución madre se conservó en envases plásticos nuevos y lavados con HNO_3 1:10. En la solución madre se determinaron los macrominerales Ca y Mg y los microminerales Se, Cu, Fe y Zn. Además, se hizo la determinación de la concentración de P en sangre por el método colorimétrico de Fiske y Subarow (1925).

b) Suero

Previa descongelación del material original, se prepararon diluciones 1:50 con óxido de lantano al 1% para determinar la concentración de Ca^{1} . Las diluciones se conservaron en refrigeración en envases plásticos, lavados previamente con HNO_3 1:10. Se utilizó una micropipeta con puntas nuevas, previamente lavadas con HNO_3 1:10, enjuagadas con agua desionizada y secadas en horno de convección a 50°C.

c) Lana

Las muestras de lana se lavaron previamente a la digestión húmeda con ácido nítrico (HNO_3), al chorro de agua corriente con jabón neutro, y se secaron al sol en bolsas de tela, para eliminar partículas contaminantes (tierra, grasa, etc.). Para obtener la solución madre requerida por la técnica se pesaron 0.5 g de lana limpia, para la determinación de S, Cu y Zn.

d) Leche o Calostro

Las muestras de leche o calostro se descongelaron y homogeneizaron en forma manual. Para obtener la solución madre se utilizaron 5 ml de leche o calostro y se sometieron también a una digestión húmeda con ácido nítrico (HNO_3) (AOAC, 1984).

e) Forraje

Las muestras de forraje se liofilizaron y se realizó la prueba de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) por el método de Tilley y Terry (1963). Además se determinó la concentración de Ca, P, Mg, Cu, Fe y Zn mediante digestión húmeda (AOAC, 1984).

f) Suelo

Las muestras de suelo fueron desecadas y se realizaron las siguientes determinaciones: Materia orgánica (M.O.) por el método de Walkley y Back, pH método de potenciométrico (relación suelo-agua 1:2), densidad aparente (D_a) método del picnómetro, clasificación textural método del hidrómetro de Bouyoucos, Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) determinación con acetato de amonio 1.0 N, pH 7.0 (centrifugación). La determinación de P se realizó con el método Bray P-1, las soluciones madres de Ca y Mg se extrajeron en acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 (relación 1:20), y para el Fe, Cu y Zn con DTPA (relación 1:4) (Redondo, 1988).

¹ Manual de operaciones y procedimientos de equipo Perkin-Elmer, enero 1982.

5) *Heces*

Las muestras fueron descongeladas y desecadas en horno de convección a 50°C hasta peso constante, para posteriormente ser molidas en un molino para café con cuchillas de acero inoxidable. De cada muestra por día/animal se obtuvo la tercera parte para formar una muestra compuesta por animal/muestreo.

Para la cuantificación del cromo de las muestras se utilizó la metodología propuesta por Fenton y Fenton (1979) (Tejada, 1992), para lo cual se utilizó un gramo de heces desecado y molido, que se sometió a incineración a 450°C durante 12 horas, se dejó enfriar y se le agregaron 15 ml de una mezcla oxidante (100 ml de agua, 10 g de molibdato de sodio, 200 ml de ácido sulfúrico y 200 ml de ácido perclórico); se calentó en una parrilla a 350°C, hasta que emitió vapores blancos y el color cambió, se dejó enfriar y se aforó a 200 ml con agua bidestilada; después se dejó reposar 24 horas cuantificándose el cromo por espectrofotometría de absorción atómica (E.A.A.).

Una vez determinada la concentración de cromo en las heces, la producción fecal se calculó según la siguiente ecuación:

$$\text{Prod. Fecal (M.S. g/día)} = \frac{\text{Dosis de marcador mg/día}}{\text{Concentración del marcador en heces (mg/g M.S.)}}$$

Conociendo la producción fecal, el consumo voluntario se estimó con la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo voluntario (g/día)} = \frac{\text{Producción fecal (g M.S./día)}}{1 - \text{DIVMS} / 100}$$

Cuantificación de minerales

El Ca, Mg, Cu, Fe, Zn y Cr fueron determinados en las soluciones madres mediante espectrofotometría de absorción atómica. El selenio se cuantificó utilizando un generador de hidruros acoplado al E.A.A. El P de las muestras de sangre se determinó por el método colorimétrico de Fiske y Subarow (1925) y para el caso de las muestras de forraje de

acuerdo al método sugerido por la A.O.A.C. (1984). El S en lana se determinó por el método gravimétrico (Stahr, 1977).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

El estudio tuvo un diseño completamente al azar, con dos tratamientos (raza Suffolk y raza Rambouillet) y rompimiento en tiempo.

El análisis de los datos se realizó con mediciones repetidas (Allen *et al.* 1983; Gill, y Hafs, 1971), utilizando el procedimiento de modelos generales lineales del paquete estadístico SAS (PROC GLM) y la instrucción REPEATED. En aquellos casos en los que el factor muestreo fue significativo ($P < 0.05$), se realizó una transformación polinomial para encontrar tendencias lineales, cuadráticas, cúbicas, etc., en el factor tiempo (SAS, 1985).

Se consideró a cada animal como la unidad experimental y el modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + M_j + RM_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = Concentración mineral en el k-ésimo animal para el j-ésimo muestreo de la i-ésima raza.
- μ = Media general de la población.
- R_i = Efecto de la i-ésima raza ($i = 1, 2$).
- M_j = Efecto del j-ésimo muestreo ($j = 1, \dots, 6$).
- RM_{ij} = Efecto de la interacción raza x muestreo.
- E_{ijk} = Error experimental.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y COMPOSICIÓN MINERAL DEL SUELO

El contenido de materia orgánica y el pH del suelo de la pradera donde se realizó la investigación fueron, respectivamente, de 7.73 % y 4.88. Ortíz y Ortíz (1990) señalan que la capa arable puede contener desde trazas hasta 15 a 20% de M.O., siendo para México, el promedio nacional en suelos agrícolas del 2.4%, y de 2.5% para el estado de Morelos. Estos investigadores indican que la acumulación de M.O. es favorecida en áreas de precipitación abundante o drenaje deficiente, baja temperatura y vegetación nativa de pastos. Según los mismo autores, suelos como el de esta investigación que contienen más del 5% de M.O. se consideran suelos ricos en ésta.

La M.O. juega un papel muy importante en la fertilidad de los suelos; su función es múltiple e interviene como fuente de nutrientes para las plantas, conserva la humedad y contribuye a la formación de agregados; es fuente energética y substrato microbiano. Además es uno de los componentes que interviene más activamente en el proceso de intercambio iónico en los suelos y fija cationes intercambiables (Ca, Mg, K, Mn y Zn), evitando que se pierdan por lixiviación, liberándolos posteriormente en forma gradual por mineralización para su asimilación (Fassbender y Bornemisza 1987; Ortíz y Ortíz 1990; Baver *et al.* 1980).

Thornton (1983) señala que la disponibilidad de los minerales para las plantas depende de su concentración total en el suelo y de su forma química. Ambos factores pueden estar influidos por los procesos de lixiviación y la acumulación de M.O. en la superficie, junto con las propiedades del suelo, tales como su pH, textura, etc. En el Cuadro 1 se muestran algunas de las características físico-químicas del suelo de la pradera de esta investigación.

Rodríguez (1981), Ortíz y Ortíz (1990) y Baver *et al.* (1980) indican que en el suelo rara vez se llega a un pH inferior a 4 (muy ácido) o a un pH de 10 (demasiado alcalino), considerándose que los suelos agrícolas generalmente tienen un pH entre 6 y 7.5, intervalo en el que mejor se desarrollan las plantas.

Reid y Horvath (1980) indican que la máxima tasa de absorción de cationes se encuentra dentro de un intervalo de pH de 5 a 7; diversos autores mencionan que niveles por debajo o por encima de estos valores reducen la absorción de Ca, Mg, Mn, Zn, y Cu (Reid y Horvath, 1980; Rodríguez, 1981; Fassbender y Bornemisza, 1987; Ortíz y Ortíz, 1990). El Cuadro 2 muestra el intervalo óptimo de pH para la asimilación de los diferentes minerales.

Cuadro 1. Características físico-químicas y análisis mineral del suelo de la pradera experimental.

Características físico-químicas del suelo.		
Peso de la capa arable*(Ton/ha)		5400.00
Capacidad de Intercambio Cationico (centimoles de carga ⁽⁺⁾ /kg)		24.50
Densidad aparente (g/cm ³)		1.80
Clase Textural (Bouyoucos)		Franco
Arena (%)		48.20
Limo (%)		38.00
Arcilla (%)		13.80
Minerales	Concentración	
	ppm	kg/ha
N inorgánico	214.16	578
Ca intercambiable	687.00	1855
P asimilable	6.76	18
Mg intercambiable	83.00	224
Cu	1.33	4
Fe	47.42	128
Zn	2.63	7
Se (pbb)	452.23	1221

***Espesor de la capa arable = 15 cm.

El suelo donde se realizó esta investigación se considera ácido al presentar un pH de 4.88, ligeramente desfavorable para el crecimiento del pasto *Lolium multiflorum* utilizado en este trabajo, cuyo pH óptimo se encuentra entre 5.0 a 7.8 (Hughes *et al.*, 1952; Hannaway *et al.*, 1999), y para la absorción adecuada de P, Mg, Ca y Mo. En menor medida se afectó la absorción de Cu y Zn, siendo un pH óptimo para el caso del Fe (Rodríguez, 1981; Fassbender y Bornemisza, 1987; Reid y Horvath, 1980).

Ortíz y Ortíz (1990) indican que la acidez del suelo puede provenir de varias fuentes: M.O., arcillas aluminosilicatadas, óxidos hidratados de Fe y Al, sales solubles y CO₂.

Cuadro 2. Intervalo de pH óptimo del suelo para la asimilación de algunos macro y microminerales.

Elemento	pH
P	6.5 – 7.5
Mg	7.0 – 8.5
Ca	6.5 – 8.5
Fe	4.5 – 6.0
Mn	5.0 – 6.5
Zn	5.0 – 7.0
Cu	5.0 – 7.0
B	5.0 – 7.0
Mo	6.0 – 8.0

Reid y Horvath (1980).

Hannaway *et al.* (1999) señalan que un pH por debajo de 5.0 puede ocasionar toxicidad debida a la absorción de Al, siendo éste el factor más perjudicial para las plantas en suelos fuertemente ácidos, y valores de pH por encima de 7.8 pueden ocasionar clorosis en la planta, debido a deficiencias de Fe y Mn.

El pH también es un factor importante que determina las especies, el número y la actividad de los microorganismos del suelo. Éstos a su vez regulan en alto grado el proceso de mineralización del suelo de la M.O. y, por lo tanto, la disponibilidad de oligoelementos.

Fassbender y Bornemisza (1987) señalan que comúnmente, la acidez del suelo indica la existencia de niveles bajos de cationes intercambiables (Ca^{++} , Mg^{++} , K^{++}).

Como se puede apreciar en el Cuadro 1, el suelo en que se llevó a cabo la investigación presenta una textura franca, con mayor proporción de partículas grandes (48.2%) y medianas (38.0%), por lo que tiene una intermedia capacidad de intercambio catiónico (Cuadro 1) (Ortíz y Ortíz, 1990).

El Cuadro 3 muestra los requerimientos mínimos de minerales recomendados para *Lolium multiflorum* con diferentes niveles de producción.

Fassbender y Bornemisza (1987) indican que el Ca presente en la solución del suelo varía entre 20 a 1500 ppm en condiciones de clima templado, y que valores más altos corresponden a suelos de regiones áridas. Ortíz y Ortíz (1990), por su parte, señalan que el promedio mundial de Ca extractable es de 3450 ppm. Aunque el suelo de esta investigación presenta una concentración intermedia de Ca intercambiable (687 ppm, Cuadro 1), ésta se encuentra por encima del límite requerido para el adecuado desarrollo del forraje utilizado en esta investigación (Cuadro 3).

Fassbender y Bornemisza (1987) señalan que el contenido de P total es relativamente bajo en suelos de áreas templadas. El contenido de P total varía entre 200 y 800 ppm y, el promedio, gira alrededor de 500 ppm. El contenido de P también depende de la textura de los suelos, tanto en áreas de clima templado como tropical, ya que cuanto más fina es su textura, mayor es el contenido de P total.

Ortíz y Ortíz (1990) señalan que el promedio nacional de P asimilable en México es de 54.2 kg por hectárea, y de 48.0 kg por hectárea para el estado de Morelos, valor similar al encontrado en el suelo de esta investigación (46.3 kg por hectárea), adecuado para una mediana producción de *Lolium multiflorum* (5 000 kg M.S. kg por hectárea) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Requerimientos de nutrientes asimilables recomendados para *Lolium multiflorum* según su producción.

Producción kg M.S./ha	Macrominerales				Microminerales			
	N	P ₂ O ₅	MgO	CaO	S	Fe	Zn	Cu
	(kg/ha)				(g/ha)			
2 500	70	20	8	21	6	250	100	20
5 000	150	40	17	42	12	500	200	40
10 000	300	80	34	84	24	1000	400	80
12 000	370	100	42	105	30	1250	500	100

Morrison (1992)

El contenido de Mg total en los suelos no calcáreos varía entre 0.1 y 1%, encontrándose una proporción apreciable en el complejo de cambio. El Mg cambiante representa una fracción pequeña del Mg total variando entre 0.7 a 7.5 cmol por kg (Fassbender y Bornemisza 1987). Grace (1983) señala que la relación entre el Mg intercambiante del suelo y el nivel de Mg en el forraje es muy compleja y está afectada por el pH y la estacionalidad del nivel de Mg en el pasto, siendo más bajo a final del invierno y principios de primavera.

Como se observa en el Cuadro 1, los minerales más limitantes para la planta fueron Cu y Zn, ya que se encontraron 4 y 7 kg por hectárea, respectivamente, debajo de los requerimientos para una producción de 2 500 kg M.S. por hectárea, como se puede apreciar en el Cuadro 3.

Reid y Horvath (1980) y Jones (1984) indican que los suelos agrícolas contienen, en promedio, cerca de 20 ppm de Cu total, con un intervalo de 2 a 100 ppm. Ortíz y Ortíz (1990) señalan que el promedio de Cu intercambiante en México es de 3.9 a 4 ppm, siendo este valor superior al encontrado en el suelo de esta investigación (1.33 ppm, Cuadro 1). Aunque las concentraciones del mineral en el forraje estuvieron dentro los valores señalados por la literatura (Cuadro 5).

El Cu es el menos móvil entre los oligoelementos del suelo, en general los suelos con pH alto lo retienen mejor que los suelos ácidos (Fassbender y Bornemisza, 1987). Lindsay, citado por Jones (1984), indica que el Cu soluble disminuye 100 veces por cada unidad que se incrementa el pH del suelo, aunque el Cu absorbido, a pesar de su inmovilidad aparente, permanece disponible en proporción apreciable para las plantas, posiblemente en forma de complejos orgánicos. La cantidad de Cu disponible para las plantas varía ampliamente en las diferentes regiones; los suelos de textura muy gruesa y muy ácidos presentan, comúnmente, niveles muy bajos (Fassbender y Bornemisza, 1987; Jones, 1984).

La absorción de Cu ocurre a través de un proceso activo en los pastos. Al igual que en el caso de Zn y Mn, el Cu es absorbido por un gradiente de concentración, que opera en dos fases con dos diferentes intervalos de concentración. El Cu y el Zn compiten por el mismo mecanismo de absorción, lo cual explica la correlación entre estos dos minerales en la absorción de la planta, por lo que excesos de Zn en el suelo pueden explicar deficiencias de Cu en las plantas. Una interacción similar se presenta entre P y Cu, lo que sugiere que altas concentraciones de P pueden inhibir la absorción de Cu (Jones, 1984).

En lo que respecta al Zn, Fassbender y Bornemisza (1987) y Jones (1984) señalan que una proporción apreciable del Zn en el suelo se encuentra en la fracción de arcilla, por lo que suelos bajos en ésta frecuentemente tienen pequeñas proporciones de éste elemento, como es el caso del suelo de ésta investigación que contiene 13.80% de arcilla (Cuadro 1). Estos mismos autores señalan que el contenido de Zn total en el suelo varía entre 10 a 300 ppm. El Zn extractable se correlaciona negativamente con el pH del suelo, y que al igual que el Cu, el Zn soluble del suelo disminuye 100 veces por cada unidad de incremento en el pH. Presentándose comúnmente valores de 0.8 ppm de Zn soluble en el suelo, valor inferior al encontrado en el suelo de esta investigación (1.33 ppm, Cuadro 1).

Como se puede apreciar en el Cuadro 2, el pH del suelo de esta investigación no disminuyó en gran medida la absorción de Zn y Cu, ya que la óptima absorción de estos minerales se encuentra en un rango de 5.0 a 7.0. La deficiencia de estos minerales en suelo

(Cuadros 1) no se vio reflejada en su concentración en el forraje (Cuadro 6), ya que la concentración de éste mineral se encontro dentro de los valores considerados como adecuados (Cuadros 3). Probablemente debido a la función metabólica que desempeñan estos dos minerales en la planta, que tienen que ver sobre todo con su crecimiento, la deficiencia de éstos pudiera haber afectado la producción de M.S., pero no su concentración en los tejidos.

Langlands *et al.* (1982) indican que el consumo de suelo frecuentemente se incrementa con una alta tasa de pastoreo, aunque suelo puede proveer minerales esenciales y la ingestión de éste puede incrementar significativamente la concentración de Se en los tejidos animales, también puede reducir la disponibilidad de otros minerales como es el caso del Cu.

Reid y Horvath (1980) señalan que los suelos ácidos contienen bajas concentraciones de Se (<0.04 ppm, Cuadro 3), como es el caso del suelo de esta investigación, mientras que los suelos alcalinos son considerados como altos en Se, con una concentración promedio de 1 a 100 ppm.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE

La estimación de M.S. disponible utilizando el método de muestreo de tipo destructivo, arrojó un rendimiento por hectárea de 1791 kg de M.S. al inicio del periodo de pastoreo y de 576 kg de M.S. de forraje residual por hectárea al final del experimento. Estos valores podrían no ser representativos de la producción de M.S. por hectárea de la pradera, ya que, aunque la investigación se realizó en una pradera monófito de *Lolium multiflorum*, la defoliación de la pradera no fue uniforme. Esto pudo deberse al manejo de la pradera, ya que se utilizó un sistema de pastoreo continuo y, en consecuencia, se presentó un exceso en la oferta de forraje al inicio del experimento. Considerando un consumo promedio de 2.9 kg de M.S por día (Cuadro 15), la demanda aproximada de M.S. por día al inicio del pastoreo sería de 609 kg de M.S. y la oferta de éste sería de 3045 kg de M.S., en 1.7 hectáreas.

Hodgson (1990) señala que cuando la producción de forraje excede la demanda de los animales, estos tienden a concentrarse a pastorear en un área en particular y a ignorar otras, ocasionando un mosaico de terrero con zonas pastoreadas y otras sin pastorear, de tal modo que el forraje no pastoreado alcanza la madurez y las hojas no defoliadas comienzan su proceso degenerativo de senescencia. Estas hojas generalmente son rechazadas por los animales en pastoreo, por lo que estas zonas permanecen sin ser pastoreadas. Esto puede explicar por qué los animales al inicio del experimento pastorearon sólo una porción de la pradera, rechazando el forraje pisoteado y maduro.

Por lo anteriormente la estimación de M.S. disponible por muestreo con jaulas de exclusión, que se presenta en el Cuadro 4, podría ser más confiable, aunque debe considerarse que no toda la producción de M.S. considerada es forraje disponible, ya que se extrapolaron los datos al área total (1.7 hectáreas), sin considerar las áreas no pastoreadas. En la Figura 1 se muestra la oferta y demanda de forraje, considerando 14 animales y el consumo de M.S. estimado (ver adelante consumo voluntario).

De acuerdo con Morrison (1992) la producción del *Lolium multiflorum* está principalmente influida por las condiciones medioambientales y el aporte de N, y su potencial productivo está estrechamente relacionado con la duración de su estación efectiva de desarrollo y la cantidad de agua durante ese periodo. El crecimiento de este forraje comienza en la primavera, aumentando rápidamente conforme la temperatura ambiental se eleva, alcanzando su máximo al final de ésta y principios de verano (21 de junio al 22 diciembre), seguido de un periodo de menor desarrollo a lo largo del verano y otro incremento de producción menor al final de éste, presentando posteriormente una declinación constante a la par que la temperatura y la radiación solar decaen durante el invierno (22 de diciembre al 21 de marzo). Esta disminución en el crecimiento del *lolium multiflorum* durante el otoño-invierno se observó en la producción del forraje estimada a través de las jaulas de exclusión (Cuadro 4), pudiéndose apreciar una disminución en la producción de M.S. a lo largo del periodo experimental conforme se acercó el invierno (Figura 1).

Cuadro 4. Producción de materia seca total y por hectárea de la pradera de *lolium multiflorum* durante el periodo experimental utilizando jaulas de exclusión.

Muestreo	Producción (kg de M.S.)	
	Hectárea	Total (1.7 hectáreas)
1 (8 de dic.)	792	1346
2 (23 de dic.)	654	1112
3 (7 de ene.)	472	802
4 (22 de ene.)	385	655
Total	2303	3915

Hannaway *et al.* (1999) señalan que la producción anual por hectárea del *Lolium multiflorum*, puede llegar a ser de 10 000 a 12 500 kg de M.S. bajo condiciones óptimas; en condiciones moderadas, de 5 000 a 10 000 kg de M.S., o de 2 500 a 5 000 kg de M.S. en condiciones desfavorables.

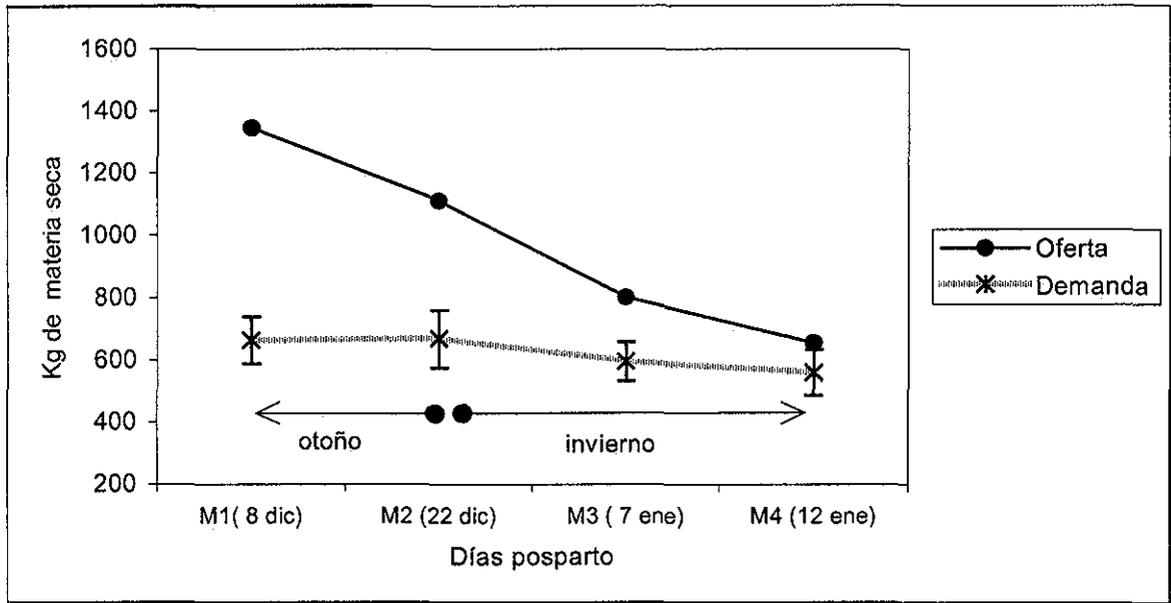


Figura 1. Producción de materia seca (kg) de la pradera de *Lolium multiflorum* y demanda de forraje (kg) de las ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo continuo.

DIGESTIBILIDAD Y CONTENIDO MINERAL DEL FORRAJE

El Cuadro 5 muestra el porcentaje de proteína cruda, la DIVMS y el contenido mineral del forraje obtenido en cada muestreo, mediante toma manuales, de forraje adyacente a las áreas de pastoreo de cada raza.

