

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*

Ana Bertha Aceves López**
Silvia Elena Buntinx Dios**
Ma. Antonieta Aguirre García**
José Luis Paniagua Vázquez***
René Rosiles Martínez**

Abstract

Twenty-three Suffolk (SU) and 24 Rambouillet (RA) penned ewes, suckling both single and twin lambs, and fed oat straw and a concentrate were used to determine differences in Cu and Zn concentrations in blood, milk and wool. Liveweights (LW) and blood, milk and wool samples were obtained at -15 or 0 and 15, 30, 45 and 60 days postpartum (DPP). Copper and Zn concentrations, obtained by atomic absorption spectrophotometry, and LW data were subjected to an analysis of variance with repeated measures and a correlation analysis. The greatest loss of weight was observed in SU ewes and ewes suckling twins (DPP $\times$ breed interaction, $P < .02$, and DPP $\times$ lambing interaction, $P = .0001$). Differences for Cu were found in: a) between breeds (SU = .65 ppm, RA = .42 ppm; $P = .0001$), between lambings (single = .58 ppm, twin = .50 ppm; $P = .03$) and among DPP ($P = .0001$) in blood; b) among DPP ($P = .0001$) in milk (mean = .23 ppm) and c) among DPP ($P = .03$) in the wool (mean = 3.53 ppm). Differences for Zn were found in: a) between breeds (SU = 5.45 ppm, RA = 6.2 ppm; $P = .05$) and among DPP ($P = .0001$) in blood; b) among DPP ($P = .0001$) in milk (mean = 6.7 ppm), and c) between breeds (SU = 109.3 ppm, RA = 98.3 ppm; $P = .0003$) and among DPP ($P = .009$) in the wool. The correlation analysis emphasized the importance of an adequate feeding management of the ewes during lactation because as the animals lost weight, Cu and Zn blood levels ($r = .99$, $P = .0002$, and $r = .96$, $P = .0001$, respectively) diminished.

Key words: SHEEP, SUFFOLK, RAMBOUILLET, COPPER, ZINC, LACTATION, BLOOD, MILK, WOOL.

Resumen

Se utilizaron 23 ovejas Suffolk (SU) y 24 Rambouillet (RA) de parto sencillo y gemelar, en confinamiento y alimentadas con heno de avena y concentrado para determinar diferencias en el perfil de Cu y Zn en sangre, leche y lana. Los muestreos (peso corporal, sangre, leche y lana) se realizaron a los -15 o 0 y 15,

Recibido el 15 de enero de 1998 y aceptado el 11 de agosto de 1998.

* Este trabajo estuvo financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), de México, proyecto 1567P-B9507 y los resultados corresponden a una parte de la tesis de licenciatura de la primera autora.

** Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.

*** Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.

30, 45 y 60 días posparto (DPP). Las concentraciones de Cu y Zn, obtenidas por espectrometría de absorción atómica, y los pesos se sometieron a análisis de varianza de mediciones repetidas y de correlación múltiple. Las hembras SU y las de parto gemelar presentaron las mayores pérdidas de peso (interacción DPP $\times$ raza, $P < .02$, y DPP $\times$ parto, $P = .0001$). Para Cu se encontraron diferencias *a*) entre razas (SU = .65 ppm, RA = .42 ppm; $P = .0001$), entre tipos de parto (sencillo = .58 ppm, gemelar = .50 ppm; $P = .03$) y entre DPP ($P = .0001$) en sangre; *b*) entre DPP ($P = .0001$) en leche (media = .23 ppm) y *c*) entre DPP ($P = .03$) en lana (media = 3.53 ppm). Para Zn se encontraron diferencias *a*) entre razas (SU = 5.45 ppm, RA = 6.2 ppm; $P = .05$) y DPP ($P = .0001$) en sangre; *b*) entre DPP ($P = .0001$) en leche (media = 6.7 ppm) y *c*) entre razas (SU = 109.3 ppm, RA = 98.3 ppm; $P = .0003$) y DPP ($P = .009$) en lana. El análisis de correlación enfatizó la importancia de un adecuado manejo alimenticio durante la lactancia, pues a medida que las ovejas perdieron peso, los niveles sanguíneos de Cu y Zn ($r = .99$, $P = .0002$, y $r = .96$, $P = .0001$, respectivamente) disminuyeron.

Palabras clave: OVEJAS, SUFFOLK, RAMBOUILLET, COBRE, ZINC, LACTANCIA, SANGRE, LECHE, LANA.

Introducción

La importancia de los minerales radica en que forman parte esencial de compuestos orgánicos.¹ Se ha considerado que el ovino requiere de quince minerales, siete macrominerales y ocho microminerales.^{2,3} Sus requerimientos están determinados por diversos factores como la raza, edad, sexo y estado fisiológico.⁴ Entre los microminerales más importantes se encuentran el cobre (Cu) y el cinc (Zn), ya que estos minerales influyen en las propiedades de la lana.⁵ El Cu forma parte estructural de algunas metaloproteínas, que incluyen a la citocromo oxidasa C, a la enzima superóxido dismutasa y a la lisil oxidasa.^{6,7} También participa en la formación de la hemoglobina y en la prevención de enfermedades.⁸ Después del Ca y Mg, el Zn es el mineral que se encuentra en mayor concentración dentro de la célula.⁶ El Zn es esencial para el funcionamiento de más de 90 enzimas;⁸ además, se involucra en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas, así como también en el metabolismo de los ácidos nucleicos y, por lo tanto, es fundamental para el crecimiento y desarrollo normal de los animales.⁶ Los valores normales del mineral que aparece en diferentes tejidos refleja la adecuada nutrición mineral de los animales. Tradicionalmente, para el diagnóstico mineral se ha utilizado el suero sanguíneo.^{9,10} Sin embargo, estudios recientes indican que las concentraciones minerales en suero sanguíneo se ven afectadas por diversos factores como el estrés, el aumento o la disminución de la temperatura ambiental y el tiempo de la separación sérica.^{11,12} La lana es un indicador adecuado para determinar el estado mineral de los ovinos, pues su patrón de crecimiento está influido por la ingestión mineral y el estado fisiológico.¹³ La producción y composición de la leche dependen de las células alveolares de la glándula mamaria. Estas células captan más del 80% de los nutrimentos de la sangre y los convierten en constituyentes lácteos.¹⁴ Por lo tanto, se considera que la leche puede ser un indicador del estado mineral de las ovejas. El presente trabajo se realizó con el fin de determinar el efecto de la raza y el tipo de

parto en el perfil de Cu y Zn en sangre, leche y lana de ovejas Suffolk y Rambouillet de parto gemelar y sencillo, que recibían una cantidad fija de alimento, durante una lactancia en confinamiento.

