



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CABRAS SUPLEMENTADAS CON METIONINA DE ZINC VERSUS ÓXIDO DE ZINC

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

LINA CABRERA MUNCH

ASESORES: MVZ HUMBERTO TRONCOSO ALTAMIRANO.
MVZ JAVIER GUTIÉRREZ MOLOTLA.
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.

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a todas aquellas personas que directa e indirectamente hicieron posibles la realización de esta tesis.

A mis asesores Humberto Troncoso, Pedro Ochoa, y Javier Gutiérrez, por toda su invaluable ayuda y apoyo.

A mis sinodales por su paciencia y su guía.

Al Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA) Así como al Personal del Laboratorio de Bromatología y al Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ de la UNAM.

A mis amigos que estuvieron a mi lado en este camino tan largo: Alma, Efrén, Pedro, Saúl, Maritza, José David, José Luis, Sandra (incluida Erin en gestación) y especialmente a Heladio sin cuya ayuda no hubiera hecho nada.

A Adrián por estar conmigo hasta el final, apoyándome en todo (gracias amigo).

A Mauricio por su apoyo incondicional.

A mi Mami que es lo máximo en este mundo.

Y de manera muy especial a mis doce compañeras incasables que con infinita paciencia y disposición me enseñaron todo lo que ahora se.

CONTENIDO

	Paginas
.....	
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.	3
HIPÓTESIS	18
OBJETIVOS.	19
MATERIAL Y MÉTODOS.	20
ANIMALES.	20
ALIMENTACIÓN.	21
PRODUCCIÓN DE LECHE.	24
MUESTRAS DE SANGRE.	25
DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	25
RESULTADOS.	28
PRODUCCIÓN DE LECHE.	28
PRODUCCIÓN DE GRASA.	29
PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA.	29
CURVAS DE PRODUCCIÓN.	30
CURVA DE LACTANCIA.	32
CURVA DE GRASA.	33
CURVA DE PROTEÍNA.	34
COMPONENTES DE LA LECHE.	35
ZINC EN SUERO SANGUÍNEO.	36
CONSUMO DE SALES MINERALES.	37
CONSUMO DE ALIMENTO.	38
PESO Y CONDICIÓN CORPORAL.	41
DISCUSIÓN.	43
PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE.	43
CONCENTRACIÓN DE ZINC EN LECHE Y SUERO.	45
CONSUMO DE ALIMENTO Y SALES, PESO Y CONDICIÓN CORPORAL.	47
CONCLUSIÓN.	52
LITERATURA CITADA.	53

RESUMEN

LINA CABRERA MUNCH. Evaluación del comportamiento productivo de cabras suplementadas con metionina de zinc *versus* óxido de zinc (bajo la dirección de: MVZ Humberto Troncoso Altamirano. MVZ. Javier Gutiérrez Molotla. MVZ Pedro Ochoa Galván).

Con la finalidad de determinar el efecto de la suplementación con dos fuentes de Zinc, óxido de zinc (ZnO) y metionina de Zinc (MetZn), sobre la producción y la composición de grasa y proteína de la leche de cabra, se utilizaron 12 cabras de la raza Alpina Francesa, de tercer parto, en condiciones de estabulación total, separadas y agrupadas al azar en dos grupos (n=6); alimentadas individualmente y consumiendo la misma dieta, al primer grupo se le suministró una sal mineralizada con 2% de zinc en forma de óxido de zinc y el segundo consumió la sal mineralizada con 2% de zinc en forma de metionina de zinc. Ambas sales se suministraron *ad libitum*.

La producción de leche total fue mayor ($P<0.05$) en el grupo ZnO (4948.42 kg) que para el grupo de MetZn (3991.44 kg); pese a que no se encontraron diferencias significativas en los porcentajes de grasa y proteína de la leche entre grupos, la grasa y proteína totales en las cabras del grupo ZnO fue mayor (195.37 kg de grasa y 139.91 kg de proteína) que el grupo MetZn (166.51 kg de grasa y 120.41 kg de proteína), lo que sugiere que no existió un efecto de dilución de los

componentes de la leche en mayor volumen de leche ($P < 0.05$). Los demás parámetros utilizados para evaluar estas dos fuentes de Zinc como: concentración de Zinc en suero sanguíneo y leche, así como el peso, la condición corporal y el consumo de alimento fueron muy similares en ambos grupos y no presentaron diferencias significativas entre grupos ($P > 0.05$).

INTRODUCCIÓN.

A pesar de que la leche de vaca presenta una mayor disponibilidad en cuanto a volumen y precio bajo, la leche de cabra y sus derivados, han cobrado importancia en los últimos 20 años y hoy en día, la producción caprina juega un papel importante en el desarrollo de la economía de distintos países. Cuatrocientos sesenta millones de cabras en el mundo producen más de 4.5 millones de toneladas de leche y 1.2 millones de toneladas de carne anualmente además de mohair, cashmere, pieles, y estiércol para la producción de combustibles. Debido a que la cabra, presenta una alta factibilidad como animal lechero, docilidad, altos índices de fertilidad y es capaz de adaptarse a variadas condiciones agroclimáticas, pudiendo desarrollarse en zonas montañosas, semitropicales y áridas; representa una de las mejores estrategias para mejorar la calidad de vida de los caprinocultores^(1,2,3,4).

Esto se ve reflejado en el incremento del número de cabras (en casi 50%) a nivel mundial, ocupando el cuarto lugar como especie doméstica. Este aumento representa el 2.1% del total de la producción y para el 2002 México aportó el 1.2% ocupando el lugar 17 a nivel mundial ^(4,2).

Según datos obtenidos en el Sistema integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) para el 2007, en México la producción de leche de cabra ascendió a 167 mil 944 litros, concentrándose el 93.03% en el altiplano Mexicano y el Norte del país, en los estados de: Coahuila (33.21%), Durango (29.62%), Guanajuato (14.58%), Chihuahua (6.44%), Jalisco (3.75%), Zacatecas (3.09%),

Nuevo León (2.97%), Michoacán (2.27%) y San Luis Potosí (2.10%), y el resto de los estados representan el 6.97% ⁽⁵⁾.

Un mayor desglose se presenta en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.
Producción de leche de caprino de los años 2003-2007
por entidad federativa**

ESTADO	2003 *	2004*	2005*	2006*	2007*	%
COAHUILA	51,071	52,185	53,110	54,908	57,370	33.21
DURANGO	38,607	39,897	40,414	39,952	40,285	24.62
GUANAJUATO	22,254	23,466	24,031	24,090	24,097	14.58
CHIHUAHUA	10,002	9,793	11,548	10,286	10,434	6.44
JALISCO	5,647	6,208	5,980	6,165	6,360	3.75
ZACATECAS	4,777	4,893	4,980	5,339	4,986	3.09
NUEVO LEON	4,709	4,716	4,608	4,831	5,139	2.97
MICHOACAN	3,664	3,522	3,713	3,735	3,753	2.27
SAN LUIS POTOSI	3,209	3,447	3,186	3,337	3,786	2.10
TLAXCALA	366	1,600	4,281	3,146	3,405	1.58
VERACRUZ	1,185	4,755	2,051	2,025	2,005	1.49
BAJA CALIFORNIA SUR	2,365	2,534	2,217	1,689	2,350	1.39
PUEBLA	1,284	1,489	1,471	1,413	1,409	0.87
SONORA	967	974	1,342	1,874	1,433	0.81
QUERETARO	804	621	569	522	505	0.31
BAJA CALIFORNIA	433	505	498	496	471	0.30
TAMAULIPAS	250	140	152	128	117	0.10
HIDALGO	247	212	72	17	36	0.07
AGUASCALIENTES	N.S.	N.S.	20	N.S.	N.S.	N.S
NAYARIT	N.S.	2	4	2	N.S.	N.S
COLIMA	1	1	1	2	2	N.S
TOTAL NACIONAL	151,842	160,960	164,248	163,958	167,944	100%

MILES DE LITROS

N.S. Volumen no significativo.

* Con respecto al Total Nacional del Pronóstico 2003-2007.

Los Totales de leche podrían no coincidir con la suma de las cifras por producto debido a que están redondeadas a enteros.

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA)

<http://www.siap.gob.mx/>

En México, aunque existen empresas especializadas en la producción de leche de cabra con un alto grado de tecnificación, la mayoría de la producción caprina es mantenida por la población rural, en rebaños menores de 150 animales bajo condiciones extensivas ⁽⁶⁾. La mayor parte de la leche producida se destina para la

elaboración de quesos, el resto se consume líquida en comercialización local, y transformada en cajeta y dulces ⁽²⁾.

La leche de cabra es una fuente importante de nutrientes como: energía, proteína, minerales y vitaminas. Posee cualidades que la hacen apropiada como sustituto de la leche de vaca ⁽⁷⁾.

La demanda de leche de cabra se basa en 3 aspectos:

- El autoconsumo. La cabra es el principal proveedor de leche y carne para la población rural.
- El consumo de sus derivados como productos gourmet principalmente el queso y el yogurt ⁽⁴⁾.
- El consumo de leche y sus derivados debido a sus propiedades terapéuticas, en personas con intolerancia a la leche de vaca o padecimientos gastrointestinales ⁽⁴⁾.

El estudio de la leche de cabra está orientado actualmente hacia dos aspectos: por su composición química y por sus propiedades terapéuticas ⁽¹⁾.

Uno de los factores decisivos en el crecimiento de la producción de leche de cabra, es el efecto benéfico para la salud humana procedente del consumo de leche de ésta y sus derivados, que ha sido plenamente reconocido por la comunidad científica internacional ⁽⁸⁾. Como tratamiento de personas con alergia a la proteína de la leche de vaca, debido a que la leche de cabra tiene mayor digestibilidad y menor alergenicidad ⁽⁴⁾.

La leche de cabra posee glóbulos grasos de menor tamaño y no posee aglutinina, éstos son disueltos fácilmente por la acción de las enzimas digestivas,

lo que se asocia a una mejor digestibilidad. Además, es menos alergénica debido al menor tamaño de las micelas de caseína y a que contiene menor cantidad de α -s-1-caseína, como sucede en la leche humana, y que es la responsable de la mayoría de las alergias asociadas a la leche de vaca ^(7,8).

En pacientes con síndrome de mala absorción, mejora la absorción intestinal de cobre y hierro ⁽⁸⁾; por su alto contenido de ácidos grasos de cadena media especialmente el caprílico y cáprico que tienden a proporcionar energía y no a contribuir a la formación de tejido adiposo ⁽¹⁾; reduce los niveles de colesterol y triglicéridos, mejorando la utilización de grasa y por ende la ganancia de peso ⁽⁴⁾.

En niños, ha demostrado superar a la leche de vaca en ganancia de peso, talla, mineralización esquelética y concentración sérica de vitamina A, calcio, tiamina, riboflavina, niacina y hemoglobina ⁽⁴⁾, representando una alternativa a la leche materna en el tratamiento de niños con hipertreoninemia ⁽⁸⁾. También se ha observado que la inmunoglobulina G (IgG) de la leche de cabra puede actuar favorablemente sobre el sistema inmunológico y presentar propiedades antioxidantes ⁽¹⁾. Esta ventaja inmunológica, parece ser de suma importancia en la alimentación infantil principalmente el primer año de vida ⁽⁸⁾.

Por su contenido de coenzima Q y ácido linoléico, se le confieren propiedades anticancerígenas ⁽⁷⁾. Diversos estudios han demostrado que el ácido linoléico conjugado presente en la leche de cabra, mejora el sistema inmune debido a su efecto antioxidante, reduce el proceso de aterosclerosis y posee un efecto antidiabético ya que controla los niveles de insulina, mejora la proporción de masa muscular con respecto a la grasa especialmente en la zona del abdomen,

mejorando el crecimiento del músculo y reduciendo la absorción de lípidos por parte del adipocito ⁽⁹⁾.

Por lo anterior, la incorporación de leche de cabra a la dieta, es una herramienta útil, como coadyuvante en el tratamiento de diversos problemas médicos, para mejorar el estado de salud y la calidad de vida de los enfermos y representa una opción, para combatir la hambruna y la desnutrición en países en vías de desarrollo ⁽⁷⁾.

La producción y composición de la leche de cabra varía durante la lactancia y se ve afectada por diversos factores, muchos de ellos relacionados entre sí. Aunque es difícil determinar la influencia individual que ejerce cada uno de ellos, éstos pueden agruparse en factores intrínsecos del animal y factores extrínsecos.

I. Factores Intrínsecos:

1) Carácter genético:

✓ **Raza.** Es el principal factor que afecta la producción de leche. Diferencias según la raza afectan tanto la producción como la composición de la leche, por ejemplo: la raza Saanen produce altas cantidades de leche con bajos contenidos de sólidos, mientras que la raza Anglo Nubia presenta producciones menores de leche pero el contenido de sólidos es mayor; razas como la Alpina, Toggenburg y Oberhasli se encuentran en un rango intermedio. En las cabras el contenido de grasa puede variar desde 2.3% hasta 6.9% mientras que la proteína de 2.2% hasta 5.1%. ^(7,10).

2) Carácter no genético:

✓ **Tipo de parto.** La producción de leche se ve afectada por el número de crías, lo que resulta en una mayor cantidad de leche en cabras con partos múltiples, esto debido a que el lactógeno placentario estimula el crecimiento de la glándula mamaria durante la preñez. A mayor número de cabritos, mayor será el estímulo, sobre la succión de la ubre que conlleva a aumentar la producción de leche ^(10, 11).

✓ **Peso y Condición corporal.** La evolución del peso y la condición corporal a través del ciclo productivo, dependen del sistema de alimentación y de la acumulación de reservas corporales que permiten a los animales responder en sus diferentes etapas de producción. La diferencia en talla ha sido comúnmente utilizada como un indicador de la capacidad de ingestión de los animales ^(10,11).

✓ **Edad al parto y Número de lactancia.** La cantidad de leche producida, aumenta gradualmente con la edad, debido al aumento de peso y talla, traducido en un sistema digestivo y una glándula mamaria más voluminosos. A medida que avanza la edad, la producción y composición de leche va decreciendo, debido al envejecimiento progresivo de los tejidos, ya que el ritmo metabólico y la formación de nuevos alvéolos funcionales tienden a disminuir con el envejecimiento del animal. La vida productiva de una cabra lechera puede ser de una a ocho lactancias. La mayor cantidad de leche se obtiene entre la tercera y cuarta lactación, es decir a los 3 a 4 años de vida (esto dependerá de la raza, la edad al primer parto, manejo reproductivo y nutricional del animal) ^(1, 10, 11, 12).

