

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**INFLUENCIA DEL CINC SOBRE COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y
CARACTERISTICAS DE CANAL EN CORDEROS**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA

MENDOZA GUZMAN SALVADOR



**DIRECTOR GENERAL
ESTADÍSTICA Y CENSO**

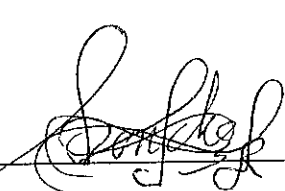
**Marzo 2003
Chapingo, Estado de México**

**INFLUENCIA DEL CINC SOBRE EL COMPORTAMIENTO
PRODUCTIVO Y CARACTERISTICAS DE CANAL EN CORDEROS**

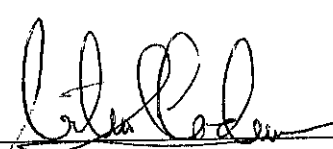
Tesis realizada por Salvador Mendoza Guzmán, bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como
requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

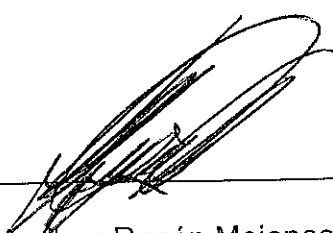
DIRECTOR: _____


M. C. Carlos Sánchez Del Real

ASESOR: _____


Dr. José Artemio Cadena Meneses

ASESOR: _____


Dr. Amílcar Renán Mejenes Quijano

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo y gran espíritu de superación que me sirvió para cumplir una más de mis metas.

A mi esposa, por su enorme paciencia.

A mi hijo S. Tonathiu, por esa sonrisa angelical que me impulsa a seguir adelante.

A mis hermanos, hermanas, cuñadas y sobrinos, con su apoyo y cariño me empujaron a seguir superándome espiritual y profesionalmente.

A todos mis amigos y compañeros de posgrado, por su amistad y apoyo.

SINCERAMENTE

Salvador.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Posgrado en Producción Animal, por darme la oportunidad de lograr una formación académica integral.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo brindado para la realización de mis estudios.

Al M. C. Carlos Sánchez del Real, por su valiosa participación como director en el desarrollo de esta investigación, sus consejos, amistad y confianza brindada.

Al Dr. J. Artemio Cadena Meneses, por sus acertadas sugerencias y apoyo brindado para la culminación de la investigación.

Al Dr. Amilcar Renán Mejenes Quijano por sus acertadas sugerencias y apoyo brindado para la culminación de la investigación.

Al Dr. Rodolfo Ramírez Valverde por sus acertados comentarios para la culminación de este trabajo.

A los profesores del Posgrado en Producción Animal por sus importantes aportes académicos.

Al laboratorio de Nutrición de Rumiantes, especialmente al Sr. Indalecio Flores Santamaría por su enorme paciencia para la culminación de la presente investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos generales

Nombre: Salvador Mendoza Guzmán

Lugar de origen: Chipoco Tlanchinol, Hidalgo.

Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia.

Formación académica:

1990-1993. Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

1994-1997. Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo.

Experiencia Laboral

Lugar: INCA Rural, en el Estado de Hidalgo.

Programa: SINDER.

Puesto: Asesor Técnico, en el Municipio de Juárez Hidalgo

Periodo: 1998-2000

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	iii
CONTENIDO.....	iv
LISTA DE CUADROS	vi
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	1
2.0. Cinc.....	3
2.1. Características generales del cinc.....	3
2.2. Cinc en los alimentos.....	5
2.3. Fuentes ricas en cinc.....	5
2.4. Metabolismo del cinc.....	7
2.5. Relaciones del cinc con otros nutrimentos.....	10
2.6. Concentración mineral en tejidos.....	15
2.7. Cinc y el metabolismo de lípidos.....	18
2.8. Cinc y hormonas.....	19
2.9. Cinc y crecimiento.....	19
2.10. Cinc e Inmunidad.....	20

2.11. Características de la canal con suplementación de cinc.....	21
---	----

Capítulo III. Influencia del cinc sobre el comportamiento productivo

y características de canal en corderos.....	23
--	-----------

3.1. Resumen.....	23
-------------------	----

3.2. Abstract.....	25
--------------------	----

3.3. Introducción.....	27
------------------------	----

3.4. Materiales y métodos.....	28
--------------------------------	----

3.5. Resultados y discusión.....	32
----------------------------------	----

3.6. Conclusiones.....	40
------------------------	----

3.7. Implicaciones.....	41
-------------------------	----

3.8. Literatura citada	42
------------------------------	----

Capítulo IV. Literatura citada.....	48
--	-----------

Comparte



LISTA DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Concentraciones de Zn en plasma y tejidos de rumiantes deficientes en Zn.....	16
Cuadro 2. Concentraciones de Zn en plasma y tejidos de rumiantes intoxicados con Zn.....	16

CUADROS EN EL ARTÍCULO

Cuadro 1. Comportamiento productivo de corderos en engorda intensiva con diferentes niveles de cinc en la dieta	34
Cuadro 2. Proporción de los componentes de la canal fría de cordero en engorda intensiva con diferentes niveles de cinc en la dieta.....	35
Cuadro 3. Medidas de la canal de corderos en engorda intensiva con diferentes niveles de cinc en la dieta.....	36

Cuadro 4. Contenido mineral en suero sanguíneo de corderos alimentados con diferentes niveles de cinc en la dieta.....	37
--	----

Cuadro 5. Medias de minerales en tejidos de corderos en engorda intensiva con diferente nivel de cinc en la dieta.....	39
--	----

INFLUENCIA DEL CINCO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE CANAL EN CORDEROS

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

El principal problema que existe en nuestro país es poder cubrir las demandas cárnicas de la población, cada vez mayores. Por lo que el reto es, desde el punto de vista productivo, satisfacer esta necesidad. Sin embargo, se enfrenta a una serie de problemas de tipo productivo, reproductivo, genético, sanidad, instalaciones, económico, industrialización y comercialización, entre otros, que son la limitante principal para cubrir la demanda de productos cárnicos, por lo que es inevitable las importaciones de carne.

En las investigaciones realizadas para evaluar el efecto de cinc en especies como bovinos, ovinos y porcinos no se ha encontrado efecto sobre la fuente que proporcionan cinc (Pond, 1983; Cheng et al., 1998; Cao et al., 2000; Malcom-Callis et al., 2000; Mavromichalis et al., 2000), así como tampoco se tienen las concentraciones adecuadas de este mineral en corderos para engorda, la NRC (1985) menciona cantidades mínimas de 18 a 32 ppm y niveles tóxicos con 1500 ppm de cinc en la dieta. El uso de minerales en la

alimentación de ovinos ha tenido auge en la actualidad, debido a que éstos pueden reducir la cantidad de grasa en la canal, ya que ésta provoca daños en la salud humana y reduce la eficiencia biológica y económica del animal, por lo tanto se planteó el presente estudio.

El objetivo del estudio fue evaluar diferentes niveles de cinc en la dieta sobre el comportamiento productivo, rendimiento y características de la canal y minerales en suero y tejido de corderos en engorda intensiva.

CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2. Cinc

2.1. Características generales del cinc

El cinc fue descubierto por Marggraf en 1746. Pertenece al grupo de metales de transición en el grupo 12 (IIb). Posee peso atómico de 30, punto de fusión de 419.58 y punto de ebullición a 907°C y gravedad específica de 7.113. El cinc participa en más de 300 enzimas y se estima que alrededor del uno por ciento del genoma humano se codifica con segmentos del cinc (Damgaard y Larsen 1995; Huerta et al., 2000).

El cinc es el activador de la enzima anhidrasa carbónica, además es constituyente de enzimas metálicas como la glutamato deshidrogenasa, D-gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa, carboxipéptidasa, entre otros (Rosado, 1998). Participa en el metabolismo de ácidos nucleicos (ADN y ARN) en la síntesis de proteínas y carbohidratos, en la acción de la insulina, glucagón y coricotrópica (Underwood, 1983). El cinc puede formar enlaces cruzados como en las bases de los llamados "dedos del cinc", que caracterizan a las proteínas de transcripción (Rosado, 1998).

Desde hace tiempo se sabe que el cinc es esencial para

ciertas formas inferiores de vida y en 1926 para los vegetales superiores. En 1934, Todd y colaboradores demostraron que el cinc es necesario para el crecimiento y para mantener la salud de ratas y ratones, posteriormente se provocó intencionalmente la deficiencia de cinc en cerdos, aves, corderos y terneros. La deficiencia de cinc se asoció en todas las especies con inapetencia y reducción del crecimiento, bajo rendimiento de la reproducción y anomalías en la piel y en general de su producción (Puls 1994; Kincaid, 1999; Tomlinson et al., 2002).