Material y métodos

El experimento se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (CEIEPO), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en el poblado de Tres Marías, Morelos, México.

Animales

Debido a que no era posible conocer la fecha exacta de parto ni el tipo de parto, dos semanas antes de empezar las pariciones se muestrearon (peso corporal, sangre y lana) 50 ovejas de la raza Suffolk (SU) y 50 de la raza Rambouillet (RA), de segundo y cuarto parto, con una edad promedio de 3 a 5 años. La selección de los animales experimentales de este grupo de 100 ovejas se realizó considerando la uniformidad en el peso corporal dentro de cada raza, el tipo de parto (sencillo o gemelar) y la salud de las ovejas y de las crías. Así se formaron los siguientes grupos: SU sencillo ($n = 10$), SU gemelar ($n = 13$), RA sencillo ($n = 13$) y RA gemelar ($n = 11$). Las ovejas seleccionadas fueron marcadas y retornadas al rebaño general, donde permanecieron hasta el término de la lactancia.

Alimentación

Durante la gestación, las ovejas se alimentaron de praderas mixtas (*Lolium perenne*, *Pennisetum clandestinum* y *Trifolium repens latum*), y en el corral se suplementaron con heno de avena y concentrado. Al parto, las hembras fueron confinadas y alimentadas con heno de avena

(7.2% de PC, 66.9% TND, 13.5 ppm de Cu y 66.5 ppm de Zn, en base seca, a razón de 1.5 a 2.5 kg/animal/día, aproximadamente) y un concentrado hecho a base de sorgo, bagazo de cítricos, pasta de soya, melaza, premezcla mineral y bicarbonato de sodio (15.9% PC, 83.1% TND, 9 ppm de Cu y 474 ppm de Zn, en base seca, a razón de 1 kg/animal/día, aproximadamente). El consumo no pudo medirse, pues no se contaba con jaulas individuales para el número de animales durante el experimento.

Tanto el heno de avena como el concentrado cumplían con el requerimiento en el alimento de Zn para ovinos en lactancia, que es de 33 ppm.³ De hecho, los niveles en la dieta estuvieron por arriba de lo recomendado, pero los animales no corrieron el riesgo de sufrir una intoxicación porque los niveles máximos tolerables son de 750 ppm.³ Los niveles de Cu en la dieta, por otro lado, estuvieron por debajo de lo recomendado para ovejas en lactancia (14-17 ppm) cuando la concentración de molibdeno (Mo) es mayor a 3 ppm.³ En el heno de avena no se detectó Mo, pero el concentrado tenía 4.2 ppm.

Muestreos

Dos semanas antes de la fecha tentativa de parto, las ovejas se pesaron y se tomaron muestras de sangre y lana. Al momento del parto y hasta 72 h después, se obtuvo una muestra de calostro de cada animal. Posteriormente, las ovejas fueron muestreadas (peso corporal, sangre, leche y lana) a los 15, 30, 45 y 60 días posparto (DPP). Para no interferir con las labores del CEIEPO, los muestreos se realizaron una vez por semana y las ovejas se agruparon de tal manera que los muestreos cayeran con ± 3 días de diferencia con respecto a los DPP especificados. Las muestras de sangre se tomaron en tubos vacutainer por venopunción yugular, y las muestras de leche fueron colectadas directamente de la ubre en tubos de ensaye con tapón de rosca. Las muestras de leche y sangre se mantuvieron en refrigeración a 4°C. La lana se cortó de los flancos y cruz de los animales, de forma alternativa, para permitir el crecimiento de la lana,⁵ y se depositó en bolsas de plástico con cierre hermético.

Análisis de laboratorio

Para la determinación de Cu y Zn, las muestras de sangre, leche y lana (estas últimas lavadas previamente con alcohol y agua bidestilada)¹⁵ fueron sometidas a una digestión ácida. La digestión ácida de la lana y sangre se realizó por el método de "microondas".¹⁶ Para la digestión ácida de la leche se utilizó el método "en placa".¹⁷ Las

soluciones primarias obtenidas de las digestiones se utilizaron para la lectura de Cu y Zn directamente en un espectrómetro de absorción atómica.**

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de mediciones repetidas para un diseño completamente al azar, en un arreglo factorial 2×2 (dos razas y dos tipos de parto), utilizando el paquete estadístico SAS¹⁸ (PROC GLM, enunciado REPEATED). Cuando el factor DPP resultó significativo, se realizó un análisis de polinomios ortogonales (transformación polinomial) para identificar tendencias lineales, cuadráticas, cúbicas, etc., a través del tiempo. La unidad experimental fue el animal ($n=47$). Ya que no pudo obtenerse el consumo de alimento por animal, el peso corporal se consideró como una medición indirecta del consumo y como un indicador del estado nutricional del animal. Por esa razón se realizó un análisis de correlación múltiple entre los pesos corporales de los animales y las concentraciones de Cu y Zn en sangre, leche y lana, para averiguar si existía alguna relación entre el cambio de peso corporal y las concentraciones de estos minerales en los tejidos en estudio.

