



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**“EVALUACIÓN DE DOS PREMEZCLAS DE MINERALES Y VITAMINAS EN LA
RESPUESTA PRODUCTIVA DE OVINOS EN CRECIMIENTO Y FINALIZACIÓN
CON ALIMENTACIÓN INTENSIVA”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

Mijail Espinoza Marcial

ASESORES:

DR. IGNACIO A. DOMÍNGUEZ VARA

DR. ERNESTO MORALES ALMARAZ

Revisores:

M.C.P. ARTURO GARCÍA ALVAREZ

M. en C. LUIS ROBETO GARCÍA WINDER



Toluca México, Marzo de 2016.

EVALUACIÓN DE DOS PREMEZCLAS DE VITAMINAS Y MINERALES EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE OVINOS EN CRECIMIENTO Y FINALIZACIÓN CON ALIMENTACIÓN INTENSIVA

INDICE

RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. HIPÓTESIS	16
5. OBJETIVOS	17
6. MATERIALES Y MÉTODO	18
7. LÍMITE DE TIEMPO	22
8. LÍMITE DE ESPACIO	23
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
10. CONCLUSIONES	34
11. LITERATURA CITADA	35
12. ANEXOS	40

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la respuesta productiva, concentración mineral en hígado y la rentabilidad económica de ovinos en engorda con alimentación intensiva complementados con dos premezclas de vitaminas y minerales, una comercial y otra experimental diseñada según la información disponible sobre los perfiles minerales en suelo, pasto, alimentos y suero de ovinos de la zona del valle de Toluca, México. Se usaron 15 corderos Rambouillet machos enteros (29.2 ± 0.15 kg PV), alojados en corrales individuales; los corderos fueron desparasitados (Ivermectina, 1 mL 50 kg PV) y vacunados (bacterina triple). El periodo de adaptación a la dieta fue de 10 días, la dieta base (%BS) (sorgo 57, rastrojo de maíz 15, soya 14, canola 5, salvado 5, bicarbonato de sodio 1.5), con aporte de MS=887 g/kg, EM=2.65 Mcal/kg, PC= 144 g, FDN 285 g y cenizas 68 g, se proporcionó diariamente (8:00 am y 16:00 pm), el agua se suministró a libre acceso con bebedero automático. Los ovinos fueron asignados aleatoriamente a tres tratamientos: 1) Testigo (dieta basal, DB+1% de CaCO_3 y 0.5% de fosfato de Ca), 2) DB complementada (2.5 % BS) con una premezcla comercial de vitaminas y minerales (Premix borregos, Multitec®, México) y 3) DB complementada (2.5 % BS) con una premezcla experimental de vitaminas y minerales. Se registró diario el alimento ofrecido y rechazado, el PV de los ovinos se registró en ayuno de 14 h al inicio y cada 15 días; el experimento tuvo una duración de 50 días. Las premezclas de vitaminas y minerales se adicionaron a la DB suministrada diario. Las variables evaluadas en el crecimiento son consumo de materia (CMS), ganancia diaria de peso (GDP), conversión y eficiencia alimenticias (CA y EFA); el muestreo para determinar los minerales se realizó post-sacrificio y evisceración de los ovinos, se colectaron muestras de hígado, se identificaron y conservaron a -20°C hasta su análisis de P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu y Zn, por espectrofotometría de absorción atómica de flama (Perking Elmer, 3110; Fick *et al.*, 1979). Al final de la engorda, los ovinos fueron comercializados a precios de mercado del valle de Toluca y se realizó un balance económico del costo beneficio por cada peso invertido mediante presupuestos parciales de ingresos y egresos. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos y cinco repeticiones (cordero como UE) cada uno. La información fue analizada mediante el procedimiento GLM de SAS (2002). La comparación de medias se realizó por la prueba de Tukey ($P < 0.05$) (Steel *et al.*, 1997). El análisis mineral de las tres dietas indicó que se cubrió el requerimiento de los ocho minerales para ovinos en crecimiento y finalización con GDP de 250 g d^{-1} (NRC, 1985; 2007). Hubo efecto de tratamiento en el CMS, la GDP ($P < 0.04$) y la CA ($P < 0.03$) a favor de los ovinos con ambas premezclas. El contenido de Ca en los ovinos con ambas premezclas fue mayor ($P < 0.05$) que en los control; los ovinos con premezcla depositaron más Na y Fe en hígado que los control ($P < 0.05$), en contraste, el Cu y Zn tuvieron contenido similar ($P > 0.05$) en hígado. Las premezclas de vitaminas y minerales produjeron mayor utilidad parcial en la engorda de ovinos.

Palabras clave: Ovinos, crecimiento, engorda, suplementación, premezclas, vitaminas y minerales, hígado.

1. INTRODUCCIÓN

En México, la producción de carne de ovino es una actividad bastante atractiva con muy buenas perspectivas técnicas y económicas. En la engorda intensiva de corderos deben proponerse lograr los siguientes objetivos: maximizar el consumo de alimento y de nutrientes, obtener la máxima ganancia de peso que el potencial genético del cordero permita, mejorar la conversión alimenticia, el rendimiento y la calidad de la canal, con reducciones importantes en los periodos de engorda, lo que permitiría incrementar la eficiencia biológica del proceso de engorda y la utilidad económica de la explotación (Sánchez, 2000).

