

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE DOS FUENTES DE ZINC EN BORREGAS
PELIBUEY Y SUS CRÍAS DURANTE LOS 60 DÍAS POSPARTO

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

ALEJANDRA BETANZOS ACEVES

Asesores:

MVZ Humberto Troncoso Altamirano
MVZ Pedro Ochoa Galván

México, D. F.

2009



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.

DEDICATORIA

A mis padres, por su confianza, cariño y apoyo incondicional en todas y cada una de las decisiones que he tomado, sin importar si estaban o no de acuerdo conmigo.

A mi hermana, por estar siempre ahí para compartir conmigo la maravillosa experiencia de vivir.

AGRADECIMIENTOS

Al MVZ Humberto Troncoso Altamirano por su ayuda, confianza, paciencia y, sobre todo, por brindarme su amistad.

Al MVZ Pedro Ochoa Galván por su tiempo, ayuda y consejo sin los cuales este trabajo no hubiera podido terminarse.

A los profesores de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias, los cuales me acompañarán a lo largo de mi vida profesional.

Al señor Pablo García, dueño de la granja “Las Fuentes”, por darme todas las facilidades para realizar este trabajo. Gracias Don Pablo por su ayuda, confianza y amistad y por hacerme sentir como en casa durante los meses que estuve trabajando con usted.

A los trabajadores de la granja “Las Fuentes”, por enseñarme cosas que no se aprenden en la escuela. Javier, Juan y Daniel, gracias por todo.

A todos mis amigos, ustedes saben quienes, por todos esos buenos momentos que compartimos en la escuela, por brindarme su apoyo, ayuda y amistad y por hacer de la universidad una experiencia única y maravillosa.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
a) REVISIÓN DE LITERATURA	5
b) JUSTIFICACIÓN	15
c) HIPÓTESIS	15
d) OBJETIVOS	16
MATERIAL Y MÉTODOS	17
a) DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	20
RESULTADOS	21
DISCUSIÓN	25
CONCLUSIONES	34
LITERATURA CITADA	35
CUADROS	42
GRÁFICAS	51
ANEXO 1	56
RESULTADOS POR CORRAL Y POR TRATAMIENTO	
ANEXO 2	69
CONCENTRACIONES EN HECES, SANGRE, PELO Y CONSUMOS DE CALCIO, FÓSFORO, COBRE Y MANGANESO EN BORREGAS POR TRATAMIENTO	
ANEXO 3	73
FÓRMULAS DE LAS SALES MINERALES UTILIZADAS EN EL TRABAJO	
ANEXO 4	75
ANÁLISIS DE LABORATORIO REALIZADOS A LOS ALIMENTOS	

BETANZOS ACEVES ALEJANDRA. Efecto de la adición de dos fuentes de zinc en borregas Pelibuey y sus crías durante los 60 días posparto (bajo la dirección de: MVZ. Humberto Troncoso Altamirano. MVZ. Pedro Ochoa Galván).

RESUMEN

Para determinar el efecto que tiene la fuente de zinc sobre el peso al nacimiento, al destete y ganancia diaria de peso de corderos, se utilizaron 28 borregas Pelibuey adultas, en último tercio de la gestación y hasta el destete de sus crías, divididas en tres grupos al azar. Las borregas fueron alojadas en seis corrales (dos por tratamiento) con dimensiones de 1.5 x 10 m con dos comederos cada uno, uno para forraje y otro para concentrado. La alimentación de los animales se realizó por corral pesando lo ofrecido y lo rechazado diariamente. Adicionalmente, se ofreció a libre acceso una premezcla mineral formulada con zinc de dos formas y concentraciones diferentes: metionina de zinc a razón de 5000 ppm (Met-Zn 0.5 % de zinc), óxido de zinc a razón de 5000 ppm (ZnO 0.5 % de zinc) y óxido de zinc a razón de 1000 ppm (ZnO 0.1 % de zinc) como testigo; mismas que definieron los grupos en que se dividió a los animales (teniendo como unidad experimental el corral y dos observaciones por tratamiento). Las sales minerales contenían en promedio 14.17 % de calcio, 6.12 % de fósforo y el resto de los minerales indicados para cubrir las necesidades mínimas de las borregas. Se midió el consumo promedio de sal mineral por corral, durante los 110 días que duró el experimento. Con el fin de monitorear el nivel de zinc, calcio, fósforo, cobre y manganeso de las borregas, se tomaron muestras individuales de sangre, heces y pelo al momento del parto, a los 28, 42, 56 días posparto y al destete de las crías. Las concentraciones promedio de zinc en sangre completa y pelo de los animales del grupo

Met-Zn 0.5% fueron 4.16 $\mu\text{g/g}$ y 181.21 $\mu\text{g/g}$, respectivamente; 4.30 $\mu\text{g/g}$ y 158.55 $\mu\text{g/g}$, respectivamente, en los animales del grupo ZnO 0.5%; y, en los animales del grupo ZnO 0.1%, 4.12 $\mu\text{g/g}$ y 141.29 $\mu\text{g/g}$, respectivamente. En el caso de cobre, las concentraciones promedio en sangre completa y pelo de los animales del grupo Met-Zn 0.5% fueron 0.543 $\mu\text{g/g}$ y 16.63 $\mu\text{g/g}$, respectivamente; 0.607 $\mu\text{g/g}$ y 25.30 $\mu\text{g/g}$, respectivamente, en los animales del grupo ZnO 0.5%; y, en los animales del grupo ZnO 0.1%, 0.554 $\mu\text{g/g}$ y 12.78 $\mu\text{g/g}$, respectivamente. Mientras que, en el caso de calcio y fósforo, las concentraciones encontradas en sangre completa fueron de dos a cuatro veces más elevadas que los valores considerados como normales.

Las crías se alimentaron con leche materna y con el alimento que pudieron consumir de los comederos de sus madres, no se procuró una alimentación predestete exclusiva a los corderos adicional a esto. Nacieron 48 crías: 15 crías en el grupo ZnO 0.1% (7 machos y 8 hembras), 15 en el grupo Met-Zn 0.5% (9 machos y 6 hembras) y 18 en el grupo ZnO 0.5% (12 machos y 6 hembras); obteniéndose los pesos individuales al nacimiento y al destete (ajustado a 60 días) así como la ganancia diaria de peso. El peso promedio al nacimiento de las crías fue 3.64 ± 0.19 kg en el grupo Met-Zn 0.5%, 4.26 ± 0.21 kg en el grupo ZnO 0.5% y 3.41 ± 0.19 kg en el grupo ZnO 0.1%; encontrándose diferencia ($P < 0.05$) entre el promedio de peso del grupo ZnO 0.5% y el promedio de peso del grupo ZnO 0.1%, siendo superior éste último en un 25%. En cuanto a la variable ganancia diaria de peso, se encontró una tendencia ($P = 0.053$) positiva en favor de los corderos nacidos en el grupo Met-Zn 0.5% cuyo valor fue de 0.221 ± 0.01 contra 0.194 ± 0.01 y 0.195 ± 0.01 en los grupos ZnO 0.1% y ZnO 0.5%, respectivamente. El peso promedio al destete ajustado a los 60 días de las crías fue 16.91 ± 0.50 kg en el grupo Met-Zn 0.5%, 15.90 ± 0.58 kg en el grupo ZnO 0.5% y 15.17 ± 0.58 kg en el grupo ZnO 0.1%; no se encontró diferencia ($P > 0.05$).

INTRODUCCIÓN

México es un país que, a pesar de poseer un territorio más apropiado para la ganadería que para la agricultura, la primera nunca ha podido igualar a la última. La baja producción pecuaria nacional genera la necesidad de importar volúmenes cada vez mayores de productos de origen animal, aunque en el país algunas especies existen en cantidades que pueden ser consideradas altas, como es el caso de las aves y los cerdos¹.

La orientación actual de la ovinocultura mexicana es primordialmente hacia la producción de carne, obteniéndose altos precios en pie y en canal comparados con otras especies pecuarias; sin embargo, hoy en día el desarrollo de esta actividad es lento, dependiendo en gran medida de la importación de ovinos de Australia, Nueva Zelanda, Chile, Estados Unidos y Canadá; así, en el 2000 la producción nacional participó con el 38% de la oferta total mientras que las importaciones participaron con el 62%; logrando aún así llegar en el 2005 a una participación del 53.8% de la oferta total en comparación con el 46.2% correspondiente a las importaciones^{2,3}.

Cada vez son más las explotaciones ovinas que buscan a través de su producción una mayor utilidad económica sobre el capital invertido, haciéndose más numerosos los sistemas ovinos dedicados básicamente a la engorda o la finalización de animales bajo condiciones de estabulación total, con alimentación controlada a base de concentrados altamente nutritivos.

Recientemente se ha logrado que el productor obtenga un pago proporcional de acuerdo con las características del ganado ofrecido para venta. Así, por ejemplo, el cordero menor de un año tiene un precio mayor al que tendría el animal añero o la borrega de desecho,

favoreciendo que el ovinocultor actual tienda a poner mayor atención a la calidad de los animales que produce².

El ganado ovino de pelo ha crecido sustancialmente, de tal forma que representa un gran porcentaje del inventario mexicano y ha sostenido la oferta de animales al tener cada día una mayor presencia en el mercado de carne fresca⁴.

El borrego Pelibuey es una raza de pelo de origen africano; de gran rusticidad. Es dócil, de fácil manejo, temperamento apacible, estacionalidad poco marcada, alta prolificidad y exige poca inversión, por lo que, poco a poco, ha ido ganando terreno en el país⁵.

Al igual que todas las especies, los ovinos requieren consumir nutrimentos (proteína, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales) de los alimentos en cantidades suficientes para mantener su productividad y bienestar. Los minerales constituyen entre 4 – 5% del peso vivo del animal y su presencia es necesaria para la vida y salud de todas las especies estudiadas. Debido a que estos elementos no pueden ser sintetizados por los animales, sus necesidades deben ser cubiertas por los alimentos que ingieren para mantener un funcionamiento metabólico adecuado⁶.

REVISIÓN DE LITERATURA

Todos los nutrientes en la dieta están interrelacionados en algún grado y existe una concentración óptima para cada uno en relación con los niveles de todos los demás para obtener una respuesta deseada y eficiente por parte del animal. Los requerimientos de los nutrientes básicos están en constante movimiento principalmente en animales en crecimiento y hembras en producción⁷.

En los sistemas de explotación ovina donde la producción de cordero es el objetivo principal, las etapas de gestación y producción láctea son de suma importancia. Se ha observado que al mejorar la nutrición de la oveja en las últimas semanas de gestación, se incrementa el peso del cordero y disminuye la mortalidad de las crías. En ocasiones los efectos del suplemento no se reflejan en los pesos de la oveja o del cordero, por lo que el beneficio de éste se relaciona con la mayor producción de calostro y leche⁸.

El organismo contiene la mayoría de los elementos minerales, sin embargo, su presencia no implica que cumplan con una función esencial en el metabolismo. Un mineral se considera esencial cuando su ausencia o baja ingestión repercute en la productividad y salud general del animal⁹.

Los minerales pueden dividirse en macroelementos (aquellos que son necesarios en cantidades relativamente grandes en el organismo, tales como Ca, P, K, Na, Cl, S y Mg)¹⁰ y microelementos, también llamados oligoelementos o elementos traza (aquellos que se encuentran en los tejidos en bajas concentraciones y son catalizadores de importantes reacciones en los sistemas biológicos sin las cuales sería imposible el mantenimiento del metabolismo celular normal, tales como Cu, Co, Fe, Mo, Mn, I, Se y Zn)¹¹.

Las necesidades minerales se modifican durante los diferentes estados fisiológicos del

ovino, por lo que resulta indispensable satisfacer dichos requerimientos adecuadamente. Por ello, el contenido mineral de la dieta debe variar tomando en cuenta el estado fisiológico y la capacidad de consumo de los animales. En un ovino en condiciones de mantenimiento, las necesidades minerales dependen de las pérdidas endógenas de los mismos (heces y orina), las cuales son el resultado del funcionamiento normal del organismo. Durante la etapa de gestación, estas necesidades corresponden principalmente al crecimiento y mineralización de los productos, incrementándose durante el último tercio⁹.

El feto es completamente dependiente de la madre vía placenta para la obtención de sus nutrientes, incluyendo los minerales traza. Una inadecuada transferencia de estos elementos resulta en una deficiencia mineral en el feto, causando anormalidades en el sistema nervioso central, esqueleto y metabolismo.

El cobre, manganeso, zinc y selenio son, con frecuencia, los elementos traza más limitantes para el desarrollo normal del feto y del neonato. Las deficiencias de estos elementos afectan el crecimiento fetal y pueden ocasionar la muerte. Si las hembras gestantes tienen un bajo consumo de estos minerales, los neonatos tendrán reservas tisulares limitadas de los mismos siendo susceptibles a presentar deficiencias de estos elementos a muy temprana edad^{12,13}.

La necesidad neta durante la lactancia de la borrega corresponde a la producción de leche ya que ésta contiene cantidades importantes de minerales, siendo más alta en estos elementos con respecto a la de vaca y de cabra⁹.

La alimentación en condiciones de pastoreo puede hacer variar la nutrición mineral de estos animales lo que puede afectar el proceso de gestación y lactación, sin embargo, la alimentación en pesebre también puede no ser adecuada y provocar alguna deficiencia

nutricional¹⁴.

La deficiencia clínica puede ser problemática para un adecuado crecimiento y producción pero las deficiencias subclínicas o marginales son reconocidas también como un factor limitante para el óptimo funcionamiento del organismo animal¹⁵. Una deficiencia marginal puede disminuir el rendimiento de la producción lechera, reducir el ritmo de crecimiento, la resistencia a enfermedades y la fertilidad; resultando en una disminución en el rendimiento del rebaño y en los ingresos sin que se pueda sospechar de la presencia de un problema⁶.

Es posible corregir los desbalances y deficiencias de minerales mediante el suministro de suplementos, teniendo en cuenta, en su elaboración, dos factores:

- Cada uno de los minerales a suplementar deberá estar calculado en cantidades correctas ya que ciertos minerales en exceso bloquean la absorción de otros, causando disturbios en la producción de los animales.
- Se debe considerar la fuente u origen del mineral, debido a que las diversas formas químicas afectan su disponibilidad biológica y solubilidad¹⁶.

Zinc

El zinc está ampliamente distribuido en los tejidos del cuerpo, pero se encuentra en mayor concentración en hígado, hueso, riñón, músculo, páncreas, ojo, próstata, piel, pelo y lana¹⁰. Actúa como aceptor de electrones en todos los procesos vitales. Es esencial para el funcionamiento y/o estructura de varias enzimas como deshidrogenasas, aldolasas, peptidasas y fosfatasas; además de requerirse también para la acción de la anhidrasa carbónica y la superóxido dismutasa y ser un componente esencial de las ADN y ARN polimerasas. Es vital para una gran variedad de actividades hormonales, incluyendo la hormona tiroidea, glucagon, insulina, hormona del crecimiento y hormonas sexuales; y

esencial también para el desarrollo cerebral normal, particularmente en lo que respecta a la función del hipocampo¹⁷. Así mismo, este mineral juega también un papel muy importante en el sistema inmune al intervenir en la producción de energía, síntesis de proteínas, estabilidad de membranas ante endotoxinas bacterianas, producción de enzimas antioxidantes, mantenimiento de la replicación de linfocitos y producción de anticuerpos¹⁸.

Un nivel óptimo de zinc en la dieta es esencial durante la gestación y la lactancia para asegurar el buen desarrollo del sistema inmune de las crías. El zinc es necesario también para el mantenimiento de diversos procesos homeostáticos en el cerebro, algunos de los cuales tienen que ver con la función neurotransmisora. Niveles inadecuados de zinc durante el periodo prenatal están ligados con bajo peso al nacimiento. Este mineral es importante también en la percepción de los sabores ya que el sentido del gusto está regulado a través de un polipéptido salival zinc dependiente, por lo que niveles bajos de zinc en la saliva conducen invariablemente a una disminución del gusto y de ahí a una gran disminución del apetito¹⁷. Los cambios en el apetito, durante una deficiencia de zinc, pueden asociarse también con cambios en la concentración de neurotransmisores en el cerebro. Esta sensibilidad extrema del apetito a la carencia de un nutriente es exclusiva del zinc, manifestada en todas las especies, y refleja el importante papel que este mineral tiene en el metabolismo¹⁹.