Resultados

Peso

Las hembras SU fueron más pesadas (83.4 kg, $P=.0001$) (Cuadro 1) que las RA (71.8 kg) y las hembras de parto gemelar pesaron menos (74 kg, $P<.0006$) (Cuadro 1) que las hembras de parto sencillo [81.1 kg; error estándar de la media (EEM) = .7 para todos los casos]. Sin embargo, el efecto de DPP fue significativo (Cuadro 1) y dependió tanto del efecto de raza ($P<.02$ para la interacción DPP $\times$ raza, Cuadro 1) como del tipo de parto ($P=.0001$ para la interacción DPP $\times$ parto, Cuadro 1). La transformación polinomial del efecto de DPP indicó que éste presentó un comportamiento cúbico ($P=.003$), afectado por la raza ($P=.04$) (Figura 1). La pérdida inicial de peso en ambos grupos se debió al parto, pero mientras las hembras SU perdieron peso de manera constante de los 15 a los 60 DPP, las hembras RA mantuvieron su peso entre los 15 y 30 DPP, que disminuyó hacia los 60 DPP.

El efecto de parto resultó significativo dentro de los comportamientos lineal ($P=.003$) y cuadrático ($P=.002$). El peso corporal inicial de las hembras fue similar para ambos tipos de parto, y la mayor pérdida de peso se presentó de los 15 días antes del parto a los 15 DPP (Figura 2). Sin embargo, esta pérdida de peso fue mayor en las hembras de parto gemelar que en las de parto sencillo, como lo indica la pendiente de cada una de las líneas. El peso de las hembras de parto sencillo fue disminuyendo de manera lineal, mientras que la curva

* Horno CEM, MDS-2000, Carolina del Norte, Estados Unidos de América.

** Perkin Elmer, modelo 2380, Norwalk, CT, Estados Unidos de América.

de peso de las hembras de parto gemelar presentó un comportamiento cuadrático (disminución marcada entre los -15 y 15 DPP, seguida de una disminución gradual y constante hasta los 60 DPP).

Cuadro 1

ANÁLISIS DE VARIANZA DE MEDICIONES REPETIDAS, PARA EL CAMBIO DE PESO CORPORAL DE OVEJAS SUFFOLK Y RAMBOUILLET DE PARTO SENCILLO Y GEMELAR, DURANTE UNA LACTANCIA EN CONFINAMIENTO

Fuente de variación	GL	Cuadrado medio	F	P>F
Entre animales				
Raza	1	7771.05	36.25	.0001
Parto	1	2938.41	13.71	.0006
Raza* parto	1	60.06	0.30	NS*
Error	43	214.35		
Dentro de animales				
Días posparto (DPP)	4	1340.53	93.12	.0001
DPP* raza	4	49.82	3.46	.0186
DPP* parto	4	113.25	7.87	.0001
DPP* raza* parto	4	17.32	1.20	NS
Error	172	14.39		
Total	234			

*NS = no significativo (P>.05)

Cobre

Se encontraron diferencias entre razas (P=.0001), entre tipos de parto (P=.03) y entre DPP (P=.0001) para la concentración de Cu en sangre (Cuadro 2). Los niveles fueron más elevados en las hembras SU que en las RA (0.65 vs 0.42 ppm, respectivamente; EEM=.02), y en las hembras de parto sencillo que en las hembras de parto gemelar (0.58 vs 0.50 ppm, respectivamente; EEM=.02). El efecto de DPP fue lineal (P=.002). La concentración de Cu en sangre fue en aumento pro-

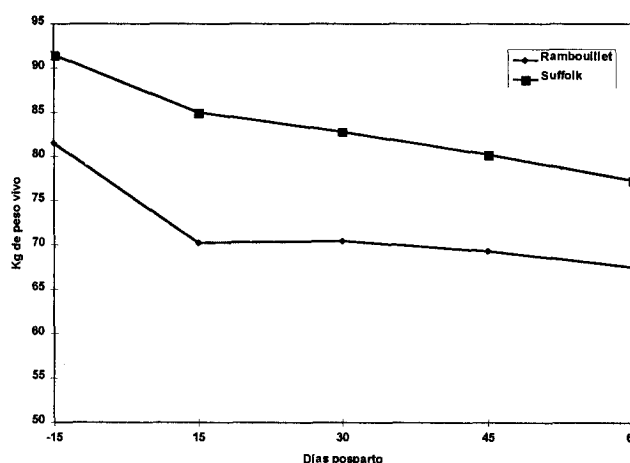


Figura 1. Cambio de peso de ovejas Rambouillet y Suffolk del día 15 antes del parto al día 60 posparto, durante una lactancia en confinamiento

Cuadro 2

ANÁLISIS DE VARIANZA DE MEDICIONES REPETIDAS, PARA LA CONCENTRACIÓN DE COBRE EN SANGRE, LECHE Y LANA DE OVEJAS SUFFOLK Y RAMBOUILLET DE PARTO SENCILLO Y GEMELAR, DURANTE UNA LACTANCIA EN CONFINAMIENTO

Fuente de variación	GL	Sangre			GL	Leche			GL	Lana			
		CM*	F	P>F		CM	F	P>F		CM	F	P>F	
Entre animales													
Raza	1	3.16	33.15	.0001	1	0.017	0.25	NS	1	5.36	2.93	NS	
Parto	1	0.45	4.70	.03	1	0.099	1.51	NS	1	3.02	1.65	NS	
Raza* parto	1	0.065	0.68	NS**	1	0.001	0.02	NS	1	0.02	0.01	NS	
Error	41	0.0954			39	0.0654			38	1.83			
Dentro de animales													
Días posparto (DPP)	4	0.115	4.47	.0001	4	1.58	30.8	.0001	4	3.16	2.68	.03	
DPP* raza	4	0.04	1.56	NS	4	0.02	0.40	NS	4	1.62	1.37	NS	
DPP* parto	4	0.012	0.46	NS	4	0.05	1.00	NS	4	1.52	1.29	NS	
DPP* raza* parto	4	0.026	1.02	NS	4	0.03	0.60	NS	4	1.66	1.41	NS	
Error	164	0.0257			156	0.0513			152	1.18			
Total	224				214				209				