✓ **Etapas de la lactancia.** Durante los primeros días postparto la leche aumenta hasta llegar a su pico de producción en la 4^{ta} a la 6^{ta} semanas, para después descender paulatinamente. La etapa de lactancia es importante en

cuanto a composición de la leche. La grasa y la proteína descienden después del parto hasta los tres o cuatro meses de lactancia, para luego ascender al final de la curva, caracterizándose por seguir una evolución opuesta a la producción ^(7, 10). **Duración de la lactancia.** La duración de la lactancia depende del tipo de raza utilizada y de las diferentes condiciones ambientales y manejo particularmente alimenticio de los animales. En los caprinos se pueden establecer rangos de 200 a 300 días con una o dos ordeñas diarias ^(10, 12).

✓ **Estado fisiológico.** Durante la gestación disminuye la producción de leche, debido a que la combinación de estrógenos y progesterona en la mayoría de los animales tienen un efecto inhibitor, aunque no es posible establecer si los cambios en la composición de la leche se deben a la gestación o son resultado del descenso natural en la producción o por efecto de la alimentación ⁽¹²⁾.

II. Factores Extrínsecos:

✓ **El ordeño.** El tipo de ordeño (manual o mecánico) así como la frecuencia y duración del mismo, afectan marcadamente la producción de leche. Por ejemplo: las cabras que se ordeñan dos o más veces al día con un intervalo entre ordeños regular, producen más leche en comparación con las que se ordeñan una vez. Cuando se pasa de dos a un ordeño al día, la producción disminuye entre 5 y 30%, debido a que la presión intramamaria producida por la acumulación de leche en la glándula, provoca una disminución en la velocidad de síntesis de leche y por ende una reducción en la producción ^(7,10).

✓ **Estado sanitario.** En cualquier situación de enfermedad, la producción de leche disminuye, debido a la disminución del consumo de alimento ⁽⁷⁾.

✓ **Sistema de producción.** El grado de tecnificación, y principalmente el manejo nutricional del hato, determinan el nivel productivo de la explotación. Siendo los sistemas intensivos más eficientes que los extensivos⁽¹¹⁾.

✓ **Clima.** La temperatura tiene un efecto marcado sobre la producción de leche, por ejemplo: a temperaturas elevadas disminuye el consumo de alimento y aumenta la ingestión de agua. Además puede producir un estrés térmico y disminuir la producción de leche obtenida. El rango de temperatura ideal para las cabras oscila entre 10° y 18° C. El contenido de grasa en la leche aumenta al descender la temperatura por debajo de 24° C^(11, 13, 14).

✓ **Época del año.** La estación del año tiene efecto multifactorial sobre la producción total de leche. La duración, la persistencia de la lactancia y la calidad nutricional de la leche va en función de la estación del año ya que la alimentación suele variar^(7, 10, 11).

✓ **Alimentación.** La alimentación es un factor de vital importancia a lo largo de la lactancia, la composición nutritiva de la dieta no sólo determina la calidad de la leche, también influye fundamentalmente en la producción y persistencia de la misma. En esta etapa el alimento debe cubrir los requerimientos energéticos necesarios de mantenimiento y crecimiento del animal, además de los de producción, aunado a éstos, la condición general del animal deberá ser óptima al llegar el parto para afrontar las exigencias desde el inicio de la lactancia hasta alcanzar el pico de producción, de lo contrario el animal tendrá que usar sus reservas corporales para cumplir con este fin.

Los desequilibrios nutricionales tienen como resultado una disminución en la producción y composición de la leche, en el consumo de alimento y un cambio abrupto en la condición corporal del animal ⁽¹²⁾.

Numerosas modificaciones en la dieta afectan el contenido de grasa y proteína de la leche, entre las que pueden mencionarse son: la presencia de fibra en la dieta; el tamaño de partícula del forraje ⁽¹²⁾; la relación forraje: concentrado, el aporte de energía y proteína de la ración; la presencia de aditivos, entre otros ^(7,12,13). Las variaciones más grandes se dan en el caso de la grasa, ya que la proteína suele mantenerse en un margen muy estrecho ⁽¹³⁾.

Los minerales cumplen una función importante dentro del organismo, sus requerimientos dependen de distintos factores, casi todos interrelacionados, tales como: edad, sexo, estado fisiológico, forma en que se encuentra el elemento, balance de minerales en la ración y clima ⁽¹⁵⁾.

El Zinc (Zn) forma parte de un grupo de minerales, llamados oligoelementos o elementos traza, que son indispensables para el funcionamiento del organismo en pequeñas cantidades. Está ampliamente distribuido en el organismo, hallándose en mayor concentración en hígado, hueso, riñón, músculo, páncreas, ojo, piel, pelo y lana ^(16, 17).

El Zinc es necesario para la formación y activación de ciertas enzimas ⁽¹⁶⁾ y sus funciones van más allá de la serie de metaloenzimas que contienen Zn ⁽¹⁵⁾. Por ejemplo, se relaciona con el metabolismo de la vitamina A, a través de la retinol reductasa y la alcohol deshidrogenasa, necesarias para la interconversión del retinol (forma alcohol) a retinal (forma aldehído) de la vitamina A ⁽¹⁵⁾. También incrementa la absorción retinal de vitamina E ⁽¹⁸⁾. Interviene en: el proceso de

queratinización y la integridad de los epitelios (piel y glándula mamaria); la composición y estabilidad de la membrana eritrocitaria, la respuesta inmune celular, la expresión de los genes, la transcripción y replicación celular ⁽¹⁷⁾; el metabolismo de los ácidos nucleicos, de los carbohidratos ⁽¹⁶⁾. y proteínas ⁽¹⁵⁾.

La deficiencia de Zn en cabras, incluye signos como: dermatitis, paraqueratosis; problemas articulares y deformidades en pezuñas, salivación excesiva, aumento de bacterias en la cavidad bucal, disminución en la función reproductiva, esterilidad, baja de libido, pobre desarrollo testicular; reduce el consumo de alimento y por ende la producción de leche, el crecimiento y el peso vivo ^(17,18).

El zinc altera el consumo de alimento en distintas formas. En el intestino de animales deficientes de Zn, se aumenta la expresión del gen que codifica para la colecistoquinina (CCK) hormona reguladora del apetito; se presenta la anorexia como respuesta a la privación del Zn, regresando el apetito un par de horas después de la administración de zinc ^(15,17).

El Zn responde a los niveles dietéticos y a su estatus en el organismo, su absorción tiene lugar en el duodeno, en un rango del 5 al 40% del ingerido. La absorción de Zinc es un proceso saturable; cuando los niveles de Zinc disminuyen se produce un aumento en la velocidad de transporte. La transferencia de Zn de las células intestinales al plasma, es controlada por la metalotioneína (MT), en respuesta al aumento de la concentración de Zn en plasma, donde es transportado a través de la circulación sanguínea portal unido a la albúmina, para después ser transferido a los tejidos. La capacidad de almacenar Zn es escasa y las pérdidas endógenas se reducen durante las deficiencias, en las que, se produce una redistribución de las cantidades significativas en músculo y hueso,

para satisfacer las necesidades del momento. La excreción de Zn ocurre predominantemente en las secreciones pancreáticas y las heces, siendo pequeña la eliminación en orina ^(15, 16).

Existen diversos factores que influyen en la absorción del Zn:

- La gran concentración de otros minerales en la ración, como calcio, fósforo, magnesio, hierro, selenio, azufre y molibdeno disminuyen la absorción de zinc ^(17,18).
- Una porción relativamente grande de Zinc se encuentra asociada a la fracción indigestible de la fibra, en las paredes celulares de los forrajes ⁽¹⁹⁾.
- La presencia de oxalatos y fitatos, forman complejos con Zn insolubles y no absorbibles ^(15,16,18).
- Un aumento de los glucocorticoides (por cualquier situación de estrés), las citoquinas (interleucina 1 y 6), el cadmio y el cobre ⁽¹⁵⁾ reducen el Zinc plasmático y aumentan el Zn hepático gracias a un aumento en la síntesis de metalotioneína ⁽¹⁶⁾.
- La disponibilidad del zinc se ve mejorada por la presencia de vitamina C, y citrato en la dieta ⁽¹⁸⁾.

Las necesidades de Zn aumentan cuando los niveles de producción se elevan y se administran raciones altamente digestibles. Durante el periodo de lactancia aumentan las necesidades de Zn. Entre la cantidad ingerida de Zn y la que producirá efectos tóxicos hay un amplio margen de seguridad ⁽¹⁵⁾. Los requerimientos mínimos de este mineral varían entre las 45 y 50 ppm ⁽¹⁷⁾.

Mezclas de sales minerales con 0.5% a 2% de zinc usualmente previenen la deficiencia y niveles de 1000 ppm ya son tóxicos⁽¹⁸⁾.

Tradicionalmente los elementos traza, han sido proporcionados en forma de sales inorgánicas como: carbonatos, sulfatos, óxidos y cloruros⁽²⁰⁾. Las formas de Zn más utilizadas como suplementos son: el óxido (ZnO) y el sulfato (ZnSO₄); además se han utilizado fuentes orgánicas de zinc entre las que destacan la Metionina de Zn (MetZn) y la Lisina de Zn (LysZn), ambos aminoácidos considerados limitantes en la producción de leche^(13, 15).

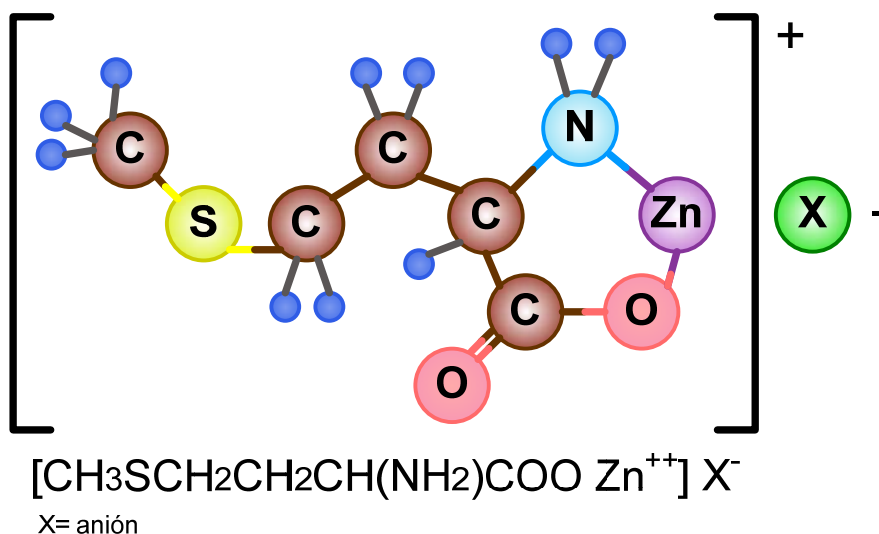
El desarrollo de sales orgánicas, se ha centrado en la teoría de que son más disponibles, Si el complejo metal aminoácido es estable en el ambiente ruminal, el mineral estaría protegido de formar complejos con otros componentes de la dieta, llegando al intestino intacto, presentando una mejor absorción aparente del Zinc y una mayor concentración en sangre y tejidos, en comparación con otras formas de zinc como el ZnO y el ZnSO₄⁽²⁰⁾.

Estudios realizados en rumiantes, específicamente ovinos y bovinos, sugieren que la suplementación con formas orgánicas de zinc, comparadas con las inorgánicas, pueden mejorar la producción del animal (crecimiento, producción de leche y/o reproducción), inmunidad, características de la canal y salud de la pezuña⁽¹⁹⁾.

La respuesta benéfica a las fuentes orgánicas de zinc, sugiere que la cantidad no es tan importante como la forma en que el mineral es absorbido⁽²⁰⁾.

La Metionina de Zinc (Met-Zn) es un compuesto integrado por Zinc (10%) y Metionina (20%), la unión metal-aminoácido se efectúa en dos puntos de la metionina, el grupo carboxilo (⁻COOH) y el grupo amino (⁻NH₂) con el ión mineral

(Zn⁺⁺), al unirse un átomo de hidrógeno se pierde. Los ligandos del aminoácido rodean y protegen al mineral formando una estructura de anillo (Figura 1). Éste compuesto es resistente a la degradación por los microorganismos del rumen; por lo que se transporta y absorbe sin modificaciones.



Fuente: <http://www.zinpro.com>

Figura 1. Metionina de Zinc.

En un estudio realizado por Spears (2003) en corderos con deficiencias de Zinc, la Met-Zn demostró ser más biodisponible que el óxido de Zinc (ZnO). El Zn proveniente de estas dos fuentes se absorbe de manera similar, pero aparentemente es metabolizado de otra forma después de la absorción, y la excreción urinaria de zinc tiende a ser menor en corderos alimentados con Met-Zn, lo que da lugar a una retención más alta del mineral en los tejidos y un índice más lento de declinación de zinc en el plasma⁽²⁰⁾.

El trabajo de Hatfield *et al.* (1995), utilizando borregas con gestación sencilla o gemelar, fueron usadas para investigar los efectos de la Met-Zn y dos niveles de proteína cruda (14.9% y 11.3%) en la dieta sobre la producción de leche, lana,

consumo de materia seca y cambios en el peso corporal de la madre y los corderos. Utilizaron 2 grupos, el suplementado con metionina de zinc y el grupo control, estos a su vez estaban divididos en 2, uno recibiría 14.9% PC y el otro 11.3% PC. Las borregas suplementadas con Met Zn y con 14.9% de PC, tuvieron un mayor consumo de materia seca, mayor producción y persistencia en la producción de leche, además de un mayor peso de sus crías, debido a la mayor cantidad de proteína en la leche ⁽²¹⁾.

Goulas *et al.* (2003) realizaron un estudio en borregas, para observar el efecto de la Met Zn y la grasa animal sobre la producción y composición de la leche. En el estudio, aumentó el consumo de materia seca, la producción de leche entre 7-11% más y mejoró el contenido de grasa en leche, por la inclusión de Met Zn (5 g), lo que incrementó la absorción de los nutrientes más limitantes en la dieta, gracias al mejoramiento en el balance de proteína y aminoácidos disponibles ⁽²²⁾.

Kellogg (1990) observó un incremento en la producción y la disminución en el conteo de células somáticas, en vacas lactantes alimentadas con Met-Zn (180 – 412 mg Zn) ⁽²⁰⁾ coincidiendo estos resultados con Kellogg *et al.* (2004). en donde se evaluó el efecto de la Met Zn sobre la producción de leche y la salud de la ubre en vacas lecheras, encontraron que las vacas que consumieron Met Zn (180 – 400 mg de zinc/d/ cabeza) incrementaron su producción 1.2 Kg de leche y redujeron el conteo de células somáticas en un 42% ⁽²³⁾.