Algunos estudios de cinc en dietas de rumiantes se evaluaron con la finalidad de observar los efectos tóxicos, ya que la deficiencia de este mineral era poco probable, o aún no conocida. Después de una gran cantidad de investigaciones durante 40 años de investigación continua, no se han definido con precisión los requerimientos del cinc, sin embargo, se ha avanzado en el conocimiento de las funciones en las que interviene este mineral en el organismo animal y vegetal.

2.2. Cinc en los alimentos

El contenido de cinc en la mayoría de los pastos son más bajos que las cantidades requeridas por los animales (Hurley et al., 1987). Las leguminosas aportan de 11 a 18 ppm de cinc, mientras que las gramíneas de 8 a 17 ppm de cinc, los cereales de 17 a 50 ppm, pastas de oleaginosas de 22 a 98 ppm y subproductos lignocelulolíticos de 6 a 56 ppm (French et al., 1957). La concentración de cinc en granos como trigo, avena, cebada y mijo oscila de 20 a 30 ppm con valores menores en maíz y en todos aquellos granos que se cultivan en suelos pobres en cinc.

2.3. Fuentes ricas de cinc

Las fuentes de cinc para la alimentación del ganado pueden ser divididas en dos grandes grupos: fuentes orgánicas e inorgánicas. Las fuentes orgánicas que han sido evaluadas en rumiantes incluye ZnCl_2 , ZnCO_3 y ZnSO_4 (Pond, 1983; Cheng et al., 1998; Cao et al., 2000; Malcom-Callis et al., 2000; Mavromichalis et al., 2000). De las fuentes orgánicas se tienen a los complejos de cinc como aminoácidos (cinc-metionina, cinc-lisina). Cuando el cinc es quelatado con

aminoácidos o parcialmente hidrolizado con proteína es llamado proteínato de cinc. Al complejo del cinc con un polisacárido se le conoce como polisacárido de cinc.

Cao et al. (2000) evaluaron las fuentes orgánicas e inorgánicas del cinc en pollos y ovinos, observaron que cuando el sulfato de cinc se le asignaba un valor del 100% como estándar se obtuvieron valores de 83 ± 14.6 y 139 ± 16.9 para cinc-aminoácidos y cinc-proteína, respectivamente en pollos. Los mismos autores citados anteriormente, en ovinos observaron valores de 130, 110 y 113% para cinc-proteína, cinc-aminoácidos y cinc-metionina, respectivamente.

Hess et al. (2001) observaron incrementos extras ($P < 0.05$) en el peso de los pollos a los 21 días con la adición cinc-metionina y cinc-lisina y disminuyeron los problemas de lesión en alas y patas.

Cheng et al. (1998) observaron que el nivel de lisina y fuente de cinc no influyen ($P > 0.05$) en la absorción de cinc. El ZnSO_4 y cinc-lisina mostraron la misma efectividad en la promoción del crecimiento, cuando la dieta es deficiente, adecuada o ligeramente mayor que los niveles adecuados de lisina en dietas de cerdos jóvenes.

2.4. Metabolismo del cinc

El cinc posee una serie de propiedades químicas que lo hacen único y muy útil en varios sistemas biológicos y, por lo tanto, participe de un gran número de procesos metabólicos (Tomlinson et al., 2002). Tiene un papel muy activo en el sitio catalítico de un número importante de sistemas enzimáticos; a diferencia del hierro y del cobre, no cambia su estado electroquímico, por lo que no es útil en reacciones de óxido-reducción; sin embargo, por la misma razón, el organismo no corre el riesgo de daño por oxidación, lo que permite que el cinc sea transportado y utilizado más fácilmente (Rosado, 1998). Numerosos aspectos del metabolismo celular son dependientes del cinc. El cinc juega un papel importante en crecimiento y desarrollo, respuesta inmune, función neurológica y reproducción (Underwood y Suttle, 1999).

Las funciones del cinc en las enzimas pueden ser según Underwood y Suttle (1999) las siguientes:

Actividad catalítica. Se une a la proteína en el sitio de catálisis e interacción directamente con el sustrato o agua. Ejemplos, anhidrasa carbónica y carboxipeptidasa.

Actividad regulatoria. La enzima fructosa difosfatasa es

inhibida por Zn. Las proteínas con arreglos de "dedos de cinc" regulan la expresión de genes mediante su acción como factores de traducción (aproximadamente 300 factores que se unen a regiones de ADN para promover la traducción). El cinc interviene como señal celular para influenciar la síntesis de hormonas y transmisión de impulsos nerviosos.

Actividad estructural. Estabiliza la estructura de las proteínas (superóxido dismutasa) actúa como catalista y componente estructural (alcohol deshidrogenasa). Así como también ayuda a mantener la estructura de ADN, ARN, ribosomas y membranas celulares. El cinc interviene en la estructura y función de las membranas, por lo que su deficiencia provoca:

Daño oxidativo a las membranas, tensión estructural, alteración de la función de receptores específicos, alteración de la función de los sitios de absorción de nutrientes (Puls, 1994), alteración de la actividad de enzimas unidas a membranas (transporte de sodio), inhibición de agregación de plaquetas y liberación de colecistocinina, inhibe liberación de histamina e inhibe la función de macrófagos y neutrófilos (Huerta et al., 2000)

2.4.1. Absorción y excreción del cinc

Los sitios de absorción de cinc en rumiantes son el abomaso y los intestinos (Damgaard y Larsen 1995). El mecanismo de absorción tiene cuatro fases:

1. Transferencia del lumen intestinal a las células mucosales. Mediado por un mediador, que puede ser citrato, picolinato, EDTA, histidina, metionina y glutamato (Damgaard y Larsen, 1995).
2. Movimiento a través de las células mucosales. Una proporción de cinc (20 al 30%) en la célula mucosal está asociada con metalotionina, que depende del consumo y nivel de cinc. La inducción de metalotionina por stress o dexametasona incrementa la absorción de cinc (Underwood y Suttle 1999; Huerta et al., 2000).
3. Transferencia de cinc de la célula mucosal a la circulación portal. Este parece ser el paso más limitante en la absorción de cinc y tiene un requerimiento obligatorio de albúmina y proteína enlazadora rica en cisteína (CRBP).
4. Secreción de cinc endógeno a la célula mucosal. La inducción de metalotionina por niveles circulantes

altos en cinc permite la acumulación de cinc endógeno y dietético en la célula mucosal para su secreción al lumen intestinal. Esto permite mantener la homeostasis en el cuerpo (Damgaard y Larsen, 1995).

Los coeficientes de absorción de cinc disminuyen con la edad, animales lactantes tienen un coeficiente de absorción mayor al 50% (Kincaid, 1999). La inclusión de pasta de soya en sustitutos de leche disminuye la absorción de cinc debido a la presencia de fitatos en la pasta de soya. En rumiantes se han encontrado coeficientes de absorción del 16 al 51% (Puls, 1994).

Las heces son la principal fuente de excreción del cinc endógeno. La excreción de cinc vía orina representa menos del 1% del total. Las pérdidas endógenas en bovinos se han estimado en 0.045 y en ovinos en 0.076 mg Kg⁻¹ PV⁻¹ día⁻¹ (Damgaard y Larsen, 1995; Huerta, et al., 2000).

2.5. Relaciones del cinc con otros nutrimentos

2.5.1. Nivel de proteína

La interrelación de la proteína en la dieta y cinc puede ser analizada en términos del nivel y fuente de proteína y aminoácidos (Huerta et al., 2000). Cuando el contenido de cinc se incrementa en la dieta, se requiere más proteína

para mejorar la retención del cinc en ratas (Hunts y Larson, 1990). En prerumiantes la absorción del cinc es mejor en comparación a rumiantes, que pueden cubrir el cinc a partir del disponible en el forraje. Miller (1967) demostró que la absorción neta del cinc fue bajo cuando se incluyó pasta de soya en comparación a caseína.

Spears (1986) observó incrementos extras ($P < 0.05$) en ganancia de peso en novillos alimentados con 14% de proteína cruda, en comparación a los que recibieron 11% de proteína en la dieta. Menassé *et al.* (2002), no observaron diferencias ($P > 0.05$) en ganancia de peso y conversión alimenticia con dos niveles de cinc (30 y 200 ppm) y proteína (15 y 18%) en la dieta de corderos.

2.5.2. Vitamina A y cinc

Las interacciones metabólicas de vitamina A y cinc ha sido postulado en la nutrición humana y animal. Se ha demostrado que la deficiencia de cinc provoca fuertes efectos sobre el nivel de vitamina A y sus precursores como el β -caroteno, los cuales no pueden ser incrementados por la suplementación de vitamina A (Hurley *et al.*, 1987). La deficiencia de cinc puede alterar el metabolismo de la

vitamina A, a través de una baja conversión de retinol a retinal y disminuye la síntesis de la proteína ligadora de retinol (RBP). La conversión de retinol a retinal es catalizado por retinol deshidrogenasa, una enzima dependiente de cinc (Huerta et al., 2000).