Hannaway (1999) señala que el *Lolium multiflorum* es un importante pasto de corta duración, de alta gustocidad y digestibilidad, con un alto valor nutritivo para los rumiantes, utilizado en diversas condiciones medioambientales, sobre todo cuando se requiere de una rápida cobertura y disponibilidad de forraje, por su alto potencial de producción y rápido establecimiento.

Como se puede observar en el Cuadro 5, el porcentaje de proteína cruda y la DIVMS del forraje disminuyeron a través de todo el experimento, sin embargo, la calidad del forraje fue elevada durante casi todo el periodo experimental, a excepción del último

muestreo en donde probablemente los animales se vieron limitados a seleccionar debido a la disminución del forraje disponible (Figura 1).

Cuadro 5. Porcentaje de proteína cruda, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y contenido de algunos minerales del forraje obtenido a partir de muestras manuales*.**

	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
	<i>Ovejas Rambouillet</i>				<i>Ovejas Suffolk</i>			
DIVMS(%)	78.10	78.10	76.82	71.69	76.82	76.82	77.28	73.00
P.C. (%)	23.30	18.55	16.80	13.40	21.30	17.47	16.24	10.17
Ca (%)	0.12	0.18	0.16	0.13	0.14	0.18	0.17	0.19
P (%)	0.17	0.19	0.18	0.13	0.15	0.19	0.17	0.12
Mg (%)	0.13	0.15	0.13	0.14	0.12	0.13	0.13	0.14
Cu (ppm)	14.20	12.90	10.40	11.70	14.20	10.40	9.20	10.40
Fe (ppm)	389.00	380.00	297.00	257.00	366.00	376.00	413.00	313.00
Zn (ppm)	42.40	33.00	37.90	37.20	36.30	32.60	37.20	33.80

***Las muestras se obtuvieron siguiendo a tres animales de cada raza y recolectando material vegetal adyacente al lugar donde los animales estaban pastoreando.

Bryant, citado por Allison (1985), señalan que cuando la presión de pastoreo es suficientemente intensa para limitar la disponibilidad de forraje, la calidad de la dieta disminuye. Esto se atribuye a la reducción en la oportunidad de pastoreo selectivo.

Lynch *et al.* (1992) indican que los ovinos probablemente no seleccionan el forraje basándose en niveles altos de nitrógeno o digestibilidad de la M.S., pero no se entiende qué variables están siendo seleccionadas que se correlacionan con valores altos de nitrógeno y digestibilidad de la M.S.

El Cuadro 6 muestra los valores de referencia de proteína cruda y de macro y microminerales del forraje utilizado en este experimento.

Según Church y Pond (1989) la digestibilidad está directamente relacionada con el contenido de energía del forraje y tiene una relación positiva con la proteína. Los forrajes con una digestibilidad del 70 al 80% tienen niveles de energía y P.C. capaces de propiciar un alto nivel de desarrollo en los ovinos.

Ya que el forraje disponible disminuyó a lo largo del experimento, pudiera ser que conforme éste avanzó, cada vez los animales se vieron más limitados para seleccionar forraje de alta calidad. Lynch *et al.* (1992) señalan, entre otros factores, la intensidad del apetito puede afectar la selección de la dieta.

Cuadro 6. Concentración promedio de proteína cruda y de algunos macro y microminerales del pasto *Lolium multiflorum* en materia seca.

Nutriente	Contenido
	%
P.C.	15.00
Ca	0.40 – 1.00
P	0.18 – 0.50
Mg	0.10 – 0.39
S	0.13 – 0.75
	ppm
Fe	50.0 – 200.0
Zn	15.0 – 60.0
Cu	3.4 – 12.9

Adaptado de: NRC (1985) y Morrison (1992).

Reid y Horvath (1980) señalan que en los suelos ácidos, el aporte de Ca es generalmente adecuado para la mayoría de las cosechas, en ausencia de factores tóxicos, y que las complicaciones por deficiencia de Ca son raras en animales en pastoreo, a no ser que el forraje contenga menos de 0.2% de este mineral. Aunque, como puede observarse en el Cuadro 4, la concentración de Ca fluctuó a lo largo de la investigación, se mantuvo en un promedio de 0.13% y los animales no presentaron signos clínicos.

Según Underwood (1981) la baja incidencia de desórdenes de Ca en comparación con los de P se atribuye principalmente a: a) una mayor concentración de Ca que de P en hojas y tallos; b) mayor distribución de suelos deficientes en P que en Ca, y c) una menor declinación en la concentración de este mineral con el avance en la madurez de la planta.

Como se puede observar en el Cuadro 6, la concentración de Mg en el *Lolium multiflorum* varía entre 0.10 y 0.39 ppm, siendo 0.14 ppm el promedio en este trabajo valor que se encuentra dentro de los límites de referencia.

Para diversos autores el contenido de Zn en los pastos varía ampliamente, pudiendo ir desde valores muy bajos de 5 hasta 200 ppm (Underwood, 1981; Towers y Grace, 1983). En esta investigación el contenido promedio de Zn en el pasto fue de 39.34 ppm, encontrándose dentro de los valores indicados por la literatura.

Grace (1983) señala que la interrelación entre el nivel de Cu en el suelo y el contenido de éste en el forraje es muy pobre. Esto podría explicar por qué, a pesar de encontrarse por debajo de los requerimientos para el adecuado desarrollo del forraje, esto no se vio reflejado en la concentración de éste mineral en el forraje.

La mayoría de los componentes de las plantas contienen una gran y variable concentración de Fe, que depende de la planta y del tipo de suelo en el que se desarrolle, encontrándose en promedio de 264 ppm en el caso de los pastos, para el caso particular de *Lolium multiflorum*, el rango oscila entre 50 a 200 ppm (Cuadro 6), y en este estudio, el valor fue de 377 ppm, por encima de los valores de referencia.

En general, la concentración de todos los minerales estuvo dentro los límites considerados por la literatura para el forraje utilizado en esta investigación, a excepción del P, que presentó una concentración promedio de 0.16%, cuando la concentración en el pasto debería ser de 0.18 a 0.50% (Cuadro 6).

COMPOSICION DEL CONCENTRADO DE LOS CORDEROS

El Cuadro 7 muestra la composición y características nutricias del concentrado iniciación proporcionado a los corderos y en el Cuadro 8 el consumo de alimento promedio semanal de los corderos.

Peart (1982) indica que los corderos dependen grandemente de la leche materna para sobrevivir y desarrollarse al principio de su vida, presentándose generalmente una alta

correlación entre el consumo de leche y la tasa de desarrollo del cordero. Esta relación es alta durante las primeras 6 semanas de vida, y posteriormente declina, hasta convertirse en negativa.

Cuadro 7. Composición y características nutricias del concentrado de iniciación de los corderos.

Ingredientes	Inclusión (%)
Sorgo grano	82.16
Pasta de soya	15.04
Premezcla mineral	2.00
Bicarbonato de sodio	0.50
Antibiótico (oxitetraciclinas)	0.30
Análisis nutricional	%
Materia seca	89.30
Proteína cruda	13.80
Extracto etéreo	3.20
Cenizas	4.80
Fibra cruda	2.90
Elementos libres de nitrógeno	75.20
T.N.D.	85.20

Hodgson (1990) señala que en condiciones de pastoreo cuando se mantienen pastoreando juntas a las hembras y sus crías debe tenerse un manejo especial, aunque los corderos lactantes no empiezan a pastorear cantidades substanciales de forraje sino hasta las 4 a 6 semanas de edad. Es conveniente que durante este tiempo los corderos y las madres pastoreen en áreas separadas, para evitar competencia y que los corderos mantengan su rápido desarrollo. Como esto no fue posible en el presente estudio a partir de los 30 días posparto se proporcionó un complemento de iniciación a los corderos a razón de 100 g por animal al día. Como el consumo de alimento sólido se incrementa con la edad, dependiendo sobre todo de la producción de leche de las madres y el número de crías, el concentrado se fue aumentando paulatinamente, conforme se incrementaba el consumo, hasta llegar a proporcionar 343 g por animal al día al momento del destete.

En el Cuadro 8 puede observarse el aumento en el consumo del concentrado de iniciación ofrecido a los corderos.

Cuadro 8. Consumo promedio por semana del concentrado de iniciación por cordero al día, durante el experimento.

Semana	Consumo promedio por cordero por día (g)
1	57
2	112
3	189
4	263
5	331
6	343

Peart (1982) señala que los corderos que durante la lactación reciben menos leche aumentan su consumo de alimento sólido más rápidamente en su vida temprana que aquellos corderos que obtienen más leche. Desgraciadamente, en la investigación no se tuvo la posibilidad de medir el consumo de concentrado por animal ni por raza, ya que, por cuestiones de manejo, no fue posible alojar a los animales en corrales separados.

PESO DE LOS ANIMALES

CAMBIO DE PESO EN LAS HEMBRAS

El Cuadro 9 muestra el análisis de varianza para el cambio de peso de las ovejas a lo largo de la lactación. Puede observarse un efecto de muestreo ($P=0.0001$), y la interacción raza*muestreo también significativa ($P<0.05$). El Cuadro 10 muestra el peso promedio de las ovejas en los diferentes muestreos y la Figura 2 esquematiza la naturaleza de la interacción.

La transformación polinomial de los datos (Cuadro 11) reveló un comportamiento cúbico ($P=0.001$), en el cambio de peso de las ovejas, que fue más marcado en las ovejas Suffolk que en las ovejas Rambouillet. Estas últimas mantuvieron su peso relativamente constante de los 15 a los 60 DPP, mientras que las Suffolk mostraron un repunte en el peso a los 60 DPP (Figura 2). Esto coincide con Aceves *et al.* (1998), quienes encontraron un efecto de muestreo que presentó un comportamiento cúbico afectado por la raza, trabajando con animales Suffolk y Rambouillet en confinamiento bajo restricción alimenticia, y con Gibbs *et al.* (1981), quienes también encontraron un comportamiento cúbico en el cambio de peso en ovejas de parto gemelar en pastoreo.

Cuadro 9. Análisis de varianza de mediciones repetidas para el cambio de peso de las ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Fuente de variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>
<i>Entre animales</i>				
Raza	1	78.13	0.22	0.6509
Error	11	361.21		
<i>Dentro de animales</i>				
Muestreo	4	1987.38	129.39	0.0001
Muestreo*Raza	4	71.28	4.64	0.0388
Error (Muestreo)	44	15.36		
Total	64			

Como se puede observar en la Figura 2, las hembras Rambouillet tuvieron un peso promedio \pm EEM inicial menor (89.75 ± 3.04 kg) al de las hembras Suffolk (100.40 ± 3.85 kg), pero perdieron menos peso después del parto (22.80 vs 32.2 kg), aun cuando el peso promedio de las crías Suffolk y Rambouillet fue muy similar (9.63 ± 0.54 vs 9.66 ± 0.36 kg).

Cuadro 10. Pesos promedio de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactación en pastoreo.

Raza	Muestreo ¹ (Días posparto)	Media (kg)	EEM ² (kg)
Suffolk	-15	100.40	3.85
	15	68.20	3.71
	30	65.96	4.17
	45	65.60	4.20
	60	67.32	4.57
Rambouillet	-15	89.75	3.04
	15	66.95	2.93
	30	65.96	3.30
	45	67.11	3.32
	60	66.44	3.61

¹Muestreo*raza $P < 0.04$

²EEM= Error estándar de la media

Los animales presentaron una pérdida de peso muy pronunciada de los 15 días antes del parto a los 15 días posteriores a éste, pérdida considerada normal por el nacimiento de los corderos y por el cambio brusco de alimentación que fue de pastoreo rotacional con complementación con concentrado y paja de avena en pesebre a únicamente pastoreo cuatro días posteriores al parto.

Durante el periodo de los 15 a los 30 días posparto las ovejas Suffolk tuvieron pérdidas de peso al día de 150 g por animal, mientras que para las ovejas Rambouillet, estas pérdidas fueron menores (66 g por día). Lo mismo ocurrió de los 30 a 45 días posparto, con pérdidas de peso para las ovejas Suffolk de 24 g por animal por día, mientras que las ovejas Rambouillet tuvieron ganancias de peso de 77 g por animal, de tal modo que las ovejas

Rambouillet perdieron menos peso y permanecieron ligeramente más pesadas que las Suffolk de los 15 a los 45 días posparto.

Aceves *et al.* (1998), trabajando con ovejas Suffolk y Rambouillet en lactación en confinamiento bajo restricción alimenticia, encontraron diferencias significativas por raza, indicando que las ovejas Suffolk siempre fueron más pesadas que las ovejas Rambouillet, aún cuando las ovejas Suffolk perdieron peso de manera constante de los 15 a los 60 DPP, pero las ovejas Rambouillet mantuvieron su peso entre los 15 a los 30 DPP para posteriormente perder peso hasta el destete, similar a lo ocurrido en este estudio.

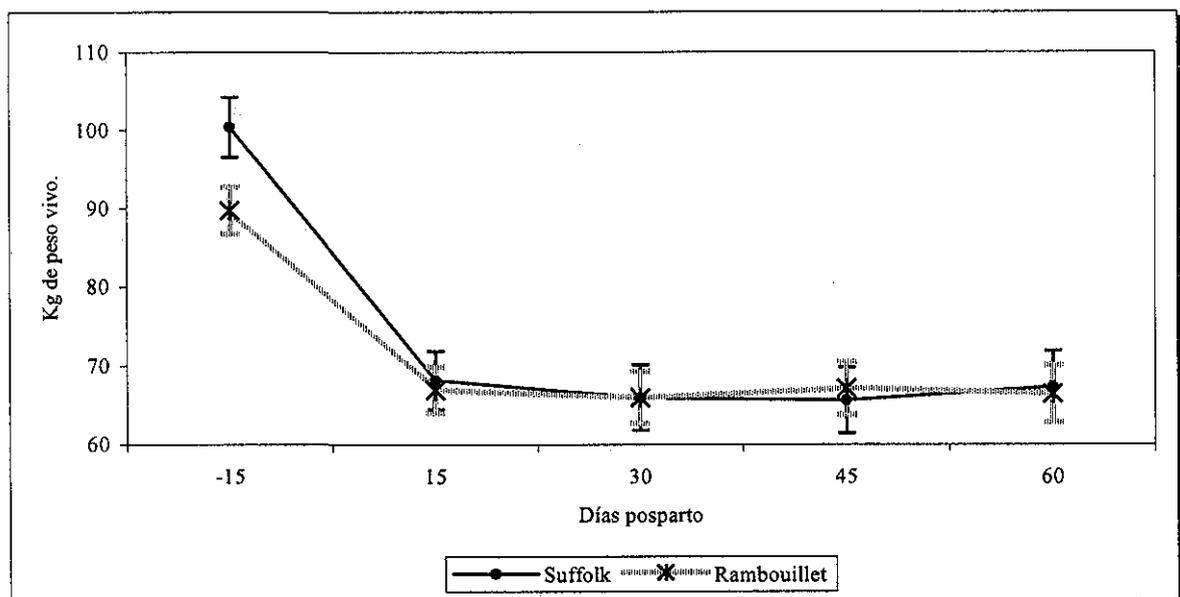


Figura 2. Cambio de peso promedio de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Según Slight (1991) la lactación es el periodo de más alto requerimiento de nutrientes en el ciclo de producción anual de la oveja. Restricciones de consumo de nutrientes durante este periodo pueden no reducir grandemente la producción de leche en algunos casos, pero pueden ocasionar una pérdida de peso y de reservas corporales en la oveja. Snowden y Glimp (1991) reportan que las ovejas Suffolk tienen una ligera, pero

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

mayor producción de leche que las ovejas Rambouillet, Polypay y Columbia bajo condiciones de pastoreo.

Cuadro 11. Transformación polinomial del efecto de muestreo para el cambio de peso de las ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	5364.5077	110.10	0.0001
RAZA	1	195.8673	4.02	0.0702
Error	11	48.7222		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	2408.7511	354.96	0.0001
RAZA	1	86.5570	12.76	0.0044
Error	11	6.780		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	174.3748	63.01	0.0001
RAZA	1	0.2317	0.08	0.7777
Error	11	2.7674		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	1.9066	0.60	0.4539
RAZA	1	2.4522	0.78	0.3974
Error	1	3.1628		

De acuerdo con Flamant y Morand-Fehr (1982) el cambio de peso vivo no es una medida exacta del cambio en la composición corporal, ya que el aumento de tamaño intestinal que ocurre al principio de la lactación enmascara los cambios de peso del cuerpo vacío. Esta hipertrofia del intestino ocurre conforme aumenta el consumo de alimento, aunque el volumen de sangre probablemente disminuye al principio de la lactación, pero el contenido de agua puede aumentar por la movilización de la grasa.

Por su parte Cowan *et al.* (1981) señala que las ovejas al inicio de la lactación pierden grandes cantidades de grasa con poca o ninguna pérdida de proteína corporal, y la eficiencia de uso de la energía de esta grasa para la síntesis de leche depende de la disponibilidad de un adecuado aporte de aminoácidos esenciales a la glándula.

La mayor pérdida de peso de las ovejas Suffolk coincide con lo encontrado por Snowden y Glimp (1991), que trabajaron con cuatro razas de ovinos que incluían animales de raza Suffolk y Rambouillet (Suffolk, Rambouillet, Polypay y Columbia) de parto simple y gemelar, bajo un sistema de pastoreo, reportando una mayor pérdida de peso en las ovejas Suffolk de los 4 a los 42 días posparto (-15% de su peso vivo) que en cualquiera de las otras tres razas. Esto probablemente esté relacionado mayor requerimiento nutricional, debido a un mayor peso corporal y a una ligeramente superior producción láctea en esta raza. Además, Snowden y Glimp (1991) encontraron que la mayor tasa de pérdida de peso fue después del pico de producción, entre los 28 y 42 días para todas las razas, similar a lo ocurrido en esta investigación con los animales Suffolk (Figura 2).

De los 45 a los 60 días posparto las ovejas Suffolk presentaron ganancias de peso de 115 g por animal por día, obteniendo un peso final mayor al de las ovejas Rambouillet (67.32 vs 66.44 kg, respectivamente), que tuvieron pérdidas de 45 g por animal al día durante este periodo. Esta ganancia de peso en las ovejas Suffolk probablemente se debió a que durante los 45 a 60 DPP se presenta una rápida declinación en la producción láctea (Snowden y Glimp 1991).

De acuerdo con Singh y Singh (1991) conforme se acerca el momento del parto, se presenta una tendencia a disminuir el consumo de alimento, probablemente porque el

crecimiento del útero causa compresión del rumen. Estos investigadores observaron pérdidas de peso promedio de 50 g por animal al día durante la lactación, encontrando que aun con un alto consumo de alimento durante este periodo, las ovejas perdieron peso. Esto se debe a que los requerimientos de nutrientes son muy altos durante la lactación. Las ganancias de peso durante la gestación, por otro lado, se deben al desarrollo del feto y a los fluidos.

CAMBIO DE PESO DE LOS CORDEROS

El Cuadro 12 muestra el análisis de varianza para el cambio de peso de los corderos durante el experimento, revelando que la producción promedio \pm EEM de kilogramos de cordero fue similar ($P>0.05$) entre razas (23.25 ± 1.95 kg).

El mismo análisis reveló un efecto de muestreo ($P=0.0001$) Cuadro 12. Las medias se presentan en el Cuadro 13 y la transformación polinomial de los datos (Cuadro 14), indicó un comportamiento cuadrático ($P=0.0013$), que se esquematiza en la Figura 3. Puede observarse un cambio en la pendiente de la curva entre los 15 y 45 DPP. La pendiente aumentó lo que indica una mejoría en la ganancia de peso o en el crecimiento de los animales, posiblemente debido al consumo de concentrado.

Cuadro 12. Análisis de varianza de mediciones repetidas para el cambio de peso de los corderos Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Fuente de variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>
<i>Entre animales</i>				
Raza	1	297.10	2.76	0.1250
Error	11	107.74		
<i>Dentro de animales</i>				
Muestreo	4	1699.24	142.37	0.0001
Muestreo*Raza	4	43.73	3.66	0.0670
Error(Muestreo)	44	11.94		
Total	64			

Torres-Hernandez y Hohenboken (1980) observaron que la correlación entre la ganancia de peso de los corderos y la producción de leche es muy significativa al inicio de la lactación y tiende a disminuir en magnitud conforme progresa la lactancia. Estos resultados sugieren una disminución de la dependencia de leche y un incremento en los corderos por alimento sólido con el avance de la edad. La correlación fue mayor para los corderos de parto simple que para los de parto gemelar. Aunque las madres que paren gemelos producen más leche a través de toda la lactación que las de parto simple, menor cantidad de leche está disponible para cada gemelo que para el cordero de parto simple. Por lo tanto, la producción de leche es el factor más limitante para los corderos gemelares que para los de parto simple y la relación entre la producción de leche y la ganancia de peso esperada es más baja. Torres-Hernandez y Hohenboken (1980) encontraron que, para las últimas semanas de lactación, la ganancia diaria de peso promedio de los corderos fue siempre mayor para los animales de parto simple que para los gemelares. La superioridad de los corderos simples decreció conforme la lactación progresó. Esta observación sugiere que el consumo de alimentos sólidos ocurre antes en los corderos gemelos.

Cuadro 13. Kilogramos promedio de cordero producidos (suma de ambos corderos) por oveja Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Muestreo ¹ (Días posparto)	Media (kg)	EEM ² (kg)
0	9.62	0.43
15	15.10	1.03
30	22.39	2.16
45	29.91	2.79
60	39.21	3.35

¹Muestreo P=0.0001

²EEM= Error estándar de la media

Cuadro 14. Transformación polinomial del efecto de muestreo sobre los kilogramos de cordero producidos por hembra Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	6740.8308	164.34	0.0001
RAZA	1	168.6600	4.11	0.0675
Error	11	41.0177		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	54.4327	18.24	0.0013
RAZA	1	4.1349	1.39	0.2640
Error	11	2.9847		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	0.0008	0.00	0.9863
RAZA	1	1.1700	0.47	0.5081
Error	11	2.5002		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	1.6979	1.37	0.2667
RAZA	1	0.9566	0.77	0.3986
Error	1	1.2404		

Geenty y Jagusch, citados por Torres-Hernandez y Hohenboken (1980), compararon el desarrollo de gemelos Dorset, Corriedale y Romney desde el nacimiento hasta el destete a las 12 semanas. Encontraron diferencias entre razas, que representaron tanto los efectos

de las diferencias raciales en la producción láctea como el potencial de desarrollo de los corderos. Igualmente, Aceves (1997) encontró que las ovejas Suffolk produjeron más kilogramos de corderos que las ovejas Rambouillet bajo un sistema de alimentación restringida en confinamiento. Estos resultados no coinciden con los hallados en el presente trabajo, que no mostró diferencias por razas.

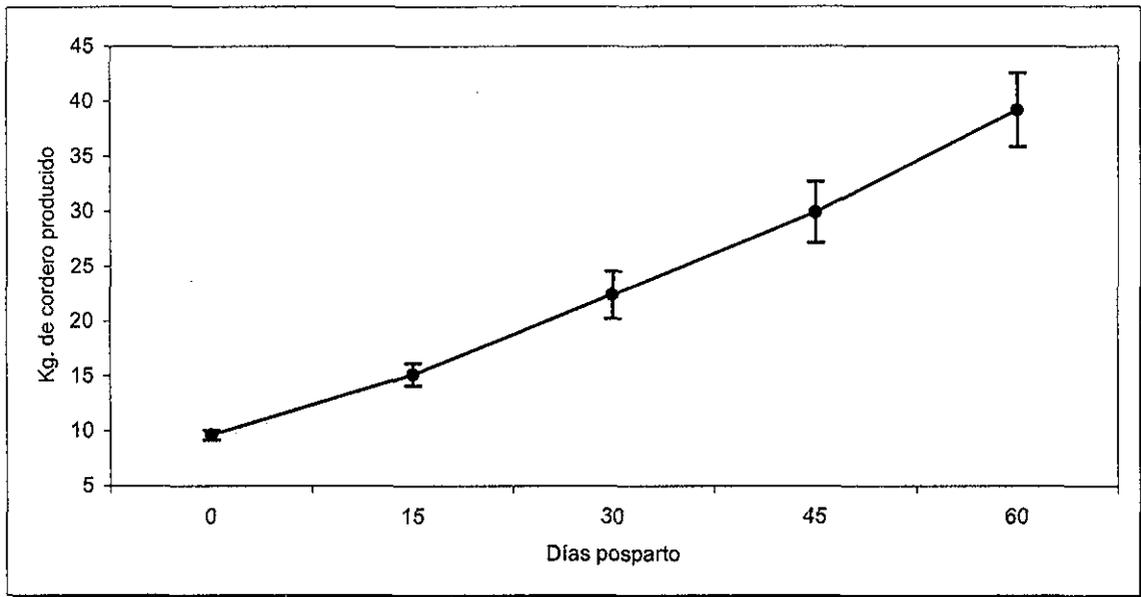


Figura 3. *Cambio de peso promedio de corderos Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.*

Torres-Hernandez y Hohenboken (1980) no encontraron que las diferencias por sexo constituyeran una fuente de variación en la ganancia total de peso, aunque los corderos machos fueron más pesados que las hembras. En este trabajo no fue posible que todos los corderos fueran del mismo sexo. Las hembras Suffolk parieron 60% de hembras y 40% de machos y en el caso de las hembras Rambouillet se obtuvieron 31.25% de hembras. Es posible que el efecto de raza en la ganancia total de peso se haya visto enmascarada por el hecho de que las hembras Rambouillet tuvieran más crías machos.