El ganado ovino, al igual que el bovino y otras especies pecuarias, requieren la suplementación de minerales, sobre todo en aquellas condiciones en que los elementos más esenciales como el calcio, fósforo, magnesio y microelementos como el cobre, selenio, zinc, cobalto, hierro, azufre y otros de menor importancia desde el punto de vista nutricional, no están presentes en el suelo, y por consiguiente son escasos en los pastos y alimentos que constituyen la fuente principal de alimentación (Navarro, 1987).

En condiciones como las del valle de Toluca, en general, donde los suelos son pobres en P, Cu, Se y Zn (Díaz, 1993; Domínguez y Huerta, 2008; Morales *et al.*, 2006), lo que predispone a carencias de estos elementos en las plantas y los animales en pastoreo y/o en confinamiento, es necesario que el criador de ovinos, provea al rebaño de tan importantes elementos nutritivos, los cuales, al intervenir en el metabolismo básico del animal están estrechamente vinculados a los procesos de crecimiento, mantenimiento, producción y reproducción (Underwood y Suttle, 1999).

Sobre la importancia de los minerales, como constituyentes de los tejidos y fluidos del organismo, su acción sobre el funcionamiento de los órganos y en la síntesis de otras sustancias orgánicas, se han realizado numerosos estudios a nivel mundial y en todas las especies de ganado. Por ejemplo, se conoce la relación definida del calcio y el fósforo en la formación y mantenimiento de la estructura ósea del organismo. Igualmente, se sabe que el calcio y fósforo presentes en las trabéculas de los huesos se encuentra en equilibrio dinámico con el de los fluidos y otros tejidos del cuerpo. Cuando estos elementos son deficitarios en los alimentos que el ganado consume, se produce la desmineralización de los huesos, desde donde son transferidos al plasma sanguíneo. Esta movilización se hace más crítica durante la gestación y la lactancia (mayor demanda), fases en las que la no suplementación de estos minerales puede conducir a la muerte del animal (Navarro, 1987; Underwood y Suttle, 1999).

Al cubrir todos los puntos, el proceso de la engorda de ovinos es bastante atractivo, mas no debe olvidarse, que tanto los nutrientes orgánicos como la energía, proteínas y vitaminas, además de la fibra, es esencial que la dieta aporte las cantidades correctas de

micronutrientes como lo son los minerales. Estos son variados en el mercado, además existen distintas pre-mezclas comerciales que van encaminadas para cada etapa en la que se encuentra el animal o bien por especies mas no se tiene una evaluación fija de que beneficios aporta al animal, también se conoce que dichas pre-mezclas muchas veces tienen un alto valor monetario que muchas veces no las hacen rentables para el productor, así pues estas serán evaluadas y comparadas con la premezcla experimental desde un punto de vista técnico y financiero (Sánchez, 2000).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Alimentación de los ovinos en engorda

La alimentación representa el componente más importante en los costos de producción y es determinante en el comportamiento productivo de los animales. Es esencial considerar los tipos de dietas, calidad y precios de estas, así como los ingredientes que la conforman. En general se manejan tres tipos de dieta:

Dieta de recepción. Se ofrece a los ovinos del primer al tercer día de llegados al corral y prácticamente está constituida de forraje (rastroy de maíz, heno de avena, heno de alfalfa, etc.).

Dieta de adaptación. Después de la alimentación de recepción, se debe iniciar con la fase de adaptación de los animales a las dietas propiamente de la engorda, utilizando para tal fin la dieta de recepción. La adaptación deberá hacerse en forma paulatina, reduciendo en 20 unidades porcentuales la dieta de recepción e incrementando en la misma la dieta de engorda.

Dieta de engorda. Se debe formular teniendo en cuenta las siguientes bases: que el animal la consuma al máximo para la optimización en ganancia de peso y mejores conversiones alimenticias, además de minimizar problemas metabólicos y que sea de bajo costo (Sánchez, 2000).

Respecto a la complementación de vitaminas y minerales de ovinos en engorda, Camacho y Torres (2006) probaron dos premezclas comerciales de vitaminas y minerales (ovitec vs. nutritech) en ovinos F1 (Dorper x Pelibuey) en engorda con alimentación intensiva y evaluaron la respuesta productiva y las características de las canales. Estos autores encontraron los siguientes resultados: El comportamiento productivo de los ovinos con distinta premezcla de vitaminas y minerales fue similar en términos de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia; la evaluación de las canales también resultó sin diferencias ($P < 0.05$) en el rendimiento, conformación y pesos en caliente y frío. Sin embargo, el análisis económico indicó que la premezcla nutritech aumentó el costo de la alimentación sin mejorar los ingresos por venta de los corderos.