* CM = cuadrado medio

** NS = no significativo (P>.05)

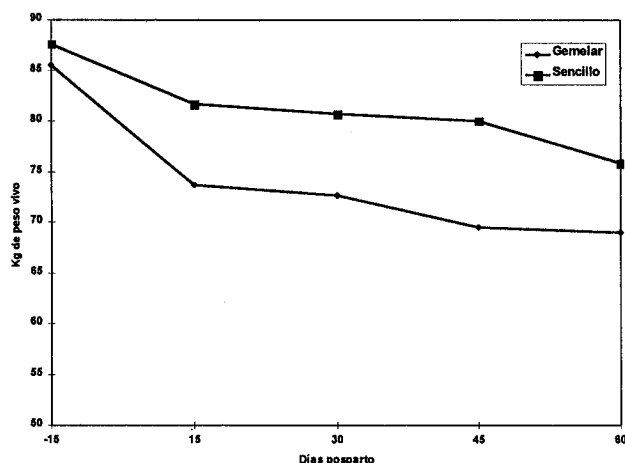


Figura 2. Cambio de peso de ovejas de parto gemelar y sencillo, de la raza Rambouillet y Suffolk del día 15 antes del parto al día 60 posparto, durante una lactancia en confinamiento.

drático ($P=.02$) (Figura 5). La concentración de Cu disminuyó de los -15 a los 30 DPP, y aumentó hacia los 60 DPP.

Zinc

Las hembras RA presentaron una concentración más elevada ($P=.05$, Cuadro 3) de Zn en sangre (6.20 ppm) que las hembras SU (5.45 ppm; $EEM=.3$). Hubo efecto de DPP ($P=.0001$, Cuadro 3) y el comportamiento fue cuadrático ($P=.003$) (Figura 6). Los valores disminuyeron entre los 15 días antes del parto y los 15 DPP; de los 15 a los 60 DPP la concentración de Zn en sangre se mantuvo constante. En leche sólo se obtuvo un efecto de DPP ($P=.0001$, Cuadro 3) con comportamiento cúbico ($P=.05$). Se observa una disminución drástica en la concentración de Zn desde el parto (el calostro

Cuadro 3
ANÁLISIS DE VARIANZA DE MEDICIONES REPETIDAS, PARA LA CONCENTRACIÓN DE CINC EN SANGRE, LECHE Y LANA DE OVEJAS SUFFOLK Y RAMBOUILLET, DE PARTO SENCILLO Y GEMELAR DURANTE UNA LACTANCIA EN CONFINAMIENTO

Fuente de variación	Sangre				Leche				Lana			
	GL	CM*	F	P>F	GL	CM	F	P>F	GL	CM	F	P>F
Entre animales												
Raza	1	40.46	3.94	.05	1	21.88	0.89	NS	1	7215.73	15.64	.0003
Parto	1	0.40	0.04	NS**	1	31.49	1.28	NS	1	1578.41	3.42	NS
Raza* parto	1	0.06	0.01	NS	1	0.13	0.01	NS	1	19.83	0.04	NS
Error	37	10.28			39	24.55			39	461.47		
Dentro de animales												
Días posparto (DPP)	4	104.72	8.94	.0001	4	491.50	19.2	.0001	4	942.65	4.73	.009
DPP* raza	4	7.29	0.62	NS	4	27.43	1.07	NS	4	249.32	1.25	NS
DPP* parto	4	5.89	0.50	NS	4	0.47	0.02	NS	4	250.42	1.26	NS
DPP* raza* parto	4	4.29	0.37	NS	4	3.44	0.13	NS	4	247.20	1.24	NS
Error	148	11.72			156	25.60			156	199.47		
Total	204				214				214			

* CM = cuadrado medio

** NS = no significativo ($P>.05$)

gresivo desde los 15 días antes del parto hasta los 60 DPP (Figura 3). La concentración promedio de Cu en leche fue de .23 ppm ($EEM=.02$). Sólo se observó un efecto de DPP ($P=.0001$, Cuadro 2) que presentó un comportamiento cúbico ($P=.04$, Figura 4). Hubo una disminución drástica en los niveles de Cu desde el momento del parto hasta los 15 DPP. Entre los 15 y 45 DPP, la concentración siguió disminuyendo, pero hacia los 60 DPP aumentó ligeramente. El efecto de DPP también resultó significativo ($P=.03$, Cuadro 2) para la concentración de Cu en lana (valor promedio=3.53 ppm; $EEM=.1$), que mostró un comportamiento cua-

presentó una concentración de 12.5 ppm, $EEM=.7$) hasta los 15 DPP (Figura 7), valores que se mantuvieron estables hasta los 30 DPP, para ir aumentando hacia los 60 DPP (la concentración promedio de Zn de los 15 a los 60 DPP fue de 5.23 ppm, $EEM=.7$). Se encontraron diferencias entre razas ($P=.0003$) y entre DPP ($P=.0001$), para la concentración de Zn en lana (Cuadro 3). Los niveles fueron más elevados en las hembras SU que en las RA (109.3 vs 98.3 ppm, respectivamente; $EEM=1.5$). El efecto de DPP reveló un comportamiento lineal ($P=.0005$), que dependió del tipo de raza ($P=.05$) (Figura 8). Los niveles de Zn fueron disminuyendo desde