Donkin *et al.* (1989) encontraron que utilizando una combinación de metionina y lisina protegidas contra la degradación ruminal, adicionadas a dietas con base en maíz, en vacas Holstein observaron que estos aminoácidos incrementaron la

producción y porcentaje de proteína (3.15 vs. 3.25), la cantidad de caseína y las concentraciones de lisina y metionina en plasma ⁽²⁴⁾.

En el estudio realizado por Corbellini *et al.* (1997), en vacas Holand de primer parto suplementadas con Met Zn y ZnO (25 a 30 ppm Zn), no existieron diferencias en la producción de leche entre el grupo testigo y ZnO, pero el grupo Met Zn produjo 5.4% más que el del testigo ⁽²⁵⁾.

Existe poca información publicada sobre la nutrición mineral en cabras, en la que se haya utilizado fuentes de Zinc como el óxido de Zinc o la metionina de Zinc en sales minerales, como suplementos en la alimentación durante la lactancia. Este trabajo se llevó a cabo con el objetivo de evaluar su efecto sobre los niveles de producción de leche y la composición de la misma.

HIPÓTESIS

La suplementación con metionina de zinc en la dieta de cabras lactantes incrementa la producción de leche, modifica su composición química, aumenta el contenido de proteína y grasa; en comparación con cabras lactantes suplementadas con óxido de zinc.

OBJETIVOS.

1. Comparar la producción de leche de cabras suplementadas *ad libitum* con Met Zn, *versus* cabras suplementadas con ZnO.
2. Comparar la composición química de la leche (proteína y grasa) de cabras suplementadas con Met-Zn, *versus* cabras suplementadas con ZnO.
3. Comparar la concentración de Zinc en leche y suero sanguíneo a lo largo de la lactancia.
4. Comparar el consumo de alimento, el peso y la condición corporal entre grupos.

MATERIAL Y MÉTODOS.

El experimento constó de dos fases:

La primera comprendió la obtención de muestras biológicas; en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA), de la FMVZ de la UNAM, situado en el kilómetro 28.5 de la carretera Federal México-Cuernavaca, en la Avenida Cruz Blanca No. 486 C.P. 14500, en el poblado de San Miguel Topilejo, Delegación Tlalpan, México, D.F. Ubicado a 19° 12' latitud norte, 99° 08' longitud oeste, a 2670 msnm de altitud. El clima de la región es C (w) b (ij), semifrío semihúmedo con lluvias en verano y con una precipitación pluvial de 800 a 1200 milímetros anuales y una temperatura promedio de 19° C⁽²⁶⁾.

La segunda fase correspondiente al análisis químico de las muestras, se realizó en el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ de la UNAM, ubicado en Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, México, D. F. C. P. 04510, Apartado Postal 70-483 y 70-486.

ANIMALES.

Se utilizaron 12 cabras (*Capra hircus*) de la raza Alpina Francesa, de tercer parto, al inicio de la lactancia mantenidas en un sistema intensivo bajo condiciones de estabulación total. Las cabras se dividieron en dos grupos completamente azar, cada uno formado por seis animales (n=6).

El primer grupo consumió una sal mineralizada con 2% de Zinc en forma de Óxido de Zinc (ZnO) a libre acceso. El segundo grupo consumió una sal

mineralizada con 2% de Zinc en forma de Metionina de Zinc (MetZn) a libre acceso (Cuadro 2).

Cuadro 2.
Determinación de minerales en la sal mineralizada.

	Calcio %	Fósforo %	Zinc %
Metionina de Zinc (MetZn)	6.70± 1.3	7.36± 1.3	1.98± 0.8
Óxido de Zinc (ZnO)	6.73± 0.7	7.16± 1.5	1.7± 0.2

(P>0.05)

En el momento de iniciar el experimento, los animales se encontraban en un proyecto en el que a ambos grupos se les había suministrado la misma sal mineralizada correspondiente a cada grupo, 30 días antes del parto. Los cabritos fueron separados al momento del parto y criados en un sistema de lactancia artificial.

Se registraron el peso y condición corporal de las cabras semanalmente. La calificación de la condición corporal se realizó por palpación de la zona lumbar y se utilizó un rango que va de 1 a 5 puntos con incrementos de 0.25; en donde 1 indica a los animales extremadamente delgados y 5 ubica a los animales muy gordos ^(17,18).

Durante el experimento el manejo sanitario así como la rutina de ordeño se mantuvieron conforme al manejo habitual del centro.

ALIMENTACIÓN.

Las dietas fueron formuladas a través de una hoja de calculo de Excel[®] elaborada por el Centro, que era la que se utilizaba en el CEPIPSA para dicho fin. La composición química de los ingredientes utilizados en las dietas se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3.
Análisis químico proximal de los ingredientes de la dieta.

Ingrediente	MS* %	PC** %	FC‡ %	EM§ Mcal/Kg	Calcio %	Fósforo %	zinc ppm
Avena enmelazada	51.83	7.48	27.81	2.502	0.056	0.28	23.25
Alfalfa	90.96 ± 2.15	15.74 ± 2.14	24.87 ± 5.39	2.347 ± 0.02	1.69 ± 0.26	0.38 ± 0.27	14.36 ± 9.89
Concentrado	90.36 ± 4.02	15.01 ± 4.73	8.14 ± 6	3.126 ± 0.09	1.26 ± 0.45	0.352 ± 0.11	27.63 ± 15.88
Ensilado de Maíz	21.86 ± 1.8	6.82 ± 0.6	32.06 ± 0.08	2.254 ± 0.1	0.24 ±0.2	0.15± 0.1	25‡‡

*Materia Seca

**Proteína cruda

‡ Fibra cruda

§ Energía metabolizable

(P>0.05)

‡‡ Calculado

Para controlar el consumo individual del alimento y evitar la jerarquización de las cabras, la dieta fue suministrada en corraletas con comedero individual.

Ambos grupos consumieron la misma dieta elaborada a base de: heno de alfalfa picado, heno de avena picado y enmelazado, ensilado de maíz y concentrado (elaborado con sorgo molido, pasta de coco, pasta de soya, maíz quebrado, bicarbonato y melaza).

El alimento fue pesado y registrado diariamente; se suministró en 3 tomas:

1. Avena enmelazada y ensilado de maíz,
2. Concentrado y la mitad de la porción de alfalfa,
3. Mitad restante de alfalfa.

La dieta se fue modificando a través del tiempo, según el peso del animal, nivel y etapa de producción, debido a que los requerimientos nutricionales cambian a través de la lactancia. Durante los 280 días que duró el experimento se formularon 13 dietas diferentes, en el Cuadro 4 se muestra el valor nutritivo de la ración ofrecida a las cabras.

Cuadro 4.
Dietas ofrecidas durante el experimento y su valor nutritivo.

	Dieta												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ración BH	2.49	3.57	3.83	4.05	4.06	3.92	3.82	3.61	3.61	3.52	3.85	3.11	3.85
Ración BS	1.78	2.55	2.91	3.08	3.08	2.81	2.70	2.51	2.55	2.31	2.28	1.59	2.27
MS%	71.32	71.39	76.04	76.03	75.90	71.78	70.81	69.54	70.66	65.79	59.05	41.24	58.77
PC%	10.53	12.68	13.55	13.48	11.29	13.70	11.16	16.11	10.66	10.10	11.11	7.77	11.01
<i>Base 100</i>	14.77	17.76	17.81	17.74	14.87	19.09	15.76	23.17	15.09	15.35	18.82	15.31 ^a	18.74
FC %	16.19	18.60	19.77	19.96	22.44	21.35	20.79	20.17	19.46	19.66	23.46	20.10	23.71
<i>Base 100</i>	22.70	26.06	26.01	26.26	29.57	29.74	29.36	29.01	27.53	29.89	39.73	39.33 ^a	40.34
EM (Mcal)	2.860	2.668	2.643	2.629	2.663	2.644	2.613	2.621	2.626	2.676	2.502	2.049	2.503
<i>Base 100</i>	4.010	3.738	3.475	3.458	3.508	3.684	3.690	3.769	3.717	4.068	4.237	4.011 ^a	4.260
Ca %	0.44	1.19	0.59	1.22	0.61	0.63	0.45	0.35	0.45	0.67	0.60	0.20	0.48
<i>Base 100</i>	0.61	1.66	0.78	1.60	0.81	0.87	0.63	0.50	0.64	1.02	1.02	0.39 ^a	0.81
P %	0.31	0.27	0.12	0.24	0.17	0.25	0.18	0.45	0.42	0.23	0.33	0.24	0.30
<i>Base 100</i>	0.43	0.38	0.15	0.32	0.23	0.34	0.25	0.64	0.60	0.35	0.55	0.48 ^a	0.51
Zn ppm	26.11	14.69	7.32	7.41	8.17	13.76	26.07	18.37	21.78	27.20	23.94	20.47	22.98
<i>Base 100</i>	36.61	20.58	9.62	9.75	10.77	19.17	36.82	26.41	30.82	41.35	40.54	40.06 ^a	39.09

BH- Base húmeda en Kg

BS- Base seca en Kg

MS- Materia seca

FC- Fibra cruda

EM- Energía metabolizable

PC- Proteína cruda

^a Base 80.72 porque durante un periodo de 6 días no se les dio alfalfa.

Se tomaron muestras del alimento cada que se formulaba una nueva dieta y en el caso de la alfalfa cada que llegaba un nuevo lote, para su análisis químico proximal (AQP) en el laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ.

El rechazo de la ración fue pesado y registrado al día siguiente durante el tiempo que duró el experimento. Con cada cambio de dieta (Cuadro 4), se escogía una semana al azar, durante la cual se guardaban los rechazos diarios de cada grupo para integrar una muestra que se mandaba al laboratorio para su análisis (AQP). La composición química del rechazo de muestra en el Cuadro 5.

**Cuadro 5.
Análisis químico proximal del rechazo.**

	MS* %	PC** %	FC[‡] %	EM[§] Mcal/Kg	Calcio %	Fósforo %	zinc ppm
Rechazo	89.51 ± 4.06	15.15 ± 4.7	17.21 ±11.69	2.780 ±0.33	1.13 ± 0.46	0.305 ± 0.13	18.53 ± 13.16

*Materia Seca

**Proteína cruda

[‡]Fibra cruda

[§]Energía metabolizable

El consumo de alimento diario se calculó mediante la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado, ambos en base húmeda.

La sal mineralizada de cada tratamiento (ZnO y MetZn) fue suministrada continuamente, en un saladero grupal para su consumo a libre acceso. Las cantidades colocadas en cada saladero eran pesadas en cada aplicación para su registro.

PRODUCCIÓN DE LECHE.

El ordeño de las cabras se realizó diariamente, dos veces al día, desde el quinto día posparto hasta el secado. El ordeño fue mecánico.

Debido a que el Centro no poseía medidores volumétricos para la cuantificación diaria de la producción de leche, la medición de la producción se realizó los días viernes, el ordeño de las cabras fue en forma manual, dos veces por día hasta los 280 días. La leche de cada animal se recolectó en cubetas y fue pesada. La producción se registró en kilogramos. Después de medir la producción se tomaron muestras 500 ml, aproximadamente, de leche colocadas en bolsas de plástico, marcadas con la fecha y la identificación del animal, las cuales fueron congeladas hasta su análisis en el laboratorio, para determinar contenido de materia seca (sólidos totales)⁽²⁷⁾; contenido de grasa butírica (mediante el método de Gerber)⁽²⁷⁾; contenido de proteína cruda (con la técnica de Kjeldhal)⁽²⁸⁾; densidad y Zinc en leche (por espectrofotometría de absorción atómica)⁽²⁹⁾.

MUESTRAS DE SANGRE.

Se colectaron muestras de sangre quincenalmente para la determinación de zinc en suero, por el método de espectrofotometría de absorción atómica ⁽²⁹⁾. Las muestras se tomaron por punción de la vena yugular con tubo al vacío, tapón rojo de 7 ml, el suero obtenido por centrifugación se colectó en microtubos, los cuales fueron congelados para su posterior análisis en el laboratorio.

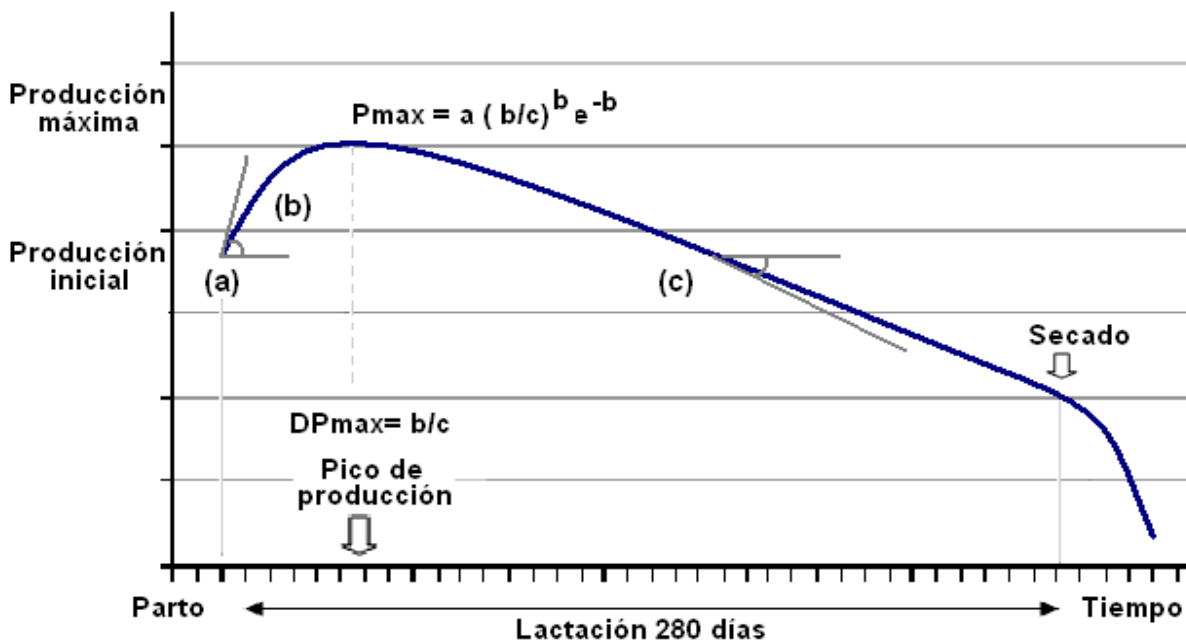
DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

La comparación de la producción de leche entre grupos, así como la producción de grasa y proteína en leche se realizó utilizando la prueba de T de Student.

Para la graficación y descripción de las curvas de lactancia, grasa y proteína en leche se utilizó el modelo de Wood^(30,31), calculado a partir de la ecuación:

$$P = at^b e^{-ct},$$

En donde **P** es la producción de leche (Kg) y los parámetros que describen la forma de la curva son: **a** que es la producción al inicio de la lactancia, **b** es el incremento de la producción desde el inicio hasta el pico de producción y **c** es el descenso de la producción después del pico de producción; **e** corresponde al logaritmo natural (2.7183) y **t** al tiempo.