Los animales con deficiencia retienen más zinc en la piel, los testículos, el escroto, riñón, músculo, corazón, pulmón y bazo que los animales normales, lo que sugiere una especificidad de tejido para satisfacer las necesidades cuando el suministro de zinc es escaso. La concentración de zinc en la sangre se divide entre las células y el plasma en una relación 9:1. El zinc plasmático está combinado de manera laxa con las albuminas (1:3) y

de modo más firme con las globulinas (2:3), y responde a los niveles dietéticos. La mayor parte del zinc de los eritrocitos se haya como componente de la anhidrasa carbónica.

La absorción del zinc en el conducto gastrointestinal tiene lugar a través del intestino delgado y suma del 5 al 40% de la ingestión. La regulación de la absorción de este mineral se efectúa en las células intestinales. La transferencia de zinc de las células de la mucosa intestinal al plasma es controlada por la metalotioneína, una proteína de bajo peso molecular que se sintetiza como respuesta a un aumento de la concentración de zinc plasmático¹⁰.

La absorción de este mineral es afectada de manera adversa por la alta concentración de calcio en la dieta, el cual puede inducir una deficiencia de zinc. Altos niveles de hierro alteran la absorción de zinc, existiendo también una competencia entre estos dos elementos por sitios de unión en la proteína transferrina. Una interacción importante es aquella que sucede entre el cobre y el zinc; para mantener niveles óptimos de ambos elementos, los niveles de los mismos en la dieta deben mantenerse en una relación cobre:zinc de 1:3 a 1:5^{7,10,18}.

El zinc fecal, en los animales con una ingesta adecuada, incluye el zinc no absorbido y el secretado de modo endógeno. Las pérdidas endógenas se reducen en la deficiencia de zinc dietético, a fin de conservar los depósitos del cuerpo.

Como respuesta a una variada ingestión de zinc ocurren marcadas fluctuaciones en el contenido de zinc del hígado. El zinc que se haya en una cantidad mayor a la necesaria para satisfacer las necesidades del momento se combina en el hígado con la metalotioneína, la que, como en las células intestinales, se sintetiza como respuesta a un aumento de zinc en el plasma. Los glucocorticoides hacen que el hígado acumule zinc con una disminución concomitante del zinc plasmático. Se ha sugerido que cualquier situación de estrés que

signifique un aumento de la actividad de los glucocorticoides podría originar un aumento en la síntesis de la metalotioneína hepática.

El signo más sobresaliente de la deficiencia de zinc es el retardo en el crecimiento, anorexia, reducción del zinc plasmático y de la actividad de la fosfatasa alcalina del plasma.

La deficiencia retrasa la formación del hueso y se relaciona con una división y proliferación reducidas de las células cartilaginosas de la placa de crecimiento epifisiaria. Las ovejas alimentadas con una dieta deficiente en zinc durante la gestación y la lactancia presentan disminución del zinc del plasma y de la lana, y las crías también resultan afectadas de la misma manera a las seis semanas de edad.

Los niveles de 900 a 1700 mg de zinc/kg de alimento disminuyen el apetito e inducen el apetito depravado que se manifiesta por la masticación de fomites y el consumo excesivo de suplementos minerales por las ovejas¹⁰. Henry et al.²⁰ en un estudio realizado durante 10 días con carneros castrados suplementados con sulfato de zinc en concentraciones de hasta 2500 mg/ kg de alimento, no observaron signos de toxicidad en ninguno de los animales. Semejantes resultados obtuvieron al experimentar, durante un periodo más largo de 30 días, con concentraciones de hasta 2100 mg/kg de alimento, lo que refleja el amplio margen de seguridad que tiene este elemento.

Vierboom et al.²¹ en un experimento realizado con ovejas gestantes (Suffolk, 90 días de gestación) y vacías, encontraron que el consumo de zinc y la concentración de este elemento en la orina fue similar para ambos grupos, sin embargo, la concentración de zinc en heces fue mayor en ovejas vacías comparadas con las gestantes; por lo que, se concluye, la retención y absorción aparente del zinc es mayor en ovejas gestantes.

El zinc en plasma disminuye durante el periodo del parto probablemente debido al severo estrés ocasionado por el parto. El zinc fetal se incrementa 13 veces entre el primer y

segundo trimestres de gestación y otras 7 veces durante el último tercio²². Durante el último tercio de gestación el feto en desarrollo va acumulando el equivalente a 35% del total del consumo de zinc dietario de las ovejas²³.

Las concentraciones de zinc contenidas en calostro y leche de ovinos son de 14 y 1µg/ml respectivamente. Estos resultados reflejan la importancia que tiene el que el recién nacido cuente con suficientes reservas de zinc en los tejidos para prevenir el posible desarrollo de una deficiencia de zinc¹³.

En la elaboración de suplementos minerales, generalmente se emplean sales inorgánicas (óxidos, sulfatos y/o carbonatos). Una alternativa para mejorar el uso de la suplementación mineral ha sido el desarrollo de nuevos productos metal – orgánicos, donde los microminerales son unidos a fracciones proteicas (quelatos) con la finalidad de mejorar su absorción¹⁶.

Recientemente, las fuentes orgánicas de minerales han ganado popularidad debido al gran número de beneficios vistos con su uso. Algunos de estos beneficios incluyen:

- los minerales quelados pasan intactos fácilmente a través de la pared intestinal al torrente sanguíneo;
- la absorción pasiva se incrementa al reducirse las interacciones entre el mineral y otros nutrientes;
- la quelación incrementa la solubilidad y movimiento a través de membranas celulares;
- la quelación incrementa la absorción pasiva al incrementar la solubilidad del mineral en agua y lípidos; la quelación incrementa la estabilidad del elemento en pH ácido; y
- los quelatos pueden ser absorbidos por sistemas de transporte de aminoácidos²⁴.

Todo esto se resume en mejor absorción y metabolismo más efectivo al evitarse reacciones

con otros componentes de la ración y el antagonismo entre minerales.

Cao et al.²⁵ evaluaron la biodisponibilidad relativa de ocho productos comerciales en pollos y corderos. En corderos la biodisponibilidad estimada, en relación a 100% para sulfato de zinc, fue 130, 110 y 113 para el proteinato de zinc, zinc quelado con aminoácido y metionina de zinc, respectivamente.

En un trabajo realizado en el estado de Yucatán, se observó que al suplementar novillonas en pastoreo con una fuente inorgánica de microminerales (cobre, cobalto y zinc) en comparación con una orgánica (unidos a proteinatos), no había diferencias en el contenido de éstos en heces, no obstante que los animales suplementados con fuentes orgánicas tuvieron un mayor consumo, asumiéndose entonces una tendencia a un mejor aprovechamiento de los minerales para este último tratamiento. Al suplementar ovinos Pelibuey, en los animales tratados con fuentes orgánicas se registró un aumento en la digestibilidad de la materia seca, proteína y calcio del pasto consumido, en comparación con los animales que consumieron fuentes inorgánicas¹⁶.

Spears²⁶ alimentó terneros en crecimiento con una dieta control y dos dietas experimentales suplementadas con 25 mg de zinc/kg de alimento en forma de metionina de zinc y óxido de zinc durante 126 días. El promedio de ganancia diaria y eficiencia alimenticia fue similar para el grupo control y aquel suplementado con óxido; sin embargo, los terneros que consumieron metionina de zinc ganaron peso 8.1% más rápido y 7.3% más eficientemente que el grupo control durante el tiempo que duró el estudio. Al suplementar corderos con metionina de zinc y óxido de zinc, observó que la absorción aparente del zinc es similar para las dos fuentes, sin embargo, es retenida una mayor cantidad de este mineral al ser ofrecido en forma de metionina como resultado de una menor excreción urinaria de zinc

por parte de los corderos.

Al suplementar corderos en engorda durante 150 días con metionina de zinc o sulfato de zinc a razón de 20mg Zn/kg dieta, Garg et al.²⁷ observaron un incremento en la digestibilidad de la celulosa y de la fibra ácido detergente en los animales suplementados con metionina; del mismo modo, el nivel de zinc en suero y la retención de zinc fueron mayores en los animales suplementados con la fuente orgánica, lo que sugiere una mayor biodisponibilidad del mineral cuando se suministra como metionina de zinc que cuando se utiliza sulfato de zinc. El promedio de ganancia diaria de peso y la eficiencia en la conversión alimenticia de los corderos fueron mayores en el grupo suplementado con metionina en comparación con el grupo suplementado con sulfato.

Puchala et al.²⁸ suplementaron cabras Angora de un año de edad, con óxido de zinc y tres niveles distintos de metionina de zinc (1, 3 y 5 g) para observar el efecto de estas fuentes sobre la ganancia de peso, crecimiento del pelo y metabolitos en la sangre. No se encontraron diferencias en la concentración de zinc plasmático entre los animales suplementados con metionina u óxido, sin embargo, en las cabras que consumieron metionina se observó una mayor ganancia diaria de peso y producción de pelo limpio que en aquellas suplementadas con óxido.

En un estudio diseñado para determinar si la inclusión de metionina de zinc y metionina de manganeso en una mezcla mineral a libre acceso afectaría el desempeño de vacas de carne y sus terneros, los tratamientos consistieron en suplementos minerales conteniendo: 1) sin suplementación de zinc ni manganeso, 2) 2500 ppm de zinc y manganeso en forma de óxido, y 3) 2500 ppm de zinc y manganeso (dos terceras partes en forma de metionina y una tercera parte en forma de óxido). El experimento empezó aproximadamente tres meses

antes del parto y las vacas permanecieron en el mismo tratamiento durante dos años. Comparado con el tratamiento control, los pesos al destete fueron mayores para los terneros en el tratamiento con metionina de zinc y manganeso en el primer año, pero no en el segundo. Los pesos al destete fueron mayores para los terneros en el tratamiento con metionina comparados con el control cuando los datos fueron combinados a través de ambos años²⁹.

La absorción de zinc de algunas fuentes orgánicas parece ser mayor a la de inorgánicas cuando son suplementadas a altas concentraciones. Corderos suplementados con lisina de zinc a razón de 360 mg de zinc/kg de alimento tuvieron concentraciones significativamente mayores de este mineral en riñón, hígado y páncreas que aquellos suplementados con sulfato, óxido o metionina de zinc³⁰.

JUSTIFICACIÓN

Dada la eficiencia que han mostrado tener las fuentes orgánicas de minerales en diferentes especies y, debido a que no existe mucha información al respecto en ovinos de pelo, se realizó el presente trabajo, como una forma de generar información sobre este tema.

HIPÓTESIS

El zinc es biológicamente más disponible para el animal cuando es suministrado quelado a metionina y su consumo en borregas gestantes y lactantes incrementa la ganancia de peso de los corderos al destete, en comparación con el suministro de este mineral a través de óxido de zinc en animales en las mismas condiciones.

OBJETIVOS

- Medir el consumo voluntario promedio de sal mineral adicionada con metionina de zinc *versus* el consumo voluntario de sal mineral adicionada con óxido de zinc *versus* el consumo voluntario de una sal mineral comercial, en borregas en último tercio de gestación y lactación, necesario para llenar sus requerimientos.

- Determinar la eficiencia de utilización y el grado de eliminación del zinc en borregas que consumieron sal mineral adicionada con metionina de zinc *versus* la eficiencia en borregas que consumieron sal mineral adicionada con óxido de zinc *versus* la eficiencia en borregas que consumieron sal mineral comercial, durante el último tercio de gestación y toda la lactación.

- Observar la ganancia de peso de corderos nacidos de madres que consumieron sal mineral adicionada con metionina de zinc *versus* corderos nacidos de madres que consumieron sal adicionada con óxido de zinc *versus* corderos nacidos de madres que consumieron sal mineral comercial, hasta el destete.

- Monitorear las concentraciones de zinc, cobre, manganeso, calcio y fósforo en heces, sangre completa y pelo de los animales a fin de observar si éstas se ven afectadas por el consumo de premezclas minerales con altas concentraciones de zinc.

MATERIAL Y MÉTODOS.

La fase de campo del trabajo se realizó durante los meses de mayo a agosto de 2006 en la Granja Piscícola “Las Fuentes” ubicada en Paseo de Las Fuentes Oriente 24, Las Fuentes, Jiutepec, Estado de Morelos la cual se encuentra a 99° 10’ de longitud oeste y 18° 53’ de latitud norte, a una altura de 1350 msnm, con clima A(C)w2(w)ig subtropical caluroso con lluvias en verano y temperatura media de 21.2°C, misma que varía entre 31.4°C y 10.8°C; precipitación pluvial media anual de 1,021 mm y temporal de lluvias de junio a octubre, alcanzando los 890 mm de precipitación en estos meses³¹.

Se utilizaron 28 borregas Pelibuey multíparas en último tercio de gestación, mantenidas y alimentadas en estabulación total durante los 110 días que duró el experimento.

Los animales se dividieron al azar en tres tratamientos con 2 repeticiones cada uno:

- 1) ZnO 0.1%: Ocho borregas (cuatro por corral de 1.5 x 10 m) consumiendo a libre acceso una premezcla mineral con 1000 ppm de zinc (0.1%) en forma de óxido de zinc, utilizado como grupo testigo.
- 2) Met-Zn 0.5%: Diez borregas (cinco por corral de 1.5 x 10 m) consumiendo a libre acceso una premezcla mineral con 5000 ppm de zinc (0.5%) en forma de metionina de zinc.
- 3) ZnO 0.5%: Diez borregas (cinco por corral de 1.5 x 10 m) consumiendo a libre acceso una premezcla mineral con 5000 ppm de zinc (0.5%) en forma de óxido de zinc.

Los animales consumieron una dieta constituida por forraje fresco picado con 12 ppm de zinc en promedio y concentrado (elaborado con sorgo molido, pasta de soya y pollinaza) con 51 ppm de zinc en promedio. La ración se suministró de acuerdo con las

recomendaciones del NRC³² a razón de 3.2% del peso vivo de las borregas en materia seca durante la gestación (primeros 30 días del trabajo), 3.94% de su peso vivo en materia seca durante la temporada de partos (día 31 a 60) y 4.7% de su peso vivo en materia seca durante la lactancia (a partir del día 61 y hasta el final del trabajo), por lo que la cantidad de alimento proporcionado fue distinto para todos los corrales y tuvo variaciones a lo largo del tiempo conforme a las necesidades de los animales.

Con ayuda de una báscula electrónica, se pesó y ofreció el alimento en todos los corrales 3 veces al día, retirando el rechazo. La sal mineral (ZnO 0.1%, Zn-Met 0.5% y ZnO 0.5%) se suministró de forma constante, cada vez que las borregas terminaban la sal se volvía a llenar el saladero. Los consumos de alimento y sal mineral se midieron por corral por lo que, en el caso de las borregas, solamente se obtuvieron consumos por grupo y se estimaron consumos individuales. En el caso de los corderos, el consumo de alimento no fue medido ni estimado de ninguna manera.

En el caso de las borregas, se registró el peso vivo individual, utilizando una báscula electrónica, al inicio del estudio, al momento del parto, a los 28, 42, 56 días posparto y al destete de las crías; al mismo tiempo, a partir del parto, se tomaron muestras de heces (directamente del recto), sangre (vena yugular) y pelo (dorso del animal) de cada uno de los animales para la determinación de zinc, calcio, fósforo, cobre y manganeso.

En el caso de las crías (47 corderos de ambos sexos), se registró el tipo de parto (simple o múltiple), peso al nacimiento y cada quince días a partir de esa fecha y hasta el destete, momento en el que se tomaron también muestras de heces, sangre y pelo para la determinación de los mismos minerales que en las borregas.

La fase de laboratorio se llevó a cabo en el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Las muestras

se sometieron a un proceso de digestión ácida con ácido nítrico y ácido perclórico para la obtención de la solución madre. La determinación de zinc, calcio, cobre y manganeso se realizó por espectrofotometría de absorción atómica³³. La determinación de fósforo se hizo por espectrofotometría de luz ultravioleta con un espectrofotómetro UV visible marca Milton Roy Company, modelo Spectronyc Genesys 5LR45227, a una longitud de onda de 400 nm³⁴.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los animales se asignaron a uno de los tres tratamientos al azar; en el caso de las mediciones hechas en las borregas, únicamente se realizó una estadística descriptiva.