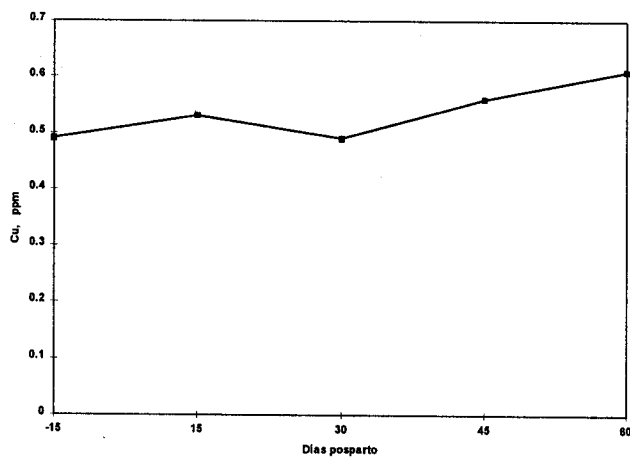


Figura 3. Concentración media de Cu en sangre de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

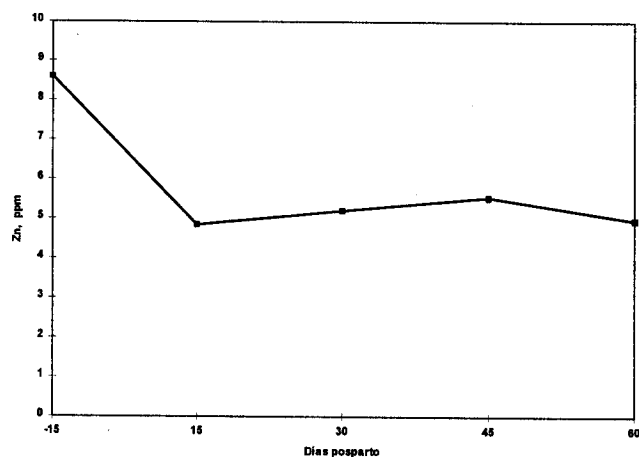


Figura 6. Concentración media de Zn en sangre de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

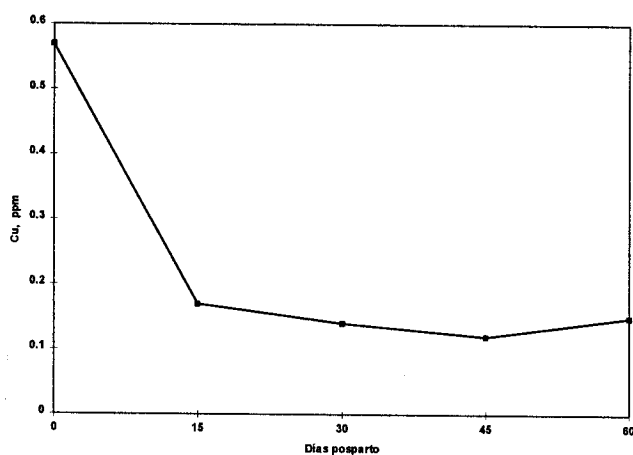


Figura 4. Concentración media de Cu en leche de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

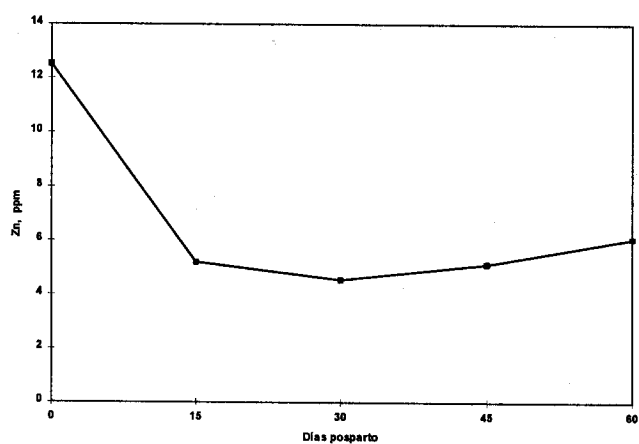


Figura 7. Concentración media de Zn en leche de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

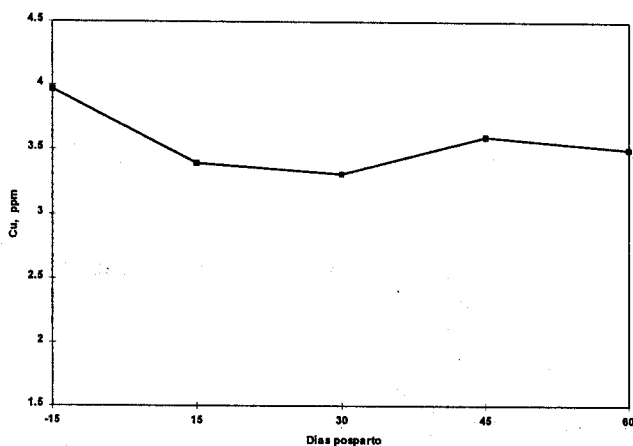


Figura 5. Concentración media de Cu en lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

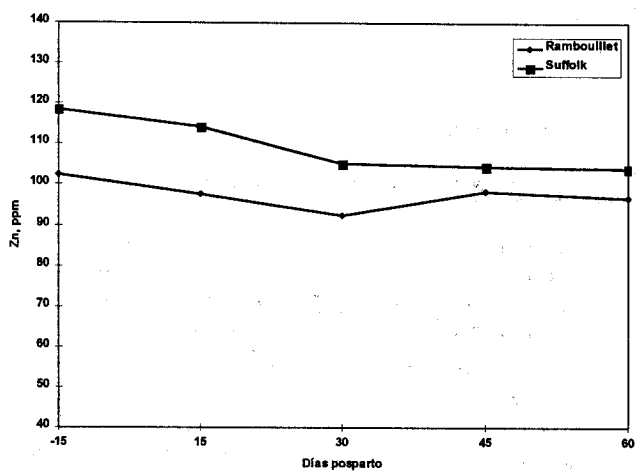


Figura 8. Concentración media de Zn en lana de ovejas Rambouillet y Suffolk de parto gemelar y sencillo, durante una lactancia en confinamiento.

los 15 días antes de parto hasta los 60 DPP, en ambas razas. Sin embargo, para las hembras SU la disminución de Zn fue constante, mientras que en las RA la concentración de Zn aumentó ligeramente a partir de los 30 DPP.