2.2. Vitaminas

Las vitaminas son sustancias naturales presentes en los animales, esenciales para su salud y que ejercen una influencia vital en la nutrición. Varias vitaminas son sintetizadas en el organismo del animal. Los suplementos de vitaminas actualmente constituyen una parte esencial en la alimentación del ganado de granja. Se necesitan en cantidades muy pequeñas

para el metabolismo normal del cuerpo; cada una contiene sus funciones específicas y la falta de una sola vitamina en la dieta de una especie que la requiere produce síntomas específicos de deficiencias e incluso puede producir la muerte del animal a la larga (Church *et al.*, 2002).

La dieta de los ovinos contiene una gran variedad de vitaminas A, D y E, pero en ciertos casos, puede ser necesario proporcionar complementos vitamínicos. Las vitaminas del complejo B y la vitamina K aunque son sintetizadas por los microorganismos residentes en el rumen (NRC, 2007), bajo ciertas circunstancias puede requerirse sean complementadas.

Las vitaminas se dividen en hidrosolubles (B1 o Tiamina, B2 o Riboflavina, B3 o Niacina, B5 o Ácido Pantoténico, B6 o Piridoxina, B8 o Biotina, B9 o ácido fólico, B12 o Cianocobalamina, C o ácido ascórbico) y liposolubles son (A, D, E y K) (Church *et al.*, 2002).

Vitamina B1 o Tiamina: Interviene en el metabolismo energético y en la liberación de la energía de los hidratos de carbono almacenados en el organismo y también tiene un papel importante en la transmisión nerviosa. Las leguminosas son importantes fuentes de esta vitamina.

Vitamina B2 o Riboflavina: Está implicada, como la vitamina B1, en la regulación del metabolismo energético, otras funciones están relacionadas con el mantenimiento de una adecuada salud ocular y de la piel. Se encuentra principalmente en frutos secos.

Vitamina B3 o Niacina: Fundamental para un correcto funcionamiento del metabolismo energético, especialmente en el metabolismo de la glucosa, de la grasa y del alcohol. Es necesaria para el buen funcionamiento del sistema nervioso y el aparato digestivo. La encuentras en almendras, castañas, macadamia, avellanas, semillas de sésamo, aguacates, melón, mango, albaricoque, naranjas, plátanos o uvas.

Vitamina B5 o Ácido Pantoténico: Interviene en la formación de lípidos, neurotransmisores, hormonas esteroideas y hemoglobina. Se encuentra en legumbres.

Vitamina B6 o Piridoxina: Interviene en el metabolismo de las proteínas y de los ácidos grasos, en la formación de hemoglobina, y de los ácidos nucleicos (ADN y ARN). Se relaciona también con la función cognitiva e inmune. Una deficiencia de piridoxina conduce a irritabilidad, debilidad, insomnio y a alteraciones en el sistema inmunitario. Se encuentra distribuida en cereales.

Vitamina B8 o Biotina: Interviene en el metabolismo de hidratos de carbono, ácidos grasos y algunos aminoácidos. Su deficiencia es muy rara ya que la encontramos distribuida

en gran cantidad de alimentos como leguminosas, cereales integrales y verduras, y además es sintetizada por las bacterias del tracto gastrointestinal.

Vitamina B9 o ácido fólico: Especialmente importante en la formación de las células sanguíneas y del ADN, por lo que sus necesidades se incrementan durante las primeras semanas de gestación. Su deficiencia durante el embarazo puede causar defectos en el feto, y se considera un factor de riesgo en la enfermedad cardiovascular. Se encuentra en verduras de hoja verde (espinacas, acelgas), leguminosas y semillas.

Vitamina B12 o Cianocobalamina: Necesaria, junto al ácido fólico, para las células en fase de división, y su deficiencia da lugar a una degeneración de neuronas. Se encuentra en el alga espirulina.

Vitamina C o ácido ascórbico: Necesaria para la síntesis de colágeno, para una correcta cicatrización, y para facilitar la absorción del hierro de origen vegetal. Por sus propiedades antioxidantes, juega un papel importante en la prevención de las cataratas, algunos tipos de cáncer, y otras enfermedades degenerativas. Se encuentra en frutas y hortalizas, especialmente en cítricos, fresas, tomates, pimientos y patatas.

Vitamina A. Se requiere en la dieta de todos los animales, existe en forma de alcohol (retinol), de aldehído (retinal) o de ácido (ácido retinoico). Se puede proporcionar en forma de vitamina o en forma de sus precursores que son los carotenoides. Esta se necesita para la visión normal durante la noche; las células epiteliales normales que forman o cubren las superficies o cavidades del cuerpo (conductos respiratorios, urogenitales y digestivos) y piel, la necesitan; se requiere para el funcionamiento y el remodelado normal de los huesos. Tiene propiedades antioxidantes. Cuando hay hipovitaminosis A se presenta la ceguera nocturna, hay queratinización del sistema respiratorio, problemas en la reproducción que incluyen abortos y nacimientos con debilidad y engrosamiento del epitelio de la vagina; interrupción de los procesos reproductivos en machos; depósitos de ácido úrico en riñones, corazón, hígado y bazo (NRC, 2007; Church *et al.*, 2002).