2.5.3. Cobre y cinc

Existen reportes que demuestran efectos negativos en el nivel de cobre al suplementar con cinc. Dietas con alto contenido de cinc, induce la síntesis de metalotionina en la mucosa intestinal (Puls, 1994). La metalotionina se enlaza con cobre y no permite la movilización de este metal de la mucosa intestinal hacia el cuerpo (Huerta et al., 2000).

Wellington et al. (1998) observaron disminución ($P < 0.05$) en la concentración de cobre en plasma en humanos, ratas y pollos al incrementar el consumo de cinc. Mientras que la adición de cobre en la dieta con altos niveles de cinc, no incrementó la concentración de cobre en plasma e hígado, pero resultó que los glóbulos rojos fueron resistentes a la hemólisis (Greger et al., citados por Hurley et al., 1987).

2.5.4. Hierro y cinc

La interrelación del hierro y cinc no está muy clara aún. Standish et al. (1969) observaron en novillos que altos contenidos de Fe afecta el contenido de cinc en hígado y riñón, en tanto, que Standish y Ammerman (1971) no observaron diferencias ($P>0.05$) en tejido de ovinos. En humanos se ha observado que altos consumos de hierro afectan la absorción del cinc (Fairweather-Tait y Southon, citado por Hurley et al., 1987).

En niños con bajo peso al nacimiento, se observó que la suplementación con cinc durante un periodo prolongado, disminuye la concentración de hierro (Friel et al., citados por Hurley et al., 1987). En mujeres embarazadas se encontraron bajas concentraciones de cinc en suero, a causa de la suplementación con hierro (McKenzie-Parnell et al., citados por Hurley et al., 1987). Puls (1994) observó que el cadmio, calcio y hierro reduce la disponibilidad del cinc en la dieta. Los elevados contenidos de hierro en la dieta de rumiantes afecta la absorción del cinc en el animal y viceversa (Puls, 1994).

2.5.5. Calcio y cinc

Los excesos de cinc reducen el metabolismo del calcio y viceversa. En plantas, el exceso de calcio reduce el aprovechamiento de cinc en la planta (Puls, 1994). En un experimento evaluaron las concentraciones de cinc y calcio en tejido de ratas y observaron que el contenido de Zn no se ve afectada por el contenido de Ca, cuando la dieta es deficiente en Ca y Zn los contenidos en plasma disminuyen 61%, en contraste el contenido de Ca no se ve afectado por la deficiencia de Zn, pero si en un 40% cuando ambos son deficientes (Hans-Peter y Kirchgessner, citados por Hurley et al., 1987).

En la leche de vacas la baja disponibilidad de Zn, está bien documentada, aunque la razón aún no está bien definida. Alrededor del 90% del Zn de la leche de vaca está asociada con micelas de la caseína y se ha encontrado que del 60 al 70% del Zn en micelas de la caseína esta ligada al fosfato de calcio coloidal (CCP), la presencia de éste en la leche disminuye la disponibilidad de Zn, lo cual se puede deber al efecto del CCP sobre la caseína (Hurley et al., 1987).

Jelo Ma

2.6. Concentración mineral en tejidos

La sangre contiene menos del 0.5% del contenido total de Zn corporal. La distribución de cinc en sangre y suero es de la siguiente manera:

TEJIDO	CONTENIDO (%)
Sangre:	
Glóbulos rojos	75 – 80
Plasma	12 – 22
Leucocitos y plaquetas	3
Plasma:	
α_2 – macroglobulina	18
Albúmina	80
Varios	2

Fuente: Huerta *et al.*, 2000

La concentración normal de Zn en ovinos es de 0.8 a 1.2 $\mu\text{g ml}^{-1}$ de plasma, sujeto a variaciones diurnas relacionadas con el consumo de alimento. Los fetos ovinos tienen más cinc en plasma que la madre. La concentración de cinc en plasma es el indicador de una deficiencia de este mineral aunque carece de certeza (kincaid, 1999).

Cuadro 1. Concentraciones de Zn en plasma y tejidos de rumiantes deficientes en Zn.

Variable	N	Media	Desv. Est.	Rango
Plasma, mg L^{-1}	23	0.39	0.22	0.07 - 0.81
Hígado, mg kg^{-1} MS	13	99	9	85 – 107
Pelo, mg kg^{-1} MS	4	100	10	88 – 111
Lana, mg kg^{-1} MS	6	86	16	62 – 101
Riñón, mg kg^{-1} MS	13	79	13	58 – 115
Páncreas, mg kg^{-1} MS	8	55	6	48 - 67

Fuente: Puls, 1994; Huerta *et al.*, 2002.

Cuadro 2. Concentraciones de Zn en plasma y tejidos de rumiantes intoxicados con Zn.

Variable	N	Media	Desv. Est.	Rango
Plasma, mg L ⁻¹	21	13.20	9.0	2.9 – 43.8
Hígado, mg kg ⁻¹ MS	29	1011	483	362 - 6033
Pelo, mg kg ⁻¹ MS	8	179	10	165 – 197
Lana, mg kg ⁻¹ MS	8	129	16	102 – 152
Riñón, mg kg ⁻¹ MS	30	1801	892	140 – 4100
Páncreas, mg kg ⁻¹ MS	28	1402	799	372 - 3356

Fuente: Puls, 1994; Huerta et al., 2002.

La deficiencia del cinc clínicamente se caracteriza por inapetencia, retraso o interrupción del crecimiento y lesiones de los tegumentos y en la producción en pelo, lana o plumas (Price y Schweigert, 1994). Puede tener efectos adversos en la espermatogénesis y el desarrollo de los órganos sexuales primarios y secundarios del macho y todas las fases del ciclo reproductor de las hembras, desde el celo hasta el parto (Tomlinson et al., 2002).

La deficiencia del cinc en ovinos se pone de manifiesto en la lana y en los cuernos, en ovinos provistos de cuernos se pierde la estructura de los anillos, propios del crecimiento y se convierte en un tejido blando y esponjoso que sangra continuamente (Mills et al., 1967). Las fibras de la lana pierden su rizado, aparecen delgadas, sueltas y caen con facilidad, puede desprenderse todo el vellón y la lana deja de crecer (Underwood y Somers, 1969). Los

corderos padecen también postitis y vulvitis, asociado con el aumento de tamaño de las glándulas sebáceas (Dmertzis, citado por Underwood, 1981).

Las anomalías funcionales y estructurales que se describen tienen un efecto en los cambios bioquímicos en sangre y tejidos. Conforme va desarrollando la deficiencia del cinc se produce un ligero descenso en las concentraciones de este mineral en hígado, riñón, corazón, hueso y músculo y un descenso aún más notorio en plasma, páncreas, pelo, lana y plumas (Tomlinson, 2002). Mientras que las concentraciones de cinc en la dieta se refleja en menor grado en algunos tejidos en los que se percibe cambio con aumento o disminución del consumo de este mineral: entre ellos, músculo, corazón, cerebro y pulmón (Malcolm-Callis et al., 2000). Para el diagnóstico, en los animales domésticos en su forma aguda se detecta con facilidad, mediante los trastornos antes mencionados. Es difícil el diagnóstico en sus etapas iniciales, cuando se recomienda atacar el problema.

2.7. Cinc y el metabolismo de lípidos

La deficiencia de cinc disminuye la tolerancia a la glucosa, lo que significa una menor utilización de la glucosa, menor incorporación de glucosa a los ácidos grasos, e incremento del catabolismo de los ácidos grasos. De la misma manera la deficiencia de cinc puede afectar el metabolismo de glucosa vía insulina (Huerta et al., 2000):

- i. Afectando la solubilidad de insulina y, por tanto su liberación.
- ii. Incrementa la actividad de glutathione - insulina transhidrogenasa, lo que incrementa la degradación de insulina
- iii. Incrementa la resistencia periférica a insulina.

Algunas relaciones aisladas entre metabolismo de lípidos y cinc incluye:

- a) Los obesos contienen menos cinc en plasma.
- b) Dosis farmacológicas de cinc disminuyen los niveles circulantes de tocoferol en lipoproteínas de alta densidad

2.8. Cinc y hormonas

El cinc juega un papel importante en la producción, almacenamiento y secreción de hormonas individuales, así como en la efectividad de los receptores y respuesta de los órganos blancos. La anomalía principal en el macho es la hipofunción testicular que afecta la espermatogénesis y la producción de la testosterona por las células de Leydig (Puls, 1994). El efecto primario es la función de la célula de Leydig con efectos secundarios relacionados con el eje pituitario-gonadal. La función del cinc parece ser la activación del adenilato ciclasa y así, estimular la esteroidogénesis. Un papel adicional o alternativo incluye una mayor actividad biológica de los receptores de gonadotropinas. La deficiencia de cinc afecta las hormonas de la tiroides, principalmente porque se limita la conversión extratiroidal de T_4 a T_3 (Kincaid et al., 1976).