En el caso de las crías, se utilizó un modelo de análisis de varianza factorial para las variables dependientes: peso al nacimiento, peso al destete (ajustado a 60 días) y ganancia diaria de peso, considerando los efectos del peso vivo de la madre antes del parto como covariable, la fuente de zinc, el sexo de la cría y el tipo de parto; de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + S_j + T_k + b X_{ijkl} + FS_{ij} + ST_{jk} + FT_{ik} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} – peso al nacimiento y/o peso al destete y/o ganancia diaria de peso;

μ - media general;

F_i – fuente de zinc;

S_j – sexo de la cría (hembra o macho);

T_k - tipo de parto simple o múltiple);

$b X_{ijkl}$ – covariable para peso de la madre antes del parto, (b) corresponde a regresión lineal;

FS_{ij} – interacción de la fuente con el sexo de la cría;

ST_{jk} - interacción del sexo de la cría con el tipo de parto;

FT_{ik} - interacción de la fuente con el tipo de parto;

E_{ijkl} - error aleatorio.

Los valores que resultaron significativos se sometieron a una prueba de Tukey – Kramer para comparación de medias. Todos los datos fueron trabajados utilizando el paquete estadístico SAS³⁵.

RESULTADOS

En el cuadro 1 se encuentran los promedios, ajustados de acuerdo al modelo, del peso de los corderos al nacimiento, peso de los corderos ajustado a los 60 días y ganancia diaria de peso de los corderos por tratamiento.

En los cuadros 2 y 3 se registran los promedios de estas variables por tratamiento y sexo de la cría y por tratamiento y tipo de parto, respectivamente.

El cuadro 4 muestra los resultados para el análisis de varianza hecho a la variable peso al nacimiento en el cual se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) para la fuente de zinc. Los resultados de la comparación de medias hecha a estos valores se muestran en el cuadro 1, habiendo encontrado diferencia significativa entre el promedio de peso del grupo ZnO 0.1% y el promedio de peso del grupo ZnO 0.5%, siendo superior éste último.

Los partos iniciaron el 3 de junio, distribuyéndose a lo largo de todo el mes y registrándose el último de ellos el 4 de julio; por lo que las fechas de pesaje y muestreo fueron diferentes para todas las borregas.

Nacieron 48 animales, de los cuales 28 fueron machos y 20 hembras; 15 crías en el grupo ZnO 0.1% (7 machos y 8 hembras), 15 en el grupo Zn-Met 0.5% (9 machos y 6 hembras) y 18 en el grupo ZnO 0.5% (12 machos y 6 hembras); siendo la mayoría de los corderos de parto múltiple (40). De las 48 crías nacidas se destetaron 47 debido a que se registró la muerte de una hembra de parto triple en el grupo ZnO 0.1% al no ser limpiada adecuadamente por la madre.

El análisis de varianza realizado a la variable peso de los corderos al destete ajustado a los 60 días (cuadro 5) no arrojó diferencias significativas. En el caso del análisis de varianza hecho a la variable ganancia diaria de peso (cuadro 6) se encontró una tendencia ($P =$

0.053) positiva en favor de los corderos nacidos en el grupo Met-Zn 0.5%, los cuales tuvieron una ganancia de peso 13.92% superior a la de los corderos nacidos en el grupo ZnO 0.1% y 13.33 % superior a la de los corderos nacidos en el grupo ZnO 0.5%. En los cuadros 7, 8 y 9 se muestran los contenidos promedio de zinc, cobre, manganeso, calcio y fósforo encontrados por tratamiento en heces, sangre completa y pelo de los corderos al momento del destete.

El trabajo se inició con 10 animales en el grupo suplementado con metionina, sin embargo, a principios del mes de junio se detectó que una de las borregas no estaba gestante, excluyéndose inmediatamente del experimento y dejando uno de los corrales con sólo 4 animales.

El comportamiento del peso promedio de las borregas por tratamiento se muestra en el cuadro 10 y en la gráfica 1.

En el cuadro 11 se encuentran los consumos de materia seca total, de forraje y de concentrado, por tratamiento a lo largo del estudio; así como un estimado del consumo diario individual y el porcentaje del peso vivo promedio de los animales que éste representa. La gráfica 2 muestra los cambios que el consumo de materia seca total tuvo a lo largo de los meses que duró el estudio.

El comportamiento en el porcentaje del peso vivo de los animales que el consumo de materia seca total representa para cada mes se tiene en la gráfica 3. Debido a que los pesos de las borregas se obtuvieron de acuerdo a los partos y debido a que éstos ocurrieron en fechas diferentes en todos los animales, se realizó un promedio de peso mensual de acuerdo a las diferentes fechas de pesaje de cada una de las borregas en cada uno de los muestreos para estimar el porcentaje del peso vivo que el consumo de materia seca representa.

Durante el experimento, el consumo de materia seca por concepto de forraje y concentrado

de los animales fue incrementándose cada mes en todos los grupos de la siguiente manera:

ZnO 0.1%: Se registró un aumento promedio del 9.02% en el consumo de forraje y 1.89% en el consumo de concentrado durante junio (época de partos) con respecto a lo observado en mayo; durante el primer mes de lactancia (julio) el consumo de alimento se incrementó en un promedio de 23.12% en el caso del forraje y 87.29% en el caso del concentrado en comparación con el mes anterior, para que, finalmente, el consumo promedio de forraje y de concentrado se elevara en 4.79% y 5.71% respectivamente, durante los últimos 18 días del trabajo.

Met-Zn 0.5%: Durante junio (época de partos), el consumo de forraje se incrementó en un promedio de 16.45% y el de concentrado en 3.98% con respecto a lo observado en mayo; a lo largo del primer mes de lactancia (julio) el consumo de forraje se incrementó en un promedio de 10.36% y el de concentrado en 90.35% en comparación con el mes anterior, para que finalmente el consumo promedio de forraje se elevara en 5.04% y el de concentrado en 4.99% durante los últimos 18 días del trabajo.

ZnO 0.5%: Los consumos de forraje y concentrado aumentaron en promedio 7.06% y 1.57% respectivamente durante junio (época de partos) en comparación a lo observado en mayo; durante el primer mes de lactancia (julio) se registró un aumento promedio del 29.97% en el consumo de forraje y 84.70% en el de concentrado con respecto al mes anterior, para que finalmente el consumo promedio de forraje se elevara en 2.11% y el de concentrado en 5.69% durante los últimos 18 días del trabajo.

Los consumos mensuales de sal mineral por tratamiento y corral se expresan en el anexo 1 cuadros 13, 14, 15 y 16; notándose un mayor consumo de los animales en los grupos suplementados con Met-Zn 0.5% y ZnO 0.1% en la mayoría de los meses. Del mismo modo, en los cuadros 17, 18 y 19 de este anexo, se observa el consumo mensual de zinc por

tratamiento y corral.

En los cuadros 12 y 13 se muestra el consumo promedio estimado al día por corral de sal mineral y de zinc por tratamiento. El comportamiento en estos consumos estimados por animal se observa en las gráficas 4 y 5.

El contenido promedio de zinc encontrado por tratamiento en heces, sangre completa y pelo de las borregas en los distintos muestreos puede observarse en los cuadros 14, 15 y 16 y en las gráficas 6, 7 y 8.

En cuanto a enfermedades solo se registró un caso de retención placentaria en una borrega del grupo ZnO 0.1% el cual fue tratado, y solucionado, mediante lavados con un antibiótico local; y abscesos, debido a las instalaciones, los cuales fueron oportunamente debridados.

Las concentraciones promedio de cobre, manganeso, calcio y fósforo encontradas por tratamiento en heces, sangre completa y pelo de las borregas; así como el consumo diario estimado al mes de estos minerales por tratamiento, se muestran en el anexo 2.

El perfil mineral completo de las premezclas utilizadas en este trabajo se observa en el anexo 3.

Los resultados de los análisis químicos proximales y de minerales hechos a los alimentos suministrados a las borregas se encuentran en el anexo 4.

DISCUSIÓN

El peso al nacimiento de los corderos en el grupo ZnO 0.5% fue superior ($P < 0.05$) en un 25% con respecto a los corderos del grupo ZnO 0.1% (4.26 kg vs 3.41 kg) y aunque también fue mayor que el observado en los corderos del grupo Met-Zn 0.5%, no fue lo suficiente para detectar una diferencia significativa entre los dos.

El promedio general de peso al nacimiento de los corderos nacidos en este estudio fue 3.77 kg, valor que se encuentra por encima de los pesos que han obtenido otros autores en razas de pelo (2.1-3.4 kg), y sus cruzas con razas como Suffolk, Hampshire y Dorset^{5,36,37,38,39,40,41,42,43}. Esto puede atribuirse a la genética de los animales, a la alimentación y a la suplementación con zinc ya que, como se observa en el cuadro 1, los pesos al nacimiento en cada tratamiento se encontraron en el límite superior del rango señalado por estos autores o por encima de él.

En cuanto a ganancia diaria de peso y peso al destete ajustado a 60 días, los promedios generales fueron 203 grs y 15.99 kg respectivamente; valores que son similares o superiores a los encontrados por otros autores en razas de pelo y sus cruzas terminales con otras razas con edades al destete superiores (70-90 días)^{36,37,38,39,41} a las de este trabajo. Tanto el promedio general de peso al destete ajustado a los 60 días, como el obtenido en cada uno de los grupos experimentales de este trabajo, se encuentra por encima de lo informado por Rojas⁴³ a los 60 días en borregos Tabasco puros (12.27 ± 0.65 kg) y sus cruzas con Kathadin (13.61 ± 0.65 kg) y Suffolk (15.10 ± 0.69 kg), mantenidos bajo un sistema intensivo en el trópico (pastoreo rotacional de alta densidad con complementación en pesebre para madres y crías), siendo los corderos destetados en el grupo suplementado con metionina de zinc (15.47kg y 18.36kg para hembras y machos respectivamente) más pesados aún que las crías

Suffolk x Tabasco (14.18 ± 0.83 kg y 16.02 ± 0.88 kg para hembras y machos respectivamente), del trabajo mencionado.

La ganancia diaria de peso de los corderos del grupo Met-Zn 0.5% (221 grs) fue parecida a la de los corderos Suffolk x Tabasco (216.89 ± 11.10 grs) a los 70 días, mientras que la ganancia diaria de peso en los grupos ZnO 0.1% (194 grs) y ZnO 0.5% (195 grs) se encontró entre los valores de las observadas en los corderos Tabasco puros (183.02 ± 10.50 grs) y Katadhin x Tabasco (204.90 ± 10.94 grs), utilizados en el trabajo de Rojas⁴³.

Los pesos y ganancias obtenidos son notables ya que en el presente trabajo no se procuró una alimentación exclusiva a los corderos adicional a la leche materna (creep feeding) ni se colocaron comederos adicionales en los corrales durante la lactancia, teniendo entonces que competir por el alimento con sus madres. Esto puede ser atribuido a la suplementación con zinc ya que los corderos tuvieron acceso a las sales (cuando tuvieron oportunidad de alcanzarla) en todos los grupos; este comportamiento fue observado también por Hatfield et al⁴⁴, en condiciones semejantes donde los corderos que tuvieron acceso a una dieta suplementada con metionina de zinc (1363 ppm de zinc) tendieron a ser más pesados al destete y a tener mayores ganancias de peso que aquellos que consumieron una dieta sin suplementación con metionina (143 ppm de zinc), lo que hace pensar que, ya que todos los grupos muestran pesos y ganancias de peso elevadas para las condiciones del estudio, la simple suplementación de zinc puede incrementar estos parámetros productivos.

Aunque los valores de ganancia diaria de peso y peso al destete ajustado a los 60 días fueron 13.92 y 11.47% más altos respectivamente en los corderos del grupo Met-Zn 0.5% en comparación con los del grupo ZnO 0.1%, y 13.33 y 6.35% respectivamente mayores en comparación con los del grupo ZnO 0.5%, no se encontró diferencia significativa entre ellos.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Espinoza¹⁴, en su estudio realizado con cabras gestantes y lactantes suplementadas con premezclas minerales a libre acceso con 1.9% de zinc (óxido y metionina), quien no encontró diferencias significativas en el peso de los cabritos al nacimiento, a los 30 días y la ganancia diaria de peso entre tratamientos; y con varios autores²⁹, que tampoco han encontrado diferencias en el desempeño productivo de animales suplementados con metionina de zinc y óxido de zinc.

Se encontró un efecto significativo para el tipo de parto (simple o múltiple), sobre las variables peso al nacimiento, peso al destete ajustado a los 60 días y ganancia diaria de peso, siendo las crías de parto simple las que obtuvieron mejores resultados; mientras que, el sexo de la cría resultó significativo solo en el caso de peso al destete ajustado a los 60 días y ganancia diaria de peso, observándose mejores pesos en machos que en hembras tal y como lo señalan diversos autores^{37,38,39,41,43,45}.

En lo que al consumo alimento se refiere, se observó un incremento promedio en el consumo total de materia seca, desde el inicio y hasta el final del experimento, del 64.87% en el grupo ZnO 0.1%, 63.03% en el grupo MetZn 0.5% y 62.78% en el grupo ZnO 0.5%; en el caso de materia seca por concepto de forraje, el consumo se aumentó en promedio en 40.66% en el grupo ZnO 0.1%, 34.99% en el grupo MetZn 0.5% y 42.07% en el grupo ZnO 0.5%; y, en el caso de materia seca por concepto de concentrado, el consumo se aumentó en promedio en 101.74% en el grupo ZnO 0.1%, 107.8% en el grupo Met-Zn 0.5% y 98.27% en el grupo ZnO 0.5%. Pese a estos aumentos tan notables en el consumo de forraje y concentrado, las borregas fueron perdiendo peso corporal desde el momento del parto y hasta el destete, registrando una pérdida total promedio de 5.68 kg (10.12 % de su peso corporal) en los animales del grupo Met-Zn 0.5%, 4.72 kg (9.08 % de su peso corporal) en los animales del grupo ZnO 0.5% y 3.9 kg (7.42 % de su peso corporal) en los animales del

grupo ZnO 0.1%, observándose la mayor pérdida de peso hacia el día 28 de lactación. Estos cambios en el peso de las borregas se consideran normales debido al incremento en las necesidades de nutrientes que la producción láctea representa, obligando a los animales a ingerir una mayor cantidad de alimento y remover reservas corporales para soportarla adecuadamente, sobre todo hacia las 3-4 semanas posparto tiempo en el cual se presenta el pico de lactación en esta especie³².

El consumo de sal mineral promedio diario por corral fue muy semejante entre tratamientos a lo largo del estudio, siendo de 167.47 grs (alrededor de 37.21 grs por animal) en el grupo Met-Zn 0.5%, 147.31 grs (alrededor de 29.46 grs por animal), en el grupo ZnO 0.5%, y 138.84 grs (alrededor de 34.71 grs por animal) en el grupo ZnO 0.5%; equivalentes a 761.99 mgr de zinc por corral al día (alrededor de 169.33 mgr de zinc por animal), en el grupo Met-Zn 0.5%, 710.78 mgr de zinc por corral por día (alrededor de 142.16 mgr por animal), en el grupo ZnO 0.5%, y 113.94 mgr de zinc por corral por día (alrededor de 28.48 mgr de zinc por animal) en el grupo ZnO 0.1%.

En este sentido, el consumo de sal mineral fue en promedio 17.82% mayor en el grupo ZnO 0.1% con respecto al suplementado con ZnO 0.5%, 7.2% más elevado en el grupo Met-Zn 0.5% en relación al grupo ZnO 0.1% y 26.31% mayor en el grupo Met-Zn 0.5% con respecto al grupo ZnO 0.5%; así, la cantidad de zinc consumida por las borregas del grupo Met-Zn 0.5% fue 19.11% mayor comparada con la cantidad consumida por los animales del grupo experimental ZnO 0.5%.

A pesar de haber consumido 5 veces más zinc que los animales en el grupo testigo, las borregas de los grupos experimentales, en ningún momento mostraron alteraciones en el comportamiento ni signos de intoxicación evidentes.

A la par con lo anterior, el promedio de zinc encontrado en las heces de los animales a lo

largo del estudio fue 373.31 $\mu\text{g/g}$ en el grupo Met-Zn 0.5%, 284.22 $\mu\text{g/g}$ en el grupo ZnO 0.5% y 86.25 $\mu\text{g/g}$ en el grupo ZnO 0.1%; encontrándose en promedio 31.34% más zinc en las heces de las borregas suplementadas con metionina con respecto a aquellas suplementadas con óxido al 0.5%. Es de notar también que la proporción de zinc encontrada en heces no obedece a la proporción de zinc consumido, ya que la concentración promedio de este mineral en las excretas fue 4 veces mayor en el grupo Met-Zn 0.5% y 3 veces mayor en el grupo ZnO 0.5%, en relación con el testigo (ZnO 0.1%), lo que puede deberse a una mayor retención del mineral o a la satisfacción de los requerimientos de zinc particulares de los animales en cada grupo, ya que las concentraciones encontradas en sangre completa y pelo fueron muy semejantes entre tratamientos.