En las dietas ricas en caroteno, como el caso de pastos de buena calidad o henos verdes, las ovejas almacenan grandes cantidades de vitamina A en el hígado, esto cubre sus exigencias durante 6 a 12 meses (NRC, 2007).

La vitamina A no se excreta con rapidez, de modo que la ingestión prolongada de cantidades mayores que las necesarias resultan tóxicas. El intervalo de intoxicación se alcanza cuando la ingestión diaria es de 50 a 500 veces la cantidad necesaria para satisfacer los requerimientos metabólicos (Church *et al.*, 2002).

Vitamina D. Sus funciones generales son aumentar el Ca y el P plasmáticos a niveles que permitan la mineralización normal de los huesos y eviten la tetania que resulta cuando el Ca plasmático disminuye notablemente por debajo de los niveles normales. En la estimulación del transporte activo de Ca y P a través del epitelio intestinal interviene la forma activa de la vitamina D. Cuando hay deficiencia de vitamina D, la calcificación normal no puede llevarse a cabo; por lo tanto, se producirán anormalidades en el esqueleto. El término que se aplica en la deficiencia de esta vitamina en animales jóvenes es el raquitismo y en adultos es la osteoporosis, con una marcada disminución de la ganancia de peso (NRC, 2007; Church *et al.*, 2002).

La vitamina D se deriva del forraje curado al sol o de la exposición de la piel a la luz ultravioleta. Cuando la exposición de la piel a la luz del sol se reduce debido a nublados prolongados o confinamientos prolongados, y cuando el contenido de vitamina D de la dieta es reducido se da una cantidad inadecuada. Los corderos de crecimiento rápido, mantenidos en cobertizos fuera de la luz solar o alimentados con forrajes verdes (ricos en carotenos) durante los meses de invierno (poca irradiación), pueden presentar deficiencias en la formación ósea. Rara vez las ovejas criadas en pastoreo necesitan complemento de vitamina D (NRC, 2007).

La concentración de vitamina D en exceso causa depósitos anormales de Ca en los tejidos blandos. Este Ca se absorbe del hueso, lo que resulta en huesos quebradizos sujetos a deformación por fracturas. El exceso lleva a la muerte por lo general la causa es el envenenamiento urémico que resulta de la calcificación de los túbulos renales (Church *et al.*, 2002).

La concentración de Ca sanguíneo es regulada por una serie de mecanismos hormonales que incluyen a la hormona paratiroidea, estrógenos y calcitonina, entre otras. Si el calcio sanguíneo disminuye rápidamente es movilizado el Ca de huesos para recuperar el equilibrio (Cunha, 1991).

Vitamina E. La forma biológica más activa de la vitamina E es el tocoferol. Las funciones bioquímicas de la vitamina E incluyen su función como eliminador de radicales biológicos libres en el metabolismo de ácidos nucleicos, de proteínas y en el de las mitocondrias. Tiene un efecto antioxidante (NRC, 2007; Church *et al.*, 2002).

Las manifestaciones de la deficiencia más activa de la vitamina E son: fallas relacionadas con la reproducción, alteración con la permeabilidad celular y lesiones musculares (miopatías). En corderos jóvenes puede contribuir a la distrofia muscular nutricional, si la ingestión de selenio es reducida, la alteración de la permeabilidad celular afecta a hígado,

cerebro, riñón y los capilares sanguíneos. Existen pocos informes sobre la toxicidad de la vitamina E, experimentalmente aparecen síndromes hemorrágicos, desordenes nerviosos, edema, cambios en las glándulas endocrinas y antagonismo de la vitamina K (Church *et al.*, 2002).

2.3. Minerales

En muchas aéreas de América Latina las deficiencias, toxicidad y desbalances de minerales limitan la industria ganadera; con excepción de la sal común, el ganado no recibe complementación mineral necesaria y depende grandemente de los forrajes para cubrir sus necesidades (Mc Dowell *et al.*, 1993).

Los minerales requieren especial atención y cuidado como nutrientes esenciales en la alimentación de los ovinos ya que participan en numerosas actividades metabólicas tales como: cofactores necesarios mantenimiento del equilibrio corporal y en el metabolismo basal. Los minerales esenciales se clasifican dependiendo de la concentración que necesita el animal y de la proporción de funciones que desempeña dicho elemento en su organismo (Undewood y Suttle, 1999).

Los elementos minerales necesarios se dividen en dos grupos, tomando en cuenta las cantidades relativas que de ellos se necesitan en la dieta, y son: los macro minerales: calcio (Ca), fosforo (P), sodio (Na), cloro (Cl), potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S); y los micro minerales conocidos también como minerales traza u oligoelementos, reciben este nombre pues solo se necesitan cantidades pequeñas y estos son: fierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), cobalto (Co), yodo (Y), molibdeno (Mo), selenio (Se); el siguiente grupo de minerales ha sido considerado como probablemente esenciales, fluor (F), cromo (Cr), silicio (Si), Vanadio (V), Arsénico (As) y Níquel (Ni) (Georgievskii, 1982; Underwood y Suttle, 1999).