2.9. Cinc y crecimiento

La relación entre cinc y crecimiento puede ser explicada por el requisito de un factor de translación que contiene cinc para que el gen de la hormona del crecimiento se

expresión (Huerta et al., 2000). El cinc es necesario para el receptor de la hormona del crecimiento en tejidos y la expresión del factor parecido a insulina-1. Por otro lado, la deficiencia, tanto, como el exceso de cinc provoca depresiones en el consumo, que por sí mismo ocasiona un menor crecimiento y producción de los animales (Huerta et al., 2000).

2.10. Cinc e inmunidad

A nivel mundial, se estima que suceden muertes de aproximadamente 800 000 niños anuales asociados a la deficiencia de cinc, lo que a su vez se asocia a diarreas constantes (Levander y Beck, 1999). Los signos clínicos de la deficiencia de cinc incluyen lesiones y menor consumo de alimento (Kincaid, 2002). Los animales deficientes en cinc presentan hipoplasia del timo, bazo y algunos tejidos linfoides, ésto indica que los linfocitos T están reducidos y la producción de citoquinas e interferón es baja. Así, la deficiencia de cinc reduce el señalamiento hormonal de la inmunidad celular. Igualmente la deficiencia de cinc reduce el número de precursores de las células T citotóxicas. Becerros deficientes en cinc presentan menor respuesta a la

inmunidad (Engle et al., 2000).

Al inicio de una infección, la respuesta inmune a muchos patógenos causa una disminución inmediata de la concentración de cinc en sangre, aproximadamente 50% dentro de las primeras horas (Kincaid, 2002), posteriormente se da incremento de la concentración de cinc en hígado, riñón, bazo y eventualmente en la médula ósea (Kincaid et al., 1976). Con la ausencia de cinc, el crecimiento normal, desarrollo y la inmunidad son impedidos debido a que la división celular y la síntesis de proteína se encuentran restringidas (Kincaid, 2002).

En la médula ósea, el cinc estimula la formación de células precursoras B y T. En el timo favorece su desarrollo para la producción de células T y la acción de timulina. Por ello, la deficiencia de cinc provoca depresión de la inmunidad humoral y celular (Huerta et al., 2000).

2.11. Características de la canal con suplementación de cinc

Barrie et al. (1995) no observaron diferencias ($P > 0.05$) en las características de la canal de ovinos suplementados con cinc-metionina o ZnSO_4 a 35 o 79 mg kg^{-1} de materia seca,

respectivamente.

Malcolm-Callis et al. (2000) encontraron en novillos que la suplementación del cinc influye muy poco ($P>0.05$) sobre las características de la canal, concentración de colesterol en plasma al adicionar 20, 100 y 200 ppm de cinc. Tampoco observaron efecto ($P>0.05$) sobre los ácidos grasos saturados, ácidos grasos monoinsaturados y ácidos grasos poliinsaturados.

INFLUENCIA DEL CINC SOBRE COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y
CARACTERÍSTICAS DE CANAL EN CORDEROS[†]

INFLUENCE OF ZINC ON GROWTH AND CARCASS TRAITS OF LAMBS

Mendoza Guzmán Salvador¹, Carlos Sánchez del Real¹, José
Artemio Cadena Meneses¹, Amilcar Renán Mejenes Quijano²,

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la inclusión de cinc en la dieta de corderos en finalización, sobre características de crecimiento y de la canal. Se utilizaron 96 corderos Criollo*Rambouillet, con pesos iniciales promedio de 22.8 ± 0.22 kg. Los tratamientos a comparar fueron cuatro niveles de cinc en la dieta (40, 80, 140 y 240 ppm). El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar, con el peso vivo inicial como covariable y las comparaciones entre medias de tratamientos fueron a través de la prueba de Tukey. Para los análisis de características de crecimiento, las unidades experimentales por tratamiento fueron tres corrales con ocho corderos cada uno. Para los análisis de características de la canal y

[†] Artículo para su posible publicación en la revista AGROCIENCIA

¹ Programa de Maestría en Producción Animal. Depto. de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5, Carr. México Texcoco, Chapingo, México. C.P 56230. 5959521500 ext. 5082. carloss561@aol.com

² Departamento de Agroindustrias, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5, Carr. México Texcoco. Chapingo, México. C.P 56230

contenido de minerales en tejido, las unidades experimentales fueron corderos en forma individual (tres por tratamiento). Los niveles de cinc evaluados no afectaron ($P>0.05$) las variables de crecimiento, la concentración de cinc en suero y tejido, las características de la canal, excepto para la proporción de espaldilla y grasa pélvica y la longitud del filete. El consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, rendimiento en canal, proporciones de pernil, costilla y lomo mas cuello, y la concentración de cinc en suero y tejido fueron similares ($P>0.05$) entre tratamientos. La proporción de espaldilla fue 4.3% mayor ($P<0.05$) en el tratamiento con 140 ppm de cinc, respecto al de 40 ppm. La proporción de grasa pélvica en el tratamiento con 240 ppm fue 66% menor ($P<0.05$) que en el de 40 ppm. El largo de filete obtenido con los tratamientos de 140 y 240 ppm fueron 2.3 y 2.1 cm mayor ($P<0.05$), respectivamente, que el obtenido con el tratamiento de 40 ppm. Se concluye que la inclusión de cinc en la dieta de corderos en finalización mejora la calidad de la canal.

Palabras clave: Cinc, corderos, canal, comportamiento productivo, minerales

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effect of zinc supplements in the diet of lambs on growth and carcass traits. Ninety six Criollo*Rambouillet lambs, with an average initial weight of 22.8 ± 0.22 kg were used. The treatments to compare were four levels of zinc in food (40, 80, 140 and 240 ppm). The experimental was completely randomized design, using initial live weight as a covariate, and comparisons among treatment means were performed using the Tukey test. For analyses of growth traits the experimental units by treatment were three pens with eight lambs each. For analyses of carcass traits and mineral content in tissue, the experimental units were individual lambs (three per treatment). The evaluated levels of zinc did not affect ($P > 0.05$) growth variables, concentration of zinc in plasma and tissue, and carcass traits, except for shoulder and pelvic fat proportion, and longissimus dorsi length. Dry matter intake, daily weight gain, feed:gain ratio, carcass yield, proportions of peroneal, rib and sirloin plus neck, and zinc concentration in plasma and tissue were similar ($P > 0.05$) among treatments. The shoulder proportion was 4.3% higher

($P < 0.05$) in treatment with 140 ppm of zinc relative to the treatment with 40 ppm. The pelvic fat proportion in the treatment with 240 ppm was 66% lower ($P < 0.05$) than the treatment with 140 ppm. The length of longissimus dorsi obtained with treatments with 140 and 240 ppm were 2.3 and 2.1 cm higher ($P < 0.05$) than that obtained with the treatment of 40 ppm. It is concluded that the inclusion of zinc in the diet of lambs improves carcass quality.

Key words: Zinc, lambs, carcass, minerals

INTRODUCCIÓN

La importancia de los minerales radica, más por la cantidad que de ellos el organismo demanda, en el papel que juegan en las actividades metabólicas y bioquímicas, algunos son constituyentes de enzimas, ejemplo el cinc es parte de la anhidrasa carbónica, otros forman parte de vitaminas (cobalto - vitamina B12), de hormonas (yodo - tiroxina) o algunos actúan como catalizadores (manganeso - fosfatasa) (Huerta et al., 2000).

Investigaciones realizadas para evaluar el efecto de cinc en especies como bovinos, ovinos y porcinos no se ha encontrado efecto diferencial asociada a la fuente de cinc empleada (Pond, 1983; Cheng et al., 1998; Cao et al., 2000; Malcom-Callis et al., 2000; Mavromichalis et al., 2000). Con precisión tampoco se ha determinado los requerimientos en corderos de engorda. La NRC (1985) menciona requerimientos mínimos de 18 a 32 ppm y niveles de toxicidad con 1500 ppm de cinc en la dieta. Pond (1983) encontró que niveles de 19 a 26 ppm de cinc en la dieta son adecuados para un óptimo crecimiento en corderos. Kegley y Spears (1992) observaron mejoras ($P < 0.05$) en la eficiencia alimenticia asociada a la suplementación con cinc a

corderos, sin diferencias ($P>0.05$) entre ZnO y $ZnSO_4$. Barrie et al. (1995) no observaron diferencias ($P>0.05$) en características de la canal de corderos cuando fueron suplementados con cinc - metionina o $ZnSO_4$ a 35 o 79 ppm, respectivamente. En novillos, Malcom-Callis et al. (2000) no observaron efecto ($P>0.05$) de 20, 100 y 200 ppm cinc en la dieta para ganancia de peso y rendimiento en canal. Sin embargo, los mismos autores, evaluaron $ZnSO_4$, complejo Zn aminoácidos o complejo Zn polisacáridos a 30 ppm en la dieta y encontraron menor ($P<0.10$) contenido de grasa en riñón, pelvis y corazón en los novillos con $ZnSO_4$.