P_{max} = máxima producción de leche (pico de producción).
 DP_{max} = día en que ocurre el pico de producción.
 P_{total} = Producción acumulada (superficie de la curva)

Figura 2. Parámetros de la ecuación de Wood para la curva de lactancia

Para las variables contenido de Zinc en suero sanguíneo y leche, así como consumo de alimento, la información generada se sometió a un análisis de

varianza (ANOVA) para mediciones repetidas y para las posibles diferencias en tiempo, se utilizó la prueba de Bonferroni ⁽³²⁾.

En el caso de las variables: contenido de materia seca, densidad aparente en leche, peso y condición corporal. La información obtenida se presentó utilizando estadística descriptiva.

RESULTADOS.

PRODUCCIÓN DE LECHE.

En el Cuadro 6, se muestran los datos de producción obtenidos durante el experimento.

Cuadro 6.
Producción promedio de leche por grupo*

	ZnO	MetZn
Producción / cabra / lactancia	824.73± 21.72 ^a	665.24± 9.48 ^b
Producción / día/ cabra	2.95± 0.08	2.38± 0.03
Pico de producción	4.05	3.36
Días al pico	42	28
Producción total	4948.42± 30.34 ^a	3991.44± 56.89 ^b
Días en lactancia	280	280

* Producción en Kilogramos

^{a,b} indican diferencia significativa (P<0.05)

En el Cuadro 7, se muestran las producciones acumuladas por cabra.

Cuadro 7.
Producción de leche por cabra*

ZnO		MetZn	
No. Cabra	Producción**	No. Cabra	Producción**
40	856.99	42	769.90
62	775.63	47	638.43
70	739.06	59	662.06
90	710.63	61	606.55
156	795.83	71	678.82
321	1070.28	314	635.68
Total	4948.42 ^a	Total	3991.44 ^b

* Producción en Kilogramos

** Producción acumulada

^{a,b} indican diferencia significativa (P<0.05)

Al cotejar las producciones entre grupos, se observó que el grupo de ZnO produjo mayor cantidad de leche (P<0.05) comparado con el grupo MetZn.

PRODUCCIÓN DE GRASA.

En el Cuadro 8, pueden observarse, las producciones de grasa en leche por grupo.

Cuadro 8.
Producción de grasa en leche por grupo*

	ZnO	MetZn
Producción promedio de grasa	3.98%± 0.85 ^{NS}	4.18%± 0.92 ^{NS}
Producción mínima	2.29%	2.56%
Producción promedio de grasa/ cabra/ lactancia (kg)**	32.56± 0.58 ^a	27.75± 0.37 ^b
Producción total/ lactancia (kg)*	195.37± 3.47 ^a	166.51± 2.19 ^b

** Producción en Kilogramos

a,b indican diferencia significativa (P<0.05)

^{NS} No significativo (P>0.05)

No se encontraron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de grasa en leche, entre los grupos (P>0.05), sin embargo al comparar las producciones de grasa en kilogramos, se observó que el grupo de ZnO produjo mayor cantidad de grasa por lactancia que el grupo de MetZn (P<0.05).

PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA.

En el Cuadro 9, pueden observarse, las producciones de proteína en leche por grupo.

Cuadro 9.
Producción de proteína en leche por grupo*

	ZnO	MetZn
Producción promedio de proteína	2.85%± 0.22 ^{NS}	3.02%± 0.07 ^{NS}
Producción mínima	2.31%	2.29%
Producción promedio de proteína/ cabra/ lactancia (kg)**	23.32± 0.40 ^a	20.07± 0.29 ^b
Producción total/ lactancia (kg)**	139.91± 2.38 ^a	120.41± 1.74 ^b

** Producción en Kilogramos

a,b indican diferencia significativa (P<0.05)

^{NS} No significativo (P>0.05)

Estadísticamente no se encontraron diferencias entre grupos en cuanto al porcentaje de proteína en la leche ($P>0.05$), pero al comparar las producciones en kilogramos, se observa que el grupo de ZnO produjo más cantidad de proteína por lactancia que el grupo de MetZn ($P<0.05$).

CURVAS DE PRODUCCIÓN.

Con los datos de producción láctea, grasa y proteína en leche, ajustados al modelo de Wood ^(30,31), se graficaron las producciones de los grupos ZnO y MetZn. En el Cuadro 10, se muestran los valores calculados para los parámetros **a**, **b** y **c** de la ecuación: $P = at^b e^{-ct}$.

Cuadro 10.
Valores para la ecuación de Wood

	ZnO	MetZn
Producción de leche		
a*	0.6589	1.1551
b**	0.2512	0.0526
c†	-0.0056	-0.0037
R²§	0.683 (68.3%)	0.783 (78.3%)
Proteína		
a*	1.2320	0.7287
b**	-0.0968	0.0604
c†	0.0018	0.0006
R²§	0.360 (36%)	0.458 (45.8%)
Grasa		
a*	2.5900	2.1992
b**	-0.4234	-0.3179
c†	0.0053	0.0049
R²§	0.606 (60.6%)	0.667 (66.7%)

* logaritmo de la producción al inicio de la lactancia.

**logaritmo del incremento de la producción desde el inicio hasta el pico de lactancia.

† logaritmo del descenso de la producción después del pico.

§ Grado de ajuste del modelo

En las Figuras 3 a 8 se muestran las curvas de producción de leche, grasa y proteína, las ecuaciones que explican la variación a través del tiempo y el grado de ajuste definido por los coeficientes de determinación (R^2) para cada grupo. Tales diferencias en el coeficiente de determinación (R^2) para cada grupo, pueden atribuirse a fluctuaciones en los datos y factores no controlados por el modelo; es preciso mencionar que en este tipo de modelo matemático, el número de observaciones determina el valor de R^2 , entre mayor sea el número de observaciones o de individuos de la muestra, mejor será el grado de ajuste. Además, se debe considerar que en la producción de leche, por ser un hecho biológico, puede existir variabilidad entre individuos genéticamente idénticos; ésta se acentúa debido a que cada registro individual de producción refleja, no sólo el efecto del día de lactancia, sino también el de otros factores tales como: el número de lactaciones, el tipo de parto, la época de parto y el manejo individual de los animales ⁽³³⁾.

A pesar de que el tamaño de la muestra fue pequeño, los grados de ajuste del modelo (R^2) fueron adecuados y similares a los encontrados en una muestra mayor de cabras, utilizando el mismo modelo, para la variable producción de leche (68.3% y 78.3%) ⁽³⁴⁾. Para el caso del contenido de grasa, este es ligeramente alto (60.2% y 66.7%) y el contenido de proteína (36% y 45.8%) en intervalo similar (28% a 30% y 40% a 41% para grasa y proteína respectivamente) al reportado en otro estudio en el que se utilizaron vacas ⁽³¹⁾.

CURVA DE LACTANCIA.

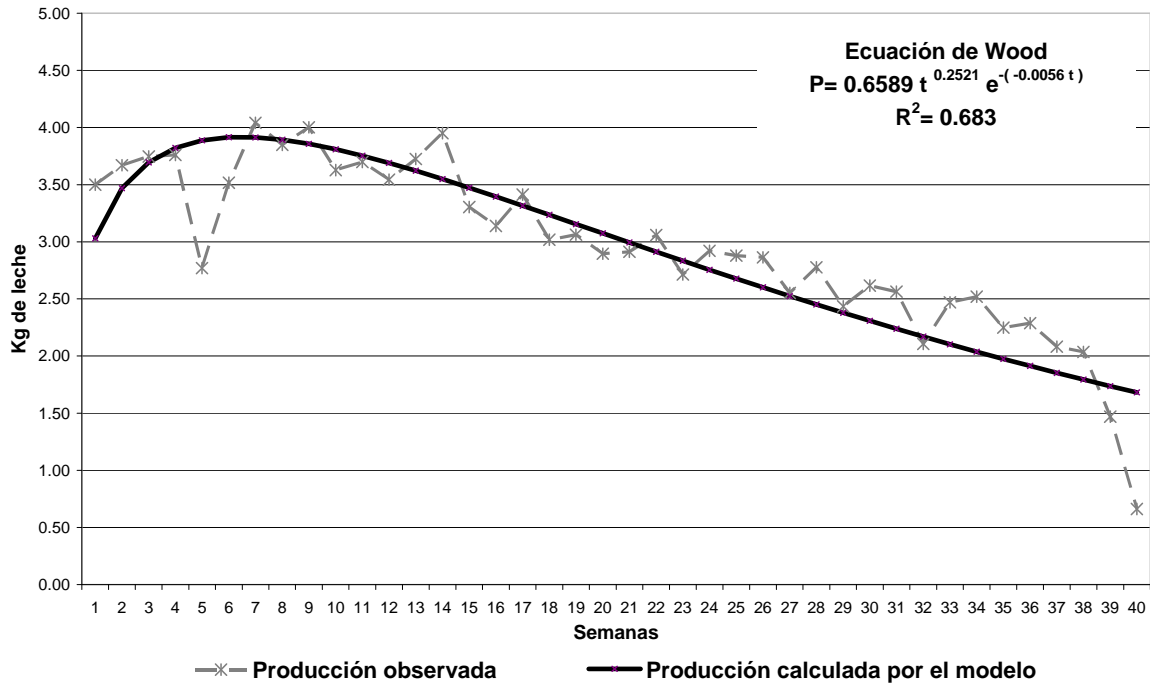


Figura 3. Curva de lactancia grupo ZnO

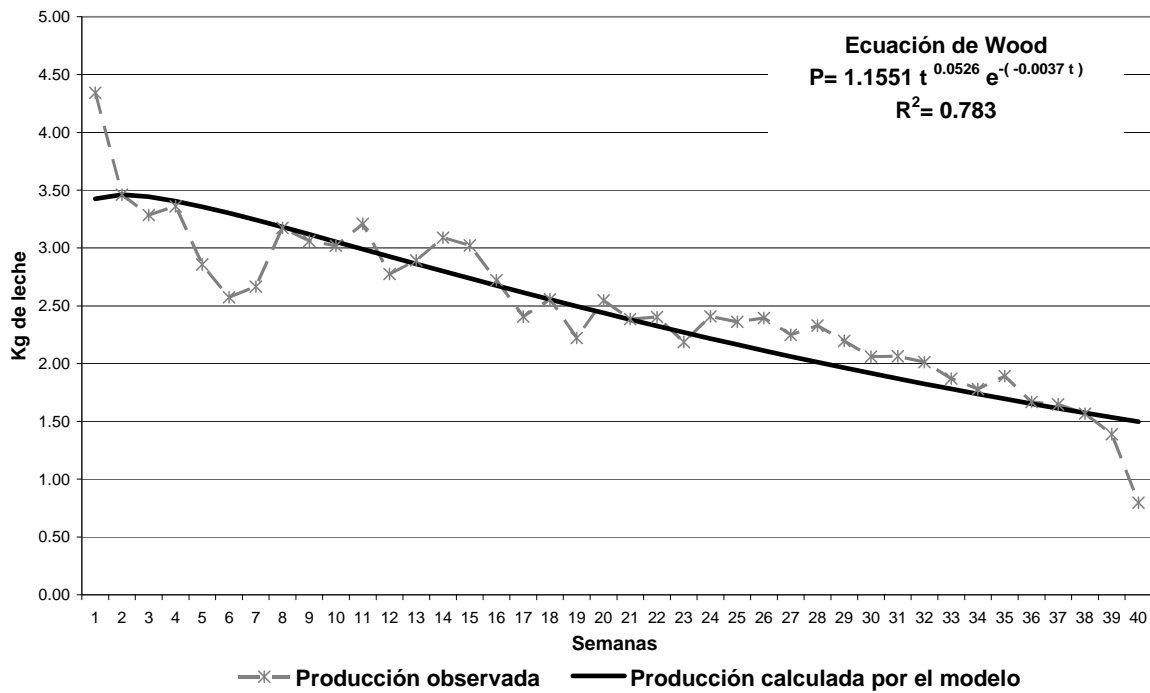


Figura 4. Curva de lactancia grupo MetZn

CURVA DE GRASA.