2.3.1. Las funciones generales de los minerales son:

- ✓ Formación del esqueleto y mantenimiento estructural (Ca, P, Mg, Cu, Mn)
- ✓ Intervienen en la síntesis de proteínas (P, S, Zn)
- ✓ Transporte de oxígeno en el organismo (Fe, Cu)
- ✓ Balance de fluidos en el cuerpo (Na, Cl, K)
- ✓ Regulación del balance acido-base (P, Na, Cl, K)
- ✓ Activadores y componentes de enzimas y hormonas (Ca, P, Mg, Cu, Mn, Se, I, S).
- ✓ Relacionado con vitaminas (Ca, P, Se, S) (Jiménez, 2002).

2.3.2. Necesidades de macro elementos

Las necesidades minerales están determinadas en gran medida, por la especie, edad, peso del animal y su estado fisiológico, crecimiento, preñez, y por el tipo y nivel de producción (Domínguez, 1994).

Los requerimientos de macro elementos en ovinos se determinan usualmente por el método factorial; las normas de alimentación mineral aprobadas se basan en información experimental y de campo en estudios de alimentación en granjas (ARC, 1980; NRC, 2007).

2.3.2.1. Calcio (Ca). El Ca es el mineral más abundante en el cuerpo; representa aproximadamente el 2% del peso corporal; el 98 % de Ca está en el esqueleto y los dientes, el restante 2% está distribuido en tejidos blandos y fluidos extracelulares. Los animales necesitan Ca para la formación de huesos y dientes, y para la transmisión de impulsos nerviosos. Así como para la excitabilidad muscular, la regulación cardiaca, la coagulación sanguínea y la activación y estabilización de enzimas. La absorción de Ca es en una gran proporción en el duodeno y el yeyuno; y las tres vías principales de excreción son por excremento, orina y sudor.

El efecto de la deficiencia de Ca en animales jóvenes resulta en raquitismo y en adultos se conoce como osteomalacia; si se añade Ca en exceso a una dieta adecuada en todo lo demás, puede resultar en una deficiencia de otros elementos, como por ejemplo P, Mg, Fe, I, Zn y Mn (Underwood y Suttle, 1999; Church *et al.*, 2002).

Teóricamente, la cantidad de Ca requerida en la dieta diaria puede estimarse de los requerimientos absolutos del animal, para un nivel de producción particular, y de la eficiencia de absorción de Ca en el tracto digestivo. Además, los rumiantes tienen reservas que utilizan para reducir alguna deficiencia de Ca en la dieta (Domínguez, 1994).

Para la mayoría de las formas de producción, el requerimiento de Ca es cubierto por forrajes que contengan 3 g de Ca/kg de MS, pero para corderos con tasas de crecimiento elevadas (300 g/día), el requerimiento es mayor (Minson, 1990).

Finalmente, la relación estrecha (2:1) de Ca:P, puede aumentar la incidencia de cálculos urinarios de corderos alimentados con dietas altas en granos (ARC, 1980; NRC, 2007).

2.3.2.2. Fosforo (P)

El 80% de P del cuerpo se encuentra en el hueso y dientes. El P es un componente del esqueleto, su función, junto con el Ca, es proporcionar soporte estructural al cuerpo. El P es un componente de los fosfolípidos, que son importantes en el transporte y metabolismo de

los lípidos y en la estructura de las membranas celulares. Además de la formación ósea, el P es esencial para el funcionamiento adecuado de los microorganismos del rumen (Underwood y Suttle, 1999).

La vitamina D es muy importante en la absorción del P que se realiza en el intestino; la excreción renal es el principal medio regulador de la concentración de P en sangre. Cuando hay deficiencia de P el signo más común es el raquitismo y conforme avanza esta carencia hay pérdida de apetito y el crecimiento se retarda. El ARC (1980) calculo el requerimiento de P para ovinos con un coeficiente de absorción de 0.73 para corderos y 0.6 para adultos (Minson, 1990).

Un exceso de P en la dieta resulta en hiperparatiroidismo secundario nutricional que se manifiesta en una absorción ósea excesiva (osteodistrofia fibrosa), que podría resultar en cojeras y fracturas espontaneas de los huesos largos (Church *et al.*, 2002).

La relación Ca: P es importante sobre todo con dietas deficientes en P; una relación Ca:P amplia puede reducir el consumo de alimento y el crecimiento pues se deprime la digestibilidad del alimento. La relación Ca:P sugerida es de 2:1, sin embargo, el ARC (1980) indico que no es posible establecer una proporción óptima para cubrir necesidades de los rumiantes.

2.3.2.3. Magnesio (Mg)

El Mg se distribuye ampliamente en el cuerpo, con excepción de Ca y P, su contenido en el organismo es mayor a cualquier otro mineral. En los tejidos blandos, el Mg se concentra dentro de las células; la mayor concentración es en hígado y musculo esquelético; el Mg es necesario para el desarrollo normal del tejido óseo (Church *et al.*, 2002).