Cuadro 15. Requerimientos nutricionales de ovejas en lactación.

Nutriente	Requerimiento (P.V. = 70 kg)
M.S. (kg/día)	2.96 ^a
P.C. (g/día)	420 ^a
TND (kg/día)	1.82 ^a
Ca (g/día)	5.9 a 24.3 ^a 3.7 a 6.0 ^b
P (g/día)	4.7 a 11.2 ^a 3.5 a 5.6 ^b
Mg (g/día)	2.0 a 2.9 ^b
S (g/día)	4.1 a 7.7 ^a
Cu (mg/día)	20.7 a 32.6 ^c 10 a 15.5 ^b
	13.02 a 15.39 ^d
Zn (mg/día)	59.2 a 97.7 ^a 45 a 69 ^c
Fe (mg/día)	88.80 ^c
Se (µg/día)	44 a 58 ^b
	74.0 a 76.96 ^d

^a NRC. Nutrient Requirements of Sheep (1985).

^b Grace (1983).

^c Towers y Grace (1983).

^d Grace (1994).

CONSUMO VOLUNTARIO

El Cuadro 16 muestra el análisis de varianza para el consumo voluntario de las ovejas Suffolk y Rambouillet. El efecto de raza fue significativo ($P < 0.05$), estimándose un consumo promedio \pm EEM de 2.44 ± 0.38 kg de M.S. para las ovejas Suffolk y de 3.28 ± 0.30 kg para las ovejas Rambouillet. No se presentó efecto de muestreo ($P > 0.05$, Cuadro 16), por lo que el consumo de M.S. fue similar a lo largo de la lactación en pastoreo.

Estos consumos contrastan marcadamente con los encontrados por Ramírez-Pérez *et al.* (2000^a), quienes estimaron consumos de 1.17 ± 0.04 kg y 1.88 ± 0.08 kg, respectivamente para ovejas Rambouillet y Suffolk adultas no gestantes ni lactantes en pastoreo.

Cuadro 16. Análisis de varianza de mediciones repetidas para el consumo voluntario de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Fuente de variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>
<i>Entre animales</i>				
Raza	1	8.70	5.29	0.0420
Error	11	1.64		
<i>Dentro de animales</i>				
Muestreo	3	0.62	1.46	0.2455
Muestreo*Raza	3	0.52	1.22	0.3178
Error(Muestreo)	33	0.42		
Total	51			

Weston (1988) y Foot y Russel (1979) señalan que el estado fisiológico del animal puede tener un marcado efecto en el consumo voluntario, ya que éste está altamente determinado por alteraciones en los requerimientos del animal. En general, el consumo voluntario de forraje es más alto en estados fisiológicos que están asociados con un incremento en la demanda de energía por el animal, por lo que usualmente el consumo voluntario se incrementa durante la lactación para llenar los altos requerimientos de esta etapa.

Según Singh y Singh (1991) las ovejas en lactación consumen mayor cantidad de M.S. por animal por 100 kg de PV y por kg de peso metabólico comparado con las ovejas gestantes o en mantenimiento. Arnold (1975) señala diferencias significativas en el consumo de M.O. digestible debidas a la raza, en estado reproductivo y la disponibilidad de forraje, al trabajar con animales en tres estados fisiológicos (mantenimiento, gestación y lactación) y cuatro razas de ovinos en pastoreo. Este investigador considera que el consumo voluntario en ovinos varia con la raza y estas diferencias no pueden ser explicadas por diferencias en el peso vivo únicamente.

Es interesante notar que el consumo de las ovejas Rambouillet (3.28 ± 0.30 kg) fue mayor al de las ovejas Suffolk (2.44 ± 0.38 kg), lo que contrasta con lo encontrado por Ramírez-Perez *et al.* (2000a), quienes estimaron consumos mayores para la raza Suffolk (1.88 ± 0.08 kg) que para las Rambouillet (1.17 ± 0.04 kg). Sin embargo Langlands, citado por Arnold, (1975) encontró que los animales de raza Merino y Border Leicesters presentaban un menor consumo voluntario por unidad de PV que los animales Dorset Horn y Southdown, pero en un experimento posterior Langlands y Hamilton, citados por el mismo autor, encontraron que los animales Merino y Dorset Horn consumieron mayor cantidad de M.S. por unidad de PV que los Borden Leicesters y Southdowns en pastoreo.

De acuerdo con Gibb y Treacher (1978) el patrón de consumo de forraje puede ser modificado por la disponibilidad de éste y la habilidad de las ovejas para adaptarse a condiciones de pastoreo. Por lo que este mayor consumo de forraje en las ovejas Rambouillet puede atribuirse a la rusticidad de la raza y su habilidad para adaptarse a condiciones adversas.

Según Foot y Russel (1979) la eficiencia productiva en un hato ovino está determinada por el número y peso de los corderos destetados y la condición de las ovejas, y esto depende de la habilidad de la madre para solventar los altos requerimientos nutricionales para expresar todo su potencial en la producción láctea. Por lo tanto la habilidad de las ovejas en lactación para alcanzar su máximo consumo es particularmente importante cuando la dieta se basa en forrajes.

El NRC (1985) señala que las necesidades diarias de M.S. por animal para la etapa de lactancia dependen del peso del animal, así como del número de crías amamantadas, pero se sabe que la nutrición de rumiantes en pastoreo tiene características y problemas únicos, ya que las necesidades pueden alterarse por las actividades de pastorear y caminar y por tensiones medioambientales, tales como temperaturas extremas.

El Cuadro 15 presenta las recomendaciones de requerimientos tanto de M.S., P.C., y T.N.D. como de minerales para ovejas de parto gemelar, en lactancia. El NRC (1985, Cuadro 15) considera un consumo promedio de 2.96 kg de M.S., siendo este valor superior al consumo promedio alcanzado por las ovejas Suffolk (2.44 ± 0.38 kg de M.S.), e inferior al de las ovejas Rambouillet (3.28 ± 0.30 kg de M.S.).

Según Allison (1985) la digestibilidad, la tasa de pasaje de la ingesta y el llenado del retículo-rumen son mecanismos primarios de regulación del consumo en rumiantes en pastoreo y en lo referente a factores relacionados con el animal, el tamaño del cuerpo y el estado fisiológico parecen tener el mayor efecto en gobernar el nivel de consumo voluntario.

Gibb y Treacher (1978), Gibbs *et al.* (1981) y Gibb y Treacher (1982) indican que el forraje ofrecido tiene un significativo efecto lineal en el consumo voluntario tanto de ovejas como en los corderos en pastoreo, igual que en el cambio de peso vivo en los animales, después de un mes de lactación.

Por lo que probablemente debido a la menor rusticidad, poca habilidad de pastoreo de las ovejas Suffolk y a una disminución en la disponibilidad de forraje conforme avanzaba la lactación su consumo de M.S. pudo haberse visto afectado (Figura 1).

CONSUMO VOLUNTARIO POR PESO METABÓLICO (kg P.V.^{0.75})

El Cuadro 17 muestra el análisis de varianza de mediciones repetidas para el consumo voluntario por kg de peso metabólico de las ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar. El análisis reveló un efecto de raza ($P=0.0208$), siendo menor el consumo

voluntario por kg de peso metabólico \pm EEM para las ovejas Suffolk (0.1045 ± 0.016 kg) que para las ovejas y Rambouillet (0.1422 ± 0.013 kg). En este caso tampoco hubo efecto debido al muestreo (Cuadro 17).

Ramírez-Peréz *et al.* (2000a) observaron un efecto semejante, pero el consumo de M.S. por kg de peso metabólico fue mayor en ese estudio para las ovejas Suffolk (0.071 ± 0.003 kg) que para las ovejas Rambouillet (0.051 ± 0.002 kg). Nuevamente llama la atención la respuesta que las ovejas Rambouillet tuvieron a los rigores impuestos por la lactación, que como se mencionó anteriormente puede deberse a la rusticidad de la raza.

Cuadro 17. Análisis de varianza de mediciones repetidas para el consumo voluntario por peso metabólico de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Fuente de variación</i>	<i>G.L.</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>
<i>Entre animales</i>				
Raza	1	0.022	7.27	0.0208
Error	11	0.003		
<i>Dentro de animales</i>				
Muestreo	3	0.001	1.26	0.3035
Muestreo*Raza	3	0.001	0.83	0.4752
Error (Muestreo)	33	0.001		
Total	51			

De acuerdo con Allison (1985) el consumo voluntario de los rumiantes es proporcional al tamaño metabólico pero varía con la digestibilidad del alimento. Frecuentemente se supone que el consumo en animales en pastoreo también varía en función del peso vivo, pero parece poco probable que cualquier relación simple sea generalmente aplicable, ya que diferencias en peso vivo pueden resultar por diferencias en edad, raza y nivel de nutrición previa.

Wheeler *et al.*, citados por Allison (1985), señalan que aún en praderas de monófitas rara vez existe una relación simple entre consumo y rendimiento de forraje. El punto hasta

el cual el consumo se mantienen por debajo de aquel determinado por la demanda de energía, y los atributos químicos y físicos de la dieta, depende de la adaptabilidad del comportamiento de pastoreo. La homeostasis del consumo con cambios en la disponibilidad de forraje es mantenida alterando el tiempo de pastoreo, los bocados por minuto y/o la cantidad por bocado. Allden y Whittaker, citados por Allison (1985), observaron que aunque la cantidad de forraje aparentemente impone limitaciones sobre la tasa a la cual el animal puede ingerir el alimento, esto es compensado por incrementos en el tiempo de pastoreo. Posteriormente el animal aumenta su periodo de pastoreo, pero la compensación llega a ser progresivamente más incompleta, y el consumo total se esperaría que disminuyera drásticamente.

Esto pudo haber ocurrido en el caso de las ovejas Suffolk, ya que los animales eran limitados a 9 horas de pastoreo, debido a cuestiones de manejo, por lo que el tiempo necesario para las diferentes actividades de pastoreo (pastoreo, rumia, descanso) pudieron haber influido en el tiempo de pastoreo de las ovejas Suffolk.

CONSUMO DE PROTEÍNA CRUDA Y DE ALGUNOS MACRO Y MICROMINERALES.

El Cuadro 15 presenta las necesidades tanto de M.S. y P.C. como de minerales de las ovejas de parto gemelar, en lactancia.

Para comparar el consumo de P.C. y minerales con los requerimientos de estos nutrientes se consideró el consumo de M.S. estimado (2.44 ± 0.38 vs 3.28 ± 0.30 kg de M.S. para las ovejas Suffolk y Rambouillet, respectivamente).

El consumo de proteína cruda fue superior a los 420 g por día, señalados por el NRC (1985) (Cuadro 15) para las ovejas Rambouillet, mientras que para las ovejas Suffolk se encontro por debajo de lo indicado (594 vs 398 g por día), debido a las diferencias en el consumo de M.S.

El consumo de Ca recomendado por Grace (1983) para ovejas en lactación va de 3.7 a 6.0 g al día, por su parte el NRC (1985) señala valores de 5.9 a 24.3 g al día, encontrándose en esta investigación consumos similares a los indicados por Grace (1983) (4.17 vs 484 g al día para las ovejas Suffolk y Rambouillet, respectivamente).

El consumo de P de las ovejas se encontró dentro del intervalo señalado por Grace (1983) (3.5 a 5.6 g por día), siendo de 5.55 g para las ovejas Rambouillet y de 3.83 g para las ovejas Suffolk. Mientras que el consumo de Mg fue superior a las recomendaciones de 2.0 a 2.9 g por día (Cuadro 15), para ambas razas, siendo de 4.48 vs 3.19 g al día para las ovejas Rambouillet y Suffolk, respectivamente.

En el caso del Cu, la literatura señala valores de 10 a 32.6 mg al día (Cuadro 15), en este trabajo se encontró un consumo promedio de 40.43 mg para las ovejas Rambouillet y de 26.96 mg por día para las ovejas Suffolk, valores dentro de lo adecuado, aun cuando el Cu fue uno de los minerales más limitantes en la producción del forraje.

Para el Zn se recomiendan consumos de entre 45 y 98 mg por día (Cuadro 15), encontrándose un consumo promedio superior a lo recomendado en el caso de las ovejas Rambouillet (123.08 mg por día) y dentro de los valores indicados por la literatura para las ovejas Suffolk (84.95 mg por día). Por último en el caso del Fe. Este se encontró por encima de los 88 mg al día señalados por Tower y Grace (1983) (Cuadro 15) durante toda la lactación, encontrándose un consumo promedio de 381.07 mg por día para las ovejas Rambouillet vs 416.76 mg por día para las ovejas Suffolk, sin embargo aun así los animales presentaron deficiencias de este mineral.

CONCENTRACIÓN DE MACROMINERALES

CALCIO EN SANGRE

En el Cuadro 18 se muestra el análisis de varianza de la concentración de Ca en sangre, suero y leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, durante una lactación en pastoreo continuo. La concentración promedio \pm EEM en sangre de éste mineral fue similar para ambas razas (54.4 ± 3.7 ppm), coincidiendo con lo descrito por Aceves (1997), quien tampoco encontró diferencias en la concentración sanguínea de Ca por efecto de raza al trabajar con ovejas lactantes de raza Suffolk y Rambouillet de parto simple y gemelar, en confinamiento.

La concentración sanguínea de calcio fue ligeramente inferior a lo descrito por Georgievskii (1982) (60 ppm) y Aceves (1997) (65.02 ppm). Sin embargo, los animales no presentaron signos clínicos.

Según Littlelike y Goff (1987) tanto la hipocalcemia como la hipercalcemia son incompatibles con la función normal de algunos procesos biológicos, por lo que un complejo mecanismo de homeostasis es necesario para mantener la normocalcemia en los animales. Por su parte Garel (1987) señala que la leve hipocalcemia durante la lactancia se debe, en parte a la rápida tasa de transferencia de Ca de la sangre a la leche.

El análisis de varianza reveló también un efecto de muestreo ($P=0.02$), que coinciden con lo encontrado por Aceves (1997). Las medias para dicho efecto se presentan en el Cuadro 19. El Cuadro 20 muestra la transformación polinomial de estos datos, que revela un comportamiento cubico ($P=0.02$), efecto que puede observarse en la Figura 4.

Cuadro 18. Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de Ca en sangre, suero y leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Fuente de variación	SANGRE			SUERO			LECHE			
	G.L.	Cuadrado	F P	G.L.	Cuadrado	F P	G.L.	Cuadrado	F P	
		<i>Medio</i>			<i>Medio</i>			<i>Medio</i>		
<i>Entre animales</i>										
Raza	1	242.46	1.71 0.21	1	4543.63	11.75 0.0056	1	55756.83	5.52 0.038	
Error	11	141.39		11	386.61		11	10104.03		
<i>Dentro de animales</i>										
Muestreo	4	276.00	3.77 0.021	4	1322.36	4.77 0.0174	4	13888.01	2.01 0.144	
Muestreo*raza	4	67033.00		4	441.95	1.59 0.2244	4	4475.91	0.65 0.575	
Error (Muestreo)	44			44	277.34		44	6920.25		
TOTAL	64			64			64			

Como puede apreciarse en la Figura 4 la concentración de Ca en sangre aumentó de los 15 días antes del parto a los 15 días posteriores a éste. Este aumento puede deberse a un incremento en la movilización de Ca y P de los huesos debido a una absorción deficiente de estos minerales para cubrir los requerimientos durante el pico de lactación, como parte normal de la fisiología de la lactación (Brommage y Deluca 1985; Rajaratne *et al.* 1990).

Garel (1987) observó que el 92% del Ca fetal en ratas proviene de la dieta de la madre. En contraste la absorción intestinal en rumiantes no es suficiente para cubrir los requerimientos de Ca del feto o del recién nacido en bovinos en lactación y en ovinos en gestación. Rajaratne *et al.* (1990) y Braithwaite (1983a) observaron una baja eficiencia en la absorción de Ca dietario al inicio de la lactación.

Cuadro 19. Concentración promedio de Ca en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Muestreo ¹ (días posparto)	Media de ambas razas (ppm)	EEM ² (ppm)
-15	53.98	4.20
15	62.24	4.09
30	54.24	3.29
45	49.82	3.99
60	56.77	2.94

¹Muestreo P=0.02

²EEM= Error estándar de la media

Después de los 15 DPP la concentración de Ca en sangre disminuyó paulatinamente hasta los 45 DPP, para volverse a elevar a partir de este momento hasta el final de la lactación (Figura 4).

Crisp *et al.* (1989) señala que la demanda de Ca declina conforme avanza la lactación, y la proporción de Ca derivado de la dieta para cubrir los requerimientos lácteos se incrementa, sin embargo, las altas demandas de Ca durante el pico de producción son aportadas por el Ca óseo.

De acuerdo con Braithwaite (1983a) las pérdidas de Ca óseo durante la gestación y principios de la lactación equivalen a un 20% del total del Ca óseo. Estas reservas óseas son reemplazadas en su totalidad a la mitad o final de la lactación, cuando las demandas de este mineral para la producción de leche caen y su absorción se incrementa a su más alto nivel. Esto podría explicar por qué la concentración de Ca en sangre aumento de los 45 a 60 DPP.

Según Littledike y Goff (1987) el Ca depositado en huesos y organelos intracelulares de los tejidos blandos es capaz de retornar al “pool” extracelular y debería, en la mayoría de las instancias, mantener la normocalcemia.

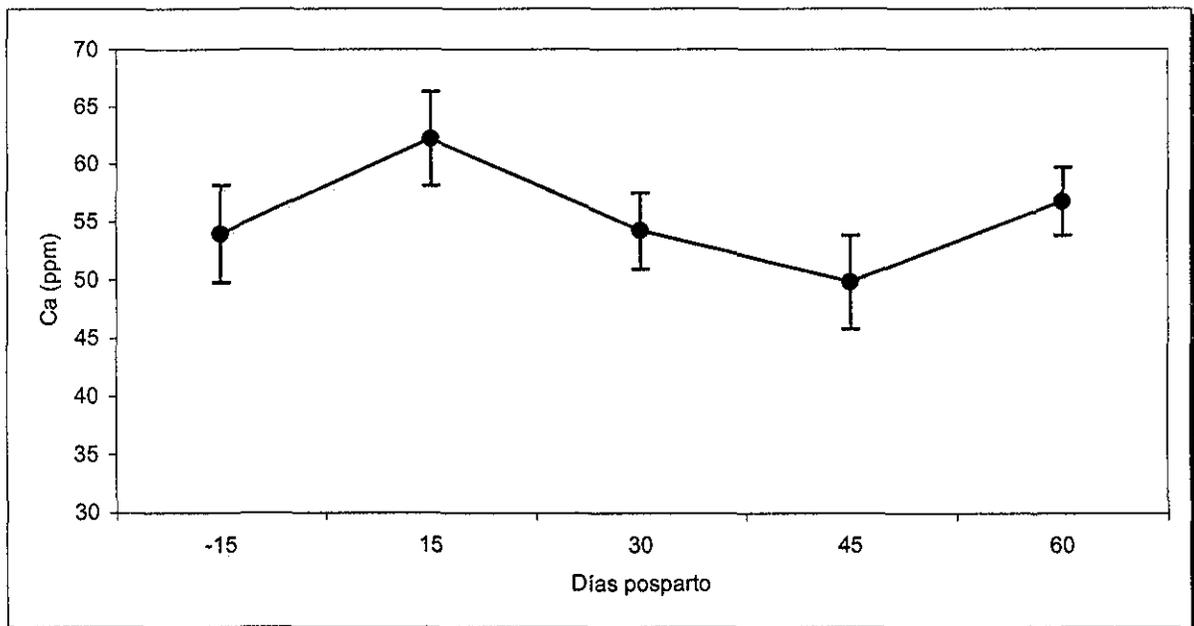


Figura 4. *Concentración promedio de Ca en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.*

Rajaratne *et al.* (1990) observaron que tanto en ovinos como en bovinos se pierden cantidades apreciables de Ca y P del esqueleto al inicio de la lactación. La razón de esto no es muy clara sin embargo, la cantidad perdida depende de la leche producida y no parece estar influida por variaciones en la fuente dietaria de Ca y P. Estos mismos autores encontraron una baja eficiencia de absorción del Ca de la dieta, igual que Braithwaite

(1983a), que reporta una disminución en la eficiencia de absorción de Ca en las ovejas al inicio de la lactación.

Cuadro 20. Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Ca en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	224.4207	2.39	0.1304
RAZA	1	0.1810	0.00	0.9658
Error	11	93.9018		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	281.1940	4.78	0.0513
RAZA	1	0.0181	0.00	0.9863
Error	11	58.8436		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	588.8744	7.20	0.0213
RAZA	1	11.8813	0.15	0.7104
Error	11	81.7983		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	9.5136	0.16	0.6949
RAZA	1	61.9284	0.11	0.7513
Error	1	58.6591		

Según Forbes, citado por Rajaratne *et al.* (1990), una deficiencia de energía y proteína durante la lactancia puede ser un factor que propicie la movilización de Ca y P del

hueso, lo que puede deberse a la inhabilidad del animal para cubrir sus requerimientos de energía y proteína. En estas circunstancias se sugiere que la pérdida del mineral del hueso puede ser un efecto secundario a la pérdida de la matriz ósea, como resultado de una disminución en el suministro de proteína.

Yarrington, citado por Rajaratne (1990), señala que dietas preparto altas en Ca pueden suprimir la síntesis de la hormona PTH y de la 1-25 dihidroxicolecalciferol, lo que favorece la reducción en el nivel de la proteína fijadora de Ca en el intestino, ocasionando una consecuente disminución en la absorción de este mineral. Tal reducción en la proteína fijadora inmediatamente después del repentino incremento en los requerimientos de Ca seguido por el parto conduce a una reabsorción del mineral del hueso.

Braithwaite (1976) observó que en ovinos la demanda de Ca se incrementa más rápidamente al final de la gestación y alcanza su máximo al inicio de la lactación, presentando pequeños cambios al momento del parto. En contraste, las demandas de Ca en vacas lecheras cambian lentamente en la gestación, pero se incrementan de 2 a 3 veces al parto. Posteriormente, las demandas de Ca y P disminuyen lentamente tanto en ovinos como en bovinos, cuando la producción de leche cae a lo largo de la lactación.

La concentración sanguínea de Ca estuvo correlacionada con la concentración sanguínea de Zn y Cu, $r = 0.648$ ($P=0.0001$) y $r = 0.441$ ($P=0.0002$), respectivamente. Aceves (1997) también encontró una correlación sanguínea entre Ca y Cu ($r=0.136$) y entre Ca y Zn ($r=0.128$) en ovejas Suffolk y Rambouillet en una lactancia en confinamiento. Además, la concentración sanguínea de Ca estuvo correlacionada significativamente con P, Mg y Fe en sangre, con un coeficiente de correlación (r) de 0.265 ($P=0.0329$), 0.249 ($P=0.0458$) y 0.548 ($P=0.0001$), respectivamente.