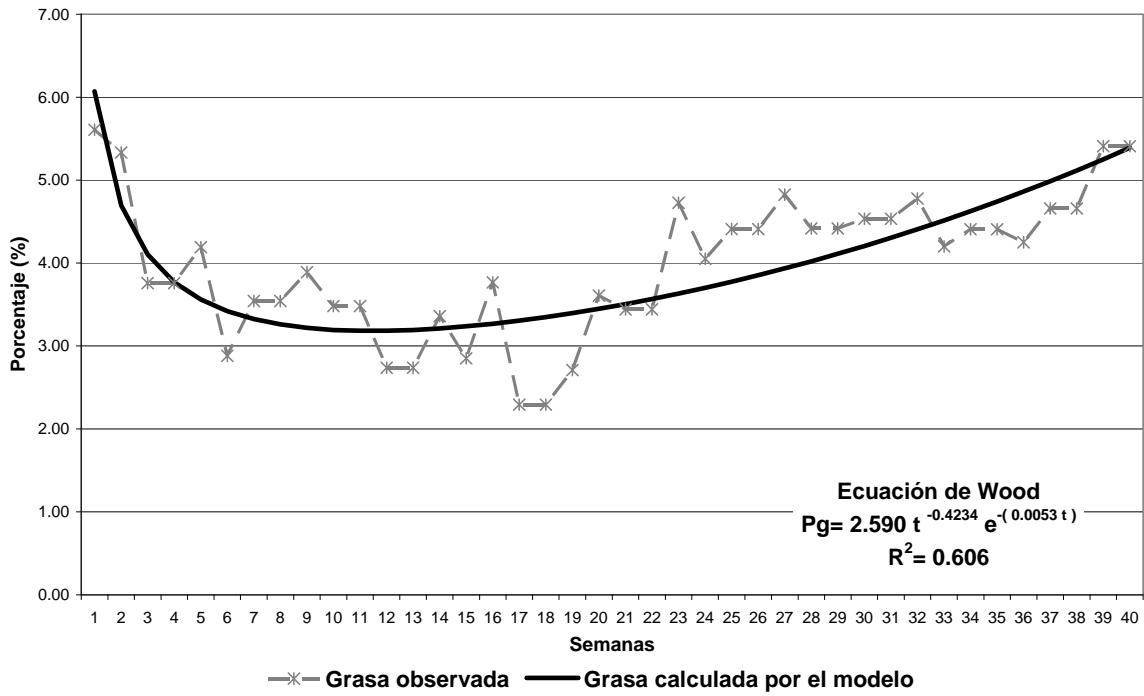


Figura 5. Curva de grasa grupo ZnO

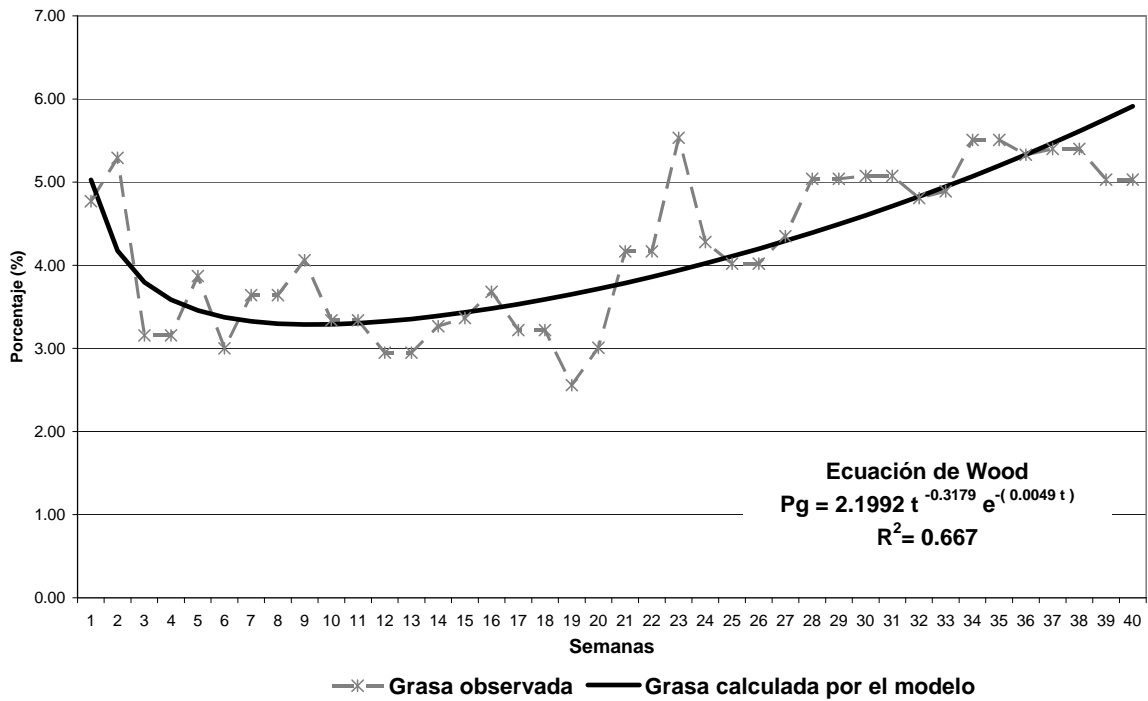


Figura 6. Curva de grasa grupo MetZn

CURVA DE PROTEÍNA.

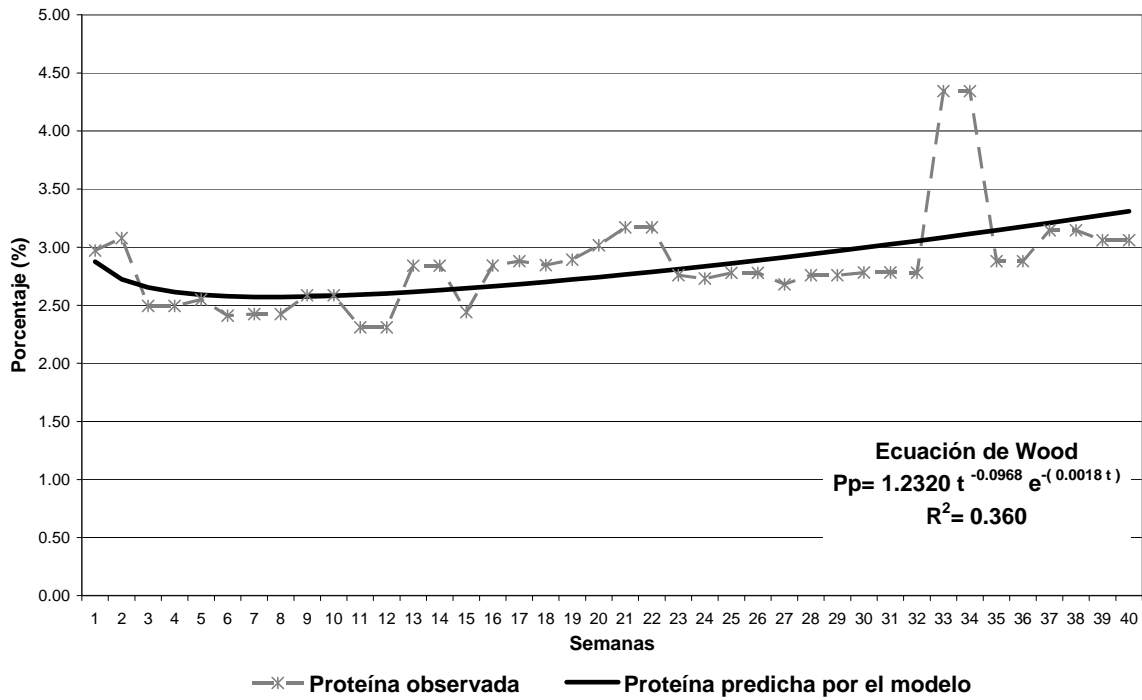


Figura 7. Curva de proteína grupo ZnO

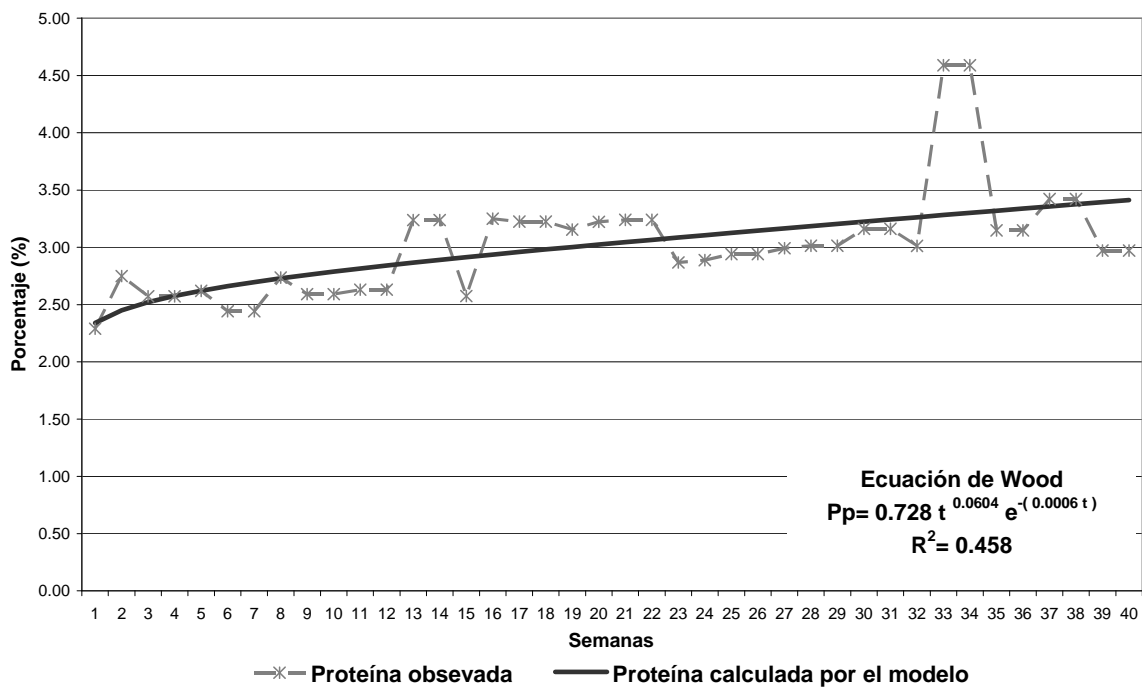


Figura 8. Curva de proteína grupo MetZn

COMPONENTES DE LA LECHE.

Adicionalmente en la leche se analizaron: el contenido de materia seca, la densidad aparente y zinc (Cuadro 11). El comportamiento de estos componentes a lo largo de la lactancia fue similar ya que no se encontraron diferencias significativas entre los grupos ($P>0.05$).

Cuadro 11.
Calidad de la leche de cabra.

	MS* (%)	Densidad aparente	Zn** (ppm)
ZnO	12.56± 1.17 ^{NS}	1.035± 0.01 ^{NS}	4.43± 0.24 ^{NS}
MetZn	13.00± 1.92 ^{NS}	1.035± 0.16 ^{NS}	4.23± 0.30 ^{NS}

* Materia Seca ** Zinc ^{NS} No significativo ($P>0.05$)

Para el caso de la concentración de Zinc en leche durante la lactancia, no existieron diferencias significativas entre grupos ($P>0.05$), pero si en tiempo. La concentración de Zinc disminuyó ($P<0.05$) conforme avanzó la lactancia. (Cuadro 12 y Figura 9).

Cuadro 12.
Concentración promedio de Zinc en leche de cabra (ppm[§]).

Etapas de lactancia	Grupo	
	ZnO	MetZn
Inicio*	4.99± 0.64 ^a	4.61± 0.56 ^a
Medio**	4.38± 0.24 ^b	4.23± 0.33 ^b
Final†	4.18± 0.29 ^c	4.03± 0.34 ^c
Diferencias entre etapas		
Inicio - medio	12.23% ↓	8.24% ↓
Inicio - final	16.24% ↓	12.58% ↓

* Inicio de lactancia hasta el pico de producción
 ** Desde el pico de producción hasta los 180 días
 † Desde los 180 días hasta los 280 días de producción
^{a,b,c} indican diferencia significativa ($P<0.05$)
[§] Partes por millón

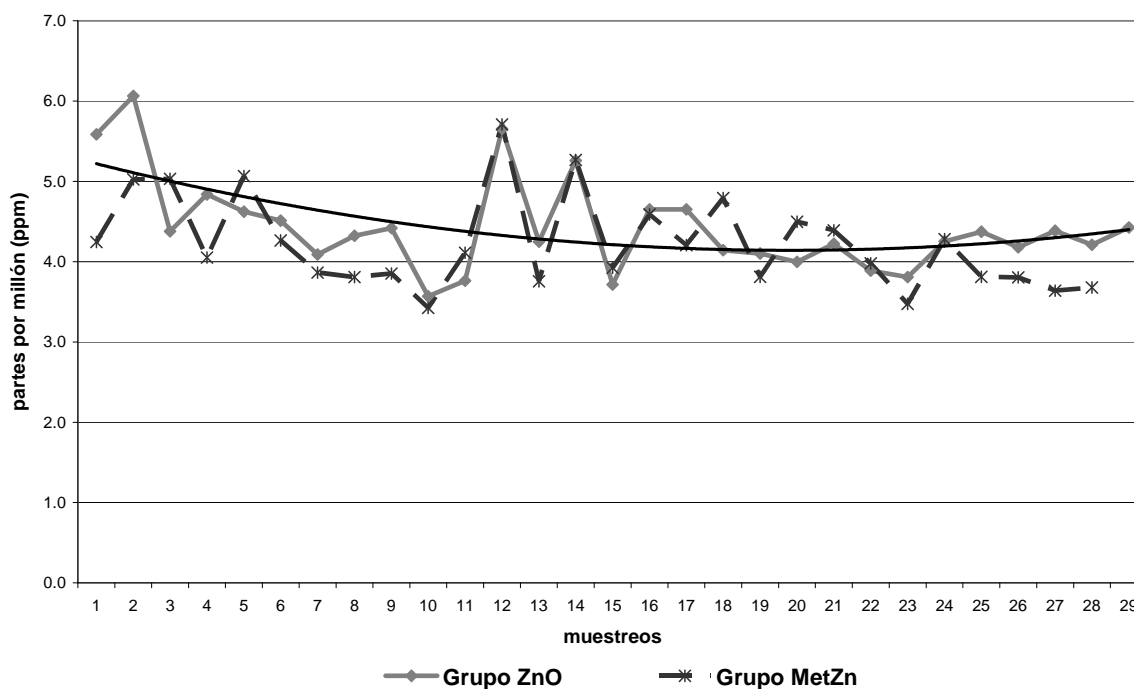


Figura 9. Concentración de Zinc en leche

ZINC EN SUERO SANGUÍNEO.

El comportamiento de la concentración promedio de zinc en suero sanguíneo para el grupo ZnO fue de 1.40 ± 0.14 ppm y para el grupo MetZn fue de 1.40 ± 0.12 ppm.

Cuadro 13.
Concentración promedio de Zinc en suero sanguíneo (ppm[§]).

Etapas de lactancia	Grupo	
	ZnO	MetZn
Inicio*	1.25 ± 0.18^a	0.99 ± 0.11^a
Medio**	1.39 ± 0.23^b	1.35 ± 0.14^b
Final†	1.54 ± 0.20^c	1.52 ± 0.45^c
Diferencias entre etapas		
Inicio - medio	11.28% ↑	36.36% ↑
Inicio - final	23.06% ↑	53.53% ↑

* Inicio de lactancia hasta el pico de producción
 ** Desde el pico de producción hasta los 180 días
 † Desde los 180 días hasta los 280 días de producción
 a,b,c indican diferencia significativa (P<0.05)

§ Partes por millón

Ambos grupos se comportaron de manera similar ($P>0.05$), sin embargo, se encontraron diferencias en tiempo ($P<0.05$), observándose que la concentración de zinc en suero aumentó al avanzar la lactancia (Cuadro 13 y Figura 10).