El objetivo del estudio fue evaluar diferentes niveles de cinc en la dieta sobre el comportamiento productivo, rendimiento y características de la canal y minerales en suero y tejido de corderos en engorda intensiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en las instalaciones de la Granja El Asilo, ubicada en San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México. El estudio consistió en evaluar diferentes concentraciones de cinc en la dieta, por lo tanto, se plantearon los siguientes tratamientos: 1, 40

ppm; 2, 80 ppm; 3, 140 ppm; 4, corderos con 240 ppm de cinc en la dieta de corderos en finalización.

Se utilizó un diseño completamente al azar. El peso vivo inicial se utilizó como covariable. Para efecto de comportamiento productivo se tuvieron tres repeticiones. La unidad experimental consistió en una corraleta, cada corraleta con 8 corderos. Para efecto de características de la canal y contenido mineral en suero y tejido se tuvieron tres repeticiones por tratamiento y en este caso la unidad experimental consistió de un cordero sacrificado.

Se utilizaron 96 corderos Criollos*Rambouillet (22.83 ± 0.22 kg). Al inicio, los corderos fueron identificados y pesados individualmente, se desparasitaron vía subcutánea con ivermectina a dosis de $0.5 \text{ ml cordero}^{-1}$ (Ivomec^{MR}), se vacunaron vía subcutánea contra *Clostridium perfringens* Tipo C y D a razón de $2.5 \text{ ml cordero}^{-1}$ (Ultrabac 7^{MR}), se implantaron por única vez en la base de la oreja con 12 mg de zeranol (Ralgro^{MR}). Los corderos se asignaron al azar a los tratamientos y corrales, se pesaron al inicio y cada 14 días con previo ayuno de 12 h.

La dieta experimental se formuló para un contenido de energía metabolizable de 2.89 Mcal, proteína cruda de 14.0%, fibra cruda de 7.90% (NRC, 1985). El alimento se

proporcionó *ad libitum* con tres ofrecimientos diarios, 40% a las 7:00 horas, 30% a las 13 horas y el 30% restante a las 17:00 horas.

El sacrificio de los corderos se realizó de forma tradicional a la zona de estudio, se registró el peso de la canal caliente y de las vísceras, se tomaron muestras de hígado, riñón, corazón y diafragma, las canales completas fueron refrigeradas a 5°C durante 12 horas. Transcurrido el tiempo se pesaron las canales y se tomaron las medidas de la canal, se retiró y pesó el total de la grasa pélvica, posteriormente se realizaron los cortes de la canal separándola en perniles, costillas, espaldilla y lomo+cuello, filete y pernil mismas a las que se les registró su peso y se tomaron muestras de 100 g, las cuales fueron almacenadas a -4°C hasta la determinación de minerales.

Al final del experimento se tomaron muestras de sangre de tres corderos por tratamiento, para la determinación de minerales. Las muestras de sangre fueron centrifugadas para separar el suero y almacenadas a -4 °C hasta la determinación de minerales.

La determinación de los minerales Ca, Cu, Zn, K, Na, Mg y Mn se realizaron por medio de espectrofotometría de

absorción atómica mientras que el mineral P por medio de fluorescencia; en ambos casos, la determinación se realizó en el Laboratorio de Nutrición de Rumiantes, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Las variables de respuesta fueron las siguientes: consumo de materia seca, se estimó en kg MS animal⁻¹ día⁻¹ y en g MS (kg PV^{0.75})⁻¹; ganancia de peso, kg cordero día⁻¹; conversión alimenticia, relacionando consumo de alimento y ganancia de peso por día; peso y rendimiento de la canal caliente y fría; mediciones de la canal (largo de canal, pernil y filete y radio de pernil); pesos de la grasa pélvica, y los componentes de la canal (perniles, costillas, espaldilla y lomo + cuello); y, en suero sanguíneo y en los tejidos hígado, riñón, corazón, pernil, diafragma, filete y grasa.

Las variables de respuesta fueron analizadas utilizando el paquete estadístico SAS (1998); para comportamiento productivo mediante el modelo $Y_{ij} = \mu + T_i + PV(X_{ij}) + \varepsilon_{ij}$; para características de la canal el modelo: $Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$; para minerales en suero y tejido de la canal se utilizó el modelo: $Y_{ijk} = \mu + T_i + M_j + (TM)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$; Las medias se compararon por el procedimiento de Tukey (Steel y Torrie, 1998). Los datos en componentes de la canal se

transformaron a raíz cuadrada (Steel y Torrie, 1998) para poder ser sujetas al análisis de varianza. Para el resto de las variables fueron analizados directamente.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

El consumo de alimento promedio fue 1.18 Kg cordero día⁻¹ sin diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos. Cuando el consumo de materia seca se estimó en forma metabólica las tendencias son similares a las antes mencionadas (Cuadro 1). Los consumos observados se encuentran dentro del rango normal reportado por la NRC (1985). Puls (1994) observó que corderos deficientes de cinc reducen el consumo de alimento, tasa de crecimiento y respuesta inmune. Tierrablanca y Vergara (2000) observaron consumos de 1.23 kg cordero día⁻¹.

La ganancia de peso fue en promedio de 0.293 kg cordero día⁻¹ sin observar diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos. Cabe señalar que la ganancia de peso se incrementó ($P=0.319$) en 6.8% con el tratamiento de 140 y en comparación a 40 ppm de cinc en la dieta (Cuadro 1). Menassé et al. (2002) reportaron ganancias de 0.309 kg día⁻¹ al evaluar dos niveles de cinc (30 y 200 ppm) y dos

niveles de proteína (15 y 18%) en la dieta, sin encontrar diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos. Tomlinson et al. (2002) observaron que con 360 mg de cinc en la dieta en forma de metionina- cinc o en forma de cinc inorgánico en la dieta se mejora la ganancia de peso en aproximadamente 3.26%.

La conversión alimenticia en corderos fue en promedio de 4.15 consumo, ganancia⁻¹ sin diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos. Con 140 ó 240 ppm de cinc en la dieta la conversión se mejoró ($P=0.290$) en 11.5% en comparación con 40 y 80 ppm de cinc en la dieta (Cuadro 1). Tomlinson et al. (2002) observaron mejoras en la conversión de 4.05% con 360 mg de cinc en la dieta en forma de metionina- cinc o en forma de cinc inorgánico.

El rendimiento de la canal caliente y en frío fue de 43.5 y 42.3%, respectivamente sin efecto ($P>0.05$) de los tratamientos evaluados. Sin embargo, con 80 ppm de cinc en la dieta, el rendimiento de la canal en fue mayor en caliente en 4.6% y en frío en 5.5% en promedio en comparación con 40, 140 y 240 ppm de cinc en la dieta. (Cuadro 1). Malcomm-Callis et al. (2000) no observaron efecto ($P>0.05$) de 20, 100 y 200 ppm de cinc en la dieta de novillos sobre rendimiento de canal caliente, eficiencia

alimenticia, área de *longissimus*, grasa de riñón, corazón y pélvica en novillos.

Cuadro 1. Comportamiento productivo de corderos en engorda intensiva con diferentes niveles de cinc en la dieta.

Variable	Unidad	Cinc (ppm)			
		40	80	140	240
Peso vivo inicial	kg	22.56 ^a (0.71) [*]	22.75 ^{a*} (0.29)	22.99 ^a (0.23)	23.01 ^a (1.02)
Peso vivo final	kg	39.81 ^a (2.07)	40.57 ^a (0.50)	41.69 ^a (0.81)	41.07 ^a (0.18)
Consumo	Kg cord ⁻¹ día ^{-1†}	1.16 ^a (0.12)	1.20 ^a (0.09)	1.18 ^a (0.01)	1.18 ^a (0.05)
	gMS (kg PV ^{-0.75}) ⁻¹	87.51 ^a (6.54)	89.93 ^a (6.93)	87.50 ^a (1.3)	87.28 ^a (4.89)
Ganancia	kg día ⁻¹	0.29 ^a (0.01)	0.29 ^a (0.05)	0.31 ^a (0.02)	0.30 ^a (0.01)
Conversión	Cons Gan ^{-1§}	4.33 ^a (0.51)	4.47 ^a (0.61)	3.89 ^a (0.28)	3.90 ^a (0.05)
Rendimiento canal caliente	%	0.43 ^a (0.03)	0.45 ^a (0.01)	0.43 ^a (0.00)	0.43 ^a (0.00)
Rendimiento canal fría	%	0.42 ^a (2.88)	0.44 ^a (1.22)	0.41 ^a (1.11)	0.42 ^a (1.29)

* Media (desviación estándar)

** Medias dentro de hilera con una literal en común no son diferentes (P>0.05)

† Kg cordero⁻¹ día⁻¹, § consumo ganancia⁻¹

Con 140 ppm de cinc en la dieta la proporción de la espaldilla se incrementó (P<0.05) en 4.3, 2.2 y 2.4% en comparación con los tratamientos 40, 80 y 240 ppm de cinc en la dieta, respectivamente (Cuadro 2). La proporción de perniles, costillas, lomo+cuello, no fueron diferentes (P>0.05) entre tratamientos, siendo en promedio de 32.77, 14.75 y 30.0%, respectivamente. La grasa pélvica en corderos del tratamiento con 240 ppm de cinc en la dieta se redujo (P<0.05) en 49, 57 y 66% en comparación a los

tratamientos con 40, 80 y 140 ppm de cinc en la dieta.