CALCIO EN SUERO

El Cuadro 18 muestra el análisis de varianza para la concentración de Ca en suero, revelando diferencias significativas ($P=0.0056$), debidas a la raza, siendo mayor la concentración promedio \pm EEM de Ca en suero para la raza Rambouillet (83.27 ± 5.86 ppm),

que para la raza Suffolk (66.08 ± 7.41 ppm). Ambos valores estuvieron por debajo de lo descrito por Littledike y Goff (1987), quienes señalan que, en mamíferos, los rangos de normocalcemia en suero están entre 90 a 115 ppm. Sin embargo, los animales no presentaron signos clínicos que indicaran una hipocalcemia. Según Georgievskii (1982) la concentración marginal de Ca plásmatico para que se presenten signos clínicos es de 20 a 25 ppm. Estos valores bajos se encontraron aun cuando la concentración de Ca en la dieta (4.17 y 4.84 g de Ca para las ovejas Suffolk y Rambouillet, respectivamente) se halló dentro valores señalados por Grace (1983) (Cuadro 15).

Garel (1987) observó que los niveles de Ca en plasma en ratas se incrementaban después de 16 horas de retirada la camada. Sus resultados sugieren que la transitoria hipocalcemia es el reflejo de la transferencia de Ca de la sangre a la leche.

Cuadro 21. Concentración promedio de Ca en suero de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Muestreo ¹ (Días posparto)	Media de ambas razas (ppm)	EEM ² (ppm)
-15	79.85	3.13
15	81.73	7.38
30	66.24	9.15
45	61.06	7.24
60	84.51	6.29

¹Muestreo P= 0.0174

²EEM= Error estándar de la media

Según Chicco *et al.* (1956) el incremento dietario de Mg reduce la utilización del Ca de la dieta, ocasionando una disminución del Ca plasmático. Como ya se indicó, el consumo de Mg fue 1.5 a 2 veces superior a lo recomendado.

La raza Rambouillet presentó una concentración de Ca en suero mayor a la de las ovejas Suffolk, lo cual podría atribuirse a las diferencias en el consumo de Ca de las dos

razas, aunque ambos estuvieron dentro de los valores descritos por la literatura (Cuadro 15).

Cuadro 22. Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Ca en suero de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	227.2184	2.55	0.1387
RAZA	1	910.5556	10.21	0.0085
Error	11	89.1546		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	1265.2986	9.94	0.0092
RAZA	1	694.6078	5.46	0.0395
Error	11	127.3182		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	3795.3995	10.98	0.0069
RAZA	1	101.2771	0.29	0.5990
Error	11	345.5217		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	1.5426	0.00	0.9586
RAZA	1	61.3446	0.11	0.7441
Error	1	547.3737		

El mismo análisis también reveló un efecto de muestreo ($P=0.0174$). Las concentraciones promedio de Ca en suero de las ovejas están en el Cuadro 21 y la transformación polinomial de los datos, mostró un efecto cúbico ($P=0.0069$) (Cuadro 22). El comportamiento cúbico fue muy similar al de la concentración de Ca en sangre. (Figura 4).

Como puede observarse en la Figura 5 la concentración de Ca en suero aumentó ligeramente de los 15 antes del parto a los 15 días posteriores a este. Presentándose una disminución paulatina de los 15 a los 45 DPP, para volver a elevarse a partir de este momento hasta el final de la lactación. Comportamiento similar a lo ocurrido con la concentración de este mineral en sangre. Según Garel (1987) en humanos el Ca total del suero materno cae durante la gestación, desde el primer trimestre hasta las 30 a 34 semanas de gestación, después se eleva hasta llegar a término. De acuerdo con Greer *et al.* citados Garel (1987), el Ca plasmático se incrementa lentamente al final de la lactación.

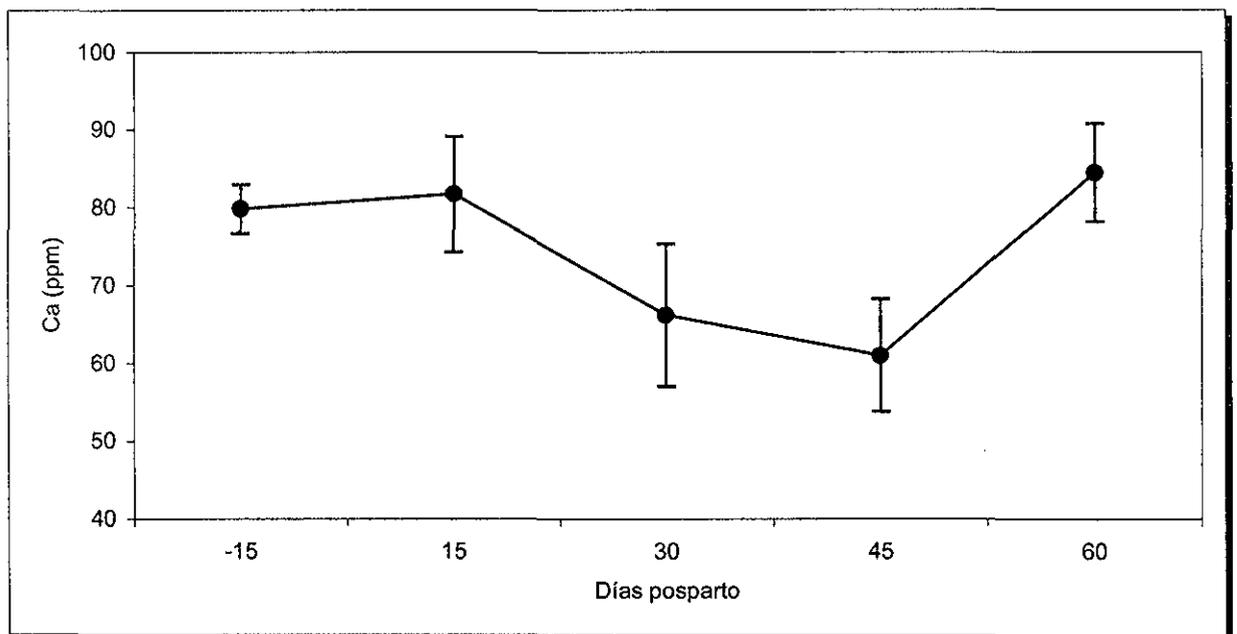


Figura 5. Concentración promedio de Ca en suero de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

La concentración plasmática de Ca estuvo correlacionada con el consumo de Mg ($r=0.29$, $P=0.032$). Además, el consumo de Ca estuvo correlacionado con el consumo de Mg ($r=0.904$, $P=0.0001$).

CALCIO EN LECHE

El Cuadro 18 muestra el análisis de varianza para la concentración de Ca en leche, revelando diferencias significativas ($P=0.0385$) debidas la raza, siendo la concentración de Ca \pm EEM en leche mayor para las ovejas Rambouillet (3542.99 ± 88.36 ppm) que para las ovejas Suffolk (2946.8 ± 37.94 ppm). El mismo análisis no revela un efecto de muestreo ($P=0.1399$), lo que coincide con lo encontrado por Aceves (1997), quien tampoco encontró diferencias por muestreo al trabajar con las mismas razas, en confinamiento.

Polycroniadou y Vafopoulou (1985) señalan que las variaciones en la concentración de los principales componentes inorgánicos de la leche de bovinos fueron investigadas por diversos autores, pero el conocimiento acerca de tales cambios en la leche de oveja es limitado, y referido a cortos periodos de lactación y a razas locales. Estos autores no encontraron diferencias por efecto de muestreo para Ca y P, observando concentraciones promedio de 2090 y 1530 ppm de Ca y P para la raza Karagouniki, y de 2010 y 1510 ppm para la raza Serron, respectivamente, encontraron diferencias significativas por raza para la concentración de Ca en leche, pero no para P.

Contrario a lo que se esperaría, la concentración de Ca en leche no se correlacionó con la concentración de este mineral en sangre, en plasma ni con consumo voluntario de Ca y P.

Jelínek *et al.* (1996) observaron que los macrominerales más importantes en la leche, Ca y P, están regulados homeostáticamente y no se ven afectados por los niveles nutricionales de la dieta, ya que el animal utiliza las reservas óseas de estos minerales. Por su parte Underwood (1981) señala que la deficiencia de Ca y P en los animales afecta la producción láctea, pero no la concentración de estos minerales en la leche. Además Jelínek *et al.* (1996) observó que la cantidad de sustancias minerales en la leche fue relativamente

menos dependiente del perfil sanguíneo, lo que podría explicar porqué no hubo una correlación entre la concentración de este mineral en sangre ni en plasma.

FÓSFORO EN SANGRE

El análisis de varianza para la concentración de P en sangre y leche se presenta en el Cuadro 24. La concentración promedio \pm EEM de P en sangre fue similar en ambas razas (157.32 ± 5.36 ppm), siendo inferior, a los valores reportados por Georgievskii (1982), que oscilan entre 170 y 200 ppm. Lo aquí encontrado con lo observado por Ramírez (1998), quien tampoco halló diferencias por raza o por edad en las concentraciones sanguíneas de P, en animales Suffolk y Rambouillet no lactantes ni gestantes, bajo condiciones de pastoreo rotacional, y al igual que en esta investigación las concentraciones promedio por muestreo también fueron inferiores a las señaladas por Georgievskii (1982), revelando también diferencias por muestreo.

Igual que en el trabajo realizado por Aceves (1997) con ovejas Suffolk y Rambouillet en una lactación en confinamiento, no se encontraron efectos de raza en las concentraciones sanguíneas de P.

El efecto de muestreo fue significativo ($P=0.0001$). Las medias para el efecto de muestreo se presentan en el Cuadro 23 y la transformación polinomial de los datos que se muestra en el Cuadro 25 reveló un comportamiento de cuarto orden, que se puede observar en la Figura 6.

Cuadro 23. Concentración promedio de P en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Muestreo ¹ (Días posparto)	Media de ambas razas (ppm)	EEM ² (ppm)
-15	170.23	6.97
15	170.29	4.66
30	145.11	4.16
45	156.86	5.25
60	144.15	5.82

¹Muestreo $P=0.0001$

²EEM= Error estándar de la media

Cuadro 24. Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de P en sangre y leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Fuente de variación</i>	SANGRE			LECHE		
	<i>G.L.</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F</i> <i>P</i>	<i>G.L.</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F</i> <i>P</i>
<i>Entre animales</i>						
Raza	1	0.0228	0.0100 0.9154	1	186932.24	4.74 0.0520
Error	11	1.9359		11	39398.41	
<i>Dentro de animales</i>						
Muestreo	4	10.9000	0.0001 0.0001	4	24208.85	0.65 0.5614
Muestreo*raza	4	1.0964	0.6100 0.6265	4	16751.10	0.45 0.6827
Error (Muestreo)	44	1.8051		44	37333.64	
TOTAL	64			64		

Como puede apreciarse en la Figura 6, la concentración de P sanguíneo fue muy alta de los 15 días antes del parto a los 15 días posteriores a éste. Según Braithwaite (1983a) la matriz ósea es una compleja sal de Ca y P, por lo que la movilización de Ca del hueso durante la gestación e inicio de la lactación también resulta en la liberación de P. Al principio de la lactación, esta cantidad extra del mineral junto con el P absorbido de la dieta pueden ocasionar un exceso, durante esta época.

Los niveles de P sanguíneo disminuyeron drásticamente del día 15 a los 30 DPP, aun cuando la concentración de P en el forraje fue mayor alrededor de los 30 DPP. Este aumento probablemente no fue suficiente para subsanar la demanda de este mineral para la producción de leche, ya que como se mencionó anteriormente, la cantidad de P consumido fue inferior a las recomendaciones de NRC (1985) (Cuadro 15), en ambas razas.

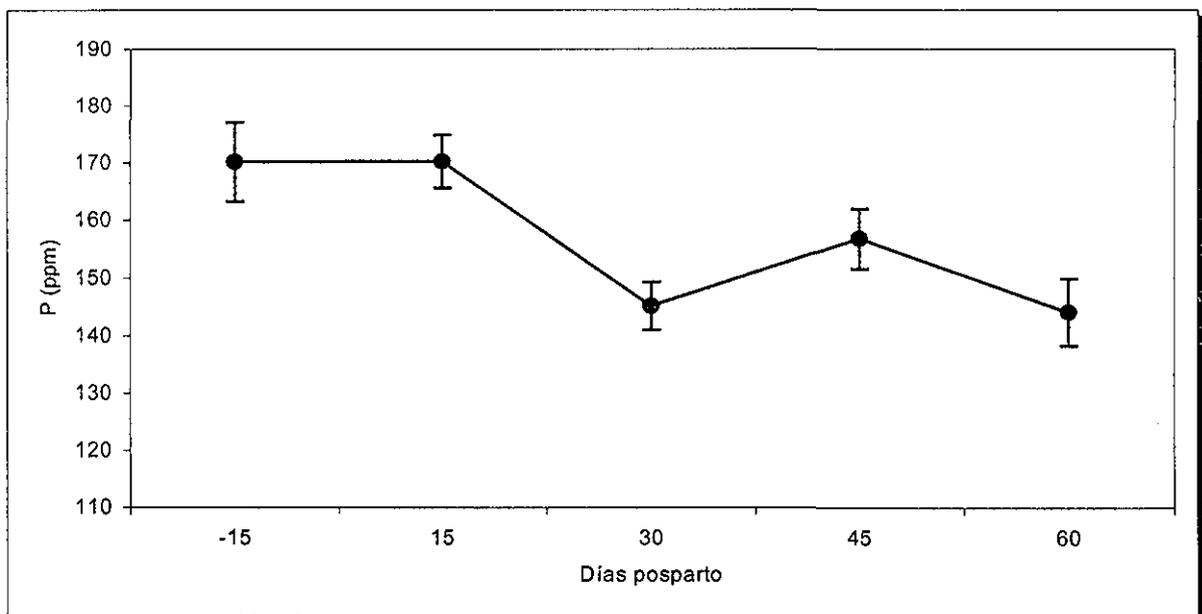


Figura 6. Concentración promedio de P en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

De acuerdo con Braithwaite (1983b) la movilización de P óseo se debe más a la pérdida de Ca disponible que a la de P, por lo que probablemente durante esta época la

reabsorción ósea para cubrir los requerimientos de Ca lácteo se vió disminuida y el aporte de P por parte del consumo de forraje no pudo cubrir los requerimientos lácteos, debido a una baja eficiencia de absorción de este mineral durante esta época (Braithwaite 1983 a, b).

Cuadro 25. Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración P en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	55.0080	21.42	0.0007
RAZA	1	1.9586	0.76	0.4012
Error	11	2.5681		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	0.2545	0.12	0.7355
RAZA	1	0.1457	0.07	0.7980
Error	11	2.1198		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	2.3605	1.55	0.2389
RAZA	1	0.6528	0.43	0.5260
Error	11	1.5220		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	21.0499	20.83	0.0008
RAZA	1	1.6286	1.61	0.2304
Error	1	1.0104		

A los 45 DPP la concentración de P sanguíneo tuvo un repunte, probablemente debido a un aumento en la eficiencia de absorción dietaria de este mineral. Braithwaite (1983 a, b) señalan que a mitad o final de la lactación las reservas óseas son reemplazadas, cuando las demandas de Ca para la producción de leche caen y se incrementa la eficiencia de absorción dietaria de Ca y P a su más alto nivel.

Del día 45 al día 60 posparto el nivel de P sanguíneo disminuyó, posiblemente debido a una disminución en la concentración de este mineral en el forraje (Cuadro 5), ya que tanto para las ovejas Rambouillet como para las Suffolk (0.13 y 0.12 ppm, respectivamente) tuvo una disminución del mineral. De acuerdo con Georgievskii (1982) las concentraciones sanguíneas de P se ven influidas directamente por los niveles dietarios de P, ya que este mineral no se encuentra tan regulado endócrinamente como el caso del Ca.

Brommage y DeLuca (1985) observaron 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. Por su parte, Akio *et al.* (1995) observaron que la concentración de P en suero disminuyó durante las primeras cuatro semanas de lactancia.

De acuerdo con Underwood (1981) las deficiencias de P son normalmente más comunes y severas en bovinos en pastoreo que en ovejas, debido a que las ovejas y las cabras tienen un consumo de alimento más alto por unidad de peso corporal, por su menor tamaño, por lo que pueden satisfacer sus necesidades con dietas que contienen concentraciones más bajas del mineral que los bovinos. Las cabras y las ovejas también tienen una proporción más pequeña de hueso con relación a su peso corporal que los bovinos y debido a sus métodos diferentes de prehensión pueden ser más selectivas en sus hábitos de pastoreo y obtener una mezcla de las plantas o partes de la planta que son menos deficientes en P que el resto del forraje. Sin embargo, debe considerarse que en esta investigación se trabajó con una pradera monófito, por lo que la selección pudo verse limitada únicamente al consumo de forraje tierno o maduro.

Según Underwood (1981) en animales en lactación al principio de una deficiencia de P, o en deficiencias moderadas, el animal puede utilizar sus reservas óseas de Ca y P para mantener la producción láctea, necesiándose de varias lactaciones sucesivas antes de que los defectos en el hueso u otras señales clínicas sean evidentes y la producción de leche se vea afectada. Por todo esto, diversos autores señalan que se requieren largos períodos de tiempo sin la complementación adecuada de P para que se presente signología clínica en los animales (Betteridge 1986; Georgievskii 1982; Garel 1987).

Como se señaló anteriormente, Georgievskii (1982) indica que la concentración promedio de Ca en sangre es de 60 ppm y de 170 a 200 ppm en el caso del P, por lo que la relación Ca:P sería de 1:2.8 o de 1:3.3. Considerando lo anterior como puede observarse, la relación Ca:P en esta investigación, a lo largo de la lactación, se mantuvo dentro de estos límites en ambas razas, aún cuando el consumo de P de los animales fue inferior a lo recomendado, al ser en promedio 1:2.97 y 1:2.82, para las ovejas Suffolk y Rambouillet respectivamente.

FÓSFORO EN LECHE

El Cuadro 24 muestra el análisis de varianza para la concentración de P en leche. La concentración de P en leche no reveló diferencias por raza ($P=0.052$), siendo muy similar entre ambas razas (4361.59 ± 72.56 ppm), el mismo análisis no mostró diferencias por efecto de muestreo ($P=0.5614$).

Polycroniadou y Vafopoulou (1985) tampoco encontraron diferencias por efecto de muestreo o raza para la concentración de P en leche, reportando concentraciones promedio de 1530 ppm de P para la raza Karagouniki y de 1510 ppm para la raza Serron, respectivamente.

Según Underwood (1981) los animales en lactación responden a una deficiencia de Ca y P reduciendo su producción láctea sin afectar la concentración de estos minerales en la leche e incluso en deficiencias extremas la composición de estos minerales en la leche se mantiene dentro de los límites indicados por la literatura.

Suttle citado por Suttle y Underwood (1999) señalan que los bovinos y las ovejas en lactación necesitan movilizar solo el 0.7% de sus reservas esqueléticas de P por día para sostener la concentración de éste en leche, durante el pico de producción. Según Somerville *et al.* citados por los mismos autores, el proceso no parece estar bajo el mismo control hormonal que para el Ca, encontrándose que en una deficiencia de P la concentración de la PTH disminuye; además la reabsorción de hueso provee relativamente poco P en relación al Ca para la producción de leche, entonces la relación Ca:P en la leche es solamente de 1:1.3, contrasta con el hueso que tienen una relación de 2 a 1; y por último la utilización del P almacenado es menos eficiente que para el caso del Ca. De acuerdo con Braithwaite (1983b) la liberación de P del hueso es solo el resultado de la movilización de Ca óseo.

En lo referente a la relación Ca:P en leche para las ovejas Suffolk fue de 1:1.29 y para las ovejas Rambouillet de 1:1.38 a lo largo de la lactación. Según Georgievskii (1982) la concentración promedio de Ca y P en leche, es de 1400 y 1900 ppm, respectivamente, considerándose una relación Ca:P de 1:1.35. Por su parte Polycroniadou y Vafopoulou (1985) observaron una relación Ca:P en leche de 1:1.36 para la raza Karagouniki y de 1:1.34 para la Serron, la cual se mantuvo estable durante toda la lactación, aun cuando encontraron diferencias por raza para la concentración de Ca en leche, pero no para el P, como se indicó anteriormente.

El P en sangre estuvo correlacionado con Ca en sangre ($r = 0.27$; $P = 0.0329$), Zn en sangre ($r = 0.43$; $P = 0.0004$), Fe ($r = 0.37$; $P = 0.0022$) y Se ($r = 0.30$; $P = 0.014$), todas las correlaciones fueron bajas, también se correlacionaron el consumo de Ca ($r = 0.869$; $P = 0.0001$) y Mg ($r = 0.8967$; $P = 0.0001$), mientras que el P en leche no se correlacionó con el consumo o concentración en la dieta de ningún otro mineral, igual que en el caso del Ca en leche.

MAGNESIO EN SANGRE

El análisis de varianza para la concentración de Mg en sangre y leche, se presenta en el Cuadro 29. La concentración promedio de Mg en sangre fue similar para ambas razas (44.34 ppm \pm 5.51 EEM), siendo mayor a lo descrito por Georgievskii (1982) (20 a 25 ppm). Esto probablemente se debió a un exceso en el consumo de Mg, ya que como se indicó anteriormente, el consumo de este mineral fue superior, tanto para las ovejas Suffolk como para las Rambouillet (3.19 y 4.48 g al día), a las recomendaciones de 2.0 a 2.9 g al día señaladas por Grace (1983) (Cuadro 15). Georgievskii (1982) señala que la concentración de Mg sanguíneo se relaciona directamente con el contenido del mineral en la dieta.

Chicco *et al.* (1956) observaron que excesos dietarios de Mg en ovinos, incrementan las pérdidas de Ca en heces y el nivel de Mg en orina, plasma y huesos, similar a lo encontrado por Stewart y Moodie, citados por el mismo autor. Esto podría explicar la alta concentración de Mg en sangre y los niveles de Ca inferiores a lo normal en sangre y plasma, señalados anteriormente.

De acuerdo con Underwood (1981) el 30% de las reservas de Mg en el esqueleto pueden ser translocadas a tiempo a los fluidos extracelulares cuando se necesitan. Aunado a que Shockey *et al.*, citados por Suttle y Underwood (1999) reportan que las ovejas son 1.75 veces más eficientes en la absorción dietaria de magnesio que los bovinos.

El análisis de varianza tampoco reveló un efecto de muestreo ($P=0.0915$), lo que coincide con lo encontrado por Ramírez (1998), quien tampoco encontró diferencias por raza ni por muestreo trabajando con ovejas y corderos Suffolk y Rambouillet no gestantes ni lactantes en pastoreo.

La concentración sanguínea de Mg estuvo correlacionada con la concentración sanguínea de Ca ($r=0.249$, $P=0.0458$) y con las concentraciones lácteas de Mg y Zn ($r=-0.312$; $P=0.0163$ y $r=0.732$; $P=0.0001$, respectivamente), y negativamente con el Mg en leche ($r=-0.25$; $P=0.042$).

Cuadro 26. Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de Mg en sangre, suero y leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Fuente de variación	SANGRE			SUERO			LECHE			
	G.L.	Cuadrado	F P	G.L.	Cuadrado	F P	G.L.	Cuadrado	F P	
		Medio			Medio			Medio		
<i>Entre animales</i>										
Raza	1	105.5911	0.57 0.465	1	95.843	4.35 0.0610	1	129.0137	0.06 0.8037	
Error	11	184.7542		11	22.0230		11	1989.4084		
<i>Dentro de animales</i>										
Muestreo	4	480.1223	2.68 0.091	4	88.4586	8.57 0.0004	4	22277.1857	10.49 0.0003	
Muestreo*raza	4	220.0607	1.23 0.312	4	55.6085	5.39 0.005	4	1772.2731	0.83 0.4593	
Error (Muestreo)	44	179.3845		44	10.3221		4	2124.6566		
TOTAL	64			64			64			

El consumo de Mg se correlacionó ($P < 0.0001$) con el consumo de Ca y P ($r = 0.904$ y $r = 0.879$, respectivamente) y con la concentración plasmática ($P < 0.05$) de Ca ($r = 0.297$) y de Mg ($r = 0.310$).

MAGNESIO EN LECHE

El Cuadro 26 muestra el análisis de varianza para la concentración de Mg en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet en una lactancia en pastoreo. La concentración láctea de Mg \pm EEM fue muy similar ($P = 0.052$) para ambas razas (149.26 ± 16.86 ppm), encontrándose ligeramente por debajo de lo descrito (150 ppm) por Georgievskii (1982).