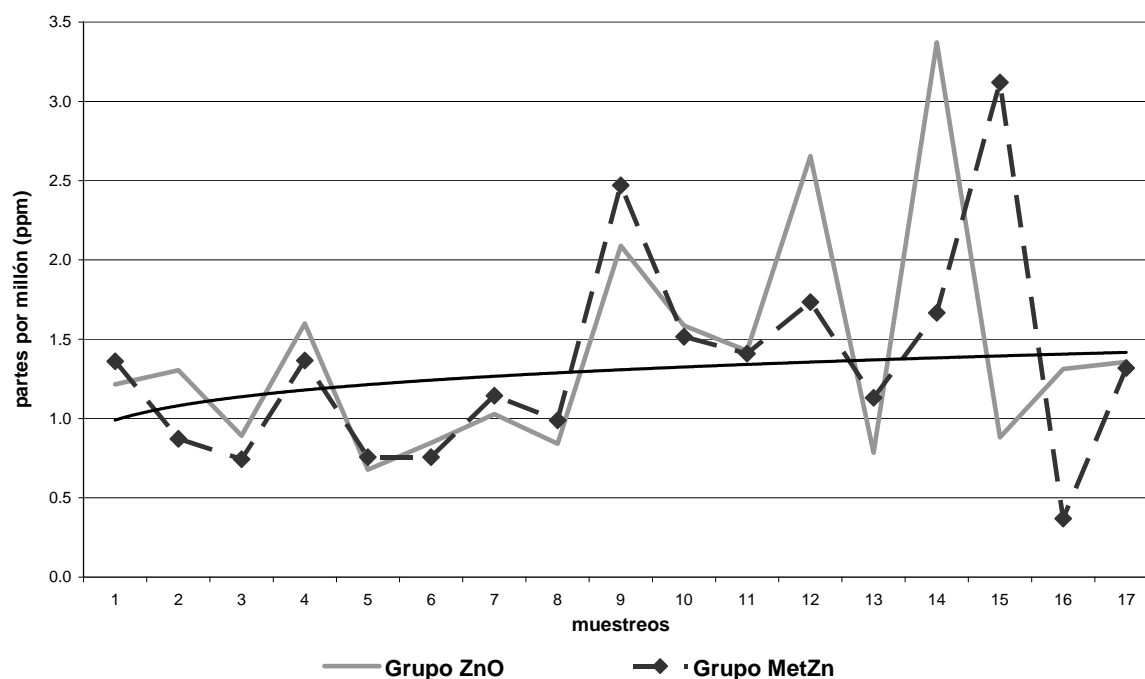


Figura 10. Concentración de Zinc en suero sanguíneo

CONSUMO DE SALES MINERALES.

Cuadro 14.
Consumo promedio de sales minerales en 280 días.

Periodo	Consumo promedio/ cabra (g)	
	ZnO*	MetZn**
Inicio †	33.33± 11.27 ^{NS}	44.64± 10.31 ^{NS}
Medio ‡	23.95± 7.25 ^{NS}	24.85± 7.25 ^{NS}
Final ††	18.52± 10.13 ^{NS}	18.49± 9.98 ^{NS}
Consumo promedio diario	23.52± 9.39 ^{NS}	23.57± 9.56 ^{NS}
Consumo total de sales (kg)	39.51 ^{NS}	39.59 ^{NS}

* pico de lactancia 45 días ** pico de lactancia 14 días ^{NS} No significativo ($P>0.05$)
 † Inicio de lactancia hasta el pico de producción
 ‡ Desde el pico de producción hasta los 180 días
 †† Desde los 180 días hasta los 280 días de producción

El consumo de sales minerales fue semejante ($P < 0.05$) en ambos grupos (Cuadro 14 y Figura 11).

Puede observarse que el consumo de sales disminuyó paulatinamente a lo largo del experimento y que no hubo diferencia en el consumo total de sales entre grupos.

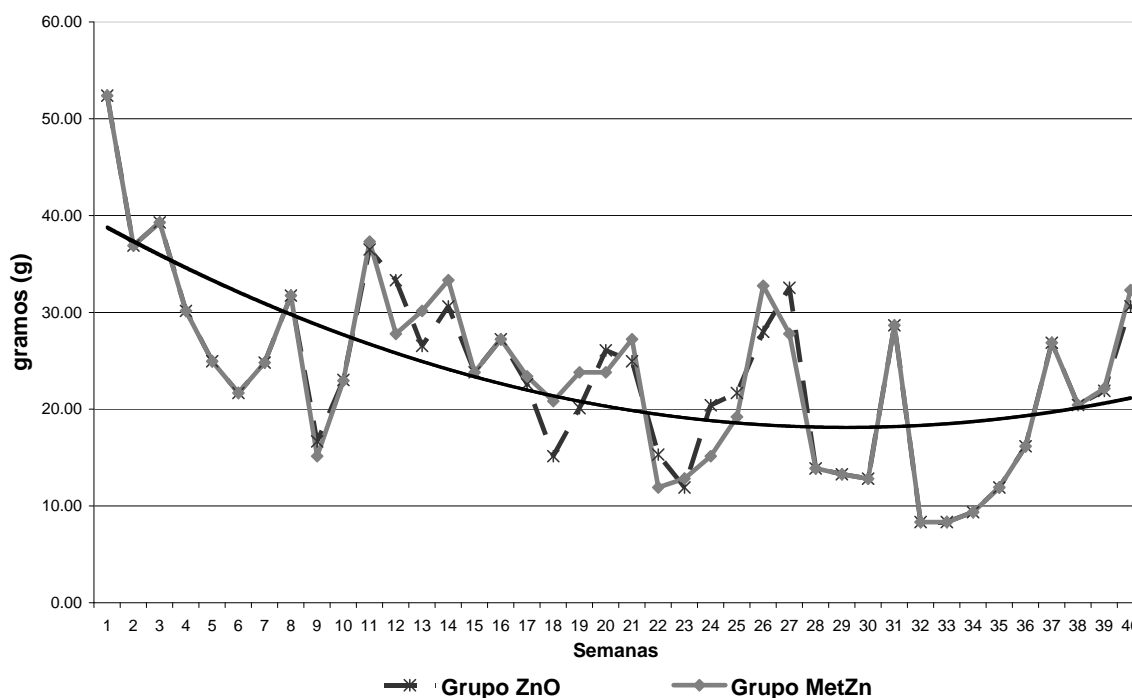


Figura 11. Consumo promedio semanal de sales minerales.

CONSUMO DE ALIMENTO.

Con respecto al consumo de alimento (base fresca), este fue semejante en ambos grupos ($P > 0.05$); existiendo variaciones entre las diferentes etapas a lo largo de la lactancia, puede notarse que el consumo en la fase media fue mayor ($P < 0.05$) que en el resto de las etapas (Cuadro 15 y Figura 12).

Las cabras del grupo ZnO tuvieron un consumo de alimento promedio de 3.36 ± 0.01 Kg y rechazaron en promedio 456 ± 0.01 g de alimento por día, mientras que

el grupo MetZn consumió en promedio 3.25 ± 0.13 Kg y rechazó en promedio 519 ± 0.13 g de alimento por día ($P > 0.05$).

Cuadro 15.
Consumo promedio de alimento por grupo (Kg).[§]

Etapa de lactancia	Grupo	
	ZnO	MetZn
Inicio*	2.76 ± 0.11^a	2.76 ± 0.28^a
Medio**	3.45 ± 0.14^b	3.37 ± 0.16^b
Final†	3.16 ± 0.07^c	3.13 ± 0.14^c
Diferencias entre etapas		
Inicio - medio	24.82% ↑	22.16% ↑
Inicio - final	14.42% ↑	13.53% ↑

* Inicio de lactancia hasta el pico de producción

** Desde el pico de producción hasta los 180 días

† Desde los 180 días hasta los 280 días de producción

a,b,c indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

[§] Base fresca

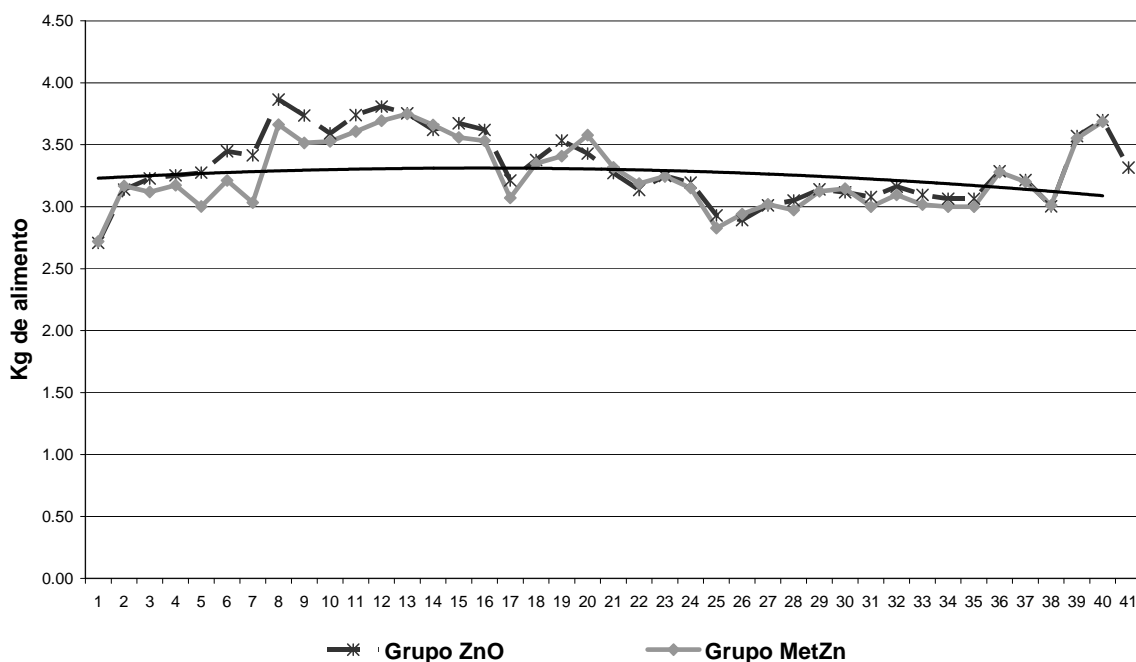


Figura 12. Consumo promedio de alimento.

En el Cuadro 16, se encuentran los valores totales obtenidos del consumo y el rechazo de la ración.

Cuadro 16.
Consumo de alimento total por grupo (Kg) [§]

	ZnO		MetZn
Alimento ofrecido	6341.38	Alimento ofrecido	6341.38
Alimento consumido	5576.82	Alimento consumido	5469.72
Alimento rechazado	764.56	Alimento rechazado	871.66
Porcentaje de rechazo	12.06%	Porcentaje de rechazo	13.75%

[§] Base fresca

En el Cuadro 17 pueden observarse los promedios diarios de consumo de materia seca por kilogramo de peso metabólico en las distintas etapas de producción, así como la producción de leche, el peso y la condición corporal.

Cuadro 17.
Promedio de los parámetros observados durante cada etapa de lactancia.

	Grupo					
	ZnO			MetZn		
	Inicio	Medio	Final	Inicio	Medio	Final
Producción de leche(Kg)	3.73± 0.3 ^a	3.33± 0.42 ^b	2.25± 0.42 ^c	2.61± 1.26 ^a	2.73± 0.33 ^b	1.84± 0.37 ^c
Consumo g MS/Kg PM*	93.52± 0.01 ^{NS}	118.38± 0.01 ^{NS}	93.28± 0.004 ^c	93.46± 0.01 ^{NS}	119.12± 0.01 ^{NS}	112.08± 0.01 ^c
Consumo % PV	5.42± 0.6 ^{NS}	5.76± 0.44 ^{NS}	4.97± 0.21 ^{NS}	5.16± 0.5 ^{NS}	5.84± 0.45 ^{NS}	5± 0.21 ^{NS}
Peso (Kg)	58.72± 1.36 ^{NS}	60.37± 1.38 ^{NS}	65.36± 4.79 ^{NS}	58.30± 2.1 ^{NS}	58.01± 1.67 ^{NS}	64.46± 4.45 ^{NS}
Condición Corporal	2.5 ^{NS}	3 ^{NS}	3.5 ^{NS}	2.5 ^{NS}	3 ^{NS}	3.25 ^{NS}

Inicio: desde el inicio de lactancia hasta el pico de producción

*Peso Metabólico

Medio: desde el pico de producción hasta los 180 días

Final: desde los 180 días hasta los 280 días de producción

a,b,c indican diferencia significativa (P<0.05)

^{NS} No significativo (P>0.05)

El consumo diario de materia seca por kilogramo de peso metabólico fue de 101.73 ± 0.01 g para el grupo ZnO y de 108.22 ± 0.22 g para el grupo MetZn (P>0.05). Puede observarse que el consumo de materia seca fue muy similar en ambos grupos durante el inicio y mediados de la lactancia (P>0.05), sin embargo

en la fase final las cabras del grupo MetZn consumieron mayor cantidad de materia seca ($P < 0.05$) que las cabras del grupo ZnO (Cuadro 17).

El consumo en porcentaje de peso vivo fue de $5.47 \pm 0.54\%$ y $5.51 \pm 0.56\%$ para ZnO y MetZn respectivamente ($P > 0.05$).

PESO Y CONDICIÓN CORPORAL.

Con respecto al comportamiento del peso y la condición corporal, las cabras del grupo ZnO presentaron un peso promedio de 61.5 ± 5.62 Kg y una condición corporal de 3 ± 0.27 puntos, mientras que las cabras del grupo MetZn pesaron 60 ± 4.82 Kg y una condición corporal de 3 ± 0.32 puntos. (Figuras 13 y 14).

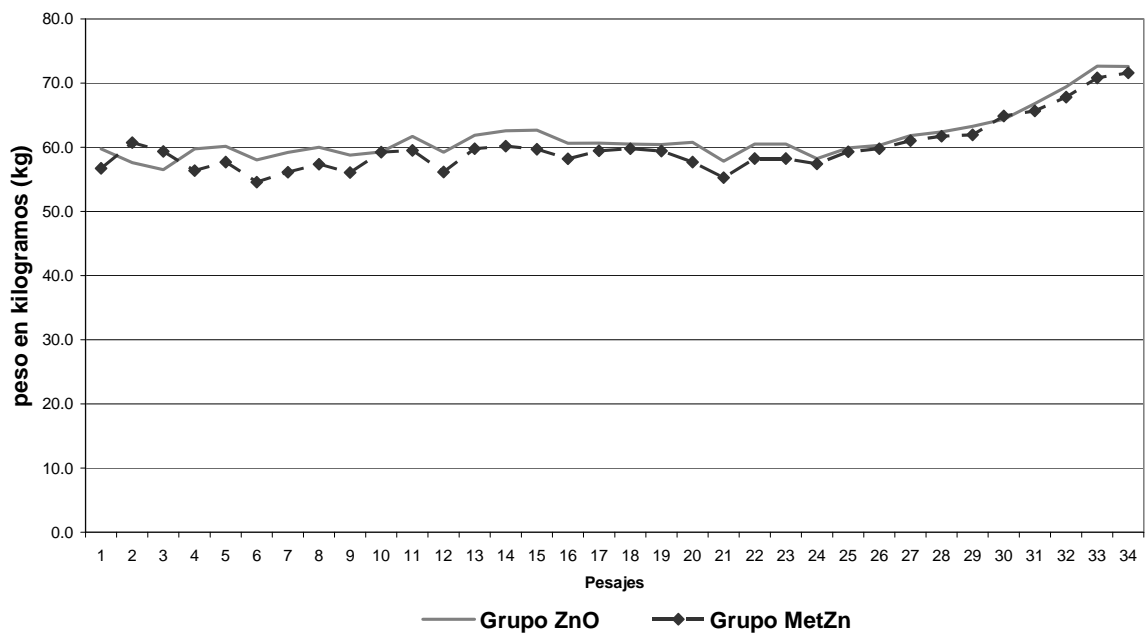


Figura 13. *Peso promedio por grupo*

En ambos grupos la calificación promedio más baja fue de 2.5 puntos la cual se dio al inicio, se mantuvo durante el pico y la más alta de 3.5 y 3.25 para ZnO y MetZn respectivamente al final de la lactancia (Cuadro 17). Los valores obtenidos en el pico de lactancia fueron de 2.5 para ambos grupos.