El requerimiento de Mg en la dieta puede derivarse de la formación publicada por el ARC (1980). Los corderos en crecimiento pueden cubrir sus requerimientos de Mg al consumir 0.690 kg de MS de forraje. Sin embargo, la absorción de Mg puede deprimirse por un exceso de K, nitrógeno y amonio en el rumen (NRC, 2007).

2.3.2.4. Potasio (K)

El K se localiza en su mayor parte dentro de las células; este participa en la regulación del equilibrio acido-básico, en la presión osmótica y en el metabolismo celular. Es un elemento muy móvil y funcional (Church *et al.*, 2002).

Los requerimientos de K para rumiantes varían de 0.4 a 0.8% de la MS consumida (NRC, 1985). El ARC (1980) establece la necesidad de K para ovinos en crecimiento en 4 g/kg de

MS consumida, mientras que para ovejas con alta producción de leche o estrés por embarque, el requisito puede ser de 1.2 a 2.2% de la MS (Minson, 1980).

2.3.2.5 Cloruro de sodio o sal común (NaCl)

Se dice que 1.5 g de NaCl/kg de MS cubren el requerimiento para todas las formas de producción. Sin embargo, el valor recomendado puede variar. El requisito de Na en ovejas lactantes es mayor a 1.5 g/kg de MS (Minson, 1990). En ovinos hay una pérdida de Na con la orina, por lo tanto, en los corderos en crecimiento los requerimientos de Na con relación al Cl, son mayores que en los terneros (ARC, 1980).

2.3.2.6. Azufre (S)

El requerimiento de S para corderos en crecimiento varía de 0.18 a 0.26% de la MS de la dieta. Los alimentos contienen cerca de 0.1% de S, entonces no hay razón para suplementar el S en corderos de ceba, siempre y cuando se mantenga una relación nitrógeno:azufre de 16:1 (Domínguez, 1994; NRC, 2007).

2.3.3. Necesidades de micro elementos

Los requerimientos de micro minerales en los ovinos se determinan, mayormente, en experimentos de campo, en los que la dieta del animal se compara con las concentraciones de elementos estudiados en órganos y en sangre.

2.3.3.1. Cobre (Cu)

El cobre (Cu) es un micronutriente esencial, participa en múltiples funciones bioquímicas (Davis and Mertz, 1987), por ejemplo las siguientes enzimas son dependientes del Cu: ceruloplasmina, Citocromo C oxidasa, Dopamina-β-mono oxidasa, Lisil oxidasa, Peptidilglicina α-amida mono oxidasa, Cu-Zn superóxido dismutasa y Torosinasa, entre otras (Underwood y Suttle, 1999); el Cu es un cofactor de la enzima citocromo oxidasa en la cadena respiratoria productora de ATP (Lim y Paik, 2006).

El Cu en los ovinos es metabolizado en forma diferente entre las diferentes razas, por lo que hay variación en sus necesidades, la diferencia se atribuye al grado con que se absorbe el Cu, esto afecta su contenido en el animal y en la susceptibilidad a carencias y toxicidades en razas diferentes, por lo que la cantidad suficiente para un animal, puede no serlo para otros, probablemente sea tóxico para algunos y para otros no (Underwood y Suttle, 1999).

El ARC (1980) calculo los requerimientos netos de Cu para rumiantes adultos, indicando que varían de 6 a 13 mg de Cu/kg de MS, además sugiere que estos valores deben adjuntarse cuando se conozca el nivel de S y Mo en la dieta.

Cuando el forraje tiene menos de 1 mg de Mo/kg de MS, las necesidades de corderos son de 7 a 8, pero si el contenido de Mo es mayor de 1 pero menor a 3 mg/kg de MS, los requerimientos de Cu son de 17 a 21, 19 a 23 y 14 a 17, respectivamente (Minson, 1990).

2.3.3.2. Zinc (Zn)

El Zn es un elemento traza esencial, forma parte de más de 200 metalo enzimas, entre ellas varias relacionadas con el metabolismo de carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos (Smith y Akinbamizo, 2000; Vierboom *et al.*, 2003). El Zn también tiene acción lipogénica (Malcom-Callis *et al.*, 2000; Oh y Choi, 2004); participa en la cascada de señalización de la insulina (Pessin y Saltiel, 2000; Park *et al.*, 2003;), incluso puede tener efectos similares a la insulina, estimulando la lipogénesis e inhibiendo la lipólisis (Coulston y Dandona, 1980; May y Contoreggi, 1982).

El Zn es un elemento esencial, sin embargo el requerimiento no está bien establecido. El ARC (1980) indica que con 7 mg de Zn/kg de MS en la dieta no se presentan signos de deficiencia, pero no se mantiene el nivel de Zn en sangre (0.9 a 1.5 mg/l) recomendado. Así la cantidad mínima recomendada es de 14 mg/kg de MS.