Cuadro 2. Proporción de los componentes de la canal fría de cordero en engorda intensiva con diferentes niveles de cinc en la dieta.

Variable	Cinc (ppm)			
	40	80	140	240
	%			
Canal fría	41.68 ^a (2.88)*	44.03 ^{a*} (1.22)	41.42 ^a (1.11)	42.14 ^a (1.29)
Espaldilla	21.70 ^b (0.25)	22.15 ^{ab} (0.53)	22.64 ^a (0.35)	22.11 ^{ab} (0.34)
Perniles	32.62 ^a (0.70)	32.97 ^a (0.47)	32.59 ^a (0.96)	32.90 ^a (0.59)
Costillas	15.04 ^a (0.94)	14.37 ^a (0.75)	14.99 ^a (1.02)	14.62 ^a (1.03)
Lomo+cuello	30.34 ^a (0.66)	30.14 ^a (0.86)	29.31 ^a (0.97)	30.20 ^a (1.33)
Grasa	0.31 ^{ab} (0.17)	0.37 ^{ab} (0.19)	0.47 ^a (0.16)	0.16 ^b (0.69)

* Media (desviación estándar)

** Medias dentro de hilera con literal distinta son diferentes (P<0.05)

Largo de canal y largo de radio y de pernil no fueron diferentes (P>0.05) entre tratamientos, mientras que el largo de filete se redujo en 2.3 y 2.1 cm con 140 y 240 ppm en comparación a 40 ppm de cinc en la dieta (Cuadro 3).

Cuadro 3. Medidas de la canal de corderos en engorda intensiva con diferentes niveles de cinc en la dieta.

Variable	Cinc (ppm)			
	40	80	140	240
	cm.....			
Largo canal	65.0 ^a (1.61)*	64.3 ^{a**} (0.4)	63.6 ^a (1.9)	61.2 ^a (4.3)
Largo pernil	39.2 ^a (1.1)	40.0 ^a (2.9)	40.1 ^a (2.5)	39.2 ^a (3.1)
Radio pernil	11.2 ^a (0.8)	10.8 ^a (0.8)	10.6 ^a (0.5)	10.6 ^a (0.5)
Largo filete	25.6 ^a (1.1)	24.8 ^{ab} (1.1)	23.3 ^b (1.6)	23.5 ^b (0.7)

* Media (desviación estándar)

** Medias dentro de hileras con literal distinta son diferentes (P<0.05)

El contenido de Ca en suero sanguíneo fue menor ($P<0.05$) con 80 y 240 ppm en comparación con 40 ppm de cinc en la dieta. El nivel de P en suero sanguíneo fue menor ($P<0.05$) con el tratamiento de 80 ppm de cinc, mientras que el contenido de cinc en suero disminuyó ($P<0.05$) al incrementar el aporte de cinc en la dieta. Para el resto de los minerales evaluados no se observaron efectos ($P>0.05$) de tratamientos (Cuadro 4). El contenido de Ca, Mg, P y Fe en suero sanguíneo se ubican dentro del rango normal reportado por Underwood (1981) y Puls (1994) y son similares a los encontrados por Arvizu (1996) y Pacheco (2002). Mientras que el nivel de cinc promedio fue menor en 25% en relación al nivel mínimo del rango normal, en cambio, los niveles de Na y K fueron 100% mayores al rango normal reportado por Puls (1994). La concentración de cinc en suero varía con la edad, estrés, infecciones y restricción alimenticia (Kincaid, 1999). En bovinos recién nacidos los niveles son altos (2.3 ppm), mientras que Ott et al. (1966) reportaron que en corderos suplementados con 500 ppm de cinc en la dieta presentaron valores de 1.2 ppm cinc en suero en comparación con 0.95 ppm de cinc en suero de los corderos testigo.

Cuadro 4. Contenido mineral en suero sanguíneo de corderos alimentados con diferentes niveles de cinc en la dieta

Mineral	Unidad	Cinc (ppm)			
		40	80	140	240
Ca	mg dl ⁻¹	11.79 ^a (1.07)*	9.30 ^{b**} (1.96)	10.83 ^{ab} (1.07)	9.66 ^b (2.09)
Mg	mg dl ⁻¹	3.38 ^a (0.38)	2.93 ^a (0.41)	2.96 ^a (0.58)	3.26 ^a (0.77)
Na	mg dl ⁻¹	344.99 ^a (27.31)	308.03 ^a (49.32)	347.54 ^a (25.36)	332.97 ^a (55.99)
K	mg dl ⁻¹	9.98 ^a (11.57)	9.14 ^a (15.65)	10.05 ^a (11.44)	9.64 ^a (15.13)
P	mg dl ⁻¹	8.01 ^a (1.19)	6.49 ^b (1.14)	8.62 ^a (1.00)	8.50 ^a (2.37)
Cu	µg ml ⁻¹	0.83 ^a (0.12)	0.77 ^a (0.21)	0.72 ^a (0.11)	0.76 ^a (0.13)
Zn	µg ml ⁻¹	0.716 ^a (0.20)	0.680 ^{ab} (0.25)	0.492 ^b (0.14)	0.501 ^b (0.19)
Fe	µg ml ⁻¹	2.40 ^a (0.90)	2.16 ^a (0.70)	1.74 ^a (0.66)	1.65 ^a (0.60)

* Media (desviación estándar)

** Medias dentro de hileras con literal distinta son diferentes (P<0.05)

Al analizar el contenido mineral en tejidos de corderos se observaron diferencias (P<0.05) entre tejidos, sin efecto (P<0.05) de tratamiento, ni de la interacción tejido*tratamiento. De los órganos evaluados los mayores (P<0.05) contenidos de Ca, K, P y Fe se observaron en riñón, mientras que los mayores (P<0.05) contenidos de Mg, Na y Zn se observaron en pernil y de Cu y Mn en hígado, en tanto que la grasa fue el tejido con menor (P<0.05) contenido de los minerales determinados (Cuadro 5). Schell y Kornegay (1996) observaron con 1000, 2000 y 3000 ppm de cinc en la dieta de cerdos, un incremento (P<0.01) en 30, 27 y 9% en la concentración de cinc en hígado, riñón y

costilla, respectivamente. Kincaid et al. (1976) observaron que la relación del cinc consumido y la concentración de cinc en hígado es influenciado ($P < 0.05$) por la edad del animal. El contenido de cinc en hígado es el mejor indicador del estado de cinc en comparación a plasma o suero. McDowell (1992) menciona que el hígado es el órgano que representa el estado de muchos elementos traza en el animal, sin embargo el nivel de cinc en hígado puede afectarse por infecciones bacterianas, estrés y por la etapa en el ciclo productivo (Puls, 1994). Rojas et al. (1995) no observaron diferencias ($P > 0.05$) en contenido de cinc en piel, cornea, hueso y músculo. Damgaard y Larsen (1995) observaron en cerdos que la regulación homeostática del cinc toma lugar en el tracto gastrointestinal y no vía renal.

Cuadro 5. Medias de minerales en tejidos de corderos en engorda intensiva, con diferente nivel de cinc en la dieta.

Mineral	Corazón	Diafragma	Filete	Grasa	Hígado	Pernil	Riñón
				ppm			
Mn	1.99 ^c (0.52)*	1.16 ^{cd**} (0.34)	1.09 ^{cd} (0.22)	0.17 ^d (0.18)	9.07 ^a (3.75)*	0.94 ^{cd} (0.24)	5.22 ^b (1.05)
Ca	281.04 ^c (56.00)	232.58 ^c (34.07)	233.71 ^c (99.62)	40.20 ^d (23.85)	429.20 ^b (105.67)	220.68 ^c (47.63)	584.15 ^a (159.79)
Mg	1026.88 ^{ab} (173.09)	755.91 ^b (165.28)	1154.84 ^a (305.89)	71.13 ^c (60.84)	772.01 ^b (196.93)	1056.20 ^a (239.54)	978.60 ^{ab} (371.23)
Na	1.45 ^c (0.53)	1.43 ^c (0.32)	1.96 ^a (0.27)	0.07 ^d (0.06)	1.52 ^{bc} (0.34)	1.98 ^a (0.22)	1.87 ^{ab} (0.27)
K	22.39 ^{bc} (5.87)	17.73 ^{cd} (6.88)	20.14 ^{bc} (9.72)	5.37 ^d (8.24)	33.20 ^b (21.69)	21.49 ^c (7.47)	48.00 ^a (13.52)
P	8.05 ^b (2.48)	5.80 ^c (0.68)	8.02 ^b (0.97)	0.42 ^d (0.28)	10.22 ^a (2.41)	7.43 ^{bc} (0.90)	11.49 ^a (1.83)
Cu	11.54 ^b (4.40)	3.39 ^b (1.66)	4.28 ^b (3.60)	0.71 ^b (0.76)	60.24 ^a (67.64)	2.03 ^b (0.92)	13.89 ^b (3.02)
Zn	149.54 ^a (155.54)	114.85 ^{ab} (21.38)	136.49 ^a (16.29)	12.13 ^b (14.59)	170.45 ^a (165.04)	188.87 ^a (29.93)	170.56 ^a (128.97)
Fe	186.73 ^a (32.44)	97.20 ^c (14.63)	76.20 ^c (8.86)	10.50 ^d (7.57)	141.88 ^b (49.21)	67.80 ^c (18.21)	196.98 ^a (43.83)