Para ninguna de estas variables se encontró diferencia estadística entre grupos ($P > 0.05$).

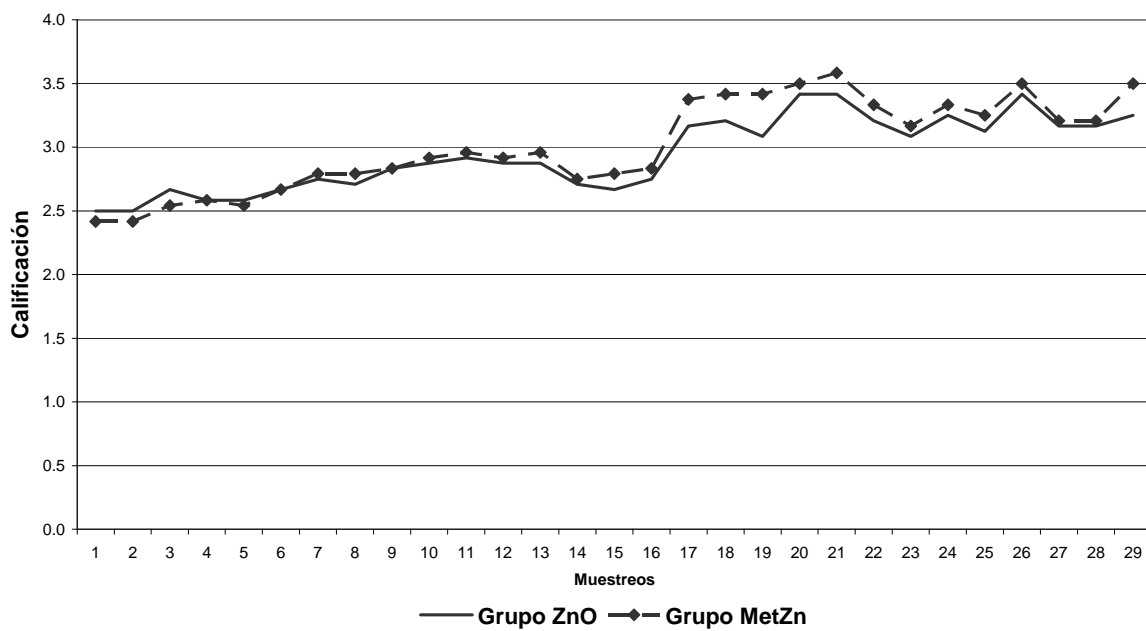


Figura 14. Condición corporal por grupo

DISCUSIÓN.

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE.

Para ambos grupos se observó una curva típica de lactancia, que se inicia con un rápido incremento de la producción, hasta alcanzar su punto máximo ó pico (4.05 Kg ZnO y 3.36 Kg MetZn), entre la sexta y cuarta semana después del parto respectivamente. Posteriormente ocurre una caída paulatina de la producción hasta el final de la lactancia, considerada normal, debido al proceso de involución de la glándula mamaria, después del pico de producción ⁽¹²⁾(Figuras 3 y 4).

En este experimento, se encontró que el grupo que consumió la sal mineral con Óxido de Zinc, produjo mayor cantidad de leche, que el grupo que consumió la sal mineral con Metionina de Zinc (4948.42.17 Kg Vs. 3991.44 Kg). Estos resultados difieren de los obtenidos por Salama *et al.* (2004) ⁽³⁶⁾ en cabras, suplementadas con 1g/d de metionina de Zinc, Corbellini *et al.* (1997) en vacas En las que fue mayor la producción del grupo suplementado con MetZn y los resultados registrados por Kellogg (1990 y 2004) en bovinos de leche, en donde las producciones fueron mayores en los animales suplementados con Metionina de Zinc, que en los que recibieron Óxido de Zinc; este resultado lo atribuyeron a la mejor salud de la ubre de los animales tratados, cuantificado a través del conteo de células somáticas. En este experimento no se contempló el conteo de células somáticas como parámetro para estimar la salud de la ubre, sin embargo, cabe mencionar que ninguna de las cabras presentó signos de alguna enfermedad relacionada con la glándula mamaria.

La evolución de la calidad de la leche sigue un progreso esencialmente inverso a la producción. Los porcentajes de grasa y proteína descienden después del parto, alcanzando su punto más bajo en el cuarto mes, en el caso de la grasa (2.29% ZnO y 2.56% MetZn), y para el tercer mes en el caso de la proteína (2.31% ZnO). Cabe mencionar que el grupo MetZn, presentó su punto más bajo (2.29%) al inicio de la lactancia. Después de alcanzar su punto mínimo, ambos componentes aumentan a medida que la producción disminuye⁽¹²⁾(Figuras 5, 6, 7 y 8).

Estos resultados concuerdan con Kellogg (2004) en los que la adición de Metionina de Zinc no modificó los porcentajes de grasa y proteína de la leche. Sin embargo, difieren con los resultados del experimento realizado por Salama *et al.* (2004), en el que las cabras suplementadas con metionina de Zinc presentaron un menor porcentaje de grasa, que el del grupo que recibió Óxido de Zinc, esto debido a un efecto de dilución de este componente, en mayor volumen de leche producida⁽¹⁰⁾. El porcentaje de proteína no se vio afectado.

El hecho de que las cabras del grupo ZnO hayan tenido una mayor producción que las del grupo MetZn puede deberse simplemente a que coincidió que en el grupo ZnO, se encontraban las cabras con mayor producción y peso promedio (Cuadro 7 y 17); ya que estos parámetros están correlacionados positivamente, de manera que los cambios en el peso son responsables del 20%- 30% de la variabilidad en la producción⁽³⁶⁾. También puede ser indicio de la presencia de animales con diferente aptitud natural para la producción de leche, ya que las

condiciones de alimentación y manejo general que rodearon a este experimento están controladas.

Al no encontrarse diferencias porcentuales en la composición de la leche de ambos grupos, las cantidades totales de grasa y proteína por lactancia fueron mayores para el grupo ZnO (Cuadros 8 y 9), lo que sugiere que no se presentó un efecto de dilución de dichos componentes por el mayor volumen de leche. Salama *et al.* (2004) atribuyeron este efecto, a que las cantidades de Metionina de Zinc probablemente fueron muy bajas como para afectar la composición de la leche o, propone la mejor utilización de proteína en todo el cuerpo cuando se utiliza Metionina de Zinc (Spears 1989).

Los demás componentes analizados adicionalmente (porcentaje de Materia Seca, Densidad aparente, y Zinc), no mostraron diferencias significativas (Cuadro 11).

Cabe mencionar que el efecto del Zinc depende del estado nutricional del animal, particularmente de minerales y proteína (Puchala 1999), y dado que los animales se encontraban sanos, se puede deducir que estos resultados se deban a los altos niveles de suplementación zinc y su efecto sobre la producción de leche (Hatfield 1995) y sobre la condición general del animal y no a la fuente (Metionina) *per se*.

CONCENTRACIÓN DE ZINC EN LECHE Y SUERO.

La concentración de zinc en leche se encontró en un rango normal (1.48-4.93 ppm) ⁽⁷⁾ acorde con lo reportado en la literatura y fue muy similar en ambos grupos

(4.43 ± 0.24 y 4.23 ± 0.30 , para ZnO y MetZn respectivamente). (Cuadro 12 y Figura 9).

Resultados semejantes a los encontrados en el caso del zinc en leche, se obtuvieron para la concentración de zinc en suero, (ZnO 1.40 ± 0.14 ppm y MetZn 1.40 ± 0.12 ppm¹) en los que no se encontraron diferencias entre grupos y los valores se encuentran en un intervalo considerado normal ($0.8 - 2$ ppm)⁽¹⁸⁾. (Cuadro 13 y Figura 10). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Salama *et al.* (2004) (ZnO 0.65 mg/l MetZn 0.64 mg/l), Puchala *et al.* (1998)⁽³⁷⁾ (ZnO 0.87 mg/l MetZn 0.92 mg/l), y Spears (1989) (ZnO 44 µg/dl y MetZn 39 µg/dl) en los que no se encontraron diferencias al comparar estas dos fuentes de Zinc.

Cabe resaltar que varios autores mencionan que el uso de la concentración de Zinc en suero sanguíneo como indicador, es poco fiable. King (1990)⁽³⁸⁾ propone que la concentración plasmática de zinc no refleja el estatus verdadero del zinc en el organismo. Esto se debe a que factores ajenos a la alimentación pueden hacer variar sensiblemente los niveles plasmáticos de Zinc ya que son particularmente susceptibles a los efectos del estrés⁽²⁵⁾, hipertermia, mastitis y edad (animales viejos); estos reducen el contenido de zinc en suero en el ganado⁽³⁹⁾. A este respecto Ahmed *et al.* (2001) en su estudio realizado en cabras Nubias, concluyeron que la concentración de Zinc disminuye con la edad y se ve afectado por el nivel de producción de los animales. La mayor concentración de zinc en altas productoras comparado con las bajas productoras (6.59 ± 0.20 mg/l y $2.00 \pm$

¹ **1 ppm = 1 mg/l = 1 µg/dl**

0.70 mg/l respectivamente) indican el mayor requerimiento de Zinc en las primeras.

Henry (1996) ⁽⁴⁰⁾ menciona que los tejidos que mejor indican el estado nutricional del zinc en rumiantes son el hígado y riñón.

CONSUMO DE ALIMENTO Y SALES, PESO Y CONDICIÓN CORPORAL.

El consumo de alimento fue muy similar para ambos grupos en este experimento y no se vio afectado por la suplementación con Metionina de Zinc (Cuadro 15 y Figura 12), coincidiendo con los resultados informados en borregos (Rojas *et al.* 1995), cabras (Salama *et al.* 2004 y Puchala *et al.* 1999) y vacas (Kellogg 2004).

En cuanto al consumo de materia seca (CMS), son muy diversos los resultados reportados en la literatura ya que el nivel de consumo se ve influenciado por diversos factores como son el peso, la edad, nivel y etapa de producción, la condición general del animal, el manejo alimenticio y la calidad de los alimentos⁽⁴¹⁾. Trabajos realizados en Francia proponen un CMS de 108 g /kg de peso metabólico (PM) para cabras lecheras. Más tarde se estableció un CMS estandarizado de 120 g / Kg PM para cabras Alpinas en mitad de la lactancia con un peso de 60 Kg y una producción diaria de leche de 4 Kg ^(41,42), el cual se aproxima mucho a los obtenidos en éste experimento durante la mitad de la lactancia en cabras de la misma raza y peso similar, sin embargo el nivel de producción de leche en las cabras de éste experimento fue menor (Cuadro 17).

En ambos grupos el CMS promedio por día fue menor (101.73 y 108.22 g/ kg PM para ZnO y MetZn respectivamente) y la producción de leche significativamente mayor que lo reportado por Galina *et al.* (1995) en cabras Alpinas Mexicanas de 55 kg de peso promedio y una producción de 1.5 Kg de leche/ día, en confinamiento ó pastoreo, en el que el consumo de materia seca aproximado fue de 140 g/ kg PM.

Los resultados de éste experimento se aproximaron más a los obtenidos por Luo *et al.* (2004) en cabras lactantes de las razas Saanen, Alpina, Damasco, Noruega, Landrace suiza y cruza de razas lecheras, de entre 48.5 y 56.8 kg de peso promedio, en donde el consumo de materia seca fue de 2.07 y 2.21 kg/día; al calcular el CMS/Kg PM éste fue de 112.63 y 106.81 g/ kg respectivamente⁽⁴³⁾.

El consumo en porcentaje de peso vivo fue mayor (5.51% para ZnO y 5.47% para MetZn) que el obtenido por Luo *et al.* (2004) de 4.3 y 3.92%⁽⁴²⁾. La literatura reporta que el consumo en porcentaje de peso vivo en cabras lecheras se encuentra en un rango de 4 a 5% pudiendo llegar hasta un 7% en altas productoras⁽⁴⁴⁾.

El rechazo (12.08% para el grupo ZnO y 13.75% para el grupo MetZn) se encontraba en un rango óptimo (10-15%) según lo reportado en la literatura^(36,41).

Al observar el rechazo, éste se encontraba constituido principalmente por alfalfa, a pesar de ser un ingrediente rico en nutrientes, lo que puede atribuirse a que las cabras son capaces de modificar el consumo de la dieta, seleccionando aquellos ingredientes que se adaptan mejor a sus necesidades de energía y proteína. Fedele *et al.* (2000) midiendo el consumo voluntario de cabras Maltese en diferentes etapas fisiológicas, a los 70 y 130 días de gestación y a los 20 y 130

días de lactancia. Observaron que durante el final de la gestación, cuando los requerimientos de proteína y el riesgo de trastornos digestivos son elevados, las cabras aumentaron el consumo de alfalfa, garbanzos y pulpa de remolacha. Mientras que en la lactancia las cabras consumían en mayor cantidad alimentos como el maíz y la cebada para satisfacer sus necesidades energéticas ⁽⁴⁵⁾.

Otro ingrediente de la ración que evidenciaba el comportamiento selectivo de las cabras, fue el concentrado, que aunque en menor medida, también era rechazado cuando hacía falta algún ingrediente que lo componía o se cambiaba su porcentaje de inclusión en el mismo, por ejemplo: en el caso de la melaza si se diluía demasiado, el concentrado no era consumido tan ávidamente, como cuando estaba más concentrada, lo que confería al concentrado una textura más compacta, menos polvosa, con un color más dorado y con un olor entre dulce y amargo. En general, pueden existir grandes diferencias en el sabor de un mismo alimento de diferentes procedencias o variedades de vegetación, por lo que es muy difícil predecir las preferencias de las cabras y la palatabilidad de los mismos piensos procedentes de diferentes lotes ⁽⁴⁶⁾.

La forma en la cual se le ofrecía el alimento también influía ya que tienen una gran habilidad para seleccionar el alimento. El rechazo de la ración era menor cuando se les colocaban los ingredientes en el comedero por separado (sin mezclarse); de esta manera decidían libremente, cual y en que cantidad, comer primero. Éste comportamiento selectivo es considerado normal en cabras, ya que en general, tienen una gran habilidad para elegir cual ingrediente de la ración prefieren comer primero hasta terminarlo y continuar con el siguiente y así sucesivamente ⁽⁴⁴⁾.