Como puede observarse en el Cuadro 26 el mismo análisis de varianza reveló un efecto de muestreo ($P = 0.0003$), lo que coincide con lo descrito por Polycroniadou y Vafopoulou (1985), quienes encontraron diferencias por muestreo, al comparar la concentración de Mg en dos razas (Karagouniki y Serron) en confinamiento. Estos investigadores observaron que la concentración de Mg en leche aumentó de 73 a 103 ppm (Karagouniki) y de 64 a 109 ppm (Serron) de la 7^a a 10^a semana al final de la lactación (27 semanas). En este trabajo las diferencias fueron significativas, por muestreo, pero no entre razas.

Las medias para el efecto de muestreo se presentan en el Cuadro 27. La transformación polinomial de los datos muestra una tendencia cuadrática ($P = 0.0106$) (Cuadro 28), que puede observarse en la Figura 8.

Cuadro 27. Concentración promedio de Mg en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Muestreo ¹ (Días posparto)	Media de ambas razas (ppm)	EEM ² (ppm)
0	222.84	26.38
15	142.84	24.42
30	115.18	13.08
45	138.96	12.37
60	126.50	8.09

¹Muestreo P= 0.0003

²EEM= Error estándar de la media

Según Suttle y Underwood (1999) en problemas de hipomagnesemia se presentan disminuciones paralelas en las concentraciones de Mg en otros fluidos del cuerpo (humor vítreo, fluido cerebroespinal); pero las concentraciones de Mg en leche, tejidos suaves y huesos permanecen dentro de los límites normales.

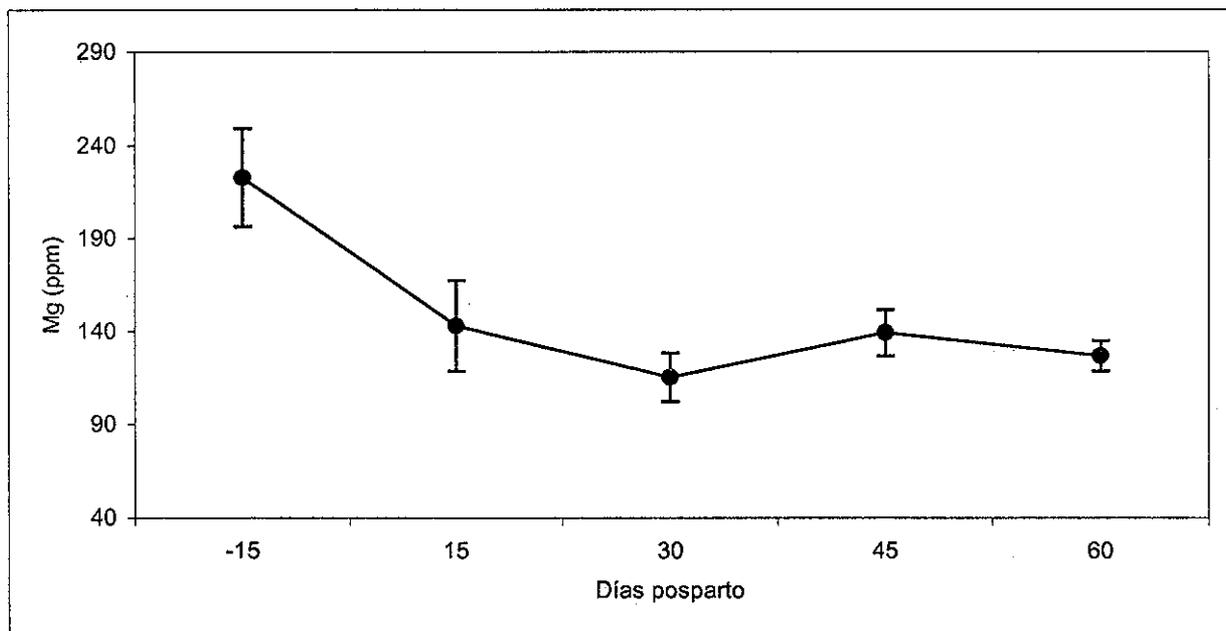


Figura 7. Concentración promedio de Mg en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Littlelidge y Goff (1987) señalan que en los animales viejos, el hueso es mucho menos significativo como fuente de Mg para mantener la concentración de este mineral en los fluidos extracelulares, ya que sus huesos usualmente tienen un menor porcentaje de superficie intercambiable que los de los animales jóvenes. Por la pequeña cantidad de Mg en el hueso, (relación Ca:Mg casi de 50:1), una gran cantidad de hueso tienen que ser remodelada para producir una significativa cantidad de Mg, ya que la relación de Ca:Mg en leche es de cerca de 13:1, un alto mecanismo selectivo debe ser requerido para tomar el Mg desde el hueso y transferirlo a la leche para ser una significativa fuente de Mg.

Cuadro 28. Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Mg en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	60679.9264	27.96	0.0003
RAZA	1	5753.9883	2.65	0.1317
Error	11	2170.0190		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	23079.7631	9.46	0.0106
RAZA	1	204.8954	0.08	0.7774
Error	11	2439.8049		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	1522.6796	0.60	0.4555
RAZA	1	1127.2345	0.44	0.5194
Error	11	2545.1522		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	3826.3738	2.85	0.1196
RAZA	1	2.9744	0.00	0.9633
Error	1			

Littlelike y Goff (1987) indican que no existe evidencia de que alguna hormona o vitamina participe directamente en la homeostasis o metabolismo de Mg. Alteraciones en la dieta o en la sangre de Ca, P o K, algunos de los metabolitos de la vitamina D, PTH, calcitonina o aldosterona no pueden influir en el metabolismo del Mg. Contrariamente,

cambios en el metabolismo de Mg sí pueden influir en la secreción o metabolismo de estos factores.

Según Gerken y Fontenon y Ammerman, citados por Littledike y Goff (1987), existe una correlación entre la absorción de Mg y su excreción urinaria. Ammerman también sugiere que la excreción de Mg en la orina refleja la disponibilidad de Mg en la dieta. Kemp *et al.* citados por los mismos autores encontraron que la excreción diaria de Mg en la orina es una mejor medida del estado de nivel de Mg que la concentración en sangre en vacas adultas.

Como puede verse en la Figura 8, los niveles de Mg en leche disminuyeron del día 0 al día 30 posparto, lo que probablemente se debió a que el calostro contiene de 2 a 3 veces mayor cantidad de Mg que la leche (Suttle y Underwood 1999).

El nivel de Mg en leche aumenta ligeramente del día 30 al día 45 posparto, para volver a disminuir ligeramente al final de la lactación. Esto coincide con lo descrito por Polycroniadou y Vafopoulou (1985), quienes también encontraron un aumento en la concentración de Mg en leche al final de la lactación.

El Mg en leche se correlacionó significativamente con los niveles sanguíneos de Mg y Se ($r=0.253$; $P=0.0423$ y $r=0.451$; $P=0.0002$, respectivamente) y con el nivel lácteo de Zn ($r=0.732$; $P=0.0001$).

AZUFRE EN LANA

El Cuadro 29 muestra el análisis de varianza para la concentración de S en lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo. La concentración de este mineral en lana fue muy similar para ambas razas (22426 ± 4662 ppm), lo que coincide con lo encontrado por Aceves (1997), quienes tampoco encontraron efecto de raza en la concentración de S en lana de ovejas lactantes de las razas Suffolk y Rambouillet, en confinamiento. Por su parte, Ramírez (1998) encontró diferencias por raza en la concentración de S en lana de ovejas no lactantes ni gestantes de las raza Rambouillet y Suffolk en mantenimiento bajo condiciones de pastoreo. Esta misma autora no encontró efectos de muestreo y las concentraciones de S en lana se encontraron por debajo de lo descrito en la literatura.

El análisis de varianza también reveló un efecto de muestreo ($P=0.0197$). Las medias para el efecto de muestreo se presentan en el Cuadro 30. La transformación polinomial presentada en el Cuadro 31 indica un comportamiento cuártico ($P=0.0244$), que se puede observar en la Figura 8.

Cuadro 29. Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de S en lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
<i>Entre animales</i>				
Raza	1	93506176	1.42	0.2585
Error	11	65857119		
<i>Dentro de animales</i>				
Muestreo	4	777292441	4.42	0.0197
Muestreo*Raza	4	77986339	0.44	0.6695
Error(Muestreo)	44	176007728		
Total	64			

Cuadro 30. Concentración promedio de S en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Muestreo ¹ (días posparto)	Media de ambas razas (ppm)	EEM ² (ppm)
-15	43,448	16,079
15	59,360	7,345
30	49,965	10,428
45	59,864	10,179
60	17,785	5,314

¹Muestreo P=0.0197

²EEM= Error estándar de la media

Como puede observarse en la Figura 8, El nivel de Fe en la lana no se mantuvo constante a lo largo de la lactación.

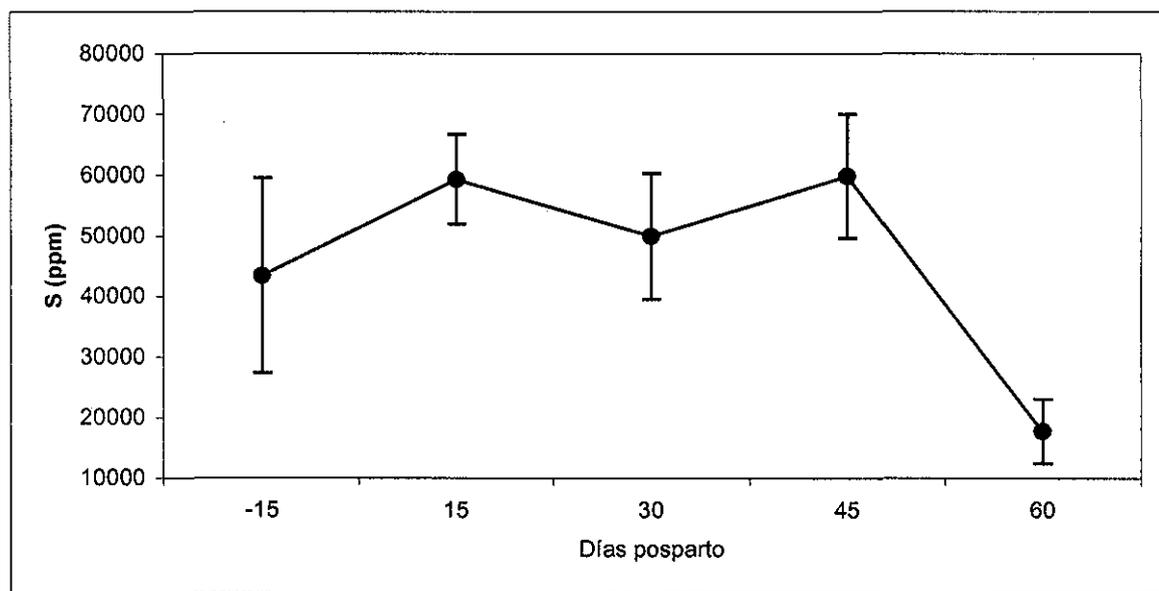


Figura 8. Concentración promedio de S en lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Cuadro 31. Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración S en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	276445532.01	1.10	0.3168
RAZA	1	114223800.52	0.45	0.5141
Error	11	251302803.07		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	1813458828.80	7.67	0.0182
RAZA	1	74337356.40	0.31	0.5861
Error	11	236299239.40		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	237849456.40	2.34	0.1540
RAZA	1	70615201.25	0.70	0.4219
Error	11	101463642.65		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	781415948.68	6.80	0.0244
RAZA	1	52768997.61	0.46	0.5121
Error	1	114965225.31		

Las concentraciones promedio por muestreo se encontraron dentro los valores considerado por diversos autores (20000 a 40000 ppm) (Langlands y Sutherland 1973; White *et al.* 1991; Georgievskii 1982; Williams, 1995).

El S en lana se correlacionó con la concentración en lana de Fe ($r=0.854$; $P=0.0001$), Zn ($r=0.819$; $P=0.0001$) y Cu ($r=-0.691$; $P=0.0001$) y Se en sangre ($r=-0.492$; $P=0.0005$).

CONCENTRACIÓN DE MICROMINERALES

COBRE EN SANGRE

El análisis de varianza para la concentración de Cu en sangre, leche y lana se presenta en el Cuadro 32.

Igual a lo encontrado por Aceves (1997) y Ramírez-Peréz *et al.* (2000b), quienes trabajaron con las mismas razas, los primeros con animales en lactación en condiciones de confinamiento y los segundos con animales no gestantes, ni lactantes en pastoreo, la concentración sanguínea de Cu presentó un efecto de raza ($P=0.02$), siendo más elevada la concentración de Cu en sangre para las hembras Suffolk (1.77 ± 0.196 ppm) que para las Rambouillet (1.32 ± 0.155 ppm). Estos valores están por encima de los señalados por Georgievskii (1982) y Grace (1994) (0.57 a 1.2 ppm).

Las diferencias por raza en la concentración de Cu en sangre y plasma han sido confirmadas por diversos autores (Wiener y Field, 1971; Wiener, 1979; Van Ryssen y Stielau, 1981; Woolliams *et al.*, 1983; Davis y Mertz, 1985; Harrison *et al.*, 1987; Van Niekerk y Van Niekerk, 1989; Aceves *et al.*, 1998; Ramírez-Peréz *et al.*, 2000b)

Según Harrison *et al.* (1987) las razas de ovinos que muestran un alto nivel de Cu en hígado también tienen mayores concentraciones de este mineral en sangre y plasma. Algunos autores señalan que las razas inglesas son más eficientes en la absorción del Cu dietético (Wiener y Field, 1971; Wiener, 1979; Woolliams *et al.*, 1983; NRC, 1985; Van Niekerk y Van Niekerk, 1989). Por otra parte, Edgar *et al.* citados por Harrison *et al.* (1987), observaron que las razas inglesas y sus cruces son más susceptibles a intoxicaciones por Cu que los animales de tipo Merino.

Wiener (1979) indica que las diferencias por raza pueden deberse a diferencias en la tasa de absorción del Cu de la dieta, mientras que Grace (1994) señala que estas diferencias por raza pueden deberse a diferencias tanto en la eficiencia de absorción como en el metabolismo del Cu.

Cuadro 32. Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de Cu en sangre, leche y lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Fuente de variación	SANGRE			LECHE			LANA		
	G.L.	Cuadrado	F P	G.L.	Cuadrado	F P	G.L.	Cuadrado	F P
		Medio			Medio			Medio	
<i>Entre animales</i>									
Raza	1	3.1159	7.96 0.0166	1	0.5024	1.43 0.2569	1	0.9552	0.28 0.6076
Error	11	0.3912		11	0.3512		11	37.6044	
<i>Dentro de animales</i>									
Muestreo	4	0.9530	5.70 0.0071	4	0.6678	3.16 0.0426	4	24.9776	2.48 0.1073
Muestreo*raza	4	0.0503	0.30 0.7705	4	1.3478	6.38 0.0023	4	2.7115	0.27 0.7666
Error (Muestreo)	44	0.1672		44	0.2113		44	10.0906	
TOTAL	64			64			64		

Según Van Niekerk y Van Niekerk (1989) el tipo de hemoglobina también tiene influencia en la concentración de Cu en sangre. Al trabajar con animales Merino con diferente genotipo de hemoglobina, encontraron que los animales con genotipo Hb^{BB} presentan las más altas concentraciones de Cu en sangre, seguidos por los animales con genotipo Hb^{ab} y por último los animales con genotipo Hb^{AA}.

El análisis de varianza también reveló un efecto de muestreo (P=0.0013) (Cuadro 32). Las medias para el efecto de muestreo se presentan en el Cuadro 33 y la transformación polinomial de los datos, presentada en el Cuadro 34, muestra un comportamiento cúbico (P=0.0013), que puede observarse en la Figura 9.

Cuadro 33. Concentración promedio de Cu en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Muestreo ¹ (Días posparto)	Media de ambas razas (ppm)	EEM ² (ppm)
-15	1.60	0.16
15	2.00	0.28
30	1.36	0.15
45	1.31	0.18
60	1.45	0.13

¹Muestreo P=0.0013

²EEM= Error estándar de la media

Como puede observarse en la Figura 9 la concentración de Cu aumentó desde los 15 días antes del parto hasta los 15 días posteriores a éste. El aumento en la concentración de Cu alrededor de los 15 DPP podría deberse a que la provisión de este mineral para el recién nacido, depende de la acumulación de Cu en el hígado fetal durante la gestación (Corrigall *et al.* 1976; Suttle y Underwood, 1999), ya que se ha observado que las concentraciones de Cu en hígado, sangre y plasma de la madre disminuyen durante las últimas semanas de gestación (Mertz, 1985). Después del parto la concentración de Cu en sangre se incrementó progresivamente hasta los 15 DPP a éste, probablemente debido a una mayor demanda de éste elemento para la producción de leche.

Cuadro 34. Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Cu en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	0.9120	6.78	0.0246
RAZA	1	0.1128	0.84	0.3796
Error	11	0.1346		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	0.2231	1.02	0.3337
RAZA	1	0.0488	0.22	0.6456
Error	11	0.2182		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	2.2665	18.28	0.0013
RAZA	1	0.01230	0.10	0.7587
Error	11	0.1240		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	0.4105	2.14	0.1717
RAZA	1	0.0273	0.14	0.7133
Error	1	0.1920		

Kegley y Spears (1994) señalan que los rumiantes requieren de Cu para una gran cantidad de enzimas involucradas en diversas funciones. La deficiencia de Cu puede resultar en una reducción en la tasa de desarrollo y en una disminución en la resistencia a enfermedades.

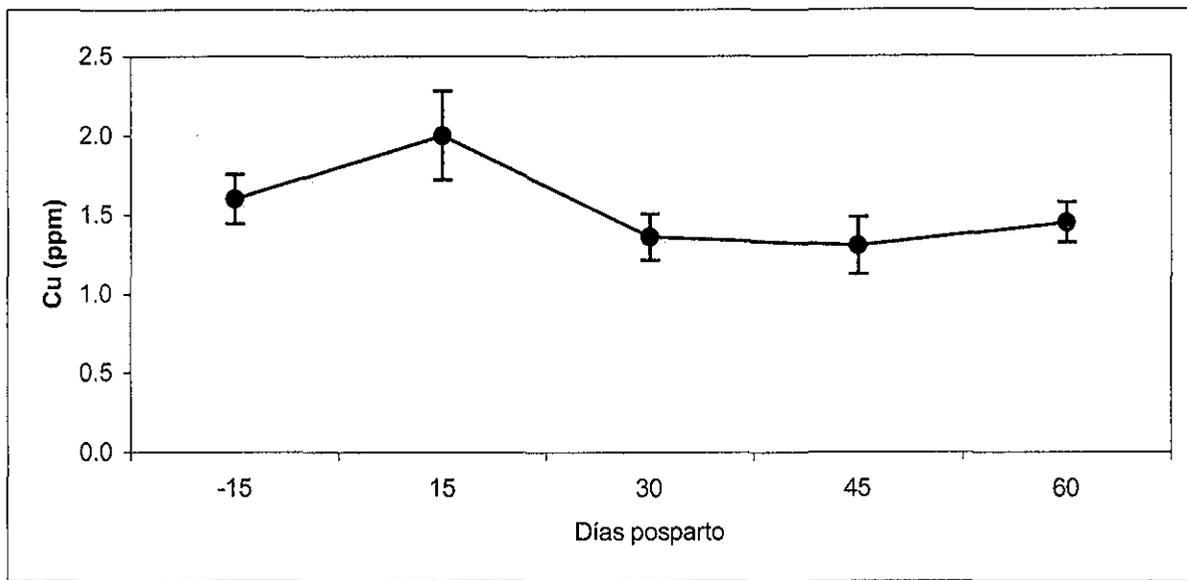


Figura 9. Concentración promedio de Cu en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

La concentración sanguínea de Cu estuvo correlacionada ($P=0.001$) con la concentración sanguínea de Ca, Zn y Fe; $r = 0.441$, $r = 0.389$ y $r=0.393$, respectivamente, además de con el Cu en leche $r=0.277$ ($P=0.05$).

COBRE EN LECHE

En el Cuadro 32 se muestra el análisis de varianza para la concentración de Cu en leche que reveló un efecto de muestreo ($P=0.0426$) y una interacción raza*muestreo ($P=0.0023$), que se pueden apreciar en la Figura 10. Las medias para el efecto de muestreo se presentan en el Cuadro 35, y los resultados de la transformación polinomial del efecto de muestreo, presentados en el Cuadro 36, muestran una mayor tendencia hacia un comportamiento lineal ($P=0.04993$) que hacia un comportamiento cuadrático ($P=0.0587$).

Similar a lo encontrado por Aceves *et al.* (1998) quienes como se señaló anteriormente, trabajaron con ovejas en lactación de las mismas razas, la concentración de Cu en leche fue muy similar para ambas razas (0.62 ± 0.188 ppm) no detectándose

diferencias por raza ($P=0.2569$), los valores de Cu en leche fueron un poco más elevados que lo indicado por Grace y Clark (1991) (0.19 a 0.5 ppm), pero Sawaya *et al.* (1985) señala valores de 0.8 ppm y Mehaia (1994), indica niveles de hasta 0.92 ppm de Cu en leche.

Cuadro 35. Concentración promedio de Cu en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Raza	Muestreo ¹ (Días posparto)	Media (ppm)	EEM ² (ppm)
Suffolk	0	0.43	0.31
	15	0.51	0.21
	30	0.30	0.22
	45	0.47	0.13
	60	0.93	0.19
Rambouillet	0	1.59	0.25
	15	0.58	0.17
	30	0.49	0.17
	45	0.65	0.10
	60	0.23	0.15

¹Muestreo*raza $P=0.0023$

²EEM= Error estándar de la media

Es interesante notar que, en contraste con lo ocurrido con la concentración de Cu en sangre, la concentración de este mineral en el calostro fue mayor para las ovejas Rambouillet (1.59 ± 0.25 ppm), que para las ovejas Suffolk (0.43 ± 0.31 ppm), lo que continuó hasta los 45 DPP, como puede observarse en la Figura 10. De ahí a los 60 DPP la concentración de Cu en leche fue mayor para los animales Suffolk (0.93 ppm), presentándose una disminución en la concentración de Cu en la leche de la ovejas Rambouillet (0.23 ppm).

Por otro parte como puede apreciarse en la Figura 10 la concentración de Cu en calostro fue para las ovejas Suffolk (0.43 ppm) inferior a lo que se esperaba, ya que según Grace y Clark (1991), Underwood (1981), Georgievskii (1982) y Mertz (1985) las

concentraciones de Cu en el calostro son 3 a 5 veces más elevadas que en la leche, y tanto éste como el Fe sufren un descenso hacia el final de la lactación. En el caso de las ovejas Suffolk se observó que la concentración de Cu en calostro/leche fue similar durante casi toda la lactancia, incrementándose ligeramente hacia el final de ésta.

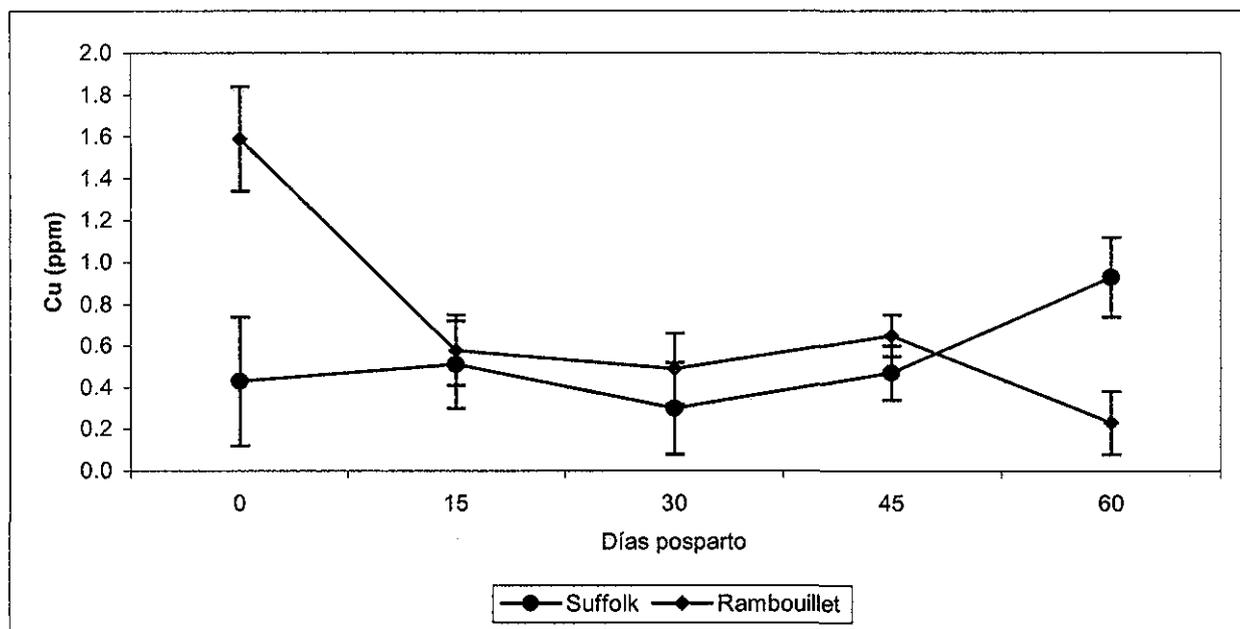


Figura 10. Concentración promedio de Cu en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Según Mc Dowell *et al.* (1997) los rumiantes almacenan Cu en el hígado durante las épocas de consumo excesivo y usan estas reservas en períodos de escasez, lo que podría indicar que las reservas de Cu en las ovejas Suffolk fueran menores a las de las ovejas Rambouillet durante la gestación, para sostener los requerimientos de este mineral al inicio de la lactación. Lo que podría explicar que la concentración de Cu en calostro fuera inferior a lo que se esperaba.