Análisis de correlación

Las concentraciones de Cu y Zn en sangre tuvieron una correlación elevada y positiva con el peso corporal de los animales (Cu: $r = .99$, $P = .0001$; Zn: $r = .96$, $P = .0001$) y entre sí ($r = .95$, $P = .0001$). La concentración de Cu en leche tuvo una correlación de $r = .29$ con el peso corporal de los animales ($P = .0001$) y de $r = .31$ con la concentración de Zn en sangre ($P = .0001$). La concentración de Cu en lana estuvo asociada con la concentración de Zn en lana ($r = .25$, $P = .0001$). Por último, la concentración de Zn en lana estuvo relacionada con el peso corporal de los animales ($r = .34$, $P = .0001$) y con la concentración de Cu y Zn en sangre ($r = 0.35$, $P = .0001$ en ambos casos).

Discusión

La diferencia en el comportamiento de peso corporal entre las dos razas podría radicar en la rusticidad de la raza RA. Como puede apreciarse en la Figura 1, tanto las hembras SU como las RA perdieron peso durante la lactancia, fenómeno normal en esta etapa, debido a que los animales utilizan las reservas corporales para iniciar y mantener la producción de leche.^{19,20} Sin embargo, las ovejas en este experimento no tuvieron libre acceso a su alimento, por lo que la restricción alimenticia a la que se vieron sometidas agravó una situación ya en sí altamente demandante de nutrientes. Entre los 15 y los 30 DPP, el consumo de heno de avena y concentrado posiblemente fue suficiente para que las ovejas RA produjeran leche sin perder masa corporal; pero al alcanzar el pico de lactancia (entre la cuarta y quinta semanas de lactancia),²¹ el consumo no fue suficiente para mantener la producción de leche, y los animales disminuyeron de peso. Los requerimientos nutricionales de las hembras SU son superiores,²⁰ por lo que la restricción alimenticia causó más problemas en estos animales, en los que se presentó el efecto cuadrático (Figura 1).

El peso corporal inicial de las hembras de parto gemelar fue similar al de las de parto sencillo, y la mayor pérdida de peso se presentó de los 15 días antes del parto a los 15 DPP (Figura 2). La explicación de este comportamiento está en el suceso del parto, que implica el nacimiento del cordero o de los corderos y la pérdida de placenta y algunos fluidos corporales. Sin embargo, la pérdida de peso fue mayor en las hembras de parto gemelar que en las de parto sencillo, como lo indica la

pendiente de cada una de las líneas. Las elevadas demandas nutricionales durante la lactancia son mayores para hembras de parto gemelar, que producen más leche que las hembras de parto sencillo.^{20,21} La restricción alimenticia ocasionó una mayor pérdida de peso en estas hembras, las cuales tuvieron que utilizar sus reservas corporales en mayor grado para mantener la producción de leche.

Los valores de Cu en sangre durante la lactancia fueron inferiores a los niveles de referencia (0.8 - 1.2 ppm).²² Considerando que la concentración de Cu en sangre y el peso corporal de los animales tuvieron una correlación elevada y positiva (es decir, a menor peso, menor concentración y viceversa), podría deducirse que los bajos valores de Cu estuvieron asociados con un inadecuado consumo de alimento y, por ende, con un consumo de Cu también inadecuado, agravado por el hecho de que el nivel de este mineral en la dieta era deficiente y el de Zn era elevado. Se ha notificado que altas concentraciones de Zn en la dieta pueden disminuir la absorción de Cu.³ Una disminución en la concentración de Cu en hígado, sangre y plasma es normal durante las últimas semanas de gestación.²³ Después del parto, la concentración de Cu en sangre aumenta progresivamente.²³ Esto sucedió en los animales estudiados (Figura 3), pero la concentración de Cu sanguíneo no logró estabilizarse en los niveles normales registrados.

La diferencia entre razas en la concentración sanguínea de Cu, encontrada en este estudio, ya ha sido señalada por otros autores.^{23, 24, 25} Mertz²³ menciona que la raza Finnish Landrace presenta menor concentración de Cu en sangre, que la raza Merino, y que algunos autores han demostrado que el tipo de hemoglobina en ovejas se asocia con la concentración de Cu. Por otro lado, la diferencia entre tipos de parto pudo haber estado relacionada con el consumo de alimento. Las hembras de parto gemelar, como ya se explicó, perdieron más peso que las de parto sencillo, por lo que el consumo de alimento en estos animales fue aún más inadecuado. Sin embargo, en ambos casos, las hembras no lograron cubrir el requerimiento de 21-33 mg de Cu/d,^{3,22} pues el nivel de Cu sanguíneo estuvo por debajo de lo normal.

Grace y Clark²⁶ informan que el rango normal de Cu en leche va de 0.19 a 0.5 ppm. White *et al.*²⁷ registraron concentraciones de 0.9 ppm de Cu en muestras tomadas inmediatamente después del parto; siete días después, la concentración de Cu disminuyó a 0.4 ppm. En la Figura 4 se aprecia que la concentración de Cu en la leche de las ovejas estudiadas estuvo por debajo de estos valores. Ashton y Williams²⁸ observaron una marcada disminución de Cu en la leche de ovejas durante la lactancia. Otros autores^{23, 26} informan que el contenido de Cu en la leche de mujeres y ovejas lactantes decrece progresivamente durante la lactancia. Por otro lado, la concentración de Cu en la leche depende del tipo de alimentación suministrada. Grace y Clark²⁶ mencionan que el incrementar el consumo de Cu en la etapa de lactancia no afecta la concentración de Cu en la leche.

Sin embargo, se ha visto que en animales que consumen dietas bajas en Cu y que tienen niveles bajos de Cu en leche, la concentración de Cu en ésta aumenta al incrementar el consumo de Cu.²⁶ Los bajos niveles de Cu encontrados también en leche en este estudio, refuerzan la hipótesis de que el consumo de alimento y, por ende, del mineral fue inadecuado.