La necesidad de Zn es mayor en los carneros pues es indispensable para el crecimiento testicular y la espermatogénesis, y no tanto para el crecimiento corporal. Las cantidades mínimas sugeridas son de 20 mg para ovinos en crecimiento y 33 mg/kg de MS para machos adultos y hembras gestantes o lactantes (NRC, 2007). Además debe recordarse que el exceso de Ca, Cd, Fe, Mn, Mo y Se, así como las infecciones bacterianas y/o virales, pueden incrementar los requerimientos de Zn (ARC, 1980).

2.3.3.3. Fierro (Fe)

El requisito de Fe en ovinos normalmente se cubre con los alimentos comunes; sin embargo, en animales jóvenes el requerimiento debido a la formación de mioglobina muscular y producción de hemoglobina es mayor (ARC, 1980).

En corderos el nivel de Fe varía en un rango de 25 a 70 mg/kg de MS, mientras que en ovejas al final de la preñez el mínimo aceptado es de 30 mg de Fe/kg de MS en virtud de que el contenido de Fe en forrajes es alto, y de que contiene una absorción rápida y que

puede ser reutilizado por el animal, la deficiencia en animales en pastoreo es rara (Minson, 1990; NRC, 2007).

2.3.3.4. Selenio (Se)

Esencial como antioxidante, es parte de la glutatión peroxidasa (GSH-Px), la cual elimina a los radicales libres de hidrógeno que resultan tóxicos para las membranas celulares. La concentración de selenio en el alimento se encuentra entre 0.05 ppm y 0.3 ppm, influenciado por la concentración de dicho mineral en el suelo y pH del mismo. El Se se absorbe 77 % aproximadamente en monogástricos, siendo 29 % para los rumiantes. En forrajes y granos normalmente se encuentra en forma de selenio orgánico como selenocistina, selenocisteína y selenometionina; las fuentes de selenio inorgánico para suplemento alimenticio son el selenito de sodio y selenato de sodio (NRC, 2007).

El Se es uno de los minerales más importantes pues las funciones metabólicas en las que interviene se relaciona con el estado de salud, la capacidad inmune y la tasa de crecimiento; el requerimiento mínimo estimado es 0.1 mg/kg de MS (Díaz, 1993), pero para las distintas formas de producción animal se ha indicado un rango de 0.1 a 0.3 ppm (NRC, 2007).

En 1987 en Estados Unidos se aprobó de 0.3 ppm de Se en alimento para ovinos y en premezclas minerales para suministrar a libertad se autorizó 90 ppm (a una proporción que no exceda un consumo de 0.7 mg/día). Algunos indican que el requisito de Se puede ser afectado por otros elementos en la dieta, tales como el Ca, S, Fe, As, Zn y Cd (Minson, 1990).

2.3.3.5. Yodo (I)

La deficiencia de yodo (I) en humanos y animales de granja predispone al desarrollo de bocio, es una condición problemática actual en muchas partes del mundo; se estima que más del 13% de la población humana del mundo sufre de trastornos causados por la deficiencia de I (Berger, 2000). En ovejas, el metabolismo de la glándula tiroides es fundamental para el crecimiento fetal y el desarrollo (Medeiros *et al.*, 1993; Piosik *et al.*, 1997). La síntesis de la tiroxina (T₄) y la conversión de ella en triyodotironina (T₃) dependen de la integridad de la glándula tiroides y el suministro oportuno de los sustratos en las cantidades necesarias. La síntesis de T₄ y T₃ en la madre y su transferencia al feto se han estudiado en varias especies y su deterioro provoca bocio (Medeiros *et al.*, 1993). El bocio puede ocurrir en mamíferos y aves como consecuencia de la hiperplasia e hipertrofia de las células foliculares de la tiroides (Kategile *et al.*, 1978).

Las causas que inducen hiperplasia tiroidea son: dietas deficientes I que producen bocio simple con escasa o nula producción de hormonas tiroideas (Corah y Ives, 1991). Estudios recientes han demostrado las interacciones posibles entre el I y Se en la salud y el desempeño reproductivo de los animales; la deficiencia puede causar bocio indirecto o inducido, ya que el Se es esencial en las enzimas diodinasas que transforman tiroxina en triyodotironina (Maddocks *et al.*, 1985); Asimismo ciertas sustancias bociogénicas como sulfonamidas (Kaneko, 1997; Panciera, 1998), tiouracilo y plantas de la familia Brassicaceae (Williams y Hill, 1965) interfieren con la síntesis de tiroxina. En los tres casos, las concentraciones de (T₄) y (T₃) en la sangre pueden ser reducidas.

El I es un elemento cuyo requerimiento en los ovinos es variable, se ha estimado que en hembras preñadas lactantes 0.5 a 0.8 mg de I/kg de MS cubren sus necesidades (NRC, 2007). El requerimiento para corderos en crecimiento se ha calculado en 0.27 mg de I/kg de MS (Domínguez, 1994). Sin embargo, en áreas donde se sospecha de sustancias bociogénicas se recomiendan 2 mg de I/ kg de MS (ARC, 1980).