Mills (1987) indica que el consumo de bajos niveles de Cu disponible está usualmente acompañados de una exponencial declinación en las reservas hepáticas del mineral. Además diversos autores indican que la leche no es una buena fuente de Cu, y que

los neonatos dependen de las reservas fetales en hígado, como fuente de este mineral (Suttle y Underwood, 1999; Underwood, 1981).

Cuadro 36. Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración Cu en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	1.2764	4.88	0.0493
RAZA	1	4.3826	16.76	0.0018
Error	11	0.2615		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	1.2681	4.45	0.0587
RAZA	1	0.0040	0.01	0.9078
Error	11	0.2851		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	0.0230	0.17	0.6866
RAZA	1	0.9977	7.43	0.0197
Error	11	0.1342		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	0.1037	0.63	0.4441
RAZA	1	0.0068	0.04	0.8428
Error	1	0.1646		

Según Underwood y Suttle (1999) la secreción de Cu en leche se ve reducida cuando el suministro de Cu dietético es inadecuado, lo que puede deberse a las diferencias

por raza en la absorción y metabolismo del Cu señalados anteriormente. Hill *et al.* (1983) indican que el Cu, al igual que el Ca, P y Fe en leche, generalmente no son afectados por los niveles de estos minerales en la dieta. Por su parte, Grace y Clark (1991) señalan que un incremento en el consumo de Cu o Fe en ovinos y bovinos no tienen efecto sobre el contenido de estos minerales en leche. Sin embargo, en animales con dietas bajas en Cu y por ende con un bajo nivel de este mineral en leche, los niveles de Cu en leche se incrementan cuando los animales son complementados con el mineral. Lo que pudiera explicar el aumento en la concentración de Cu en leche de las ovejas Suffolk de los 45 a los 60 DPP. Se presentó una correlación ($P=0.05$) de $r=0.277$ entre Cu sanguíneo con la concentración en sangre de Zn y Fe, y de $r=0.441$ ($P=0.001$) con Zn en leche.

COBRE EN LANA

El Cuadro 32 muestra el análisis de varianza de la concentración de Cu en lana. La concentración promedio de Cu en lana fue similar para ambas razas (5.77 ± 1.25 ppm), semejante a lo encontrado por Aceves *et al.* (1998), quienes señalan concentraciones de Cu en lana similar para ovejas en lactación de estas mismas razas bajo condiciones de confinamiento. Según Grace y Clark (1991) la raza, el consumo de M.S. y la época del año tiene un muy pequeño efecto en las concentraciones de minerales traza en la lana.

Esto contrasta con lo observado por Ramírez *et al.* (2000b), quienes encontraron diferencias por raza al trabajar con animales Suffolk y Rambouillet no gestantes, ni lactantes bajo condiciones de pastoreo, sin embargo, los niveles de Cu en sangre, plasma y lana en esta investigación fueron inferiores a los señalados por la literatura.

Woolliams *et al.* (1983), trabajando con ovinos de raza Scottish Blackface y Welsh Mountain y sus cruza, con cuatro niveles de Cu en la dieta, encontraron que la lana mostró un incremento en la concentración de Cu de una dieta a otra.

Como puede apreciarse en el Cuadro 32, el mismo análisis no reveló ningún efecto de muestreo ($P>0.05$), hallándose la concentración de Cu en lana dentro de los rangos indicados por Grace y Clark (1991) y Suttle y Underwood (1999) (3.1 a 7.94 ppm),.

Underwood (1981) señala que la información sobre el rango y variabilidad de la concentración de Cu en la lana es poco confiable, aunque el efecto de la deficiencia de este mineral en la queratinización y pigmentación de la lana es bien conocido y el contenido de Cu en el pelo es sugerido como una posible ayuda en el diagnóstico de la hipocuprosis en bovinos.

Kellawa *et al.*, citados por Woolliams *et al.* (1983), indican que en bovinos, el Cu en pelo y plasma decrece en los animales cuando la concentración de Cu en el hígado cae por debajo de 20 mg por kg de M.S. Por otro lado, Woolliams *et al.* (1983) observaron que la concentración de Cu en lana tuvo una mejor correlación con la concentración de Cu en hígado que con plasma.

HIERRO EN SANGRE

El Cuadro 37 presenta el análisis de varianza para la concentración de Fe en sangre, leche y lana de las ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar en una lactancia en pastoreo continuo. La concentración de Fe en sangre fue similar ($P>0.05$) para ambas razas, con un promedio de 310.14 ± 35.59 ppm, encontrándose estos valores por debajo de las concentraciones indicadas por Georgievskii (1982) y Towers y Grace (1983) de 350 a 500 ppm.

Para Towers y Grace (1983) y Morris (1985) algunos de los factores asociados con anemia en ovinos incluyen: a) anomalías que implican pérdidas de Fe (parásitos intestinales, defectos de la coagulación y úlceras gastrointestinales, b) deficiencias en el consumo de Fe y Cu debido a inflamación e infecciones crónicas y, c) el consumo excesivo de otros minerales (Co, Zn, Cu y Mn) que pueden interferir con la absorción de Fe por competencia con los sitios de unión en el intestino.

En lo que respecta al consumo de Cu, este fue superior a lo recomendado por el NRC (1985) (10 a 32.6 mg por día, Cuadro 15) en el caso de las ovejas Rambouillet (40.43 mg por día), pero no para las ovejas Suffolk (26.96 mg por día). Es importante tomar en cuenta que las razas inglesas tienen una mejor absorción de Cu y diversos autores señalan que, si existen diferencias por raza para la absorción de Cu, posiblemente también existan diferencias en los requerimientos de este mineral por raza. Sin embargo, el consumo de Zn fue superior a lo recomendado (45 a 98 mg por día, Cuadro 15) en ambas razas (123 y 84.95 mg por día para las ovejas Rambouillet y Suffolk, respectivamente); esto podría explicar la disminución en la concentración del Fe en sangre.

Cuadro 37. Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de Fe en sangre, leche y lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Fuente de variación	SANGRE			LECHE			LANA		
	G.L.	Cuadrado	F P	G.L.	Cuadrado	F P	G.L.	Cuadrado	F P
		<i>Medio</i>			<i>Medio</i>			<i>Medio</i>	
<i>Entre animales</i>									
Raza	1	6044.94	0.79 0.3919	1	0.82	0.01 0.9445	1	34846.43	7.06 0.0223
Error	11	7610.78		11	162.18		11	4938.80	
<i>Dentro de animales</i>									
Muestreo	4	7.69	0.0001 0.0006	4	135.63	1.90 0.1730	4	35091.43	4.07 0.0389
Muestreo*raza	4	0.05	0.996 0.9848	4	274.11	3.85 0.0372	4	6010.75	0.70 0.4904
Error (Muestreo)	44	8163.38		44	71.25		44	8628.73	
TOTAL	64			64			64		

Según Ott *et al.* (1956) altos consumos de Zn resultan en anemia tanto en corderos como en no rumiantes, ya que altos niveles de Zn en el cuerpo parecen interferir con el metabolismo del Cu y Fe. En el caso de los no rumiantes, los niveles de Cu y Fe en hígado tienden a disminuir; sin embargo en el caso de los rumiantes, mientras los niveles de Cu en hígado disminuyen, los niveles de Fe aumentan. Presentándose una abundante concentración de Fe en hígado para la síntesis de hemoglobina, sin embargo la deficiencia de Cu en hígado, es el factor limitante.

Grace y Lee (1990) observaron una disminución en la concentración de Fe en hígado con altos consumos de Mn. Por su parte, Georgievskii (1982) también señala que grandes dosis de Mn tienen efectos adversos en el crecimiento, reducen el nivel de hemoglobina y cambia la composición de la microflora ruminal y la tasa de ácidos grasos volátiles, disminuyendo la proporción de ácido propiónico. Desgraciadamente, este mineral no fue cuantificado para poder dilucidar si tuvo alguna influencia en la disminución de la concentración sanguínea de Fe.

El análisis de varianza también reveló un efecto de muestreo ($P=0.0006$) (Cuadro 37). La concentración media de Fe de ambas razas por muestreo se presenta en el Cuadro 38 y la transformación polinomial de los datos, que se muestran en el Cuadro 39, reveló un efecto cúbico ($P=0.0077$), el cual puede observarse en la Figura 11.

Cuadro 38. Concentración promedio de Fe en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Muestreo¹ (Días posparto)	Media (ppm)	EEM² (ppm)
-15	344.57	35.45
15	408.96	42.91
30	305.81	34.07
45	221.93	37.75
60	269.45	27.80

¹Muestreo: $P=0.039$

²EEM= Error estándar de la media

Cuadro 39. Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Fe en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	114883.9233	21.41	0.0007
RAZA	1	0.1043	0.00	0.9966
Error	11	5366.6128		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	19997.1586	2.29	0.1582
RAZA	1	179.3529	0.02	0.8886
Error	11	8722.2415		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	116036.8298	10.59	0.0077
RAZA	1	212.2765	0.02	0.8918
Error	11	10959.9280		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	238.6795	0.03	0.8626
RAZA	1	1091.4855	0.14	0.7120
Error	1	7604.7256		

La absorción de Fe y utilización de éste dependen de la actividad de las enzimas que contienen Cu (ferroxidasa, ceruloplasmina). En deficiencias de Cu el nivel de ferroxidasa está reducido y en la mayoría de los casos esto puede reducir la movilización y utilización adecuada de Fe, siendo una causa secundaria de deficiencias de Fe.

Como puede observarse en la Figura 9, los niveles sanguíneos de Fe se elevaron ligeramente de los 15 días antes del parto a los 15 días posteriores a éste. Es interesante notar que este aumento en la concentración del Fe coincide con los más altos niveles de Fe en el forraje (15 y 30 DPP).

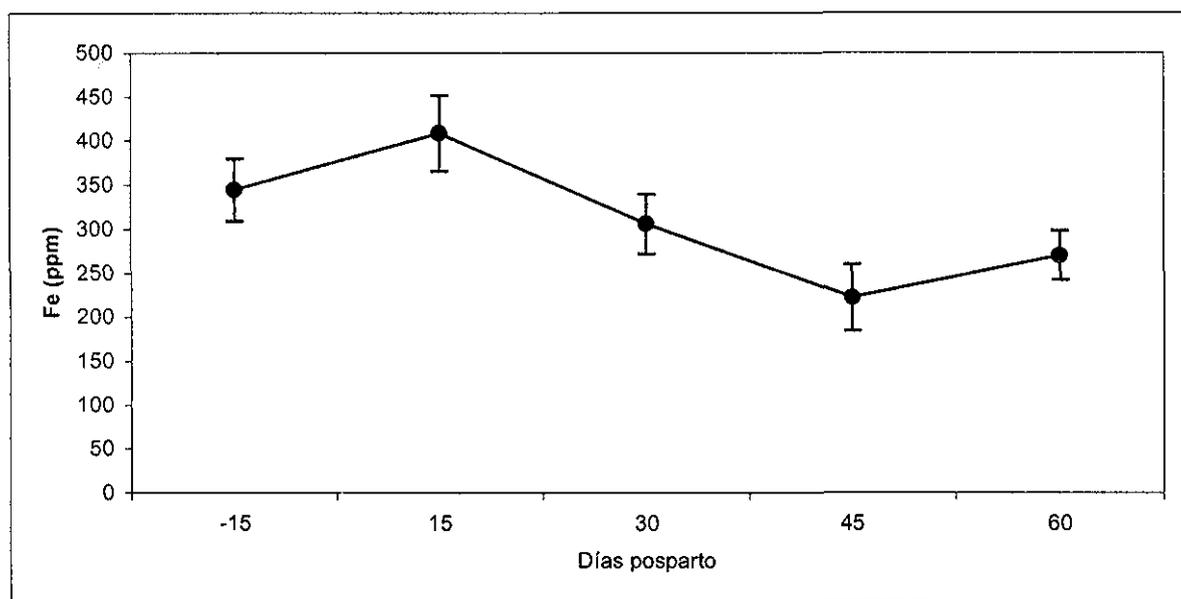


Figura 11. Concentración promedio de Fe en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

El Fe en sangre disminuyó drásticamente de los 15 días antes del parto hasta los 45 días posteriores a éste, lo que coincide con el mayor consumo de Zn (138 a 132 vs de 86 a 153.9 mg por día para las ovejas Rambouillet y Suffolk, respectivamente). La concentración sanguínea de Fe volvió a repuntar a partir de los 45 DPP, cuando el consumo de Zn fue de 99.8 y de 109.4 mg por día para las ovejas Suffolk y Rambouillet, respectivamente, concentraciones similares a los valores de referencia (45 a 98 mg por día, Cuadro 15).

El Fe en sangre se correlacionó con el Zn ($r=0.62$, $P=0.001$), Ca ($r=0.55$; $P=0.001$), Cu ($r=0.39$; $P=0.0012$) y P ($r=0.37$; $P=0.0022$) en sangre. Además el consumo de Fe se correlacionó con el nivel sanguíneo de Zn ($r=0.55$; $P=0.0001$) y Fe ($r=0.49$; $P=0.0003$), y con Fe en lana ($r=0.34$; $P=0.0133$).

HIERRO EN LECHE

El Cuadro 37 presenta el análisis de varianza para la concentración de Fe en leche, que indicó una interacción muestreo*raza ($P=0.0372$), la cual puede observarse en la Figura 12 y cuyas medias se presentan en el Cuadro 40.

De acuerdo con Towers y Grace (1983), las concentraciones promedio de Fe en leche se encontraron dentro de los valores considerados como adecuados (0.3 a 0.6 ppm); sin embargo es necesario hacer notar que a los 30 DDP en algunos animales no se detectó Fe en la leche utilizando un estándar de 2 ppm, como puede observarse en la Figura 12. Según Morris (1985) el contenido de Fe de la leche varía con la especie y estado de lactación y resiste a cambios en el nivel dietario de Fe.

Cuadro 40. Concentración promedio de Fe en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactación en pastoreo.

Raza	Muestreo¹ (Días posparto)	Media (ppm)	EEM² (ppm)
Suffolk	0	0.59	0.08
	15	0.38	0.13
	30	1.22	0.25
	45	0.27	0.04
	60	0.98	0.19
	Rambouillet	0	0.40
15		0.59	0.17
30		0.23	0.32
45		0.37	0.05
60		0.30	0.24

¹Muestreo*raza $P=0.0372$

²EEM= Error estándar de la media

La concentración de Fe en leche fue similar en ambas razas ($P=0.945$) con un promedio de 0.53 ± 0.16 ppm.

El comportamiento de los niveles de Fe en calostro/leche las dos razas fue opuesto, como puede observarse en la Figura 12, siendo más elevados para las ovejas Suffolk a los 0, 30 y 60 DPP e invirtiéndose este patrón a los 15 y 45 DPP, cuando las concentraciones de Fe en leche fueron superiores para las ovejas Rambouillet.

Aunque Suttle y Underwood (1999) y Morris (1985) señalan que el calostro contiene de 3 a 5 veces mayor cantidad de Fe que la leche, la concentración de Fe en calostro y leche fue similar para ambos en esta investigación, excepto a los 30 y 60 DPP, cuando la concentración de Fe fue mayor en la leche que en el calostro de las ovejas Suffolk.

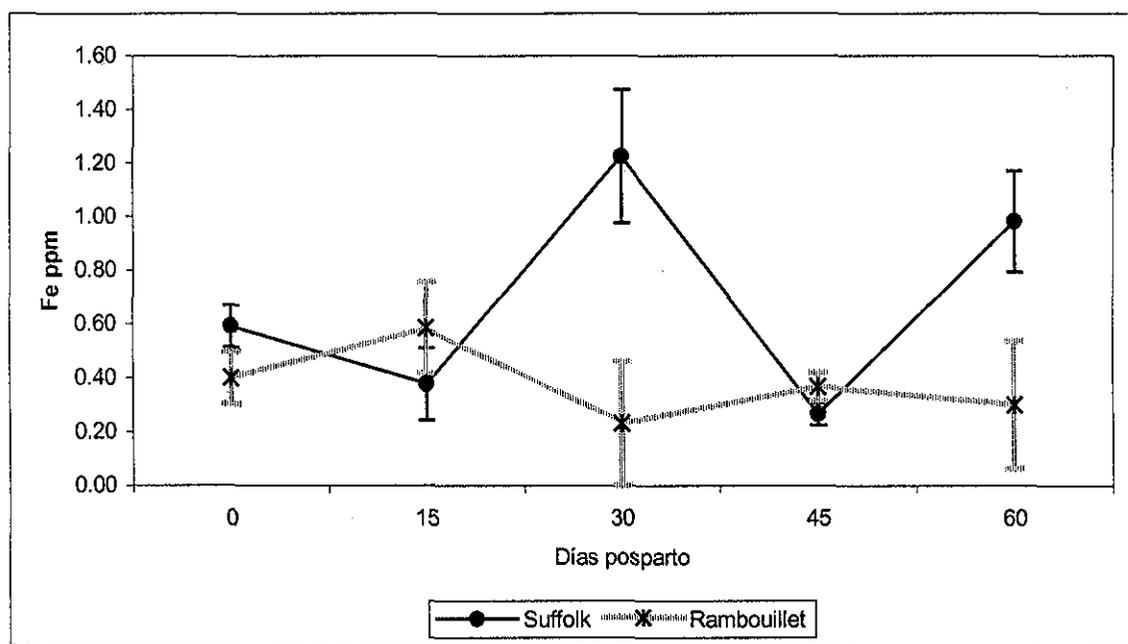


Figura 12. Concentración promedio de Fe en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 41. Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Fe en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	247.7101	7.05	0.0224
RAZA	1	62.5403	1.78	0.2091
Error	11	35.1277		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	163.6025	3.10	0.1058
RAZA	1	441.0151	8.37	0.0146
Error	11	52.7081		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	42.4633	0.30	0.5974
RAZA	1	6.8403	0.05	0.8312
Error	11	143.5434		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	88.7299	1.65	0.2247
RAZA	1	586.0599	10.93	0.0070
Error	1	53.6216		

Hill *et al.* (1983) y Grace y Clark (1991) señalan que algunos minerales de la leche están más influidos por la composición de la dieta que otros, como resultado de la transferencia de éstos desde el plasma a la glándula mamaria, pero el Ca, P, Fe y Cu generalmente son resistentes a la influencia de los niveles en la dieta. Posiblemente la

presencia de algunos minerales antagonistas pudieran haber influido en la distribución de este mineral para la síntesis de leche, ya que como se señaló anteriormente los animales presentaron una deficiencia de Fe, probablemente debida a un excesivo consumo de Zn o Mn.

Morris (1985) comenta que no está claro por qué el contenido de Fe en la leche se reduce por debajo de lo normal en animales deficientes en Fe. Por su parte Ezekiel y Morgan, citados por el mismo autor, observaron una disminución en el nivel de Fe en leche de ratas, cuyas reservas de Fe y de hemoglobina fueron agotadas por repetidas extracciones de sangre.

La concentración de Fe en leche no se correlacionó con el consumo o nivel de ningún otro mineral.

ZINC EN SANGRE

El Cuadro 42 presenta el análisis de varianza para la concentración de Zn en sangre, leche y lana. La concentración sanguínea de Zn fue similar para las dos razas con un promedio de 6.37 ± 0.87 ppm. Estas concentraciones se encuentran ligeramente por arriba de los valores descritos por Georgievskii (1982) y Grace y Clark (1991) que fluctúan entre 2.5 y 6 ppm. Esto probablemente se debió a un exceso en el consumo de Zn, que estuvo por encima de los requerimientos. Ott *et al.* (1956) señalan que altos consumos de Zn, ocasionan un incremento en la concentración de este mineral en suero, por su parte Grace (1983) y Van Niekerk *et al.* (1990) indican que la concentración de Zn en plasma puede verse afectada por el consumo de Zn y por otra serie de eventos considerados como normales (estrés).

Aceves *et al.* (1998) y Georgievskii (1982) observaron diferencias por raza en la concentración sanguínea de Zn; sin embargo, Ramírez-Peréz *et al.* (2000b), al determinar el efecto en el perfil mineral tanto de la raza como de la edad, trabajando con ovejas Suffolk y Rambouillet no gestantes ni lactantes, no encontraron diferencias por raza o por edad.

Van Niekerk *et al.* (1990) al comparar la concentración de Zn en plasma en tres razas de ovejas al nacimiento, no encontraron diferencias significativas por raza; sin embargo, 24 días después del parto, la concentración de Zn en plasma fue significativamente más baja en los animales de raza Merino que en las razas Dohne Merino y SA Mutton Merino, y así permanecieron durante toda la lactación.

En este trabajo se encontró también un efecto de muestreo ($P=0.0071$) (Cuadro 44). Las medias para el efecto de muestreo se presentan en el Cuadro 43 y los resultados de la transformación polinomial, en el Cuadro 44. Como puede apreciarse en la Figura 13 el efecto de muestreo presentó un comportamiento cúbico ($P=0.0256$).

Cuadro 43. Concentración promedio de Zn en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Muestreo ¹ (Días posparto)	Media de ambas razas (ppm)	EEM ² (ppm)
-15	8.1	1.7
15	8.0	0.7
30	6.1	0.8
45	4.7	0.5
60	4.9	0.7

¹Muestreo P=0.0071

²EEM= Error estándar de la media

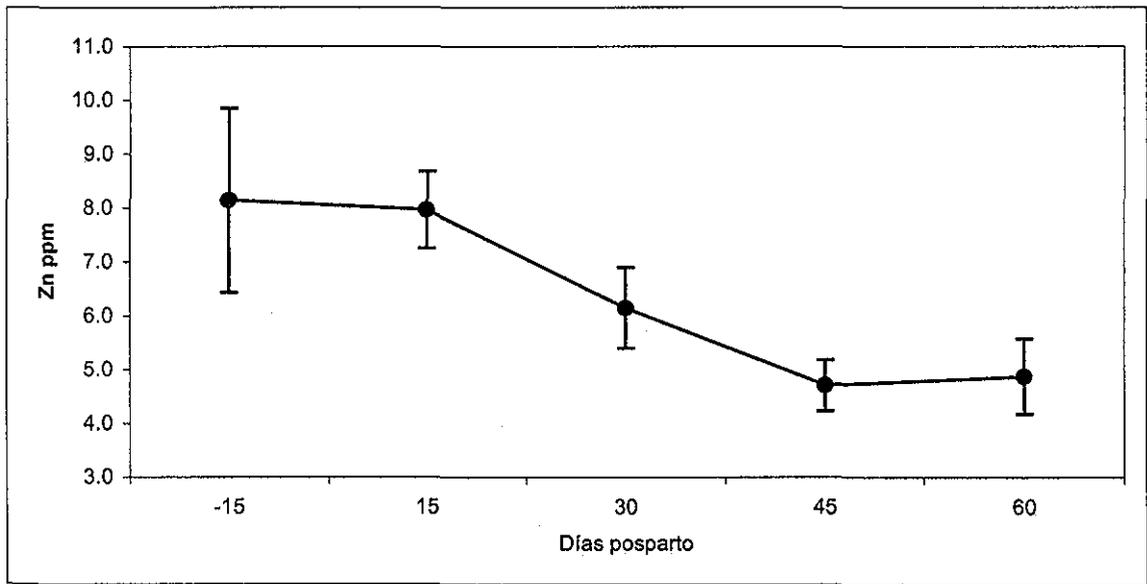


Figura 13. Concentración promedio de Zn en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Como se puede observar en la Figura 13 la concentración de Zn en sangre declina ligeramente de los 15 días antes del parto hasta los 15 días posteriores a éste, presentando una declinación más pronunciada de los 15 a los 45 DPP, coincidiendo con el pico de lactación, esta disminución pudo deberse a que los niveles de Zn durante la gestación están

elevados debido al proceso normal de organogénesis fetal, disminuyendo al momento del parto y durante la lactancia por la alta demanda para la producción láctea (Krebs y Hambidge, 1987). Por su parte Dufty *et al.*, citados por Van Niekerk *et al.* (1990), señalan que la concentración de Zn en plasma cae después del parto.