La disminución de los niveles de Cu en lana durante las primeras cuatro semanas de lactancia coincide con el pico máximo de producción de leche²¹ (Figura 5). Las demandas de nutrimentos son mucho mayores durante las primeras semanas de lactancia, por lo que las hembras utilizan sus reservas corporales. Si a eso se agrega un consumo de alimento inadecuado, el resultado puede ser una menor concentración de Cu en la lana. Sin embargo, los valores permanecieron dentro de los rangos de referencia (3.1-7.0 ppm).^{26,29} El aumento en la concentración de Cu en lana después del pico de lactancia pudo ser consecuencia de una disminución en las demandas de nutrimentos, debido a que la producción de leche comenzó a declinar.

Las concentraciones de Zn en sangre estuvieron dentro de los valores descritos (2.5 a 6 ppm).^{22,26} Es posible que la mayor concentración de Zn en sangre en las hembras RA se haya debido al hecho de que ésta es una raza productora de lana y, como ya ha sido mencionado por Grace y Leo,¹³ el Zn, el Cu y el S influyen en las propiedades de la lana.

La concentración de Zn en sangre en las dos últimas semanas de gestación fue mayor a los rangos de referencia (Figura 6); posteriormente se presentó una disminución marcada en los niveles de Zn durante la lactancia, aunque los valores se mantuvieron dentro de los límites notificados. Krebs y Hambidge³⁰ indican que los niveles de Zn durante la gestación son elevados, pero al momento del parto y durante la lactancia decrecen por la alta demanda en la producción de leche.³⁰ Este fenómeno incluso se observa en mujeres.³⁰ White *et al.*²⁷ observaron que en ovejas en pastoreo y con complemento de Zn durante la etapa de lactancia, la concentración de Zn en plasma disminuyó durante los 14 DPP, y aumentó ligeramente hacia los 28 DPP. Esta disminución no pudo evitarse a pesar del complemento de Zn proporcionado.

La concentración promedio de Zn en leche estuvo por debajo de los niveles de referencia (7.2-7.5 ppm)^{26,28} y la mayor concentración se obtuvo en el calostro. Georgievskii²² señala que la concentración de Zn en el calostro es de 3 a 5 veces más elevada que en la leche. White *et al.*²⁷ también observaron que la concentración de Zn al inicio de la etapa de lactancia (calostro) era más elevada, y que conforme transcurría la lactancia, la concentración de Zn iba decayendo. En este estudio, la concentración de Zn en leche disminuyó continuamente durante la lactancia (Figura 7). La mayor producción de leche se presenta, generalmente, entre los 15 y 30 DPP³¹ periodo durante el cual posiblemente la disponibilidad del Zn en la dieta durante el estudio no fue suficiente como

para cubrir las demandas de la producción, aun cuando la concentración del mineral en el alimento estuviera elevada. Al transcurrir la lactancia, estas demandas fueron disminuyendo, lo cual pudo haber sido causa de que la concentración de Zn en la leche fuera en aumento. White *et al.*²⁷ concluyeron en un estudio, que la disminución de Zn en leche se debió a una baja concentración de proteína en la dieta de los animales, situación que ocasionó una disminución en la absorción de Zn. El inadecuado consumo de alimento por parte de las ovejas durante este experimento, posiblemente ocasionó también una deficiencia en proteína, reflejada en bajos niveles de Zn en la leche debido a una menor absorción. Sin embargo, aunque los niveles sanguíneos de Zn disminuyeron en este estudio, permanecieron dentro de los rangos informados. Por otro lado, Ashton y Williams²⁸ no observaron una disminución en la concentración de Zn en la leche durante las primeras seis semanas de lactancia.

Los valores de Zn en lana en este estudio se encuentran ligeramente por debajo de los valores mínimos de referencia (119-278 ppm).^{15,29} Grace y Clark²⁶ señalan que la raza Cheviot, de doble propósito (carne y lana), presenta mayor contenido de Zn en lana, comparada con la raza Romney, productora de lana. Este hallazgo es similar a lo que se encontró en el presente estudio, pues las hembras SU (productoras de carne) tuvieron una mayor concentración de Zn en lana que las hembras RA (productoras de lana). Grace²⁹ observó que la raza, el tipo de pastura, el consumo de materia seca y la estación del año, influyen en el contenido de minerales en la lana.

Durante la etapa de lactancia, la concentración de Zn en lana disminuyó constantemente en ambas razas (Figura 8). Sin embargo, en las hembras RA la concentración de Zn aumentó ligeramente después de la cuarta semana de lactancia. La posible explicación de este fenómeno radica nuevamente en la rusticidad de las hembras RA. Después del pico de lactancia, la demanda de Zn disminuyó, lo que permitió posiblemente que las hembras RA recuperaran ligeramente el contenido de Zn en lana, mientras que en las hembras SU esta recuperación no se presentó. White *et al.*²⁷ observaron que la concentración de Zn en lana declina constantemente durante la etapa de lactancia, pero que el Zn no limita el crecimiento o la producción de la lana en ovejas lactantes.

El análisis de correlación reveló la estrecha asociación que existe entre el Cu y el Zn en el organismo. Aunque los coeficientes de correlación para Cu en leche-Zn en sangre, Cu en lana-Zn en lana y Zn en lana-Cu en sangre fueron bajos, el nivel de significancia fue alto, lo que indica que existe una interrelación en la manera en que estos dos minerales son aprovechados por el organismo animal. Esto quedó especialmente ejemplificado por la elevada y altamente significativa asociación entre el Cu y el Zn sanguíneos: los niveles de Cu en sangre aumentaron o disminuyeron al aumentar o disminuir

los niveles de Zn y viceversa. Aún más sorprendente fue la casi perfecta correlación que se encontró entre el peso de los animales y las concentraciones de Cu y Zn en sangre. Esto resalta la importancia del mantenimiento de una adecuada condición corporal y, por ende, de una alimentación óptima en los animales, pues a medida que las ovejas perdieron peso, los niveles sanguíneos de estos dos minerales fueron disminuyendo.