* Media (desviación estándar)

** Medias dentro de hileras con literal distinta son diferentes entre tejidos (P<0.05)

CONCLUSIONES

La suplementación de 40 a 240 ppm de cinc en la dieta no afecta el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal. La proporción de la espaldilla de la canal se incrementa al aumentar el nivel de cinc en la dieta. El contenido de grasa pélvica disminuyó en 66% con 240 ppm en comparación a 140 ppm de cinc en la dieta, mientras que el largo de filete se redujo en 2.3 y 2.1 cm con 140 y 240 ppm en comparación a 40 ppm de cinc. El contenido de Ca y P en suero sanguíneo fue menor con 80 ppm, mientras que de Zn lo fue con 240 ppm de cinc en la dieta. Los niveles de cinc evaluados no afectaron el contenido de minerales en tejido. El mayor contenido de Ca, K, P y Fe se observaron en riñón; Mg, Na y Zn en pernil y de Cu y Mn en hígado, mientras que la grasa presentó fue el tejido con el menor contenido de los minerales determinados.

IMPLICACIONES

Niveles de hasta 240 ppm de cinc en la dieta no afecta el comportamiento productivo de los corderos, pero si se reduce el contenido de grasa en la canal, lo cual puede ser de gran importancia al considerar la relación de la grasa con problemas en la salud humana, por lo tanto el cinc suplementario en producción animal puede ayudar a producir carne con menor contenido de grasa. Se requiere mayor investigación al respecto.

LITERATURA CITADA

- Arvizu P. A. 1996. Estado mineral en suero sanguíneo de ovejas en confinamiento, suplementadas con distintos niveles de minerales. Tesis Profesional. Depto de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 66 p.
- Bogner H y P. Matzke. 1969. Tecnología de la Carne. Editorial Acribia. Zaragoza , España. 118 p.
- Huerta B. M., R. L. Kincaid, J. B. Busboom, J. D. Conrath, C. K. Swenson and A. B Jhonson. 2000. Interaction of dietary cinc and growth implants on weight gain. Carcass traits and cinc in tissues of beef cattle. J. Anim. Sci. 78 Suppl. 1:287.
- Kincaid, R. L., W. J. Millar, P. R. Fowler, R. P. Gentry, D. L. Hampton and M. W. Neathery. 1976. Effect of high dietary zinc metabolism and intracellular distribution in cows and claves. J. Dairy Sci. 59:1580-1584.
- Kincaid. R. L. 1999. Assesment of trace mineral status of ruminants: A review. J. Anim. Sci. 10 p.

- Kincaid R. L. 2002. Minerales e Inmunidad. En: Memorias de la XXX Reunión Anual Asoc. Mex. Prod. Anim. Guadalajara, Jal. 325-339 p.
- López P. M. G., M. S. Rubio L. Y S. E. Valdés M. 2000. Efecto de cruzamiento, sexo y dieta en la composición química de la carne de ovinos Pelibuey con Rambouillet y Suffolk. Vet. Méx. 31(1).
- Malcom-Callis K. J., G.C. Duff, S. A Gunter, E. B. Kegley and D. A Vermeire. 2000. Effects of supplemental zinc concentration and source performance carcass characteristics and serum values in finishing beef steers. J. Anim. Sci. 78:2801-2808.
- Mavromichalis. I., C. M. Peter., T. M. Parr., D. Ganessunker and D. H. Baker. 2000. Growth-promoting efficacy in young pigs of two sources of zinc oxide having either a high or a low bioavailability of zinc. J. Anim. Sci. 78:2896-2902.
- McDowell. L. R. 1992. Minerals in Animal and Human Nutrition. Academic Press. New York. 486 p.

- Menassé G. J. A., Huerta B. M., Martínez H. P. A. y
García M. J. G. 2002. Comportamiento productivo de
corderos Suffolk en crecimiento con dos niveles de
proteína cruda y cinc en la dieta. En Memorias del
XXX Reunión Anual Asoc. Mex. Prod. Anim.
Guadalajara. Jal. 153-154 p.
- NRC. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. 6th Rev. Ed.
National Academy Press, Washington, D. C.
- Ott E. A., W. H Smoth, R. B. Harrington, H. E. Parker,
and W. M. Beeson. 1966. Zinc toxicity in ruminants.
IV Physiological changes in tissues of beef cattle.
J. Anim. Sci. 25:432-438.
- Pacheco L. F. 2002. Fuentes orgánicas e inorgánicas de
cinc y manganeso en la dieta de corderos en
engorda. Tesis Profesional. Depto. de Zootecnia.
Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 68
p.
- Pond R. 1983. Effect of dietary calcium and zinc levels
on weight gain and blood and tissue mineral
concentrations of growing Columbia and Suffolk sired
lams. J. Anim Sci. 56:596
- Price J. F. y B. S. Schweigert. 1994. Ciencia de la Carne
y de los Productos Cárnicos. Editorial Acribia.

Segunda Edición. Traducido por Juan Luis de la Fuente. Zaragoza, España. 355 p.

Puls R. 1994. Mineral Levels in Animal Health: Diagnostic data. 2nd Ed. Sherpa International, Clearbrook. 356 p.

Sánchez M. H. E, Valencia V. J. 2001. Engorda de corderos criollos alimentados con dieta alta en grano. Tesis Profesional. Depto de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 43 p.

SAS. 1998. S.A.S. User's Guide: Statistics. SAS Institute, Inc., Cary, N. C.

Schell, T. C. and E. T. Kornegay. 1996. Zinc concentration in tissues and performance of weanling pigs fed pharmacological levels of zinc from ZnO. Zn-Methionine. Zn-Lysine or ZnSO₄. J. Anim. Sci. 74:1584-1593.

Steel R. G. D. y Torrie J. H. 1998. Bioestadística: Principios y Procesos. Ed. Mc Graw Hill. México D. F. 422 p.

Tenorio Z. C. E. 1999. Engorda de corderos con metionina-cinc en la dieta a base de grano. Tesis Profesional. Depto de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 79 p.

- Tierrablanca C. F. U. y Vergara A. D. 2000. Comportamiento productivo y características de la canal de corderos en engorda con clenbuterol o zipalterol en la dieta. Tesis Profesional. Depto de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 83 p.
- Tomlinson D. J., M. T. Socha, C. K. Swenson y A. B. Jonson. 2002. Efectos de minerales traza inorgánicos en el desempeño del ganado lechero y de engorda. En Memorias del XXX Reunión Anual Asoc. Mex. Prod. Anim. Guadalajara. Jal. 300-325 p.
- Underwood E. J. 1981. Los Minerales en la Alimentación del Ganado. Editorial Acribia. 210 p.
- Underwood E. J. Suttle N. 1999. The Mineral Nutrition of Livestock. 3th Edotion. Fundation for Animal Health and Welfare. Penicuik. Edinburgh. UK. 624 p.
- Zaragoza M. J. 1999. Adición de metionina-cinc en la dieta de corderos F1 Texel Corriedale en engorda. Tesis Profesional. Depto de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 75 p.

CAPITULO IV. LITERATURA CITADA

- Apple J. K. C., Maxwell V, Rodas De B, Watson H. B. and Jhosnosn Z. B. 2000. Effects of dietary coper source and concentration on carcass characteristics and lipid and cholesterol metabolism in growing and finishing steers. J. Anim. Sci. 78(4): 1053-1059.
- Arvizu P. A. 1996. Estado mineral en suero sanguíneo de ovejas en confinamiento, suplementadas con distintos niveles de minerales. Tesis Profesional. Depto. de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 66 p.
- Barrie, R. A., D. M. Hallford and M. L. Galyean. 1995. Effects of zinc source and level on performance, carcass characteristics, and metabolic hormone concentrations of growing and finishing lambs. J. Anim. Sci. 11:149-156.
- Bogner H y P. Matzke. 1969. Tecnología de la Carne. Editorial Acribia. Zaragoza , España. 118 p.