En el caso de la sal mineral, el consumo fue muy similar en ambos grupos, y las diferencias son muy sutiles ya que las cabras visitaban frecuentemente el saladero y consumían la sal vorazmente. (Cuadro 14 y Figura 11)

Es importante mencionar, que previo a este experimento, las cabras no contaban con un suministro frecuente de sales, en el que pudieran consumirlas a libre acceso. Estas eran suministradas en el comedero, por lo que una vez que se terminaban, tenían que esperar a que se les volviera a servir.

La evolución del peso fue semejante en los grupos evaluados (Figura 13 y 14), concordando con lo reportado por Rojas *et al.* (1995)⁽⁴⁷⁾, Puchala *et al.* (1999) y Hatfield (1995) en animales suplementados con Metionina de Zinc, en los que no hubo diferencia. Spears (1989)⁽⁴⁸⁾ reportó en corderos con severas deficiencias de Zinc, que no fueron detectadas discrepancias en la concentración de Zinc, entre ZnO y MetZn evaluando la ganancia de peso, consumo de alimento, eficiencia alimenticia y zinc en suero como indicadores de la biodisponibilidad del Zinc.

La condición corporal, sufrió una evolución similar a la del peso y tampoco mostró diferencias entre grupos. Los valores obtenidos en este experimento se consideran normales en cabras sanas y adultas. La literatura reporta que en condiciones intensivas en cabras lecheras, la condición corporal debe ser mayor de 2.75 y menor de 3.5 al parto, y al pico de lactancia no debe ser menor de 2. Tampoco debe disminuir más de 1.25 puntos después del parto^(17,18,49). Garcés *et al.* (2004)⁽⁵⁰⁾ estudiando las variaciones en la producción de leche, peso y condición corporal en cabras Saanen durante los primeros 120 días de lactancia, reportan que al inicio de la producción, el peso y la condición corporal descienden conforme la producción de leche aumenta, hasta alcanzar su punto más bajo

sobre la sexta semana coincidiendo con la meseta de la producción lechera, para luego repuntar con el transcurso de la lactancia, Esto debido a la movilización de reservas corporales de grasa y a que la capacidad de ingestión de los alimentos aumenta de forma mucho más lenta que las necesidades que tiene en ese momento el animal, ya que la máxima ingesta se alcanza aproximadamente en el segundo mes de lactancia por lo que la diferencia entre ingesta y requerimientos explica el balance energético negativo y por ende la consecuente movilización de reservas corporales. Sin embargo, en este experimento, no hubo un descenso en el peso ni en la condición corporal, al inicio ni durante la lactancia, en ninguno de los grupos estudiados. Esto puede deberse al sistema de alimentación individualizado, que permitió que las cabras consumieran la mayor parte del alimento ofrecido, lo que se refleja en el bajo porcentaje de rechazo (Cuadro 16), que en el caso de las cabras pueden llegar a ser hasta del 30% de la ración *ad limitum* ⁽¹⁰⁾, este suministro de alimento uniforme durante todo el estudio, no solo se ajustó a las necesidades fisiológicas para la producción de leche a lo largo de la lactancia, sino para la acumulación de reservas, permitiendo así un aumento de peso y condición corporal progresivos.

CONCLUSIÓN.

En las condiciones de este experimento, se demostró que:

- Las cabras suplementadas con ZnO produjeron mayor cantidad de leche, en comparación con el grupo que consumió MetZn.
- Pese a que los porcentajes de grasa y proteína no mostraron diferencias entre los grupos, las cantidades totales de estos fueron mayores en el grupo ZnO.
- Los demás parámetros utilizados para evaluar el comportamiento de estas dos fuentes de zinc: consumo de alimento, concentración de zinc en suero sanguíneo y leche, peso y condición corporal, no mostraron diferencias significativas entre grupos.

En vista de que los resultados no arrojaron evidencias concluyentes que indiquen que la fuente de Zinc, en forma de ZnO ó MetZn, haya sido la causante de esa mejora en la producción debido a la falta de un grupo control sin suplementación, puede inferirse que la suplementación con Zinc, en cabras sanas, mejora el estado general del animal, promueve un uso más eficiente del alimento, permitiendo que exprese su máximo potencial productor, lo que promueve un alto rendimiento en la producción y calidad de la leche.

Se recomienda realizar más estudios al respecto con mayor número de animales e incluir en el diseño experimental a grupos control.

LITERATURA CITADA.

1. Rosas BG. Relación entre producción de leche, su composición química y rendimiento en la elaboración de queso, en cabras lecheras (tesis de maestría). Colima, (Colima) México: Univ. de Colima, 2005.
2. Vega y León S, Gutiérrez RT, Díaz GG, González ML, Ramírez AA, Salas JHM, et al. Leche de cabra: producción, composición y aptitud industrial. [en línea 2008 febrero 19;citado 2008 Mayo 5] disponible en: URL: <http://www.alfaeditores.com/carnilac/Octubre%20Noviembre%2005/TECNOLOGIA%20Leche%20de%20cabra.htm>
3. Goat World [homepage en Internet] Harlan HD, Haenlein GFW, Williams J, Moore EM. Understanding dairy goat production [en línea 2008 mayo 19;citado 2008 Mayo 21] disponible en: URL: <http://www.goatworld.com/articles/udgp.shtml>
4. Haenlein GFW. Goat milk in human nutrition. Small Rum Res 2004; 51: 155-163.
5. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera. [homepage en Internet] SAGARPA [en línea 2007 febrero 20 citado Falta poner fecha] disponible en URL: http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_commenmpio.html
6. FAO. Org [homepage en Internet] Améndola R, Castillo E, Arturo P. Perfiles por país del recurso pastura/forraje. México [en línea 2008 mayo 19;citado 2008 Mayo 21] disponible en: URL: http://www.fao.org/AG/Agp/agpc/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico_sp/Mexico_sp.htm#4.RUMINANT
7. Chacon AV. Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus valoraciones en el proceso agroindustrial. Agronomía mesoamericana 2005; 16: 235-252.
8. Ferrandini EB. Elaboración de queso de murcia al vino con cuajo natural en pasta (Tesis de doctorado).Murcia, España: Univ. de Murcia, 2006.
9. Bouattour MA. Efectos de la utilización de diferentes fuentes de grasa vegetal para incrementar el ácido linoleico conjugado en leche de pequeños rumiantes e interacción con enzimas fibrolíticas. (tesis de doctorado) Bellaterra (Barcelona) España: Univ. Autónoma de Barcelona, 2007.

10. Salvador A, Martínez G. Factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra: revisión bibliográfica. *Rev.Fac.Cienc Vet.* 2007; 48: 61-76.
11. Palma JMG Factores que influyen en la producción lechera de un hato caprino en el semiárido mexicano (Tesis de doctorado) Colima, (Colima) México, Univ. de Colima 1995.
12. Schmidt GH. *Biología de la lactación.* España: Acribia, 1974.
13. González VH. Factores nutricionales que afectan la producción y composición de la leche. [en línea 2008 Marzo 7; citado 2008 Mayo 1] disponible en: URL: http://agronomia.uchile.cl/extension/circular_extensio_panimal/CIRCULAR%20DE%20EXTENSION/N%B028/ARTICULOS_PDF/Articulo%202.pdf
14. Toussaint G. The housing of milk goats. *Livest Prod Sci* 1997;49:151-164.
15. Underwood EJ, Suttle NF. *Los minerales en la nutrición del ganado.* 3ª ed. España: Acribia, 2003.
16. Church DC, Pond WG, Pond KR. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales.* 2ed. México: Limusa Wiley, 2002.
17. Smith MC, Sherman DM. *Goat Medicine.* USA: Lippincott Williams & Wilkinns, 1994.
18. Pugh DG. *Sheep and goat medicine.* 1ed. USA: Saunders, 2001.
19. Spears JW. Trace minerals bioavailability in ruminants. *J Nutr* 2003; 133: 1506s- 1509s.
20. Spears JW. Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Anim Feed Sci Technol* 1996; 58:151-163.
21. Hatfield PG, Snowden GH, Head WA, Glimp HA, Stobart RH, Besser T. Production by ewes rearing single or twin lambs: Effects of dietary crude proteína percentage and supplemental Zinc Methionine. *J Anim Sci* 1995; 73: 1227-1230.
22. Goulas C, Zervas G, Papadopoulos G. Effect of dietary animal fat and methionine on Dairy ewes milk yield and milk composition. *Anim Feed Sci and Technol.* 2003 105: 43-54.
23. Kellogg DW, Tomlinson DJ, Socha MT, Johnson AB. REVIEW: Effects of Zinc Methionine Complex on Milk Production and Somatic Cell Count of Dairy Cows: Twelve-Trial Summary [en línea 2004 ; citado 2008 Mayo 1] disponible en: URL: http://findarticles.com/p/articles/mi_qa4035/is_200408/ai_n9455173/pg_1

24. Donkin SS, Varga GA, Sweeney TF, Muller LD. Rumen-Protected Methionine and Lysine: Effects on Animal Performance, Milk Protein Yield, and Physiological Measures J Dairy Sci 1989; 72 :1484-1491.
25. Corbellini CN, Mangoni AR. Efectos de la suplementación con Óxido de Zinc o Metionina-Zinc en vacas lecheras marginalmente deficientes. Rev Med Vet 1997; 78: 439-447.
26. FMVZ UNAM [homepage en internet] Centro de Enseñanza, Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal: Localización geográfica [en línea 2008 Mayo 5;citado 2008 Mayo 5] disponible en: URL: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/cepipsa/localizacion.htm>
27. Análisis de leche y productos lácteos.[en línea 2008 Mayo 21;citado 2008 Mayo 26] disponible en: URL:<http://www.biol.unlp.edu.ar/nutricionybromatologiaF/tp-leche2007.doc>
28. Determinación de proteínas método Kjeldahl [en línea 2008 Mayo 21;citado 2008 Mayo 26] disponible en: URL: http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/Proteina.pdf
29. Analytical methods for atomic absorption spectrometry handbook. Perkin Elmer. 1994.
30. Rota AM, Rodríguez P, Rojas A, Martín L, Tovar J. Evolución de la cantidad y calidad de la leche de cabra Verata a lo largo de la lactación. Arch. Zootec. 1993: 42: 137-146.
31. Quinn N, Killen L, Buckley F. Modelling fat and protein concentration curves for Irish Dairy cows. Ir J Agr Food Res 2006; 45: 13-26.
32. Shott S. Statistics for health professionals. USA: Saunders , 1990.
33. Rodríguez ZL, Ara GM, Huaman UH, Echevarría CL. Modelos de ajuste para curvas de lactación de vacas en crianza intensiva en la cuenca de Lima. Rev. Investig Vet 2005:16:01-12.
34. Avances en Medicina Veterinaria [homepage en internet] Pérez MP, Ferrando RG, Alvear SC, Berti DP. Curva de lactancia e influencia del número del parto en cabras criollas chilenas. [en línea 1993 Junio 5;citado 2008 Agosto 28] disponible en: URL: http://www.avancesveterinaria.uchile.cl/CDA/avan_vet_completa/0,1424,SCID%253D10566%2526ISID%253D479,00.html

35. Salama AA, Caja G, Albanell E, Such X, Casals R, Plaxats J. Effects of dietary supplements of zinc methionine on milk production, udder health and zinc metabolism in dairy goats. *J Dairy Res* 2004; 70: 9- 17.
36. Gall CF. Relationships between body conformation and production in Dairy goats. *J Dairy Sci* 1980; 63: 1768- 1781.
37. Puchala R, Sahlu T, Davis JJ. Effect of Zinc- methionine of performance Angora goats. *Small Rum. Res.* 1990; 33: 1-8.
38. King JC. Assessment of zinc status. *J Nutr* 1990; 120: 1474-1479.
39. Wegner TN, Ray DE, Lox CD, Statt GH. Effect of stress on serum zinc and plasma corticoids in dairy cattle. *J Dairy Sci* 1973; 56: 748-752.
40. Henry PR, Littell RC, Ammerman CB. Effect of high dietary zinc concentration and length of zinc feeding on feed intake and tissue zinc concentration in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1997; 66:237-245.
41. Galina M, Palma JM, Morales R, Aguilar A, Hummel J. Voluntary dry matter intake by Dairy goats grazing on rangeland or on agricultural by-products in Mexico, *Small Rum Res.* 1995;15:127-137.
42. Gall C. *Goat Production.* New York: Academic Press; 1981.
43. Luo J, Goetsch AL, Nsahlai IV, Moore JE, Galyean ML, Johnson ZB, *et al.* Voluntary feed intake by lactating Angora growing and mature goats. *Small Rum Res.* 2004;53:357-378.
44. Arbiza ASI, de Lucas TJ. *La leche caprina y su producción.* México:Editores Mexicanos Unidos; 2001.
45. Fedele V, Rubino R, Claps S, Morone G. Effect of the physiological stage of Dairy goats on intake frequency and feed preferences in a free-choice feeding system [en línea 2008 Agosto 1; citado 2008 Noviembre 20] disponible en: URL: <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c52/00600305.pdf>
46. Morand-Fehr P. Dietary choices of goats at the trough. Review. *Small Rum Res* 2003;49: 231-239.
47. Rojas LX, Macdowell LR, Cousins RJ, Martin FG, Wilkinson NS, Johnson AB, *et al.* Relative bioavailability of two organic and two inorganic Zinc sources fed to sheep. *J Anim. Sci.* 1995; 73: 1202-1207.

48. Spears J W. Zinc methionine for ruminants: relative bioavalability of zinc in lambs and effects of growth and performance of growing heifers. J. Anim. Sci. 1989; 67: 835- 843.
49. Langston University (USA) [homepage en internet] Goat Research: Body Condition Scoring of Goats [en línea 2008 Mayo 1; citado 2008 Mayo 1] disponible en: URL: <http://www2.luresext.edu/GOATS/research/bcshowto.html>
50. Garcés R, Castillo R, Bruckmaier RM, López JL. Comportamiento productivo en cabras de raza Saanen: relación entre la producción de leche, condición corporal, peso vivo y número de lactancias. Rev Arg Prod Anim 2004; 24: 93-103.

En la pagina 47 en donde dice: Más tarde se estableció un CMS estandarizado de 120 g / Kg PM para cabras Alpinas en mitad de la lactancia con un peso de 60 Kg y una producción diaria de leche de 4 Kg
(¡Error! Marcador no definido, ¡Error! Marcador no definido)

Debe decir: Más tarde se estableció un CMS estandarizado de 120 g / Kg PM para cabras Alpinas en mitad de la lactancia con un peso de 60 Kg y una producción diaria de leche de 4 Kg^(41,42)