En este estudio de ovejas lactantes en confinamiento, se encontró que las concentraciones de Cu y Zn en sangre, leche y lana estuvieron por debajo de los valores descritos, excepto para Cu en lana y Zn en sangre. Considerando el impacto que la condición corporal tiene sobre el estado de estos dos minerales en las ovejas, se recomienda que durante la lactancia no se restrinja el consumo de alimento por parte de los animales, para ayudar a disminuir el estrés metabólico que esta etapa fisiológica ocasiona en las hembras, y para evitar una excesiva pérdida de peso.

Agradecimientos

Se agradece al Dr. Felipe Vázquez y a la Q. Alejandra Guerrero, el apoyo prestado al permitir el uso del horno de microondas del Laboratorio de Físicoquímica del Instituto de Ciencias del Mar y por la ayuda brindada en su manejo. Asimismo, se agradece la valiosa colaboración del MVZ Janitzio Bautista Ordóñez, y de la técnica laboratorista Fermina Palma Atlixqueño, en la determinación de minerales.

Referencias

- Borkin MP, Ray A, Field B. Sheep and wool. New Jersey (NJ): Prentice Hall, 1991.
- Bondi A. Nutrición animal. Zaragoza, España: Acribia, 1989.
- NRC. Nutrient requirements of sheep. 6th ed. Washington (DC): National Academy Press, 1985.
- Speedy AW. Progress in sheep and goat research. Wallingford (UK): CAB International, 1992.
- Grace ND, 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 rye grass/white clover pastures. *NZ J Agric Res* 1990;33:635-647.
- Kaneko JJ. Clinical biochemistry of domestic animals. 7th ed. New York: Academic Press, 1980.
- Shimada A. Fundamentos de nutrición animal comparativa. México (DF): Consultores en Producción Animal, 1983.
- NRC. Mineral tolerance of domestic animals. Washington (DC): National Academy of Sciences, 1980.
- Ballantine HJ, Herbein JH. Potentiometric determination of ionized and total calcium in blood plasma of Holstein and Jersey cows. *J Dairy Sci* 1991;74:446-449.
- Bustillos LG. Evaluación del magnesio y calcio (fracción ionizada y ligada), intraeritrocitarios y séricos en perros clínicamente sanos del D.F. (tesis de licenciatura). México (DF) México: Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM, 1995.
- Cohen RDH. Phosphorus nutrition of beef cattle: relation of pasture phosphorus to phosphorus content of blood, hair and bone of grazing steers. *Austr J Exp Agric Anim Husb* 1973;13:5-8.
- Haydon KD, West JW, McCarter MN. Effect of dietary electrolyte balance on performance and blood parameters of growing-finishing swine fed in high ambient temperatures. *J Anim Sci* 1990;68:2400-2406.
- Grace ND, Lee J. Influence of high zinc intakes, season, and staple site on the elemental composition of wool and fleece quality in grazing sheep. *NZ J Agric Res* 1992;35:367-377.
- Jelínek P, Gajdusek, S, Illek J. Relationship between selected indicators of milk and blood in sheep. *Small Ruminant Res* 1996;20:53-57.
- Kellaway RC, Sitorus P, Leibholz JML. The use of copper levels in hair to diagnose hypocuprosis. *Res Vet Sci* 1978;24:352-357.
- Kingston HM, Jassie LB. Introduction to microwave sample preparation. Theory and practice. Washington (DC): American Chemical Society, 1988.
- Tejada de Hernández I. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. México (DF): Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A.C., 1992.
- SAS. SAS user's guide: statistics, versión 5.12. Cary (NC): SAS Institute Inc., 1985.
- Purroy A, Jaime C. The response of lactating and dry ewes to energy intake and protein source in the diet. *Small Ruminant Res* 1995;17:17-24.
- Snowder GD, 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.
- Peeters R, Buys L, Vanmontfort D, Van Isterdael J. Milk yield and milk composition of Flemish milk sheep, Suffolk and Texel ewes and their crossbreds. *Small Ruminant Res* 1992;7:279-288.
- Georgievskii VY, Annenkov BN, Samokhin UT. Mineral nutrition of animals. London (UK): Butterworths, 1982.
- Mertz W. Trace elements in human and animal nutrition. 5th ed. New York: Academic Press, 1985.
- Wiener G, Field AC. The concentration of minerals in the blood of genetically diverse groups of sheep. *J Agric Sci Camb* 1971;76:513-520.
- Wiener G. Review of genetic aspects of mineral metabolism with particular reference to copper in sheep. *Livestock Prod Sci* 1979;6:223-232.
- Grace ND, Clark RG. Trace element requirements diagnosis and prevention of deficiencies in sheep and cattle. In: Tsuda T, Sasaki Y, Kawashima R, editors. Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants. San Diego (CA): Academic Press, 1991:321-346.
- White CL, Chandler BS, Peter DW. Zinc supplementation of lactating ewes and weaned lambs grazing improved Mediterranean pastures. *Austr J Exp Agric* 1991;31:183-189.
- Ashton WM, Williams M. Studies on ewe's milk. VI. The content of some trace elements. *J Agric Sci Camb* 1977;88:529-531.
- Grace ND. Amounts and distribution of mineral elements associated with fleece-free empty body weight gains in the grazing sheep. *NZ J Agric Res* 1983;26:59-70.
- Krebs NF, Hambidge KM. Zinc supplementation during lactation. Effects on maternal zinc status and milk zinc concentrations. In: Mills CF, Bremner Y, Chesters JK, editors. Trace elements in man and animals. Farnham Royal (UK): Commonwealth Agricultural Bureaux, 1987:416-419.
- Pattinson SE, Davies DA, Winter AC. Changes in the secretion rate and production of colostrum by ewes over the first 24 h postpartum. *J Anim Sci* 1995;61:63-68.