Cuadro 44. Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Zn en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Efecto lineal				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	111.0145	9.10	0.0117
RAZA	1	9.0045	0.74	0.4086
Error	11	12.2012		
Efecto cuadrático				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	2.2125	0.43	0.5241
RAZA	1	0.1267	0.02	0.8777
Error	11	5.1097		
Efecto cúbico				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	18.7291	6.65	0.0256
RAZA	1	4.8327	1.72	0.2169
Error	11	30.9766	2.82	
Efecto cuártico				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	0.0008	0.00	0.9847
RAZA	1	0.2283	0.11	0.7483
Error	1	2.1085		

Llama la atención que la declinación en la concentración sanguínea de Zn de los 15 días antes del parto a los 15 posteriores a éste no fue tan pronunciada como la observada por Aceves *et al.* (1998) quienes trabajaron con las mismas razas bajo condiciones de confinamiento, lo que probablemente pudo deberse como se indicó anteriormente a un exceso en el consumo de Zn.

Por otra parte, como puede observarse en la Figura 13 la mayor variación en la concentración de Zn en sangre se presentó a los 15 días antes del parto y similar a lo ocurrido con Aceves *et al.* (1998) en este muestreo las ovejas Rambouillet (9.04 ± 1.51 ppm) tuvieron una mayor concentración de Zn en sangre que las ovejas Suffolk (7.24 ± 1.9 ppm), mientras que durante la lactación la concentración de Zn fue similar en ambas razas, lo que explica esta variación.

Como se observa en la Figura 13 la concentración sanguínea de Zn aumentó ligeramente a partir del día 45 a los 60 DPP, cuando se acercaba el destete. Sin embargo, el nivel de Zn en sangre permaneció dentro los valores indicados por la literatura.

La concentración de Zn en sangre estuvo medianamente relacionada ($P=0.001$) con la de Ca ($r=0.65$) y Fe en sangre ($r=0.62$) y con el consumo de Fe ($r=0.55$); la relación fue más pobre con la concentración de P en sangre ($r=0.429$; $P=0.0004$), con el peso vivo ($r=0.411$; $P=0.0007$), con la concentración de Cu en sangre Cu ($r=0.389$; $P=0.0014$), con el consumo de Cu ($r=0.330$; $P=0.0167$), con la concentración de Zn ($r=0.33$; $P=0.0065$), y Cu ($r=0.27$; $P=0.0297$) en leche.

ZINC EN LECHE

El Cuadro 44 muestra el análisis de varianza para la concentración de Zn en leche, que fue muy similar para ambas razas, con un promedio de 9.79 ± 1.08 ppm. Este valor se encuentra por encima de los niveles señalados por Towers y Grace (1983) y Grace y Clark (1991) de 3.2 a 6.5 ppm.

Según Hill *et al.* (1983) algunos minerales están más influidos por la composición de la dieta que otros, como resultado de la transferencia desde el plasma a la glándula mamaria. Este es el caso del Zn y Mn que pueden incrementarse en la leche debido a incrementos de en el nivel de estos en la dieta de las madres.

El mismo análisis mostró un efecto de muestreo ($P=0.001$) y una interacción raza*muestreo ($P=0.0487$) (Cuadro 42). En el Cuadro 45 se presentan las medias para dicho efecto. La transformación polinomial (Cuadro 46) de los datos reveló un comportamiento cúbico ($P=0.0002$), que puede observarse en la Figura 14.

Cuadro 45. Concentración promedio de Zn en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Raza	Muestreo ¹ (Días posparto)	Media (ppm)	EEM ² (ppm)
Suffolk	0	20.04	3.15
	15	5.21	0.55
	30	5.50	0.31
	45	6.91	1.51
	60	7.01	0.51
Rambouillet	0	28.69	2.49
	15	6.53	0.43
	30	5.22	0.25
	45	7.38	1.19
	60	5.44	0.41

¹Muestreo*raza $P=0.0487$

²EEM= Error estándar de la media

Este hallazgo coincide parcialmente, con lo descrito por Aceves *et al.* (1998), quienes no encontraron diferencias por raza, pero sí entre muestreos, presentándose también un efecto cúbico. Por su parte Grace y Clark (1991), señalan que el contenido de minerales traza en la leche esta influida por la especie, estado de lactación, dieta, suplementación mineral y la región geográfica. Y que la respuesta a la suplementación de minerales traza,

en términos de incremento del mineral en la leche, es variable siendo muy marcado para el I y Se, e insignificante en el caso del Zn.

El promedio de Zn en el calostro fue 24.36 ± 2.82 ppm, Grace y Clark (1991), Towers y Grace (1983), Hill *et al.* (1983) y Georgievskii (1982), señalan que el calostro contiene de 3 a 5 veces mayor cantidad de Zn con respecto de la leche.

White *et al.* (1991) y Grace y Clark (1991) señalan que la concentración de Zn en calostro difiere de la concentración de la leche y que ésta disminuye a lo largo de la lactación.

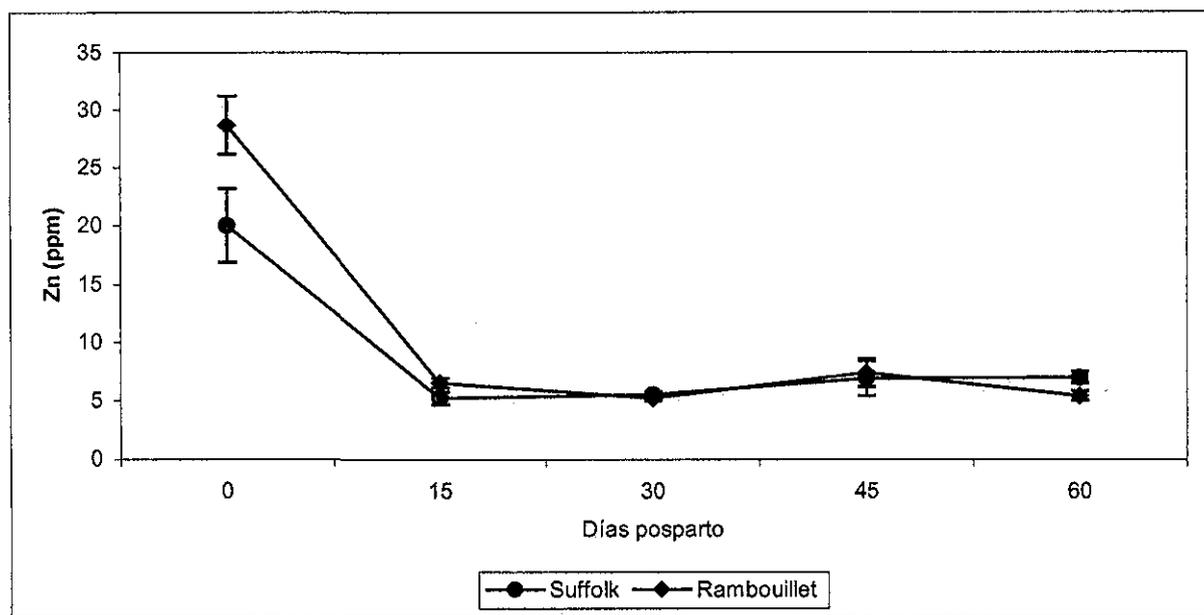


Figura 14. Concentración promedio de Zn en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Como se puede observar en la Figura 14, los niveles de Zn en el calostro fueron más elevado en la ovejas Rambouillet que en las Suffolk y disminuyeron drásticamente del momento del parto a los 15 DPP. A partir de ese momento, la concentración de Zn en leche fue disminuyendo paulatinamente en la ovejas Suffolk hasta los 60 DPP, mientras que en

las Rambouillet hubo un poco más de fluctuación a los 60 DPP con niveles ligeramente inferiores a los de la raza Suffolk.

Cuadro 46. Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Zn en leche de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	2043.4480	74.95	0.0001
RAZA	1	165.5292	6.07	0.0315
Error	11	27.2655		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	1078.9769	88.35	0.0001
RAZA	1	24.3444	1.99	0.1856
Error	11	12.2129		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	163.8648	31.14	0.0002
RAZA	1	6.2966	1.20	0.2974
Error	11	5.2618		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	1.4788	0.38	0.5524
RAZA	1	2.3090	0.59	0.4599
Error	1	3.9365		

La concentración de Zn en calostro es 3 a 5 veces mayor que en la leche; de ahí la abrupta caída de Zn al día 15 posparto, pero los valores siempre permanecieron dentro del rango indicado por la literatura.

Johnson y Evans, citados por Hill *et al.* (1983) señalan que el Zn de la dieta es utilizado en la secreción láctea más fácilmente que el Zn que se encuentra almacenado en el cuerpo y Mutch y Hurley citados por los mismos autores, señalan que bajos niveles de Zn en la dieta influyen en los niveles de este mineral en la leche.

La concentración de Zn en leche se correlacionó con Se ($r=0.458$; $P=0.0001$), Zn ($r=0.335$; $P=0.0065$) y Mg ($r= -0.253$; $P=0.042$) en sangre y con Cu ($r=0.441$; $P=0.0002$) y Mg ($r=0.732$; $P=0.0001$) en leche, además del Cu en lana ($r= 0.361$; $P=0.031$).

ZINC EN LANA

El Cuadro 42 muestra el análisis de varianza para la concentración de Zn en lana, la cual fue similar en ambas razas (84.78 ± 4.1 ppm), aunque se esperaba que existieran diferencias, considerando que las ovejas Rambouillet son productoras de lana fina, mientras que las Suffolk son productoras de lana mediana.

La concentración promedio de Zn en lana en este trabajo se encontró por debajo de los valores considerados por Georgievskii (1982) y Towers y Grace (1983), que son de 100 a 300 ppm. Sin embargo, Grace y Clark (1991) señalan valores que oscilan entre 82 y 119 ppm.

Cuadro 47. Concentración promedio de Zn en lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Muestreo ¹ (Días posparto)	Media de ambas razas (ppm)	EEM ² (ppm)
-15	80.28	3.09
15	91.40	2.60
30	92.14	4.39
45	92.36	5.44
60	67.75	5.19

¹Muestreo P=0.001

²EEM= Error estándar de la media

El análisis de varianza también reveló un efecto de muestreo (P=0.001), cuyas medias para el se presentan en el Cuadro 47. La transformación polinomial de los datos (Cuadro 48) reveló un comportamiento cúbico (P=0.0043), que puede observarse en la Figura 15.

Suttle y Underwood (1999) señalan que la concentración de Zn en lana o pelo reflejan el consumo dietario de Zn en todas las especies y que la variabilidad individual es muy alta y ésta se eleva con variaciones debidas a la edad, raza, sitio de muestreo y

condiciones estacionales. Concentraciones subnormales en el pelo y lana pueden proveer de evidencias que sostengan deficiencias en la dieta, pero ellos pueden no ser considerados como un criterio de diagnóstico sensitivo. Al contrario, Grace y Clark (1991) señalan que la raza, el forraje, el consumo de M.S. y la época del año tienen un pequeño efecto en el contenido de este mineral en la lana.

Cuadro 48. Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Zn en lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	304.0876	4.66	0.0539
RAZA	1	440.3359	6.74	0.0248
Error	11	65.2905		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	4506.6543	34.54	0.0001
RAZA	1	51.6064	0.40	0.5422
Error	11	130.4729		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	786.6626	12.86	0.0043
RAZA	1	15.3222	0.25	0.6266
Error	11	61.1707		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	204.7386	1.22	0.2928
RAZA	1	36.3851	0.22	0.6504
Error	1	167.6920		

Como puede apreciarse en la Figura 15, la concentración de Zn en lana aumentó de los 15 días antes del parto a los 15 días posteriores a éste, para mantenerse constante hasta el día 45 posparto, y posteriormente presentó una disminución hasta los 60 días.

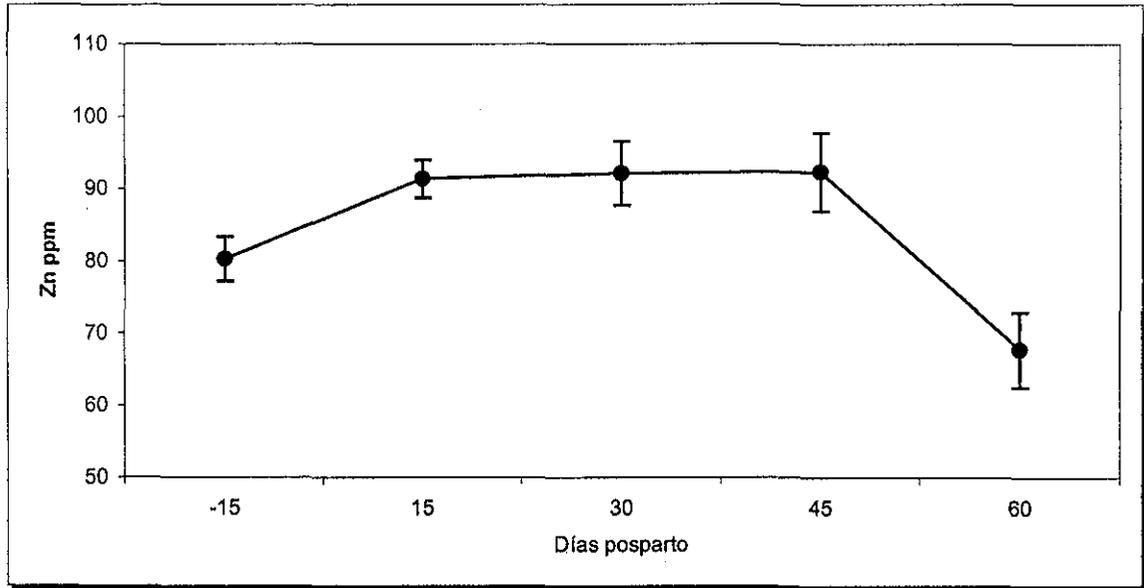


Figura 15. Concentración promedio de Zn en lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

La concentración de Zn en lana tuvo correlación con el S ($r= 0.492$; $P=0.0001$), Fe ($r= 0.319$; $P=0.0094$) y Cu ($r= -0.256$; $P=0.0398$) en lana.

SELENIO EN SANGRE

El Cuadro 49 muestra el análisis de varianza para la concentración de Se en sangre, que fue similar para ambas razas ($P>0.05$) (32.53 ± 5.95 ppb). Grace (1983) indica que la concentración de Se en sangre debe ser mayor a 250 ppb (250 nmol/l). Heine *et al*, citados por Cloete *et al*. (1994), señalan que concentraciones de Se en hígado por abajo de 300 ppb y de 100 ppb en sangre son consideradas como deficientes, mientras que otros autores citados por Cloete *et al*. (1994), sugieren un umbral más bajo de 20 ppb.

Grace (1983) señala que las deficiencias de Se se asocian con forrajes que contienen menos de 0.03 mg de Se por kg de M.S. En lo referente al forraje utilizado en esta investigación la concentración de Se no fue detectada utilizando un estándar de 2 ppb, y como se señaló anteriormente, aunque se detectó Se en el suelo (452 ppb, Cuadro 1), éste se considera como deficiente en el mineral. Por otro lado Suttle y Underwood (1999) señalan que la absorción de Se en rumiantes es menos eficiente y más variable que en los no rumiantes, además de que la concentración de Se en los forrajes es más baja a altas altitudes, lo que probablemente se deba a la influencia de la lluvia. Langlands citado por los mismos autores, señala que el nivel de Se en bovinos y ovinos se correlaciona negativamente con la precipitación pluvial.

Cuadro 49. Análisis de varianza de mediciones repetidas para la concentración de Se en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
<i>Entre animales</i>				
Raza	1	1530.5669	4.17	0.0659
Error	11	367.0842		
<i>Dentro de animales</i>				
Muestreo	4	2834.9739	12.72	0.0001
Muestreo*Raza	4	95.7088	0.43	0.7381
Error(Muestreo)	44	222.8414		
Total	64			

Por lo tanto, se considera que los animales en este trabajo fueron seleno-deficientes, ya que Grace (1983) indica que el diagnóstico de deficiencia de selenio pueden hacerse con la determinación de este mineral en sangre.

Van Niekerk *et al.* (1990) encontraron patrones similares en la concentración de Se en tres razas en pastoreo, siendo más bajas las concentraciones de este mineral en las ovejas y corderos de parto gemelar, que en los corderos y las hembras de parto simple.

El mismo análisis de varianza reveló un efecto de muestreo ($P=0.0001$) (Cuadro 49). Las medias correspondientes se presentan en el Cuadro 50. La transformación polinomial de los datos en el Cuadro 51, indicó un comportamiento de tipo lineal ($P=0.0001$)

Cuadro 50. Concentración promedio de Se en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Muestreo¹ (Días posparto)	Media (ppb)	EEM² (ppb)
-15	54.90	7.66
15	35.71	6.66
30	30.75	8.02
45	28.56	5.59
60	12.73	1.81

¹Muestreo $P=0.0001$

²EEM= Error estándar de la media

Como puede apreciarse en la Figura 16, la concentración de Se en sangre de las ovejas disminuyó a lo largo de toda la lactación. Esto coincide con lo encontrado por Langlands *et al.* (1991), quienes trabajando con ovejas Merino y cruza de Border Leicester x Merino en pastoreo, encontraron que el nivel de Se en sangre y suero se fue reduciendo en los animales. Estos autores señalaron que esta disminución probablemente se debió a las pérdidas de Se en el sistema suelo-planta-animal ocasionadas por el pastoreo continuo.

Van Niekerk *et al.* (1990), trabajando con tres razas de ovejas de parto simple y gemelar en pastoreo, señalan una disminución de la concentración de Se en sangre, tanto en los corderos como en las hembras, durante las primeras 8 semanas posparto, y una estabilización de los niveles de Se en las 6 semanas subsecuentes.

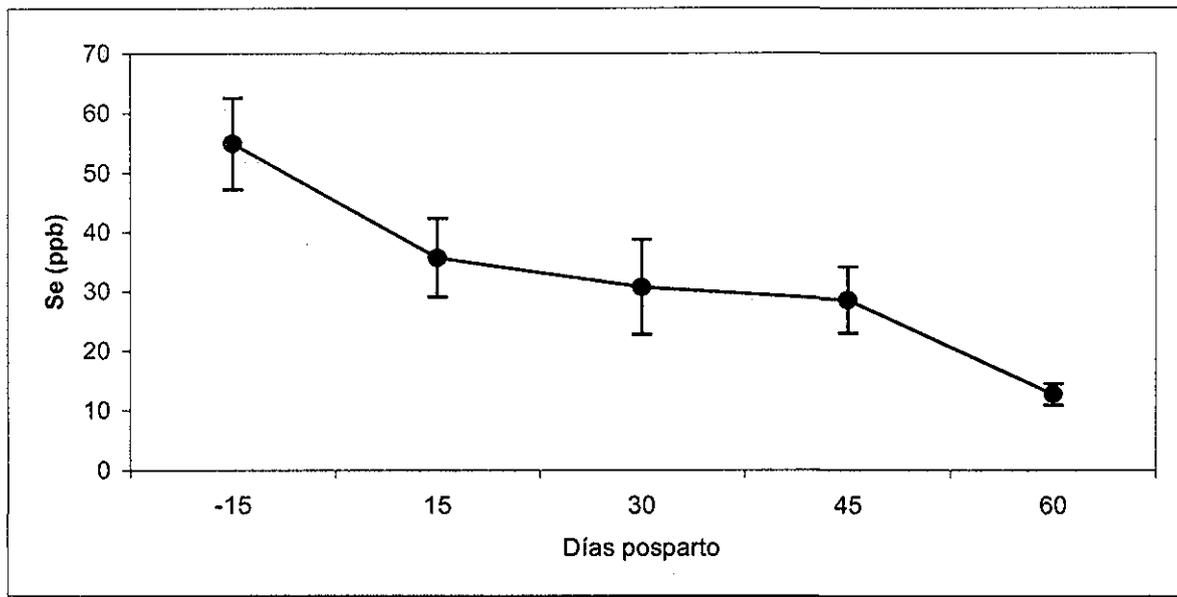


Figura 16. Concentración promedio de Se en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

Ullrey (1987) indica que la concentración de Se en plasma o suero se eleva directamente con el incremento de Se inorgánico en la dieta. La sangre tiende a seguir el mismo patrón, elevándose su nivel conforme se incrementa el mineral en la dieta hasta presentar una meseta, para posteriormente continuar elevándose su concentración lentamente. En dietas deficientes la concentración en sangre no declina en forma constante como es el caso de otros fluidos, sino que tiene un retraso, presumiblemente debido a la relativa larga vida media de los eritrocitos (70 a 153 días) y por que la mayoría del Se encontrado en las células rojas es incorporado durante la eritropoyesis. Cloete (1994), Ullrey (1987) y Millar *et al.* (1986) señalan que la mayor parte del Se en sangre se

encuentra en los eritrocitos, por lo que ésta contiene de 10 a 50% más Se que el plasma o suero.

Cuadro 51. Transformación polinomial del efecto de muestreo en la concentración de Se en sangre de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar, en una lactancia en pastoreo.

<i>Efecto lineal</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	10780.5560	47.97	0.0001
RAZA	1	275.7804	1.23	0.2916
Error	11	224.7386		
<i>Efecto cuadrático</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	1.0170	0.00	0.9487
RAZA	1	0.4837	0.00	0.9646
Error	11	235.0705		
<i>Efecto cúbico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	489.1616	2.07	0.1779
RAZA	1	106.3515	0.45	0.5160
Error	11	236.1438		
<i>Efecto cuártico</i>				
Fuente de variación	G.L.	Cuadrado Medio	F	Pr > F
Media	1	69.1612	0.35	0.5639
RAZA	1	0.2194	0.00	0.9739
Error	1	195.4128		

Langlands *et al.* (1982) informan que la forma química en la que los minerales retornan a la tierra puede ser modificada por su paso a través del tracto gastrointestinal del

animal y pueden conducir a pérdidas a través de lixiviación y volatilización. Esto puede afectar la disponibilidad de estos elementos para el crecimiento de la planta, con cambios correspondientes en la concentración de minerales en los tejidos vegetales y, por ende, en el animal. Olsen *et al.* citados por los mismos autores, indican pérdidas de Se por fijación y volatilización, ya que el Se urinario al ser excretado como trimetilselenio, no es disponible para el desarrollo de las plantas.

El Se en sangre se correlacionó con P ($r=0.303$; $P=0.001$) y Zn ($r=0.458$; $P=0.0001$) en sangre, además de con Mg en leche ($r=0.451$; $P=0.0001$).

IV. CONCLUSIONES

Se observaron diferencias por raza en el consumo de forraje verde, siendo mayor el consumo voluntario para las ovejas Rambouillet (lana fina) que para las ovejas Suffolk (lana media), lo que probablemente se debió al mejor desempeño de la raza Rambouillet bajo condiciones de pastoreo durante la etapa de lactación, cuando las necesidades de nutrimentos en las ovejas son más elevadas. Las ovejas Rambouillet lograron cubrir las necesidades de producción y perdieron menos peso y de forma menos drástica, además de lograr mantener más estable su peso que las ovejas Suffolk a lo largo de la lactación.