- Cao. J, Henry P. R. Guo. R., Holwerda R. A., Toth J. P.
Littell R. C., Miles R.D. and Ammerman C. B. 2000.
Chemical characteristics and relative
bioavailability of supplemental organic zinc source
for poultry and ruminants. J. Anim. Sci. 78: 2039-
2051.
- Cheng, J.E. Kornegay T. and Schell T. 1998. Influence of
dietary lysine on the utilization of zinc from zinc
sulfate and a zinc-lysine complex by young pigs. J.
Anim. Sci. 76:1064-1074.
- Engle T. E., Spears J. W., Armstrong T. A., Wright C.
L. and Odle J. 2000. Effects of dietary magnesium
oxide on performance and carcass quality of growing-
finishing swine. J. Anim. Sci. 78: 2135-2143.
- Galyean, M. L., K. J. Malcolm-Callis, S. A. Gunter and R.
A. Berrie. 1995. Effect of zinc source and level and
added copper lysine in the receiving diet on
performance by growing and finishing steers. J.
Anim. Sci. 11:139-148.

- Hess J. B., Bilgili S. F., Pearson A. M and K. M. Downs. 2001. Influence of complexed zinc products on live performance and carcass grade of broilers. J. Appl. Anim. Res. 19:49-60.
- Hill G. M., Cromwell G. L., T. D. Crenshaw T. D., Dove C. R., Ewan C., Knabe D. A., Lewis A. J., Libal G. W., Mahan D. C., Shurson G. C., Southern I. L. and Veum T. L. 2000. Growth promotion effects and plasma changes from feeding high dietary concentrations of zinc and copper to weanling pigs (regional study). J. Anim. Sci. 78:1010-1016
- Huerta B. M., R. L. Kincaid, J. B. Busboom, J. D. Conrath, C. K. Swenson and A. B. Johnson. 2000. Interaction of dietary zinc and growth implants on weight gain. Carcass traits and zinc in tissues of beef cattle. J. Anim. Sci. 78 Suppl. 1:287.
- Hunt J. R. and Larson B. L. 1990. Meal protein and zinc levels interact to influence zinc retention by the rat. Nutr. Res. 10:697-705.

- Hurley L. S., Keen C. L., Lonnerdal B. and Rucker R. B.
1987. Trace Elements in Man and Animals. University
of California.
- Kegley, E. B. and J. W. Spears. 1992. Performance and
mineral metabolism of lambs as affected by source
(oxide, sulfate or methionine) and level of zinc. J.
Anim. Sci. 70(Suppl. 1):302.
- Kincaid R. L., W. J. Millar, P. R. Fowler, R. P. Gentry,
D. L. Hampton and M. W. Neathery. 1976. Effect of
high dietary zinc metabolism and intracellular
distribution in cows and calves. J. Dairy Sci.
59:1580-1584.
- Kincaid R. L. 1999. Assesment of trace mineral status of
ruminants: A review. J. Anim. Sci. 10 p.
- Kincaid R. L. 2002. Minerales e inmunidad. En: Memorias
de la XXX Reunión Anual Asoc. Mex. Prod. Anim.
Guadalajara, Jal. 325-339 pp.

- López P. M. G., M. S. Rubio L. y S. E. Valdés M. 2000. Efecto de cruzamiento, sexo y dieta en la composición química de la carne de ovinos Pelibuey con Rambouillet y Suffolk. Vet. Méx. 31(1).
- Malcom-Callis K. J., G.C. Duff, S. A Gunter, E. B. Kegley and D. A Vermeire. 2000. Effects of supplemental zinc concentration and source performance carcass characteristics and serum values in finishing beef steers. J. Anim. Sci. 78:2801-2808.
- Mavromichalis. I., C. M. Peter., T. M. Parr., D. Ganessunker and D. H. Baker. 2000. Growth-promoting efficacy in young pigs of two sources of zinc oxide having either a high or a low bioavailability of zinc. J. Anim. Sci. 78:2896-2902.
- McDonald P. R., Edwards y Greenhalgh J. F D. 1988. Nutrición Animal. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 518 p.
- McDowell. L. R. 1992. Minerals in Animal and Human Nutrition. Academic Press. New York. 486 p.

- Menassé G. J. A., Huerta B. M., Martínez H. P. A. Y
García M. J. G. 2002. Comportamiento productivo de
corderos Suffolk en crecimiento con dos niveles de
proteína cruda y cinc en la dieta. En Memorias del
XXX Reunión Anual Asoc. Mex. Prod. Anim.
Guadalajara. Jal. 153-154 pp.
- Miller, W. J., D. M. Blackmon, J. M. Hiers, Jr., P. R.
Fowler, C. M. Clifton, and R. P. Gentry. 1967.
Effects of adding two forms of supplemental zinc to
a practical diet on skin regeneration in Holstein
heifers and evaluation of a procedure for
determining rate of wound healing. J. Dairy Sci.
50:715-721.
- Miller, J. K. 1967. Effect of protein source and feeding
method on zinc absorption by calves. J. Nutr.
93:386-392.
- Mills, C. F., A. C. Dalgarno, R. B. Williams and J.
Quarterman. 1967. Zinc deficiency and zinc
requirements of calves and lambs. Br. J. Nutr.
21:751-768.

- NRC. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. 6th Rev. Ed.
National Academy Press, Washington, D. C.
- NRC. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th Rev.
Ed., Update 1989. National Academy Press,
Washington, D. C.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Rev.
Ed. National Academy Press, Washington, D. C.
- Ott E. A., W. H Smoth, R. B. Harrington, H. E. Parker,
and W. M. Beeson. 1966. Zinc toxicity in ruminants.
IV Physiological changes in tissues of beef cattle.
J. Anim. Sci. 25:432-438.
- Pacheco L. F. 2002. Fuentes orgánicas e inorgánicas de
cinc y manganeso en la dieta de corderos en
engorda. Tesis Profesional. Depto. de Zootecnia.
Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 68
p.
- Pond R. 1983. Effect of dietary calcium and zinc levels
on weight gain and blood and tissue mineral
concentrations of growing Columbia and Suffolk sired
lambs. J. Anim Sci. 56:596

- Price J. F. y B. S. Schweigert. 1994. Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos. Editorial Acribia. Segunda Edición. Traducido por Juan Luis de la Fuente. Zaragoza, España. 581 p.
- Puls R. 1994. Mineral Levels in Animal Health: Diagnostic data. 2^a Ed. Sherpa International, Clearbrook. 356p.
- Rosado J. L. 1998. Deficiencia del cinc y sus implicaciones funcionales. Salud Pública en México. 40:181-188.
- Sánchez M. H. E. y Valencia V. J. 2001. Engorda de corderos criollos alimentados con dieta alta en grano. Tesis Profesional. Depto de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 43 p.
- SAS. 1998. S.A.S. User's Guide: Statistics. SAS Institute, Inc., Cary, N. C.
- Schell, T. C. and E. T. Kornegay. 1996. Zinc concentration in tissues and performance of weanling pigs fed pharmacological levels of zinc from ZnO. Zn-Methionine. Zn-Lysine or ZnSO₄. J. Anim. Sci. 74:1584-1593.

- Spears J. W. 1986. Zinc methionine for ruminants: Relative bioavailability of zinc in lambs and effects of growth and performance of growing heifers. J. Anim. Sci. 63(4):1019-1025.
- Standish J. F., Ammerman C. B., Simposon C. F., Neal F. C. and Palmer A. Z. 1971. Influence of graded levels of dietary iron as ferrous sulfate on performance and tissue mineral composition of steers. J. Anim. Sci. 29:496-503.
- Steel R. G. D. y Torrie. J. H. 1998. Bioestadística: Principios y Procesos Ed. Mc Graw Hill. México D. F. 422 p.
- Tenorio Z. C. E. 1999. Engorda de corderos con metionina-zinc en la dieta a base de grano. Tesis Profesional. Depto de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 79 p.

- Tierrablanca C. F. U. y Vergara A. D. 2000. Comportamiento productivo y características de la canal de corderos en engorda con clenbuterol o zipalterol en la dieta. Tesis Profesional. Depto de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 83 p.
- Tomlinson D. J., M. T. Socha, C. K. Swenson y A. B. Jonson. 2002. Efectos de minerales traza inorgánicos en el desempeño del ganado lechero y de engorda. En Memorias de la XXX Reunión Anual Asoc. Mex. Prod. Anim. Guadalajara. Jal. 300-325 pp.
- Underwood E. J. 1981. Los Minerales en la Alimentación del Ganado. Editorial Acribia. 413 p.
- Underwood E. J. and Suttle N. 1999. The Mineral Nutrition of Livestock. 3th Edotion. Fundation dor animal Health and Welfare. Penicuik. Edinburgh. UK. Pp 624.

Wellington B. K., Paterson J. A., Swenson C. K.,
Ansotegui R. P., Hatfield P. G., and Johnson A. B.
1998. The influence of supplemental copper and zinc
on beef heifer performance and changes in liver
copper. Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci.
49:323-326.

Zaragoza M. J. 1999. Adición de metionina-zinc en la
dieta de corderos F1 Texel Corriedale en engorda.
Tesis Profesional. Depto de Zootecnia, Universidad
Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 75 p.