Las concentraciones promedio de zinc en sangre completa fueron 4.16 $\mu\text{g/g}$ en los animales suplementados con Met-Zn 0.5%, 4.30 $\mu\text{g/g}$ en los animales del grupo ZnO 0.5% y 4.12 $\mu\text{g/g}$ en los animales testigo; estas cantidades se encuentran dentro de los valores normales reportados por Georgievskii⁴⁶ (4-5 ppm). Las concentraciones de este mineral, encontradas en la sangre de los corderos, se muestran en el cuadro 8 y se hallan también dentro de los valores normales.

Las concentraciones de cobre en sangre completa, se muestran en el cuadro 7 del anexo 2; el promedio general observado a lo largo del estudio fue 0.543 $\mu\text{g/g}$ en los animales del grupo Met-Zn 0.5%, 0.607 $\mu\text{g/g}$ en los animales suplementados con óxido al 0.5% y 0.554 $\mu\text{g/g}$ en los animales del grupo ZnO 0.1%; estos valores están dentro de los señalados como normales en la literatura (0.5-1.5 ppm)^{46,47,48}, y coinciden también con las concentraciones encontradas por Aceves⁴⁸ en borregas lactantes Suffolk (0.65 ppm), y Ramboulliet (0.42 ppm) en confinamiento, lo que indica que el consumo de sal con elevadas concentraciones

de zinc no afectó la absorción de cobre. En el caso de los corderos (cuadro 8), los valores se encuentran también dentro del rango normal.

En cuanto al manganeso, las cantidades encontradas en sangre completa (cuadro 8 del anexo 2), se encuentran por debajo del rango de 0.05-0.1 ppm que la literatura señala como normal⁴⁶; sin embargo, se hallan dentro del rango marginal (0.012-.020 ppm)⁵⁰, establecido para este elemento en sangre completa; la concentración promedio observada a lo largo de este estudio fue 0.013 µg/g en los animales del grupo Met-Zn 0.5%; 0.010 µg/g en los animales del grupo ZnO 0.5%, y 0.014 µg/g en los animales del grupo ZnO 0.1%. A la par con lo anterior, las bajas concentraciones del mineral en pelo, cuadro 10 del anexo 2, pueden sugerir una deficiencia de manganeso en los animales, anterior al inicio del experimento, la que hasta el término del mismo no pudo ser corregida mediante el consumo de cualquiera de las sales experimentales cuyas fórmulas contemplaban un contenido adecuado de este elemento (anexo 3), y según las estimaciones hechas, un consumo estimado diario del mineral (cuadro 14 del anexo 2) suficiente para satisfacer los requerimientos de los animales. Es probable que el zinc en elevada concentración, pueda inhibir la absorción de manganeso; lo mismo puede suceder con respecto al calcio de la ración.

Las concentraciones promedio de manganeso en pelo fueron 4.08 µg/g en los animales del grupo Met-Zn 0.5%, 10.81 µg/g en los animales del grupo ZnO 0.5% y 3.95 µg/g en los animales del grupo ZnO 0.1%. Estos valores son cercanos a los obtenidos por Lassiter y Morton⁵¹, donde la lana de corderos alimentados con una ración deficiente en manganeso, durante 22 semanas, contenía en promedio 6.1 ppm del mineral mientras que la lana de los corderos control presentaba 18.7 ppm, notando signos de deficiencia a partir de la semana 7 del experimento; lo que se contrapone con el presente trabajo durante el cual no se observó

algún signo de deficiencia en ningún momento. Las concentraciones encontradas en la sangre de los corderos (cuadro 8), se encuentran entre los valores marginales y los valores reportados como normales, mientras que las encontradas en pelo (cuadro 9) son similares a aquellas encontradas en sus madres.

Grace y Lee⁵², reportan una concentración promedio de manganeso de 1.65-2.77 $\mu\text{g/g}$ en la lana de carneros Romney, así como concentraciones no detectables del mismo mineral en el plasma de los animales, las cuales no cambiaron al aumentar el consumo del mineral en 18 veces sus requerimientos diarios; detectando, sin embargo, una mayor concentración del elemento en varios órganos. Esto puede indicar que lana y sangre no son sensibles a los cambios en el consumo de manganeso y que, al no presentarse signos de deficiencia en los animales utilizados, estas concentraciones de manganeso pueden considerarse normales para los animales de este trabajo.

En el caso del calcio y el fósforo, las cantidades encontradas en sangre total pueden observarse en los cuadros 5 y 6 del anexo 2, los promedios a lo largo del trabajo fueron para calcio 0.0124% en el grupo Met-Zn 0.5%, 0.0131% en el grupo ZnO 0.5% y 0.0122% en el grupo ZnO 0.1%; y para fósforo 0.099% en los animales suplementados con Met-Zn 0.5%, 0.094% en los animales suplementados con ZnO 0.5% y 0.092% en los animales suplementados con ZnO 0.1%. Estas concentraciones se encuentran muy por encima de las señaladas por Georgievskii⁴⁶ (0.006% para calcio y 0.017-0.02 % para fósforo) aun así, son cercanas a las concentraciones de calcio publicadas por Lane et al.⁵³ (0.0037-0.012 %) en vacas Guernsey antes y después del parto.

Las concentraciones de calcio se encuentran elevadas, al doble, de los valores de referencia, lo que corresponde con el consumo total promedio del mineral, considerando el aporte de la dieta y de la sal, que tuvieron los animales en todos los grupos durante el experimento

(19.77 g de calcio al día vs 10.5 g de calcio al día requeridos durante la lactancia³²); esto no sucede con el fósforo ya que el consumo total promedio, considerando el aporte de la dieta y de la sal, que tuvieron los animales en todos los grupos durante el experimento fue deficiente (6.41 g de fósforo al día vs 7.3 g de fósforo al día requeridos durante la lactancia³²), mientras que la concentración del mineral en sangre es cuatro veces superior a la reportada como normal. Estos resultados llaman la atención ya que el metabolismo del calcio y fósforo se encuentra controlado dentro del organismo por mecanismos que regulan la presencia de ambos minerales en el cuerpo, promoviendo la eliminación de cantidades no necesarias de los mismos y manteniendo, por lo tanto, los niveles de estos elementos dentro de los rangos normales necesarios para el buen funcionamiento del animal⁵⁰. Al mantenerse los valores altos durante todo el experimento, hallarse concentraciones similares en los corderos (cuadro 8), y no presentarse signos evidentes de intoxicación o deficiencia de algún otro elemento mineral; esto puede deberse a una situación particular de los animales utilizados en el trabajo y, en el caso del fósforo, puede ser atribuido también a que la técnica utilizada para la determinación de este mineral cuantifica fosfatos y no fósforo libre³⁴. No se tiene una explicación congruente para este comportamiento.

Las concentraciones de zinc en el pelo de las borregas (cuadro 19) y de los corderos (cuadro 9), se encuentran por encima del rango de 80-120 ppm señalado por la literatura⁵⁴; los promedios observados en las borregas a lo largo del estudio fueron: 181.21 µg/g en los animales del grupo Met-Zn 0.5%; 158.55 µg/g en los animales del grupo ZnO 0.5% y 141.29 µg/g en los animales del grupo ZnO 0.1%. Este aumento en la concentración del mineral en el pelo de las borregas, puede deberse a la suplementación con zinc ya que coincide con lo reportado por Sword et al.⁵⁵, quienes observaron un incremento de alrededor del 4% en el contenido de zinc de la lana de borregas Hampshire-Targee y sus

crías, al aumentar la cantidad de zinc en la dieta de los animales de 23 a 28 mg/kg de materia seca; aunado a esto, en los animales de los grupos ZnO 0.5% y Met-Zn 0.5% se registró un aumento en la concentración de zinc en el pelo desde el parto y hasta los 56 días postparto, lo que puede indicar sensibilidad de este tejido a los cambios en el consumo del mineral.

En el caso del cobre (cuadro 9 del anexo 2 y cuadro 9), el promedio general observado a lo largo del estudio fue 16.63 $\mu\text{g/g}$, en los animales suplementados con Met-Zn 0.5%; 25.30 $\mu\text{g/g}$, en los animales suplementados con ZnO 0.5%, y 12.78 $\mu\text{g/g}$ en los animales suplementados con ZnO 0.1%, mientras que en los corderos de los tres grupos, la concentración de cobre fue muy similar (8.53, 8.98 y 8.70 $\mu\text{g/g}$). En este sentido la literatura reporta concentraciones de cobre en lana extremadamente variables que van desde 8.3 $\mu\text{g/g}$ hasta 147 $\mu\text{g/g}$ dependiendo de la raza de los animales, dieta y época del año^{48,54}; por lo que los valores obtenidos pueden considerarse normales.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales del presente trabajo, no representa ninguna ventaja el utilizar metionina sobre óxido para suplementar zinc a borregas gestantes (30 días antes del parto) y lactantes; aunque hacerlo con óxido de zinc y concentraciones elevadas del mineral puede ser una opción para mejorar los pesos de las crías al nacimiento en hembras multíparas.

El consumo de sales minerales con altas concentraciones de zinc, ya sea en forma de metionina u óxido, no afecta el contenido de zinc, cobre, manganeso, calcio y fósforo en sangre completa y pelo de borregas Pelibuey y sus crías.

LITERATURA CITADA.

1. De Lucas TJ, Arbiza SI. *Producción ovina en el mundo y México*. Editores Mexicanos Unidos, S.A. México. 2000.
2. Cuéllar OJ. *Perspectivas de la ovinocultura en México*. Segundo Seminario sobre Producción Intensiva de Ovinos. Memorias. Villahermosa, Tabasco, México. 2003. pp. 7-11.
3. SAGARPA. *Programa Nacional Pecuario 2005*. Coordinación General de Ganadería. México 2005. Available from: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganadería/CNAovi.htm>.
4. Arteaga C.J. *La industria ovina en México*. Primer Simposio Internacional de ovinos de carne. Memorias. Pachuca, Hidalgo, México. 2003. pp. 1-7.
5. Avendaño L, Alvarez FD, Salomé J, Correa A, Molina L y Cisneros FJ. *Evaluación de algunos rasgos productivos del borrego Pelibuey en el Noroeste de México*. Resultados Preliminares. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 2004. 38 (2): pp. 131-136.
6. Ciria CJ, Villanueva MR y Ciria GTJ. *Avances en nutrición mineral en ganado bovino*. IX Seminario de Pastos y Forrajes. Memorias. Venezuela 2005. pp. 50-69.
7. Henry PR y Miles RD. *Interactions Among the trace minerals*. Ciência Animal Brasileira. 2000. 1(2): pp. 95-106.
8. Domínguez VI. *Manejo alimenticio del cordero del nacimiento al destete*. IV Congreso Bases de la Cría Ovina. Memorias. Tlaxcala, Tlaxcala, México 1998. pp. 89-103.

9. Ramírez PAH. *Nutrición mineral de ovinos*. Curso de actualización sobre nutrición y alimentación ovina. Memorias. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina - Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Nacional Autónoma de México. Tres Marías, México. 2001. pp. 93-100.
10. Church DC, Pond WG y Pond KR. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. 2a. ed. Edit. Limusa Wiley. México. 2003.
11. Freer M y Dove H. *Sheep nutrition*. CABI Publishing in association with CSIRO Publishing. USA. 2002.
12. Hostetler CE, Kincaid RL y Mirando MA. *The role of essential trace elements in embryonic and fetal development in livestock*. The Veterinary Journal. 2003. 166: pp. 125-139.
13. Abdelrahman MM y Kincaid RL. *Deposition of copper, manganese , zinc and selenium in bovine fetal tissue at different stages of gestation*. J. Dairy Sci. 1993. 76: pp. 3588-3593.
14. Espinoza CH. *Efecto de la adición de metionina de zinc a la dieta de cabras gestantes, sobre algunos parámetros fisiológicos y el comportamiento de las crías*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 2006.
15. Harmon RJ. *When are chelated minerals justified?* Kentucky Ruminant Nutrition, 2000 Available from: <http://www.uky.edu/Ag/AnimalSciences/dairy/ruminantnutritionworkshop/rumnut012.pdf>.

16. Cetz-Ucán FH, Cervantes-Tun JI, Sauri-Duch E, Bores-Quintero RA y Castellanos Ruelas AF. *Impacto del empleo de macrominerales quelatados en la alimentación de rumiantes*. Livestock Research for Rural Development. 2005. 17(9).
17. Tuormaa TE. *Adverse effects of zinc deficiency: A review from the literature*. Journal of Orthomolecular Medicine. 1995. 10(3-4): pp. 149-164.
18. Larson K. *Role of trace minerals in animal production*. Nutrition Conference sponsored by Department of Animal Science, UT Extension and University Professional and Personal Development The University of Tennessee. USA. 2005. Available from: <http://www.tennesseenutritionconference.org/pdf/Proceedings2005/ConnieLarsen.pdf>
19. Berger L. *Zinc: nutritional and pharmacological roles*. Salt and Trace Minerals Published by Salt Institute. 2002. 34(3):pp. 1-3.
20. Henry PR, Littell RC y Ammerman CB. *Effect of high dietary zinc concentration and length of zinc feeding on feed intake and tissue zinc concentration in sheep*. Animal Feed Science and Technology. 1997. 66: pp. 237-245.
21. Vierboom MM, Engle TE, Siciliano PD y Kimberling CV. *Effects of gestational status on apparent absorption and retention of copper and zinc in cows and ewes*. Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science. 2002. 53.
22. Hidioglou M. *Trace elements in the fetal and neonate ruminant: A review*. Can. Vet. J. 1980. 21:pp. 328-335.
23. Masters DG y Moir RJ. *Effect of zinc deficiency on the pregnant ewe and developing foetus*. Br. J. Nut. 1983. 49:pp. 365-372.

24. Ledoux DR y Shannon MC. *Bioavailability and antagonists of trace minerals in ruminant metabolism*. Florida Ruminant Nutrition Symposium. USA. 2005.
25. Cao J, Henry PR, Guo R, Holwerda RA, Toth JP, Littell RC, Miles RD y Ammerman CB. *Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants*. J. Anim. Sci. 2000. 78:pp. 2039-2054.
26. Spears JW. *Zinc methionine for ruminants: Relative bioavailability of zinc in lambs and effects of growth and performance of growing heifers*. J. Anim. Sci. 1989. 67:pp.835-843.
27. Garg AK, Mudgal V y Dass RS. *Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs*. Animal Feed Science and Technology 2008. 144:pp. 82– 96.
28. Puchala R, Sahlu T y Davis JJ. *Effects of zinc-methionine on performance of Angora goats*. Small Ruminant Research. 1999. 33(1):pp. 1-8.
29. Spears JW. *Organic trace minerals in ruminant nutrition*. Animal Feed Science and Technology 1996. 58:pp. 151-163.
30. Rojas LX, Mc Dowell LR, Cousins RJ, Martin FG, Wilkinson NS, Johnson AB y Velasquez JB. *Relative bioavailability of two organic and two inorganic zinc sources fed to sheep*. J. Anim. Sci. 1995. 73:pp. 1202-1207.
31. García E. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen*. México 1988.
32. National Research Council. *Nutrient Requirements of sheep*. 6a. ed. National Academy Press Washington, D.C. 1985.

33. Analytical methods for atomic absorption spectrometry handbook. Perkin Elmer 1994.
34. Official Methods of Analysis. 1990. Método 927.02.
35. SAS System for Linear Models. SAS Institute Inc. 3° edición Cary, NC, USA 1992.
36. Bores QR, Velázquez VP y Heredia AM. *Evaluación de razas terminales en esquemas de cruce comercial con ovejas de pelo F1*. Téc. Pecu. Méx. 2002. 40(1):pp. 71-79.
37. Carrillo AL, Velázquez MA y Ornelas GT. *Algunos factores ambientales que afectan el peso al nacer y al destete en corderos Pelibuey*. Téc. Pecu. Méx. 1987. 25(23):pp. 289-295.
38. Dickson-Urdaneta L, Torres-Hernandez G, Dáubeterre R y García B. *Crecimiento en ovinos West African bajo un sistema de pastoreo restringido en Venezuela*. Rev. Fac. Agron. 2004. 21(1).
39. González GR, Torres HG y Castillo AM. *Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México*. Vet. Méx. 2002. 33(4):pp. 443-453.
40. Perón N, Limas T y Fuentes JL. *El ovino Pelibuey de Cuba revisión bibliográfica de algunas características productivas*. Available from: <http://www.fao.org/docrep/T8600T/t8600T0g.htm>.
41. Ramírez BA, Guerra D, Gómez N, Borjas V y Garcés N. *Resultados del crecimiento hasta el año de edad de corderos puros y F1 de las razas Pelibuey y Suffolk*. Rev. Cub. Reprod. Anim. 1995. 21(1):pp. 9-19.
42. Rico C y Planas T. *Nota sobre el peso al nacer de un rebaño mestizo Pelibuey*. Rev. cubana Cienc. agríc. 1996. 30(1):pp. 19-21.