Además, se confirmaron diferencias por raza en las concentraciones de algunos elementos minerales en sangre, suero, leche y lana bajo las condiciones en que se realizó este estudio. Las ovejas Rambouillet tuvieron las mayores concentraciones de Ca en suero y leche y de Fe en lana, mientras que las ovejas Suffolk tuvieron las mayores concentraciones de Cu en sangre.

La concentración de algunos minerales en sangre, suero, leche y lana presentaron fluctuaciones a lo largo de la lactación, probablemente debidas a la demanda de estos elementos durante la etapa de producción láctea, observándose, en general, una tendencia similar para los niveles sanguíneos de Ca, Cu, Fe y Zn, que mostraron un incremento en su concentración sanguínea hasta los 15 días posparto, para después disminuir hasta los 45 días posteriores al parto, lo que coincide con el pico de producción, presentándose un ligero aumento hacia el destete.

Por otra parte, la concentración de P tuvo un comportamiento más variable, mientras que el Se disminuyó a lo largo de toda la lactación, debido, posiblemente, más a una deficiencia en el consumo de este mineral que a su demanda para la producción láctea.

Existió interacción entre algunos minerales, ya que aun cuando todo indicó un consumo de Fe adecuado, se presentó una deficiencia en su concentración, posiblemente ocasionada por un consumo excesivo de Zn. De igual manera, el exceso de Mg observado

provocó las deficiencias de Ca y P, de tal manera que desbalances en el consumo de algunos minerales pueden ocasionar efectos adversos en la absorción o metabolismo de otros.

Como la eficiencia productiva en un hato ovino está determinada por el número y peso de los corderos destetados y la condición corporal de las ovejas al momento del destete, y esto depende de la habilidad de la madre para solventar los altos requerimientos nutricionales de esta etapa, se recomienda evitar los desbalances minerales que pudieran afectar su productividad. En particular, es importante prestar atención a las concentraciones de Ca, P, Cu, Fe, Zn y Se en sangre.

La alimentación de ovejas en lactación basada únicamente en pastoreo de praderas de *Lolium multiflorum* no fue adecuada para satisfacer los altos requerimientos de esta etapa productiva. Es necesario establecer mezclas de forrajes que eviten estos desbalances, pero bajo condiciones de pastoreo es difícil evitar que se presenten ciertas deficiencias, por lo que es conveniente el uso de concentrados y complementos minerales, basados en análisis periódicos de la composición nutricia de la pradera y, de ser posible, en el status mineral del animal.

Por otra parte, es necesario continuar con investigaciones que ayuden a establecer los requerimientos minerales para ovejas en lactación, en diferentes situaciones de pastoreo y diferentes razas, que puedan servir como base para llevar a cabo una complementación adecuada.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Ortíz HA. La experiencia del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción ovina (C.E.I.E.P.O.) bajo pastoreo intensivo. Memorias del curso Tópicos Actuales sobre nutrición y alimentación de ovinos en engorda; México D.F.: Asoc. Mex. de Esp. en Nutrición Animal y Asoc. Mex. de Téc. Esp. en Ovinocultura, 1995:12-18.
2. Arbiza A y De Lucas TJ. Estado actual de la producción ovina en México. Memorias del Seminario Internacional: Avances en la Producción Ovina. Montecillo (México), México (Montecillo) Colegio de Postgraduados: 5-43. 1992:12-18.
3. Botkin MP; Field RA and LeRoy JC. Sheep and wool science production and management. Prentice Hall Inc. Englewood Cliff, New Jersey 1988.
4. Owen JB. Sheep production Bailliére Tindall London, 1976.
5. Cole HH y Ronning M. Biología de los animales domésticos y su empleo por el hombre. España, Ed. Acribia, 1974.
6. Ensminger ME. Produccion Ovina 4ª. Ed. Argentina. Editorial El Ateneo, 1987.
7. Gonzalez MS. Crecimiento compensatorio en borregos. Memorias del Seminario Internacional: Avances en la Producción Ovina; 1992 septiembre; Montecillo (México). México (D.F.): Colegio de Postgraduados. 1992:44-72.
8. Peart JN. Lactation of suckling ewes and does. In: Coop IE Editor. World Animal Science. C. Production-System Approach 1. Elsevier, 1982.
9. Speedy WA. Producción ovina la ciencia puesta en práctica. México Editorial Continental, S.A. de C.V., 1991.
10. Fraser A y Stamp J. Ganado Ovino, Producción y Enfermedades. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa, 1989.
11. Haresing W. Producción ovina. México D. F.: AGT, editor, 1989.
12. Allison CD. Factors affecting forage intake by range ruminants: A review. *J Range Manage* 1985; 38:305-311.
13. Van Houtert MFJ. Determinación de la cantidad y calidad del alimento consumido por rumiantes en pastoreo. Memorias del Curso de Actualización: Aspectos Nutricionales del Ganado de Doble Propósito en el Trópico; 1996 octubre 7-9; Tlapacoyan (Veracruz) México (DF): División de Educación Continua F.M.V.Z., U.N.A.M., 1996:67-75.

14. Hadjipieris G and Holmes WJ. Studies on feed intake and feed utilization by sheep. I. The voluntary feed intake of dry, pregnant and lactating ewes. *J Agric Sci Camb* 1966;66, 217-33.
15. Forbes J M. The voluntary food ntake of pregnant and lactating ruminants: A review. *Brit Vet J* 1970; 126:1 1-10 1970.
16. Church DC y Pond WG. Basic animal nutrition and feeding 3rd ed. U.S.A.: John Wiley and Sons, 1989.
17. Doyle PT, Casson T, Cransberg L and Rowe JB. Faecal output of grazing sheep measured by total collection or using chromium sesquioxide. *Small Rumin Res* 1994;13:231-236.
18. Bateman JV. Nutrición Animal, Manual de Metodos Analíticos. México, Herrero Hermanos Sucesores, S. A., 1970.
19. Luginbuhl JM, Pond KR, Burns JC and Fisher DS. Evaluation of the captec controlled release chromic oxide capsule for fecal output determination in sheep. *J Anim Sci* 1994;72:1375-1380.
20. Kotb AR and Luckey TD. Markers in nutrition. *Nutr Abstr Rev* 1972;52:813.
21. Pond KR, Burns JC and Fisher PS. External markers use and methodology in grazing studies. Proc. Grazing livestock Nutr. Cart. 49: Jackson, W. Y., 1987.
22. Buntinx DS. Evaluation of the Captec Chrome controlled release device for the estimation of dry matter intake of sheep grazing Tifon 44 Bermudagrass. (Master Science degree) U.S.A. North Carolina State University; 1990.
23. Spears JW. Minerals in forages. In: Fahey GC, editor. Forage quality, evaluation and utilization. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, 1994.
24. Church DC. Livestock feeds and feeding. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1991.
25. National Research Council. Nutrient requierements of sheep. 6th ed. Washington: National Academy Press, 1985.
26. I.N.R.A. Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. España: Ediciones Mundi-Prensa, 1990.
27. Keen CL and Graham TW. Trace elements. In: Kaneko JJ, editor. Clinical biochemistry of domestic animals. U.S.A. Academic Press Limited, 1989:753-795.
28. Pope AL. A review of recent mineral research with sheep. *J Anim Sci* 1971;33(6):1332-1342.

29. Suttle NF and Underwood EJ. Mineral Nutrition of Livestock. CAB International 1999.
30. Underwood EJ. The mineral nutrition of livestock. 2nd. Ed. U.K.: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1981.
31. Maynard LA y Loosli JK. Nutrición Animal. Unión Tipografica Editorial Hispano Americana UTEHA, México. 1975.
32. Grace ND. Calcium. In: Grace ND., Editor. The mineral requirements of grazing ruminants. New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication No. 9. 1983:100-105.
33. Littledike ET and Goff J. Interactions of calcium, phosphorus, magnesium and vitamin D that influence their status in domestic meat animals. *J Anim Sci* 1987; 65:1727-1743.
34. Georgievskii VI. The physiological role of macroelements. In: Georgievskii VI. editor Mineral nutrition of animals. Butterworths. Great Britain 1982.
35. Horst RL, Goff JP and Reinhardt TAR. Symposium: calcium metabolism and utilization. Calcium and vitamin D metabolism in the dairy cow. *J Dairy Sci* 1994;77:1936-1951.
36. McDowell LR, Velásquez-Pereira J y Valle G. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Institute of Food and Agricultural Sciences, Florida. 1997.
37. National Research Council. Mineral tolerance of domestic animals. Washington: National Academy of Sciences, 1980.
38. Ortiz VB y Ortiz SCA. Edafología. México: Universidad Autónoma de Chapingo. México. 1990.
39. Georgievskii VI. The physiological role of microelements. In: Georgievskii VI. editor Mineral nutrition of animals. Butterworths. Great Britain 1982.
40. Ceballos MA y Wittwer FG. Metabolismo del selenio en rumiantes. *Arch Med Vet* 1996;XXVIII(2): 5-18.
41. Rodríguez SF. Fertilizantes. Nutrición vegetal. A.G.T. Editor, S.A. México. 1981.
42. Grace ND. Managing Trace element deficiencies. The diagnosis and prevention of selenium, cobalt, copper and iodine deficiencies in New Zealand Grazing Livestock. New Zealand Pastoral Agriculture Research Institute Ltd, New Zealand, 1994.
43. Galbraith H, Chigwada W. Scaife JR and Humphries. The effect of dietary molybdenum supplementation on tissue copper concentrations, mohair fibre and carcass characteristics of growing Angora goats. *Anim Feed Sci Techn* 1997;67:83-90.

44. Davis GK and Mertz W. Copper In: Mertz W, editor. Trace element in human and animal nutrition. 5th Edition U.S.A. Academic Press Inc., 1985
45. Morris RE. Iron. In: Mertz W, editor. Trace element in human and animal nutrition. 5th Edition U.S.A. Academic Press Inc., 1985.
46. Smith JE. Iron metabolism and its diseases. In: Kaneko JJ, editor. Clinical biochemistry of domestic animals. U.S.A. Academic Press Limited, 1989:256-273.
47. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köeppen. 4ta. Ed. México, D.F. Indianápolis, 1988.
48. Tejada I. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. México: Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A.C., 1992.
49. Tiller JA and Terry RA. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J B Grassl Soc* 1963;18:104-111.
50. Fenton TW and Fenton M. An improved procedure for the determination of chromic oxide in feces. *Can J Anim Sci* 1979;59:631-634.
51. Fiske CM and Subarow Y. The colorimetric determination of phosphorus. *J Biol Chem* 1925;66:375-376.
52. A.O.A.C. Official methods of analysis of the AOAC international 14th Editions. Larlington VA, USA, 1984
53. Stahr HM. Analytical toxicology methods manual. Iowa: State University Press Ames, 1977.
54. Redondo AA. Manual de Edafología General. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México, 1988.
55. SAS. User's guide: Statistics, version 5.12. SAS Institute Inc. Cary, NC, 1985.
56. Allen BO, Burton JH and Holt JD. Analysis of Repeated Measurements From Animal Experiments Using Polynomial Regression. *J Anim Sci* 1983;57(3):765-770.
57. Gill JL and Hafs HD. Analysis of repeated measurements of animals. *J Anim Sci* 1971;33(2):331-336.
58. Fassbender HW y Bornemisza E. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura San José Costa Rica. 1987.
59. Baver LD, Gardner WH y Gardner WR. Física de suelos. Union Tipográfica Editorial Hispano-Americana, S.A. de C.V. México. 1980.

60. Thornton. Soil-plant-animal interactions in relation to the incidence of trace element disorders in grazing livestock. In: Suttle NF, Gunn RG, Alien WM, Linklater KA and Wiener G. Trace elements in animal Production and Veterinary Practice. Occasional Publications No. 7. British Society of Animal Production, 1983.
61. Reid RL and Horvath DJ. Soil chemistry and mineral problems in farm livestock a review. *Anim Feed Sci Technol* 1980;5:95-167.
62. Hughes HD, Heat ME and Metcalfe DS. Forages. The science of grassland agriculture. The Iowa State College Press. Iowa. U.S.A. 1952.
63. Hannaway D, Fransen J, Cropper M, Teel M, Chaney T, Griggs R, Halse J, Hart P, Cheeke D, Hansen R, Kliner and Lane W. Annual Ryegrass (*Lolium multiflorum Lam*). 1999 April. Available from: URL: <http://eesc.orst.edu/agcomwebfile/edmat/html/pnw501/complete.html#anchor1358604>.
64. Morrison J. Temperate grassland: permanent grass and sown grass or Leys 1992 May. Available from: URL: <http://eesc.orst.edu/agcomwebfile/edmat/html/pnw502/complete.html#anchor1358605>
65. Jones AC. C4 grasses and cereals. Growth, development, and stress response. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. 1984.
66. Langlands JP, Bowles JE, Donald GE and Smith AJ. The nutrition of ruminants grazing native and improved pastures. Part IV. Effects of stocking rate and soil ingestion on the copper and selenium status of grazing sheep. *Aust J Agric Res* 1982;30: 565-575.
67. Hodgson J. Grazing management. Science into practice. Long Scientific & Technical. New York. 1990.
68. Lynch JJ, Hinch GN and Adams DB. The behavior of sheep. Biological principles and implications for production. C.A.B. International and CSIRO. Australia. 1992.
69. Aceves LAB, Buntinx DSE, Aguirre GMA, Paniagua VJL y Rosiles MR. Efecto de la raza y el tipo de parto en la concentración de cobre y cinc en sangre, leche y lana de ovejas en confinamiento bajo restricción alimenticia. *Vet Mex* 1998;29(4):313-321.
70. Gibb MJ, Theacher TT and Shanmugalingam VS. Herbage intake and performance of grazing ewes and of their lambs when weaned at 6, 8, 10 or 14 weeks of age. *Anim Prod* 1981;33:223-232.
71. Singh NP and Singh M. Voluntary food intake and nutrient utilization in sheep during pregnancy, lactation and non-pregnant stages. *Indian J Anim Sci* 1991;60:467-471.

72. Snowden GD and Glimp HA: Influence of breed, number of suckling lambs, and stage of lactation on ewe milk production and lamb growth under range conditions. *J Anim Sci* 1991;69:923-930
73. Flamant JC and Morand-Fehr P. Milk production in sheep and goats. In: Coop IE Editor. *World Animal Science. C. Production-System Approach 1*. Elsevier, 1982.
74. Cowan RT, Robinson JJ, Mc Hattie I and Pennie K. Effects of protein concentration in the diet on milk yield, change in body composition and the efficiency of utilization of body tissue for milk production in ewes. *Anim Prod* 1981;33:111-120.
75. Torres-Hernandez G and Hohenboken W. Relationships between ewe milk production and composition and preweaning lamb weight gain. *J Anim Sci* 1980;50(4):597-603.
76. Aceves LAB: Efecto de la raza y el tipo de parto sobre el perfil mineral de ovejas lactantes en confinamiento (Tesis licenciatura) México (DF) México; F.M.V.Z., U.N.A.M. 1997.
77. Ramírez-Peréz AH, Buntinx SE, Tapia-Rodríguez C and Rosiles R. Effect of breed and age on the voluntary intake and the micromineral status of non-pregnant sheep. 1. Estimation of voluntary intake *Small Rumin Res* 2000;37:223-229.
78. Weston RH. Factors limiting the intake of feed by sheep. XI. The effect of pregnancy and early lactation on the digestion of a medium-quality roughage. *Aust J Agric Res* 1988;39:659-669.
79. Foot JZ and Russel AJ. The relationship in ewes between voluntary food intake during pregnancy and forage intake during lactation and after weaning. *Anim Prod* 1979;28:25-39.
80. Arnold GW. Herbage intake and grazing behavior in ewes of four breeds at different physiological states. *Aust J Agric Res* 1975;26:1017-1024.
81. Gibb MJ and Treacher TT. The effect of herbage allowance on herbage intake and performance of ewes and their twin lambs grazing perennial ryegrass. *J Agric Sci Camb* 1978;90:139-147.
82. NRC: Nutrient Requirements of Sheep. 6th. National Academic Press. Washington, 1985.
83. Gibb MJ and Treacher TT. The effect of body condition and nutrition during late pregnancy on the performance of grazing ewes during lactation. *Anim Prod* 1982;34:123-129.
84. Garel JM. Hormonal control of calcium metabolism during the reproductive cycle in mammals. *Phys Reviews* 1987;67(1):1-68.

85. Brommage R and DeLuca H. Regulation of bone mineral loss during lactation. *Am J Phys* 1985;284:182-187.
86. Rajartne AAJ, 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* 1990;64:147-160
87. Braithwaite GD: Calcium and phosphorus requirements of the ewe during pregnancy and lactation. 1. Calcium. *Br J Nutr* 1983;50:711-722.
88. Chrisp JS, Syres AR and Grace ND. Kinetic aspects of calcium metabolism in lactating sheep offered herbage with different Ca concentrations and the effect of protein supplementation. *Br J Nutr* 1989; 61:45-58.
89. Braithwaite GD. Calcium and phosphorus metabolism in ruminants with special reference to parturient paresis. *J Dairy Res* 1976;43:501-520.
90. Chicco CF, Ammerman CB, Feaster JP and Dunavant BG. Nutritional interrelationships of dietary calcium, phosphorus and magnesium in sheep. *J Anim Sci* 1956;36(5):986-993.
91. Ramírez PAH. Efecto de la raza y la edad en el perfil mineral de ovejas no gestantes en pastoreo (tesis de maestría) México (DF) México, F.M.V.Z., U.N.A.M., 1998
92. Polychroniadou A and Vafopoulou AN. Variations of major mineral constituents of ewe milk during lactation. *J Dairy Sci* 1985;68:147-150.
93. Jelínek P; Gajdusek S and Illek J. Relationship between selected indicators of milk and blood in sheep. *Small Rumin Res* 1996;20:53-57.
94. Braithwaite GD. Calcium and phosphorus requirements of the ewe during pregnancy and lactation. 2. Phosphorus. *Br J Nutr* 1983;50:723-736.
95. 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)* 1995;66:267-273.
96. Betteridge K. A survey of the phosphorus content of pastures and the serum inorganic phosphorus content of dairy cows. *NZ Vet J* 1986;34:22-26.
97. Langlands JP and Sutherland HA. Sulphur as a nutrient for Merino sheep. *Br J Nutri* 1973;30:529-536
98. White CL, Chandler BS and Peter DW. Zinc supplementation of lactating ewes and weaned lambs grazing improved mediterranean pastures. *Aust J Exp Agric* 1991;31:183-189.

99. Williams AJ. Some comparative studies of sulfate metabolism in Merino sheep genetically different in wool production. *Aust J Agric Res* 1995;46:415-427.
100. Wiener G and Field AC. The concentration of minerals in the blood of genetically diverse groups of sheep. *J Agric Sci Camb* 1971;76:513-520.
101. Wiener G. Review of genetic aspects of mineral metabolism with particular reference to copper in sheep. *Livestock Prod Sci* 1979;6:223-232.
102. Van Ryssen BJ and Stielau WJ. Effect of different levels of dietary molybdenum on copper and Mo metabolism in sheep fed on high levels of Cu. *Br J Nutr* 1981;45:203-210.
103. Woolliams JA, Wiener G, Suttle NF and Field AC. The copper content of wool in relation to breed and the concentrations of copper in the liver and plasma. *J Agric Sci Camb* 1983;100:505-506.
104. Davis GK and Mertz W. Copper. In: Mertz, W., Editor. Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 5th Ed. Academic Press, New York, 1985.
105. Harrison TJ, Van Ryssen JBJ and Barrowman. The influence of breed and dietary molybdenum on the concentration of copper in tissues of sheep. *S Afr Tydsk Veek* 1987;17(2):104-110.
106. Van Niekerk FE and Van Niekerk CH. Effect of high levels of dietary molybdenum and sulphate on SA Mutton Merino sheep. I. Mineral status and hematological parameters. *S Afr J Anim Sci* 1989;19(3):107-113.
107. Ramírez-Peréz AH, Buntinx SE and Rosiles R. Effect of breed and age on the voluntary intake and the micromineral status of non-pregnant sheep. II. Micromineral status. *Small Rumin Res* 2000;37:231-242.
108. Wiener G and Field AC. The concentration of minerals in the blood of genetically diverse groups of sheep. *J Agric Sci Camb* 1971;76:513-520.
109. Wiener G. Review of genetic aspects of mineral metabolism with particular reference to copper in sheep. *Livestock Prod Sci* 1979;6:223-232.
110. Corrigan W, Dalgarno AC, Lorna R, Ewen and Williams RB. Modulation of plasma Cu and Zn concentration by disease status in ruminants. *Vet Rec* 1976;99:396-397.
111. Kegley EB and Spears JW. Bioavailability of feed-grade copper sources (oxide, sulfate, or lysine) in growing cattle. *J Anim Sci* 1994;72:2728-2734.

112. Grace ND and Clark RG. Trace Element Requirements diagnosis and prevention of deficiencies in sheep and cattle. In: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants. Proceedings of the Seventh International Symposium on Ruminant Physiology*. Edited: Tsuda T; Sasaki Y and Kawashima R. Academic Press Inc. San Diego California U.S.A. 1991.
113. Mills CF. Biochemical and physiological indicators of mineral status in animals: copper, cobalt and zinc. *J Anim Sci* 1987;65:1702-1711.
114. Hill GM, Miller ER and Ku PK. Effect of dietary zinc level on mineral concentration in milk. *J Anim Sci* 1983;57:(1)123-129.
115. Sawaya WN, Khalil JK and Al-Mohammad MM. Mineral and vitamin contents of sheep milk. *Milchwissenschaft* 1985;40(2):81-83. Abstracts.
116. Mehaia MA. A study of mineral contents in milk of Najdi and Australian (Border Leicester x Merino) ewes and their crosses. *J of Dairying Foods & Home Sci* 1994;13(3/4):146-158. Abstracts.
117. Towers NR and Grace ND. Iron. In: Grace ND., Editor. *The mineral requirements of grazing ruminants*. New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication No. 9. 1983:76-79
118. Morris ER. Iron. In: *Trace elements in human and animal nutrition*. 5th Edition Vol. 1. Edited: Mertz W. Academic Press. San Diego California U.S.A. 1985.
119. Grace ND 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 pasture. *NZ J Agric Res* 1990;33:635-647.
120. Ott EA, Smith WH, Harrington RB, Stob M, Parker HE and Beeson WM. Zinc toxicity in ruminants. III. Physiological changes in tissues and alterations in rumen metabolism in lambs. *J Anim Sci* 1956;25:(2)424-431.
121. Van Niekerk FE, Van Niekerk CH, Heine EWP and Coetzee J. Concentrations of plasma copper and zinc and blood selenium in ewes and lambs of Merino, Dohne Merino and SA Mutton Merino sheep. *S Afr J Anim Sci* 1990; 20(1):21-26.
122. Krebs NF and Hambidge KM. Zinc supplementation during lactation. Effects on maternal zinc status and milk zinc concentrations. En: *Trace Elements in Man and Animals*. Edited by: Mills CF; Bremner and Chesters JK 416-419. Commonwealth Agricultural Bureaux Farnham Royal. United Kingdom, 1987.
123. Towers NR and Grace ND. Zinc. In: Grace ND, Editor. *The mineral requirements of grazing ruminants*. New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication No. 9. 1983:84-91.

124. Cloete SWP, Van Niekerk FE, Kritzinger NM, Van Der Merwe GD, Heine EWP and Scholtz AJ. Production responses of sheep supplementd with copper, cobalt and selenium on kikuyo ryegrass pastures. *S Afr Vet Assoc* 1994;65(2):52-58.
125. Langlands JP, Donald GE, Bowles JE and Smith AJ. Subclinical selenium insufficiency. 2. The response in reproductive performance of grazing ewes supplemented with selenium. *Aust J Exp Agric* 1991;31:33-35.
126. Ullrey DE. Biochemical and physiological indicators of selenium status in animals. *J Anim Sci* 1987; 65:1712-1726.
127. Millar KR; Albyt AT, Meads WJ and Sheppard AD. Chages in blood levels zinc. Copper, selnium, glutation peroxidase, vitamin B₁₂ and total and free thyroxine in sheep removed from pasture and held without food for 50 hours. *NZ Vet J* 1986; 34:1-3.
128. Langlands JP, Bowles JE, Donald GE and Smith AJ. The Nutrition of ruminants grazing native and improved pastures. Part IV. Effects of stocking rate and soil ingestion on the copper and selenium status of grazing sheep. *Aust J Agric Res* 1982;30:565-575.