43. Rojas LO. *Comparación de pesos y sobrevivencia de corderos lactantes F1 (Suffolk x Tabasco; Katadhin x Tabasco) y tabasco en el trópico húmedo*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 2008.
44. Hatfield PG, Snowden GD, Head WA, Glimp HA, Stobart RH y Besser T. *Production by ewes rearing single or twin lambs: Effects of dietary crude protein percentage and supplemental zinc methionine*. J. Anim. Sci. 1995. 73:pp. 1227-1238.
45. Macedo R y Arredondo V. *Efecto del sexo, tipo de nacimiento y lactancia sobre el crecimiento de ovinos Pelibuey en manejo intensivo*. Arch. Zootec. 2008. 57(218):pp. 219-218.
46. Georgievskii VI, Annenkov BN y Samokhin VT. *Mineral nutrition of animals*. 1^a ed. Butterworths. London. 1982.
47. Mc Dowell LR. *Minerals in animal and human nutrition*. Academic Press. New York. 1992.
48. Mertz W. *Trace elements in human and animal nutrition*. 5^a ed. Academic Press. New York. 1987.
49. Aceves LAB. *Efecto de la raza y el tipo de parto sobre el perfil mineral de ovejas lactantes en confinamiento*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 1997.
50. Underwood EJ y Suttle NF. *Los minerales en la nutrición del ganado*. 3^a ed. Edit. Acribia S.A. España. 2002.
51. Lassiter JW y Morton JD. *Effects of a low manganese diet on certain ovine characteristics*. J. Anim. Sci. 1968. 27(3):pp. 776-779.

52. Grace ND y 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.* New Zealand Journal of Agricultural Research. 1990. 33(4):pp. 635-647.
53. Lane AG, Campbell JR y Krause GF. *Blood mineral composition in ruminants.* J. Anim. Sci. 1968. 27(3):pp. 766-770.
54. Lee J, Masters DG, White CL, Grace ND y Judson GJ. *Current issues in trace element nutrition of grazing livestock in Australia and New Zealand.* Aust. J. Agric. Res. 199. 50(8):pp. 1341-1364.
55. Sword TJ, Ataja AM Jr, Pope AL y Hoekstra WG. *Effect of calcium phosphates and zinc in salt-mineral mixtures on ad libitum salt-mix intake and on zinc and selenium status of sheep.* J. Anim. Sci. 1984. 59(6):pp. 1594-1600.

CUADROS

- **Cuadro 1:** Peso corporal y ganancia de peso promedio (kg) \pm error estándar, de corderos nacidos de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 2:** Peso corporal y ganancia de peso promedio (kg) \pm error estándar, de corderos nacidos de borregas suplementadas con zinc de acuerdo al sexo.
- **Cuadro 3:** Peso corporal y ganancia de peso promedio (kg) \pm error estándar, de corderos nacidos de borregas suplementadas con zinc de acuerdo al tipo de parto.
- **Cuadro 4:** Análisis de varianza de la variable peso de los corderos al nacimiento.
- **Cuadro 5:** Análisis de varianza de la variable peso de los corderos al destete ajustado a 60 días.
- **Cuadro 6:** Análisis de varianza de la variable ganancia diaria de peso de los corderos del nacimiento al destete.
- **Cuadro 7:** Concentración promedio de minerales \pm error estándar, en base seca, en heces de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 8:** Concentración promedio de minerales \pm error estándar, en base húmeda, en sangre completa de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 9:** Concentración promedio de minerales \pm error estándar, en base seca, en pelo de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas zinc.
- **Cuadro 10:** Peso vivo (kg) promedio \pm error estándar de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 11:** Consumo mensual de alimento de borregas suplementadas con zinc.

- **Cuadro 12:** Consumo diario estimado de sal mineral (g) al mes por corral de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 13:** Consumo diario estimado de zinc (mg) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 14:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$) \pm error estándar, en base seca, en heces de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 15:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$) \pm error estándar, en base húmeda, en sangre completa de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 16:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$) \pm error estándar, en base seca, en pelo de borregas suplementadas con zinc.

Cuadro 1.
Peso corporal y ganancia de peso promedio* (kg) \pm error estándar, de corderos nacidos de borregas suplementadas con zinc

Fuente de zinc	n	Peso nac	Peso dstt 60	GDP
Met-Zn 0.5%	15	3.64 \pm 0.19 ^{a,b}	16.91 \pm 0.50	0.221 \pm 0.01
ZnO 0.5%	18	4.26 \pm 0.21 ^b	15.90 \pm 0.58	0.195 \pm 0.01
ZnO 0.1%	14	3.41 \pm 0.21 ^a	15.17 \pm 0.58	0.194 \pm 0.01

* Promedios ajustados de acuerdo al modelo, literales diferentes indican diferencias significativas entre medias

n = número de animales, Peso nac = peso al nacimiento, Peso dstt 60 = peso al destete ajustado a 60 días, GDP = ganancia diaria de peso, Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc.

Cuadro 2.
Peso corporal y ganancia de peso promedio* (kg) \pm error estándar, de corderos nacidos de borregas suplementadas con zinc de acuerdo al sexo

Sexo	Met-Zn 0.5%		ZnO 0.5%		ZnO 0.1%	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos
n	6	9	6	12	7	7
Peso nac	3.34 \pm 0.24	3.94 \pm 0.26	4.22 \pm 0.28	4.30 \pm 0.26	3.35 \pm 0.27	3.47 \pm 0.28
Peso dstt 60	15.47 \pm 0.65	18.36 \pm 0.72	15.23 \pm 0.77	16.58 \pm 0.70	14.58 \pm 0.75	15.75 \pm 0.75
GDP	0.202 \pm 0.01	0.239 \pm 0.01	0.183 \pm 0.01	0.207 \pm 0.01	0.185 \pm 0.01	0.204 \pm 0.01

* Promedios ajustados de acuerdo al modelo

Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc, n = número de animales, Peso nac = peso al nacimiento, Peso dstt 60 = peso al destete ajustado a 60 días, GDP = ganancia diaria de peso.

Cuadro 3.
Peso corporal y ganancia de peso promedio* (kg) \pm error estándar, de corderos nacidos de borregas suplementadas con zinc de acuerdo al tipo de parto

Tipo de parto	Met-Zn 0.5%		ZnO 0.5%		ZnO 0.1%	
	Múltiple	Simple	Múltiple	Simple	Múltiple	Simple
n	12	3	16	2	12	2
Peso nac	3.26 \pm 0.17	4.03 \pm 0.33	3.56 \pm 0.15	4.96 \pm 0.40	3.28 \pm 0.16	3.54 \pm 0.40
Peso dstt 60	14.90 \pm 0.46	18.93 \pm 0.91	14.36 \pm 0.41	17.45 \pm 1.08	14.63 \pm 0.44	15.70 \pm 1.09
GDP	0.194 \pm 0.01	0.247 \pm 0.01	0.182 \pm 0.01	0.209 \pm 0.02	0.188 \pm 0.01	0.201 \pm 0.02

* Promedios ajustados de acuerdo al modelo

Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc, n = número de animales, Peso nac = peso al nacimiento, Peso dstt 60 = peso al destete ajustado a 60 días, GDP = ganancia diaria de peso.

Cuadro 4.
Análisis de varianza de la variable peso de los corderos al nacimiento

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F
Tratamiento	2	2.70	1.35	4.31 *
Sexo cría	1	0.40	0.40	1.27
Tipo de parto	1	3.64	3.64	11.64 **
Pv madre ⁺	1	0.33	0.33	1.04
Trat x parto	2	1.09	0.55	1.74
Trat x sexo	2	0.59	0.29	0.95
Sexo x parto	1	0.01	0.01	0.04
Error	37	11.58	0.31	
Total	47	18.90		

Sexo cría = sexo de la cría, Pv madre = peso vivo de la madre antes del parto, Trat x parto = interacción tratamiento - tipo de parto, Trat x sexo = interacción tratamiento - sexo de la cría, Sexo x parto = interacción sexo de la cría - tipo de parto.

* Significativo (P<0.05)

** Altamente significativo (P<0.01)

⁺ Covariable

Cuadro 5.
Análisis de varianza de la variable peso de los corderos al destete ajustado a 60 días

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F
Tratamiento	2	12.30	6.15	2.65
Sexo cría	1	18.01	18.01	7.76 **
Tipo de parto	1	41.49	41.49	17.87 **
Pv madre ⁺	1	0.02	0.02	0.01
Trat x parto	2	8.49	4.24	1.83
Trat x sexo	2	6.00	3.04	1.31
Sexo x parto	1	0.83	0.83	0.36
Error	36	83.58	2.32	
Total	46	167.04		

Sexo cría = sexo de la cría, Pv madre = peso vivo de la madre antes del parto, Trat x parto = interacción tratamiento - tipo de parto, Trat x sexo = interacción tratamiento - sexo de la cría, Sexo x parto = interacción sexo de la cría - tipo de parto.

** Altamente significativo (P<0.01). El resto de los valores no tienen significancia.

⁺ Covariable

Cuadro 6.
Análisis de varianza de la variable ganancia diaria de peso de los corderos del nacimiento al destete

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F
Tratamiento	2	0.0037	0.0018	3.20
Sexo cría	1	0.0039	0.0039	6.72 *
Tipo de parto	1	0.0054	0.0054	9.46 **
Pv madre ⁺	1	0.00004	0.00004	0.07
Trat x parto	2	0.0017	0.0008	1.45
Trat x sexo	2	0.0005	0.0003	0.47
Sexo x parto	1	0.00007	0.00007	0.13
Error	36	0.02	0.0006	
Total	46	0.04		

Sexo cría = sexo de la cría, Pv madre = peso vivo de la madre antes del parto, Trat x parto = interacción tratamiento - tipo de parto, Trat x sexo = interacción tratamiento - sexo de la cría, Sexo x parto = interacción sexo de la cría - tipo de parto.

* Significativo (P<0.05)

** Altamente significativo (P<0.01)

⁺ Covariable

Cuadro 7.
Concentración promedio de minerales \pm error estándar, en base seca, en heces de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con zinc

Fuente de zinc	n	Zinc $\mu\text{g/g}$	Cobre $\mu\text{g/g}$	Manganeso $\mu\text{g/g}$	Calcio %	Fósforo %
Met-Zn 0.5%	15	1540.18 \pm 236.76	35.18 \pm 5.24	108.43 \pm 11.84	2.20 \pm 0.19	1.81 \pm 0.20
ZnO 0.5%	18	1254.23 \pm 182.8	45.80 \pm 6.87	119.30 \pm 12.29	1.70 \pm 0.16	1.88 \pm 0.13
ZnO 0.1%	14	433.77 \pm 85.54	11.35 \pm 4.41	59.10 \pm 9.74	2.35 \pm 0.29	1.72 \pm 0.24

Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc, n = número de animales.

Cuadro 8.

Concentración promedio de minerales \pm error estándar, en base húmeda, en sangre completa de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con zinc

Fuente de zinc	n	Zinc $\mu\text{g/g}$	Cobre $\mu\text{g/g}$	Manganeso* $\mu\text{g/g}$	Calcio %	Fósforo %
Met-Zn 0.5%	15	4.37 \pm 0.10	0.69 \pm 0.03	0.038 \pm 0.01	0.014 \pm 0.00	0.15 \pm 0.01
ZnO 0.5%	18	4.53 \pm 0.09	0.68 \pm 0.02	0.057 \pm 0.00	0.013 \pm 0.00	0.13 \pm 0.01
ZnO 0.1%	14	3.94 \pm 0.14	0.65 \pm 0.03	0.030 \pm 0.01	0.013 \pm 0.00	0.13 \pm 0.01

* Valor numérico obtenido al leer la muestra con el espectrofotómetro de absorción atómica de flama Perkin Elmer.
Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc, n = número de animales.

Cuadro 9.

Concentración promedio de minerales \pm error estándar, en base seca, en pelo de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con zinc

Fuente de zinc	n	Zinc $\mu\text{g/g}$	Cobre $\mu\text{g/g}$	Manganeso $\mu\text{g/g}$
Met-Zn 0.5%	15	220.83 \pm 22.50	8.53 \pm 0.72	7.07 \pm 1.02
ZnO 0.5%	18	147.81 \pm 5.52	8.98 \pm 0.73	9.55 \pm 1.38
ZnO 0.1%	14	158.82 \pm 12.24	8.70 \pm 0.68	4.81 \pm 0.58

Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc, n = número de animales.

Cuadro 10.

Peso vivo (kg) promedio \pm error estándar de borregas suplementadas con zinc

Fuente de zinc	n	Inicial	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
Met-Zn 0.5%	9	63.92 \pm 4.36	56.12 \pm 3.61	53.35 \pm 3.91	53.08 \pm 3.68	51.36 \pm 3.83	50.44 \pm 3.68
ZnO 0.5%	10	62.62 \pm 1.77	52.00 \pm 1.56	49.36 \pm 2.01	49.40 \pm 1.89	49.32 \pm 1.85	47.28 \pm 1.69
ZnO 0.1%	8	59.03 \pm 2.27	52.58 \pm 2.82	50.77 \pm 3.16	50.80 \pm 3.72	49.64 \pm 3.89	48.68 \pm 3.74

pp = posparto, n = número de animales, Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc.

Cuadro 11.
Consumo mensual de alimento de borregas suplementadas con zinc
Kilogramos en Base Seca

Fuente de zinc		Mayo			Junio			Julio			Agosto		
		F	C	Total									
ZnO 0.1%	CMT	231.26	151.94	383.20	252.14	154.75	406.90	321.00	299.58	620.59	195.32	183.84	379.16
	CXD	7.71	5.06	12.77	8.40	5.16	13.56	10.35	9.66	20.02	10.85	10.21	21.06
	CXA	0.964	0.633	1.597	1.051	0.645	1.695	1.294	1.208	2.502	1.356	1.277	2.633
	%PV	1.63	1.07	2.70	2.00	1.23	3.23	2.56	2.39	4.95	2.72	2.56	5.28
Met-Zn 0.5%	CMT	300.90	188.31	489.21	315.28	176.40	491.68	359.74	346.89	706.63	219.27	211.48	430.75
	CXD	10.03	6.28	16.31	10.51	5.88	16.39	11.60	11.19	22.79	12.18	11.75	23.93
	CXA	1.003	0.628	1.631	1.168	0.653	1.821	1.289	1.243	2.533	1.354	1.305	2.659
	%PV	1.57	0.98	2.55	2.05	1.15	3.20	2.41	2.32	4.73	2.65	2.56	5.21
ZnO 0.5%	CMT	327.35	191.16	518.51	350.54	194.07	544.62	470.46	370.47	840.93	278.98	227.30	506.28
	CXD	10.91	6.37	17.28	11.68	6.47	18.15	15.18	11.95	27.13	15.50	12.63	28.13
	CXA	1.091	0.637	1.728	1.168	0.647	1.815	1.518	1.195	2.713	1.550	1.263	2.813
	%PV	1.74	1.02	2.76	2.26	1.25	3.51	3.08	2.43	5.51	3.21	2.62	5.83

F = forraje, C = concentrado, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc, Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, CMT = consumo mensual total, CXD = consumo promedio por día, CXA = consumo promedio por animal, %PV = porcentaje del peso vivo promedio de los animales.

Cuadro 12.

Consumo diario estimado de sal mineral (g) al mes por corral de borregas suplementadas con zinc

Fuente de zinc	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Met-Zn 0.5%	133.33	133.34	209.68	193.55
ZnO 0.5%	100.00	166.67	161.29	161.29
ZnO 0.1%	100.00	116.67	209.68	129.03

Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc.

Cuadro 13.

Consumo diario estimado de zinc (mg) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con zinc *

Fuente de zinc	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Met-Zn 0.5%	606.65	606.68	954.02	880.63
ZnO 0.5%	482.50	804.18	778.23	778.22
ZnO 0.1%	82.60	96.37	173.20	106.58

*De acuerdo al análisis de minerales hecho a las sales
Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc.

Cuadro 14.

Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$) \pm error estándar, en base seca, en heces de borregas suplementadas con zinc

Fuente de zinc	n	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
Met-Zn 0.5%	9	364.29 \pm 60.99	313.33 \pm 37.05	389.22 \pm 40.26	376.58 \pm 71.89	423.14 \pm 47.29
ZnO 0.5%	10	279.54 \pm 59.95	458.46 \pm 71.74	155.97 \pm 28.43	304.44 \pm 47.17	222.69 \pm 46.93
ZnO 0.1%	8	119.91 \pm 6.00	63.81 \pm 11.77	83.33 \pm 4.21	88.37 \pm 9.92	75.84 \pm 6.13

pp = posparto, n = número de animales, Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc.

Cuadro 15.

Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$) \pm error estándar, en base húmeda, en sangre completa de borregas suplementadas con zinc

Fuente de zinc	n	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
Met-Zn 0.5%	9	4.27 \pm 0.20	4.06 \pm 0.05	4.33 \pm 0.05	3.93 \pm 0.27	4.19 \pm 0.21
ZnO 0.5%	10	4.45 \pm 0.24	4.35 \pm 0.57	3.92 \pm 0.01	4.44 \pm 0.57	4.36 \pm 0.29
ZnO 0.1%	8	4.12 \pm 0.05	3.66 \pm 0.06	3.87 \pm 0.20	4.83 \pm 1.23	4.11 \pm 0.09

pp = posparto, n = número de animales, Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc.

Cuadro 16.

Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$) \pm error estándar, en base seca, en pelo de borregas suplementadas con zinc

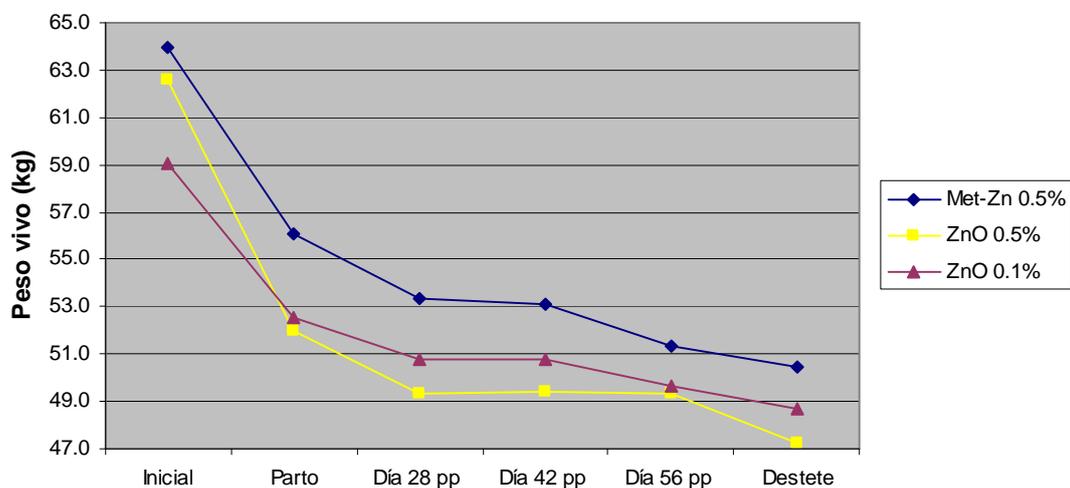
Fuente de zinc	n	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
Met-Zn 0.5%	9	117.60 \pm 10.26	178.85 \pm 51.60	193.82 \pm 43.30	207.18 \pm 40.14	208.59 \pm 19.90
ZnO 0.5%	10	113.81 \pm 31.14	179.26 \pm 31.47	181.27 \pm 30.41	198.06 \pm 37.70	120.33 \pm 9.39
ZnO 0.1%	8	177.06 \pm 70.64	116.47 \pm 11.38	182.61 \pm 55.55	121.77 \pm 8.30	108.56 \pm 5.00

pp = posparto, n = número de animales, Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc.

GRÁFICAS

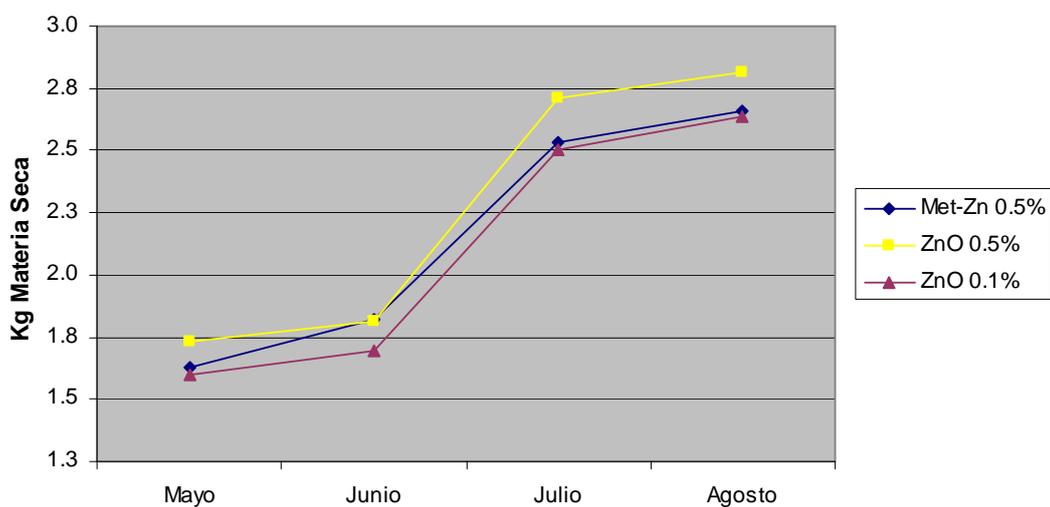
- **Gráfica 1:** Peso vivo promedio de borregas suplementadas con zinc.
- **Gráfica 2:** Consumo diario estimado individual de materia seca al mes de borregas suplementadas con zinc.
- **Gráfica 3:** Consumo mensual de materia seca expresado como porcentaje del peso vivo promedio de borregas suplementadas con zinc.
- **Gráfica 4:** Consumo diario estimado individual (g) al mes de sal mineral de borregas suplementadas con zinc.
- **Gráfica 5:** Consumo diario estimado individual al mes de zinc (mg), por concepto de sal mineral, de borregas suplementadas con zinc.
- **Gráfica 6:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$) en heces de borregas suplementadas con zinc.
- **Gráfica 7:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$) en sangre completa de borregas suplementadas con zinc.
- **Gráfica 8:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$) en pelo de borregas suplementadas con zinc.

Peso vivo (kg) de las borregas por tratamiento a lo largo del experimento



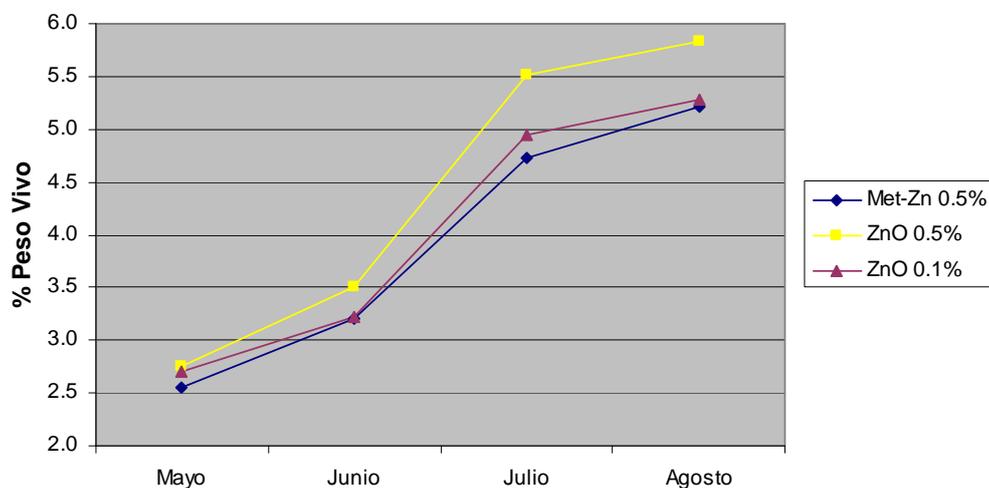
Gráfica 1. Peso vivo promedio de borregas suplementadas con zinc.

Consumo diario estimado individual de materia seca al mes de borregas suplementadas con zinc



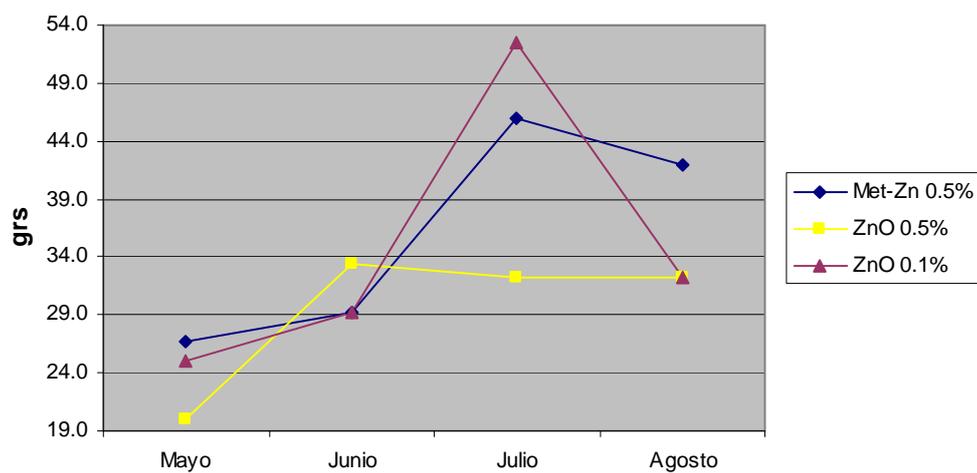
Gráfica 2. Consumo diario estimado individual de materia seca al mes de borregas suplementadas con zinc.

Consumo mensual de materia seca expresado como porcentaje del peso vivo promedio de borregas suplementadas con zinc



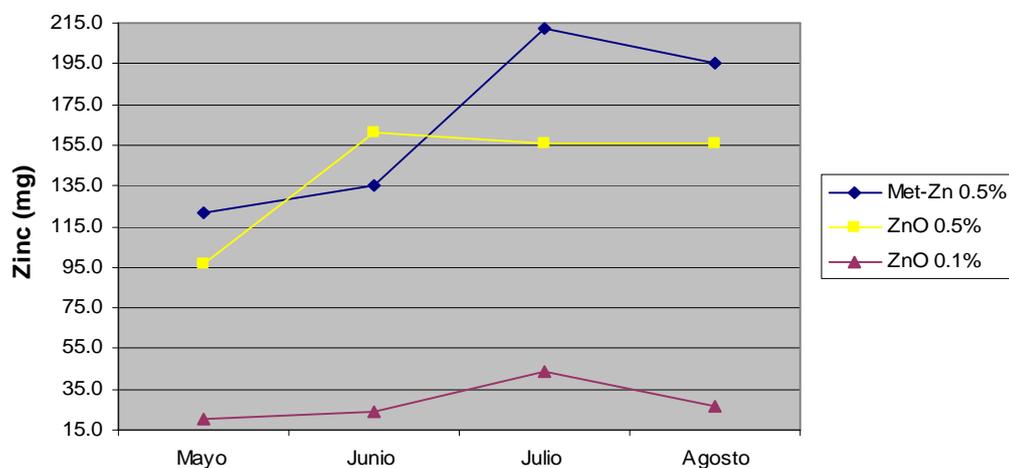
Gráfica 3. Consumo mensual de materia seca expresado como porcentaje del peso vivo promedio de borregas suplementadas con zinc.

Consumo diario estimado por mes de sal mineral de borregas suplementadas con zinc



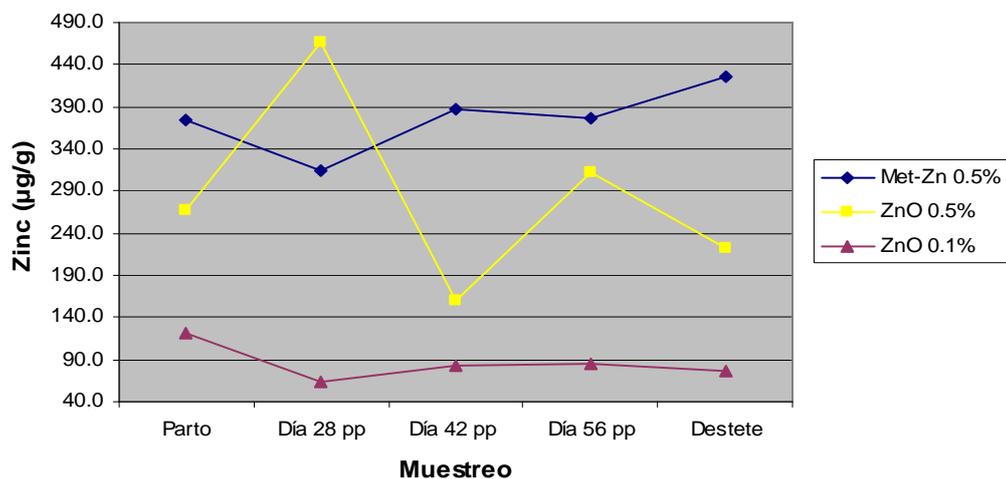
Gráfica 4. Consumo diario estimado individual (g) al mes de sal mineral de borregas suplementadas con zinc.

Consumo diario estimado de zinc por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con zinc



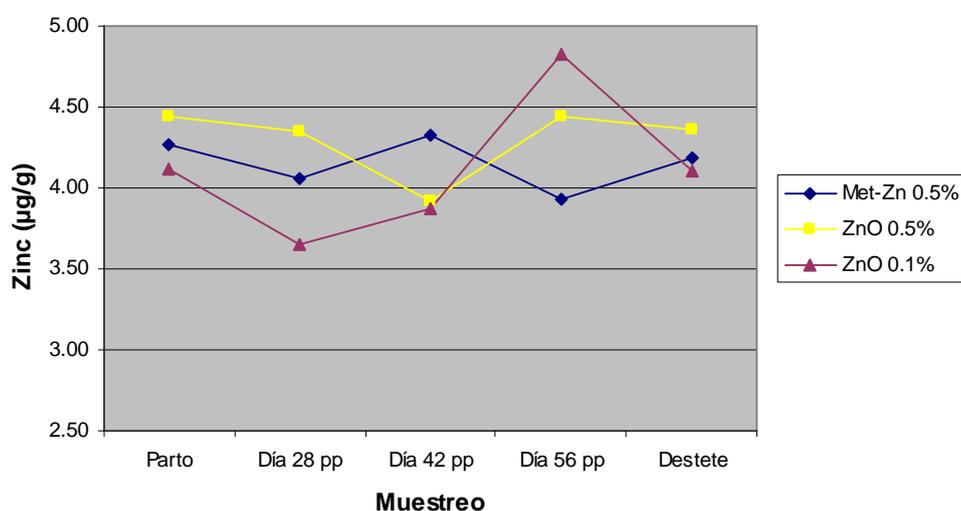
Gráfica 5. Consumo diario estimado individual al mes de zinc (mg), por concepto de sal mineral, de borregas suplementadas con zinc.

Concentración de zinc ($\mu\text{g/g}$) en heces de borregas suplementadas con zinc



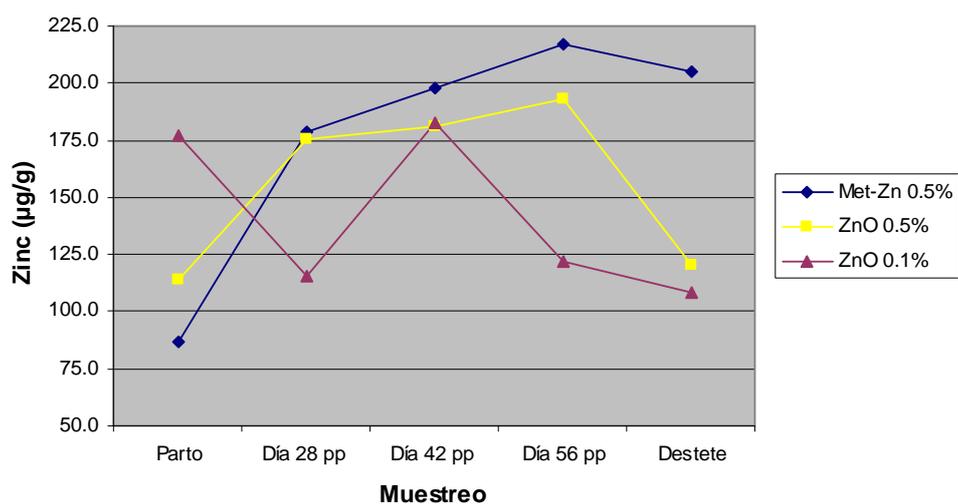
Gráfica 6. Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$) en heces de borregas suplementadas con zinc.

Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$) en sangre completa de borregas suplementadas con zinc



Gráfica 7. Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$) en sangre completa de borregas suplementadas con zinc.

Concentración de zinc ($\mu\text{g/g}$) en pelo de borregas suplementadas con zinc



Gráfica 8. Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$) en pelo de borregas suplementadas con zinc.

ANEXO 1: Resultados por corral y por tratamiento

- **Cuadro 1:** Concentración promedio de minerales, en base seca, en heces de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 2:** Concentración promedio de minerales, en base seca, en heces de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 3:** Concentración promedio de minerales, en base seca, en heces de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%.
- **Cuadro 4:** Concentración promedio de minerales, en base húmeda, en sangre completa de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 5:** Concentración promedio de minerales, en base húmeda, en sangre completa de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 6:** Concentración promedio de minerales, en base húmeda, en sangre completa de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%.
- **Cuadro 7:** Concentración promedio de minerales, en base seca, en pelo de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 8:** Concentración promedio de minerales, en base seca, en pelo de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 9:** Concentración promedio de minerales, en base seca, en pelo de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%.

- **Cuadro 10:** Peso vivo promedio (kg) de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 11:** Peso vivo promedio (kg) de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 12:** Peso vivo promedio (kg) de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%.
- **Cuadro 13:** Consumo estimado de sal, antes del parto (2 - 31 de mayo), de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 14:** Consumo estimado de sal, durante los partos (1 - 30 de junio), de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 15:** Consumo estimado de sal, después del parto (1 - 31 de julio), de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 16:** Consumo estimado de sal, después del parto (1 - 18 de agosto), de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 17:** Consumo diario estimado de zinc (mg) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 18:** Consumo diario estimado de zinc (mg) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 19:** Consumo diario estimado de zinc (mg) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%.
- **Cuadro 20:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base seca, en heces de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%.

- **Cuadro 21:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base seca, en heces de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 22:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base seca, en heces de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%.
- **Cuadro 23:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base húmeda, en sangre completa de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 24:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base húmeda, en sangre completa de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 25:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base húmeda, en sangre completa de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%.
- **Cuadro 26:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base seca, en pelo de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 27:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base seca, en pelo de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 28:** Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base seca, en pelo de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%.

Cuadro 1.

Concentración promedio de minerales, en base seca, en heces de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%

	Zinc $\mu\text{g/g}$	Cobre $\mu\text{g/g}$	Manganeso $\mu\text{g/g}$	Calcio %	Fósforo %
x C 1	1526.56	33.85	116.92	2.07	1.77
x C 2	1558.34	36.96	97.12	2.38	1.87
x \pm E E	1540.18 \pm 236.76	35.18 \pm 5.24	108.43 \pm 11.84	2.20 \pm 0.19	1.81 \pm 0.20
C V %	1.46	6.20	13.08	9.86	3.95

x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 2.

Concentración promedio de minerales, en base seca, en heces de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%

	Zinc $\mu\text{g/g}$	Cobre $\mu\text{g/g}$	Manganeso $\mu\text{g/g}$	Calcio %	Fósforo %
x C 1	1167.04	40.90	102.05	1.66	1.88
x C 2	1363.21	51.92	140.85	1.76	1.87
x \pm E E	1254.23 \pm 182.8	45.80 \pm 6.87	119.30 \pm 12.29	1.70 \pm 0.16	1.88 \pm 0.13
C V %	10.96	16.79	22.59	3.94	0.54

x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 3.

Concentración promedio de minerales, en base seca, en heces de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%

	Zinc $\mu\text{g/g}$	Cobre $\mu\text{g/g}$	Manganeso $\mu\text{g/g}$	Calcio %	Fósforo %
x C 1	467.22	4.40	41.09	2.32	1.27
x C 2	427.01	16.31	71.96	2.37	2.04
x \pm E E	433.77 \pm 85.54	11.35 \pm 4.41	59.10 \pm 9.74	2.35 \pm 0.29	1.72 \pm 0.24
C V %	6.36	81.38	38.61	1.70	32.82

x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 4.

Concentración promedio de minerales, en base húmeda, en sangre completa de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%

	Zinc $\mu\text{g/g}$	Cobre $\mu\text{g/g}$	Manganeso $\mu\text{g/g}$	Calcio %	Fósforo %
x C 1	4.39	0.70	0.040	0.014	0.15
x C 2	4.35	0.68	0.036	0.014	0.14
x \pm E E	4.37 \pm 0.10	0.69 \pm 0.03	0.038 \pm 0.01	0.014 \pm 0.00	0.15 \pm 0.01
C V %	0.62	2.00	7.66	2.57	7.30

x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 5.

Concentración promedio de minerales, en base húmeda, en sangre completa de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%

	Zinc $\mu\text{g/g}$	Cobre $\mu\text{g/g}$	Manganeso $\mu\text{g/g}$	Calcio %	Fósforo %
x C 1	4.70	0.74	0.065	0.013	0.16
x C 2	4.31	0.62	0.048	0.013	0.11
x \pm E E	4.53 \pm 0.09	0.68 \pm 0.02	0.057 \pm 0.00	0.013 \pm 0.00	0.13 \pm 0.01
C V %	6.07	12.36	21.66	1.37	25.72

x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 6.

Concentración promedio de minerales, en base húmeda, en sangre completa de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%

	Zinc $\mu\text{g/g}$	Cobre $\mu\text{g/g}$	Manganeso $\mu\text{g/g}$	Calcio %	Fósforo %
x C 1	4.07	0.69	0.038	0.013	0.09
x C 2	3.80	0.62	0.021	0.013	0.15
x \pm E E	3.94 \pm 0.14	0.65 \pm 0.03	0.030 \pm 0.01	0.013 \pm 0.00	0.13 \pm 0.01
C V %	4.85	6.92	40.46	5.17	31.76

x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 7.

Concentración promedio de minerales, en base seca, en pelo de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%

	Zinc $\mu\text{g/g}$	Cobre $\mu\text{g/g}$	Manganeso $\mu\text{g/g}$
x C 1	276.66	10.72	8.24
x C 2	164.99	6.34	5.90
x \pm E E	220.83 \pm 22.50	8.53 \pm 0.72	7.07 \pm 1.02
C V %	35.76	32.79	23.33

x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 8.

Concentración promedio de minerales, en base seca, en pelo de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%

	Zinc $\mu\text{g/g}$	Cobre $\mu\text{g/g}$	Manganeso $\mu\text{g/g}$
x C 1	154.62	9.86	8.20
x C 2	139.29	7.88	11.25
x \pm E E	147.81 \pm 5.52	8.98 \pm 0.73	9.55 \pm 1.38
C V %	7.37	15.82	22.18

x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 9.

Concentración promedio de minerales, en base seca, en pelo de corderos al destete nacidos de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%

	Zinc $\mu\text{g/g}$	Cobre $\mu\text{g/g}$	Manganeso $\mu\text{g/g}$
x C 1	144.82	7.66	4.15
x C 2	169.31	9.48	5.30
x \pm E E	158.82 \pm 11.74	8.70 \pm 0.68	4.81 \pm 0.58
C V %	11.02	15.01	17.30

x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 10.

Peso vivo promedio (kg) de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%

	Inicial	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
x C 1	68.63	58.25	54.80	54.38	53.58	52.35
x C 2	59.22	53.99	51.89	51.79	49.15	48.53
x ± E E	63.92 ± 4.36	56.12 ± 3.61	53.35 ± 3.91	53.08 ± 3.68	51.36 ± 3.83	50.44 ± 3.68
C V %	10.40	5.37	3.86	3.44	6.09	5.36

pp = posparto, x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x = promedio por tratamiento, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 11.

Peso vivo promedio (kg) de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%

	Inicial	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
x C 1	60.19	50.10	47.41	47.55	47.61	45.78
x C 2	65.05	53.89	51.31	51.25	51.02	48.77
x ± E E	62.62 ± 1.77	52.00 ± 1.56	49.36 ± 2.01	49.40 ± 1.89	49.32 ± 1.85	47.28 ± 1.69
C V %	5.49	5.15	5.59	5.30	4.89	4.47

pp = posparto, x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x ± E E = promedio por tratamiento ± error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 12.

Peso vivo promedio (kg) de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%

	Inicial	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
x C 1	58.84	51.16	49.65	49.81	50.13	48.84
x C 2	59.22	53.99	51.89	51.79	49.15	48.53
x ± E E	59.03 ± 2.27	52.58 ± 2.82	50.77 ± 3.16	50.80 ± 3.72	49.64 ± 3.89	48.68 ± 3.74
C V %	0.46	3.80	3.12	2.75	1.39	0.45

pp = posparto, x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x ± E E = promedio por tratamiento ± error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 13.

Consumo estimado de sal, antes del parto (2 - 31 de mayo), de borregas suplementadas con zinc
Base Húmeda

	ZnO 0.1%			Met-Zn 0.5%			ZnO 0.5%		
	C 1	C 2	x	C 1	C 2	x	C 1	C 2	x
# animales	4	4		5	5		5	5	
CMT, kg	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00
CXD, g	100.00	100.00	100.00	133.33	133.33	133.33	100.00	100.00	100.00
CXA, g	25.00	25.00	25.00	26.67	26.67	26.67	20.00	20.00	20.00
CST						1.33			1.00

ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc, Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, x = promedio, C1 = corral 1, C2 = corral 2, CMT = consumo mensual total, CXD = consumo promedio por día, CXA = consumo promedio por animal, CST = consumo de sal en relación al testigo

Cuadro 14.

Consumo estimado de sal, durante los partos (1 - 30 de junio), de borregas suplementadas con zinc
Base Húmeda

	ZnO 0.1%			Met-Zn 0.5%			ZnO 0.5%		
	C 1	C 2	x	C 1	C 2	x	C 1	C 2	x
# animales	4	4		4	5		5	5	
CMT, kg	3.00	4.00	3.50	3.00	5.00	4.00	5.00	5.00	5.00
CXD, g	100.00	133.33	116.67	100.00	166.67	133.34	166.67	166.67	166.67
CXA, g	25.00	33.33	29.17	25.00	33.33	29.17	33.33	33.33	33.33
CST						1.14			1.43

ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc, Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, x = promedio, C1 = corral 1, C2 = corral 2, CMT = consumo mensual total, CXD = consumo promedio por día, CXA = consumo promedio por animal, CST = consumo de sal en relación al testigo

Cuadro 15.

Consumo estimado de sal, después del parto (1 - 31 de julio), de borregas suplementadas con zinc
Base Húmeda

	ZnO 0.1%			Met-Zn 0.5%			ZnO 0.5%		
	C 1	C 2	x	C 1	C 2	x	C 1	C 2	x
# animales	4	4		4	5		5	5	
CMT, kg	6.00	7.00	6.50	5.00	8.00	6.50	4.00	6.00	5.00
CXD, g	193.55	225.81	209.68	161.29	258.06	209.68	129.03	193.55	161.29
CXA, g	48.39	56.45	52.42	40.32	51.61	45.97	25.81	38.71	32.26
CST						1.00			0.77

ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc, Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, x = promedio, C1 = corral 1, C2 = corral 2, CMT = consumo mensual total, CXD = consumo promedio por día, CXA = consumo promedio por animal, CST = consumo de sal en relación al testigo

Cuadro 16.

Consumo estimado de sal, después del parto (1 - 18 de agosto), de borregas suplementadas con zinc Base Húmeda

	ZnO 0.1%			Met-Zn 0.5%			ZnO 0.5%		
	C 1	C 2	x	C 1	C 2	x	C 1	C 2	x
# animales	4	4		4	5		5	5	
CMT, kg	3.00	5.00	4.00	4.00	8.00	6.00	5.00	5.00	5.00
CXD, g	96.77	161.29	129.03	129.03	258.06	193.55	161.29	161.29	161.29
CXA, g	24.19	40.32	32.26	32.26	51.61	41.94	32.26	32.26	32.26
CST						1.50			1.25

ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc, Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, x = promedio, C1 = corral 1, C2 = corral 2, CMT = consumo mensual total, CXD = consumo promedio por día, CXA = consumo promedio por animal, CST = consumo de sal en relación al testigo

Cuadro 17.

Consumo diario estimado de zinc (mg) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%*

	Mayo	Junio	Julio	Agosto
x C 1	606.65	455.00	733.87	587.09
x C 2	606.65	758.35	1174.17	1174.17
x	606.65	606.67	954.02	880.63
C V %	0.00	35.36	32.63	47.14

* De acuerdo al análisis de laboratorio

x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x = promedio por tratamiento, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 18.

Consumo diario estimado de zinc (mg) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%*

	Mayo	Junio	Julio	Agosto
x C 1	482.50	804.18	622.57	778.22
x C 2	482.50	804.18	933.88	778.22
x	482.50	804.18	778.22	778.22
C V %	0.00	0.00	28.29	0.00

* De acuerdo al análisis de laboratorio

x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x = promedio por tratamiento, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 19.

Consumo diario estimado de zinc (mg) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%

	Mayo	Junio	Julio	Agosto
x C 1	82.60	82.60	159.87	79.93
x C 2	82.60	110.13	186.52	133.23
x	82.60	96.37	173.20	106.58
C V %	0.00	20.20	10.88	35.36

* De acuerdo al análisis de laboratorio

x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x = promedio por tratamiento, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 20.

Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base seca, en heces de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%

	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
x C 1	471.39	322.00	373.40	476.73	454.21
x C 2	278.61	304.66	401.85	276.42	398.27
x \pm E E	364.29 \pm 60.99	313.33 \pm 37.05	389.22 \pm 40.26	376.58 \pm 71.89	423.14 \pm 47.29
C V %	36.35	3.91	5.18	37.61	9.28

pp = posparto, x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 21.

Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base seca, en heces de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%

	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
x C 1	305.61	411.39	128.55	386.20	304.04
x C 2	227.40	521.22	190.25	239.04	141.34
x \pm E E	279.54 \pm 59.95	458.46 \pm 71.74	155.97 \pm 28.43	304.44 \pm 47.17	222.69 \pm 46.93
C V %	20.75	16.65	27.37	33.29	51.66

pp = posparto, x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 22.

Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base seca, en heces de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%

	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
x C 1	116.11	68.21	86.48	109.16	79.12
x C 2	124.99	60.87	79.14	60.65	72.56
x \pm E E	119.91 \pm 6.00	63.81 \pm 11.77	83.33 \pm 4.21	88.37 \pm 9.92	75.84 \pm 6.13
C V %	5.21	8.04	6.27	40.40	6.12

pp = posparto, x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 23.

Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base húmeda, en sangre completa de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%

	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
x C 1	4.47	4.11	4.28	4.19	3.98
x C 2	4.06	4.01	4.38	3.66	4.39
x \pm E E	4.27 \pm 0.20	4.06 \pm 0.05	4.33 \pm 0.05	3.93 \pm 0.27	4.19 \pm 0.21
C V %	6.80	1.74	1.63	9.55	6.93

pp = posparto, x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 24.

Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base húmeda, en sangre completa de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%

	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
x C 1	4.20	3.78	3.93	5.01	4.07
x C 2	4.69	4.92	3.91	3.87	4.65
x \pm E E	4.45 \pm 0.24	4.35 \pm 0.57	3.92 \pm 0.01	4.44 \pm 0.57	4.36 \pm 0.29
C V %	7.79	18.53	0.36	18.16	9.41

pp = posparto, x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 25.

Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base húmeda, en sangre completa de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%

	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
x C 1	4.17	3.72	4.07	3.60	4.01
x C 2	4.07	3.59	3.67	6.05	4.20
x \pm E E	4.12 \pm 0.05	3.66 \pm 0.06	3.87 \pm 0.20	4.83 \pm 1.23	4.11 \pm 0.09
C V %	1.72	2.52	7.31	35.90	3.27

pp = posparto, x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 26.

Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base seca, en pelo de borregas suplementadas con metionina de zinc al 0.5%

	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
x C 1	104.69	124.37	231.40	169.15	176.61
x C 2	68.73	233.34	163.78	264.23	234.18
x \pm E E	117.70 \pm 10.26	178.85 \pm 51.60	193.82 \pm 43.30	207.18 \pm 40.14	208.59 \pm 19.90
C V %	29.32	43.08	24.19	31.03	19.82

pp = posparto, x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 27.

Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base seca, en pelo de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.5%

	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
x C 1	68.73	211.98	186.74	147.52	105.74
x C 2	158.90	138.37	175.80	238.49	134.91
x \pm E E	113.81 \pm 31.14	179.26 \pm 31.47	181.27 \pm 30.41	198.06 \pm 37.70	120.33 \pm 9.39
C V %	56.02	29.71	4.27	33.33	17.14

pp = posparto, x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

Cuadro 28.

Concentración promedio de zinc ($\mu\text{g/g}$), en base seca, en pelo de borregas suplementadas con óxido de zinc al 0.1%

	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
x C 1	110.18	123.39	193.80	123.66	110.03
x C 2	243.94	107.24	171.40	119.87	107.10
x \pm E E	177.06 \pm 70.64	116.47 \pm 11.38	182.61 \pm 55.55	121.77 \pm 8.30	108.56 \pm 5.00
C V %	53.42	9.90	8.69	2.20	1.91

pp = posparto, x C1= Promedio corral 1, x C2 = Promedio corral 2, x \pm E E = promedio por tratamiento \pm error estándar, CV % = coeficiente de variación en porcentaje

ANEXO 2: Concentraciones en heces, sangre, pelo y consumos de calcio, fósforo, cobre y manganeso en borregas por tratamiento

- **Cuadro 1.** Concentración promedio de minerales \pm error estándar, en base seca, en heces de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 2.** Concentración promedio de minerales \pm error estándar, en base húmeda, en sangre completa de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 3.** Concentración promedio de minerales \pm error estándar, en base seca, en pelo de borregas por suplementadas con zinc.
- **Cuadro 4:** Consumo diario estimado de calcio (g) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 5:** Consumo diario estimado de fósforo (g) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 6:** Consumo diario estimado de cobre (mg) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con zinc.
- **Cuadro 7:** Consumo diario estimado de manganeso (mg) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con zinc.

Cuadro 1.
Concentración promedio de minerales \pm error estándar, en base seca, en heces de borregas suplementadas con zinc

Fuente de zinc	Mineral	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
ZnO 0.1%	Calcio, %	0.919 \pm 0.23	1.449 \pm 0.38	1.763 \pm 0.14	1.556 \pm 0.25	1.190 \pm 0.15
	Fósforo, %	1.138 \pm 0.28	0.990 \pm 0.23	1.228 \pm 0.10	1.171 \pm 0.17	0.957 \pm 0.15
	Cobre, $\mu\text{g/g}$	19.02 \pm 8.00	7.01 \pm 2.04	10.84 \pm 0.71	6.96 \pm 1.46	7.85 \pm 1.11
	Manganeso, $\mu\text{g/g}$	67.22 \pm 8.92	54.76 \pm 12.60	79.88 \pm 8.25	46.95 \pm 6.96	40.01 \pm 4.38
Met-Zn 0.5%	Calcio, %	1.066 \pm 0.17	1.249 \pm 0.15	1.142 \pm 0.14	1.513 \pm 0.17	1.127 \pm 0.11
	Fósforo, %	1.083 \pm 0.18	1.582 \pm 0.19	1.428 \pm 0.17	1.537 \pm 0.17	1.029 \pm 0.09
	Cobre, $\mu\text{g/g}$	13.63 \pm 4.60	23.01 \pm 3.01	20.39 \pm 3.46	19.54 \pm 4.29	26.04 \pm 2.18
	Manganeso, $\mu\text{g/g}$	85.56 \pm 13.02	105.39 \pm 7.87	98.16 \pm 10.63	74.03 \pm 3.05	73.06 \pm 7.12
ZnO 0.5%	Calcio, %	1.031 \pm 0.18	1.173 \pm 0.18	0.680 \pm 0.07	1.278 \pm 0.24	0.747 \pm 0.14
	Fósforo, %	0.945 \pm 0.16	1.208 \pm 0.26	1.023 \pm 0.07	1.233 \pm 0.26	0.998 \pm 0.09
	Cobre, $\mu\text{g/g}$	12.41 \pm 2.92	25.04 \pm 7.15	12.60 \pm 2.08	22.77 \pm 6.32	20.94 \pm 3.99
	Manganeso, $\mu\text{g/g}$	86.37 \pm 13.17	108.08 \pm 18.25	65.51 \pm 7.63	87.68 \pm 14.58	62.35 \pm 8.52

ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc, Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, pp = posparto.

Cuadro 2.
Concentración promedio de minerales \pm error estándar, en base húmeda, en sangre completa de borregas suplementadas con zinc

Fuente de zinc	Mineral	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
ZnO 0.1%	Calcio, %	0.0105 \pm 0.00	0.0120 \pm 0.00	0.0125 \pm 0.00	0.0135 \pm 0.00	0.0125 \pm 0.00
	Fósforo, %	0.098 \pm 0.00	0.086 \pm 0.00	0.095 \pm 0.01	0.076 \pm 0.00	0.103 \pm 0.01
	Cobre, $\mu\text{g/g}$	0.425 \pm 0.05	0.505 \pm 0.06	0.550 \pm 0.01	0.660 \pm 0.03	0.630 \pm 0.01
	Manganeso, $\mu\text{g/g}$	0.010 \pm 0.00	0.035 \pm 0.00	0.025 \pm 0.00	0.000 \pm 0.00	0.000 \pm 0.00
Met-Zn 0.5%	Calcio, %	0.0125 \pm 0.00	0.0125 \pm 0.00	0.0125 \pm 0.00	0.0125 \pm 0.00	0.0120 \pm 0.00
	Fósforo, %	0.116 \pm 0.01	0.093 \pm 0.01	0.098 \pm 0.01	0.097 \pm 0.00	0.094 \pm 0.01
	Cobre, $\mu\text{g/g}$	0.435 \pm 0.05	0.510 \pm 0.03	0.585 \pm 0.03	0.600 \pm 0.00	0.585 \pm 0.06
	Manganeso, $\mu\text{g/g}$	0.030 \pm 0.01	0.025 \pm 0.00	0.010 \pm 0.01	0.000 \pm 0.00	0.000 \pm 0.00
ZnO 0.5%	Calcio, %	0.0125 \pm 0.00	0.0140 \pm 0.00	0.0130 \pm 0.00	0.0135 \pm 0.00	0.0125 \pm 0.00
	Fósforo, %	0.089 \pm 0.01	0.094 \pm 0.01	0.085 \pm 0.00	0.080 \pm 0.00	0.120 \pm 0.01
	Cobre, $\mu\text{g/g}$	0.475 \pm 0.00	0.595 \pm 0.04	0.615 \pm 0.05	0.695 \pm 0.06	0.655 \pm 0.03
	Manganeso, $\mu\text{g/g}$	0.025 \pm 0.00	0.025 \pm 0.00	0.000 \pm 0.00	0.000 \pm 0.00	0.000 \pm 0.00

ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc, Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, pp = posparto. El error estándar se redondeó a dos decimales.

Cuadro 3.Concentración promedio de minerales \pm error estándar, en base seca, en pelo de borregas suplementadas con zinc

Fuente de zinc	Mineral	Al parto	Día 28 pp	Día 42 pp	Día 56 pp	Destete
ZnO 0.1%	Cobre, $\mu\text{g/g}$	7.57 ± 1.20	8.53 ± 0.83	26.96 ± 9.51	11.08 ± 1.20	9.77 ± 1.29
	Manganeso, $\mu\text{g/g}$	2.13 ± 0.53	4.87 ± 0.89	6.44 ± 2.73	2.74 ± 0.27	3.58 ± 0.55
Met-Zn 0.5%	Cobre, $\mu\text{g/g}$	5.75 ± 0.33	14.07 ± 3.96	18.97 ± 5.75	32.78 ± 18.73	11.58 ± 1.73
	Manganeso, $\mu\text{g/g}$	1.66 ± 0.40	5.78 ± 2.14	4.60 ± 1.12	3.04 ± 0.42	5.33 ± 0.73
ZnO 0.5%	Cobre, $\mu\text{g/g}$	7.67 ± 1.50	22.92 ± 6.70	22.13 ± 3.43	60.27 ± 3.43	13.53 ± 2.18
	Manganeso, $\mu\text{g/g}$	1.84 ± 0.43	5.89 ± 1.29	7.88 ± 3.24	25.15 ± 17.75	13.28 ± 3.33

ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc, Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, pp = posparto.

Cuadro 4.

Consumo diario estimado de calcio (g) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con zinc *

Fuente de zinc	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Met-Zn 0.5%	16.80	16.80	26.42	24.39
ZnO 0.5%	12.30	20.50	19.84	19.84
ZnO 0.1%	17.60	20.53	36.90	22.71

*De acuerdo al análisis de laboratorio

Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc.

Cuadro 5.

Consumo diario estimado de fósforo (g) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con zinc *

Fuente de zinc	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Met-Zn 0.5%	7.88	7.88	12.39	11.44
ZnO 0.5%	6.71	11.18	10.82	10.82
ZnO 0.1%	5.73	6.69	12.01	7.39

*De acuerdo al análisis de laboratorio

Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc.

Cuadro 6.

Consumo diario estimado de cobre (mg) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con zinc *

Fuente de zinc	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Met-Zn 0.5%	133.33	133.34	209.68	193.55
ZnO 0.5%	100.00	166.67	161.29	161.29
ZnO 0.1%	100.00	116.67	209.68	129.03

*De acuerdo a la fórmula

Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc.

Cuadro 7.

Consumo diario estimado de manganeso (mg) por corral por concepto de sal mineral de borregas suplementadas con zinc *

Fuente de zinc	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Met-Zn 0.5%	569.99	570.01	896.36	827.40
ZnO 0.5%	427.50	712.51	689.51	689.51
ZnO 0.1%	427.50	498.74	896.38	551.60

*De acuerdo a la fórmula

Met-Zn 0.5% = metionina de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.5% = óxido de zinc con 0.5% de zinc, ZnO 0.1% = óxido de zinc con 0.1% de zinc.

ANEXO 3: Fórmulas de las sales minerales utilizadas en el trabajo

- **Cuadro 1:** Fórmula de la sal con metionina de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 2:** Fórmula de la sal con óxido de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 3:** Fórmula de la sal con óxido de zinc al 0.1%.

Cuadro 1.

Fórmula de la sal con metionina de zinc
al 0.5%

Calcio	14.10%
Fósforo	8.32%
Magnesio	1.99%
Hierro	0.0875%
Iodo	0.0048%
Potasio	0.20%
Zinc	0.50%
Cobre	0.10%
Cobalto	0.0025%
Manganeso	0.4275%

Cuadro 2.

Fórmula de la sal con óxido de zinc al
0.5%

Calcio	14.10%
Fósforo	8.32%
Magnesio	1.99%
Hierro	0.0875%
Iodo	0.0048%
Potasio	0.20%
Zinc	0.50%
Cobre	0.10%
Cobalto	0.0025%
Manganeso	0.4275%

Cuadro 3.

Fórmula de la sal con óxido de zinc al
0.1%

Calcio	14.10%
Fósforo	8.32%
Magnesio	1.99%
Hierro	0.0875%
Iodo	0.0048%
Potasio	0.20%
Zinc	0.10%
Cobre	0.10%
Cobalto	0.0025%
Manganeso	0.4275%

ANEXO 4: Análisis de laboratorio realizados a los alimentos

- **Cuadro 1:** Determinación de minerales para la sal con metionina de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 2:** Determinación de minerales para la sal con óxido de zinc al 0.5%.
- **Cuadro 3:** Determinación de minerales para la sal con óxido de zinc al 0.1%.
- **Cuadro 4:** Análisis Químico Inmediato del concentrado ofrecido a los animales.
- **Cuadro 5:** Determinación de minerales del concentrado ofrecido a los animales.
- **Cuadro 6:** Primer Análisis Químico Inmediato del forraje ofrecido a los animales.
- **Cuadro 7:** Primer Análisis de Fracciones de la Fibra (Van Soest) del forraje ofrecido a los animales.
- **Cuadro 8:** Primera determinación de minerales del forraje ofrecido a los animales.
- **Cuadro 9:** Segundo Análisis Químico Inmediato del forraje ofrecido a los animales.
- **Cuadro 10:** Segundo Análisis de Fracciones de la Fibra (Van Soest) del forraje ofrecido a los animales.
- **Cuadro 11:** Segunda determinación de minerales del forraje ofrecido a los animales.

Cuadro 1.

Determinación de minerales para la sal con metionina de zinc al 0.5%

Calcio, %	12.60
Fósforo, %	5.91
Zinc, ppm	4550

Cuadro 2.

Determinación de minerales para la sal con óxido de zinc al 0.5%

Calcio, %	12.30
Fósforo, %	6.71
Zinc, ppm	4825

Cuadro 3.

Determinación de minerales para la sal con óxido de zinc al 0.1%

Calcio, %	17.60
Fósforo, %	5.73
Zinc, ppm	826

Cuadro 4.

Análisis Químico Inmediato del concentrado ofrecido a los animales

	Base Húmeda	Base 90	Base 100
Materia seca, %	92.51	90.00	100.00
Humedad, %	7.49	10.00	0.00
Proteína Cruda, %	19.37	18.84	20.94
Extracto Etéreo, %	4.94	4.80	5.34
Cenizas, %	3.96	3.86	4.29
Fibra Cruda, %	1.55	1.51	1.68
Extracto Libre de Nitrógeno,%	62.69	60.99	67.76
T.N.D, %	81.72	79.50	88.34
E.D. kcal/kg (aprox.)	3603.15	3505.32	3894.80
E.M. kcal/kg (aprox.)	2954.27	2874.06	3193.40

Cuadro 5.
Determinación de minerales del
concentrado ofrecido a los animales *

Calcio, %	0.52
Fósforo, %	0.31
Zinc, ppm	51

* Los resultados se expresan en base seca

Cuadro 6.
Primer Análisis Químico Inmediato del forraje ofrecido a los animales*

	Base Húmeda	Base 90	Base 100
Materia seca, %	33.55	90.00	100.00
Humedad, %	66.45	10.00	0.00
Proteína Cruda, %	0.54	1.46	1.62
Extracto Etéreo, %	2.24	6.01	6.68
Cenizas, %	1.47	3.95	4.39
Fibra Cruda, %	8.16	21.90	24.33
Extracto Libre de Nitrógeno, %	21.13	56.69	62.99
T.N.D, %	24.87	66.73	74.14
E.D. kcal/kg (aprox.)	1096.60	2941.92	3268.80
E.M. kcal/kg (aprox.)	899.11	2412.12	2680.13

* Al inicio del trabajo (mayo)

Cuadro 7.
Primer Análisis de Fracciones de la Fibra (Van
Soest) del forraje ofrecido a los animales *

Fibra Neutro Detergente, %	78.26
Contenido Celular, %	21.74
Fibra Ácido Detergente, %	41.23
Hemicelulosa, %	37.03
Celulosa, %	30.60
Lignina, %	9.53

* Al inicio del trabajo (mayo)

Cuadro 8.

Primera determinación de minerales del forraje ofrecido a los animales *

Calcio, %	1.12
Fósforo, %	0.095
Zinc, ppm	18.50

* Al inicio del trabajo (mayo), los resultados se expresan en base seca

Cuadro 9.

Segundo Análisis Químico Inmediato del forraje ofrecido a los animales*

	Base Húmeda	Base 90	Base 100
Materia seca, %	52.70	90.00	100.00
Humedad, %	47.30	10.00	0.00
Proteína Cruda, %	1.12	1.91	2.12
Extracto Etéreo, %	2.53	4.31	4.79
Cenizas, %	7.38	12.60	14.00
Fibra Cruda, %	15.96	27.25	30.28
Extracto Libre de Nitrógeno, %	25.73	43.93	48.81
T.N.D, %	33.23	56.74	63.05
E.D. kcal/kg (aprox.)	1465.00	2501.71	2779.68
E.M. kcal/kg (aprox.)	1201.17	2051.18	2279.09

* A la mitad del trabajo (julio)

Cuadro 10.

Segundo Análisis de Fracciones de la Fibra (Van Soest) del forraje ofrecido a los animales *

Fibra Neutro Detergente, %	72.94
Contenido Celular, %	27.06
Fibra Ácido Detergente, %	45.75
Hemicelulosa, %	27.19
Celulosa, %	32.27
Lignina, %	13.31

* A la mitad del trabajo (julio)

Cuadro 11.
Segunda determinación de minerales del
forraje ofrecido a los animales *

Calcio, %	0.52
Fósforo, %	0.15
Zinc, ppm	6

* A la mitad del trabajo (julio), los resultados se expresan en base seca