2.3.3.6. Molibdeno (Mo)

El Mo es un mineral muy importante pues se compone de 3 metal enzimas, además en algunos estudios se ha demostrado un incremento en la tasa de crecimiento, así mismo se ha mejorado la digestibilidad de la celulosa (NRC, 2007).

El requerimiento de Mo no está bien definido, en la dieta debe considerarse su interacción con el Cu y S; la cantidad optima es de 1.5 a 2.0 mg de Mo/kg de MS, ya que niveles de 10 mg son considerados tóxicos (Annenkov, 1982).

2.3.3.7. Cobalto (Co)

El Co es otro elemento esencial, su requerimiento es relacionado con dos factores: lograr un crecimiento máximo y mantener los niveles normales de vitamina B₁₂ en el hígado. Los ovinos requieren más Co que los bovinos, sobre todo cuando las ganancias de peso son altas. Para evitar deficiencia subclínica se recomienda de 0.06 a 0.07 mg/kg de MS en la dieta. La respuesta a la suplementación se da cuando el forraje tiene menos de 0.10 mg de Co/kg de MS (Ordoñez, 1990).

2.3.3.8. Manganeso (Mn)

Las funciones del Mn se relacionan con aquellas de los metaloenzimas que requieren del metal para activarse, por ejemplo para el desarrollo del cartílago, la coagulación sanguínea y el metabolismo de lípidos y carbohidratos (Underwood y Suttle, 1999).

El requerimiento de Mn, al igual que algunos otros minerales, no está bien establecido, pero la necesidad para el crecimiento es menor que para la reproducción (NRC, 2007). Las dietas que contienen 10 mg de Mn/kg de MS son adecuadas para crecimiento y se considera que 20 mg/kg de MS deben ser adecuados para los diferentes estados reproductivos (NRC, 2007).

Cuadro 1. Necesidades de macro elementos de corderos en crecimiento, expresados como concentración en la dieta (g/kg de MS)

Mineral	Ca				P				Mg				NaCl			
PV(kg)	Ganancia diaria de peso (kg/día)															
10	0.0	0.1	0.2	0.3	0.0	0.1	0.2	0.3	0.0	0.1	0.2	0.3	0.0	0.1	0.2	0.3
20	0.9	3.3	6.6		0.8	2	3.3		0.8	1.1	1.5		1.1	1.3	1.5	
30	1.1	2.5	3.7	5.3	0.8	1.5	2.1	3	0.9	0.9	1	1.3	1.3	1.1	1.1	1.1
40	1.1	2.2	3.2	4.3	0.9	1.4	1.8	2.4	0.9	0.9	1	1.1	1.3	1.1	1.1	1.1

ARC (1980); NRC (2007).

Cuadro 2. Requerimientos de micro minerales y niveles tolerables de máximos (mg/kg de MS)

Mineral	Requerimientos (NRC, 1985; 2007)	(Annenkov, 1982)	Nivel tolerable (ARC, 1980)
Cu	7-11	5-10	25
Zn	20-33	50	50
Fe	30-50	--	500
Se	0.1-0.2	0.1	2
I	0.1-0.8	0.2-0.8	50
Mo	0.5	1.5-2.0	10
Co	0.1-0.2	1	10
Mn	20-40	60	1000

ARC (1980); NRC (2007).

3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en México ha habido un aumento de la producción intensiva de ganado ovino que va encaminada a la producción de carne; en este punto el Estado de México ocupa uno de los primeros lugares en producción de ovino para carne.

La mayoría de las engordas se basan en una dieta compuesta de granos de cereales, algunas harinas y pastas de oleaginosas, subproductos agroindustriales, un poco de forraje, además de complementar la dieta con aditivos y premezclas de vitaminas y minerales que hagan más eficiente el proceso de la engorda y contribuyan a reducir el costo, en menor tiempo, de la engorda.

En cierto tipo de dietas las premezclas de vitaminas y minerales contribuyen a mejorar los resultados de la engorda de ovinos, haciéndola más eficiente y rentable, por lo tanto, es importante realizar estudios y evaluaciones de las distintas pre-mezclas de minerales, tanto las que se comercializan en el mercado, como las que se diseñan y prueban de acuerdo a los requerimientos minerales de los ovinos en engorda con alimentación intensiva establecidos por el NRC (2007), y que consideran los resultados de los estudios sobre diagnósticos integrales de los perfiles minerales y la interrelación mineral de suelo, planta y animal en la zona del valle de Toluca, Estado de México.

4. HIPÓTESIS

El uso de las premezclas de vitaminas y minerales específicas para ovinos en engorda con alimentación intensiva, mejora la respuesta productiva en términos de consumo de alimento, ganancia de peso, conversión y eficiencia alimenticias; asimismo, los ovinos complementados con las premezclas tendrán mejores niveles hepáticos de minerales y una rentabilidad económica mayor.

5. OBJETIVOS

General

Evaluar la respuesta productiva, la concentración mineral en hígado y rentabilidad económica de ovinos Rambouillet en engorda con alimentación intensiva complementados con dos premezclas de vitaminas y minerales, una comercial y una experimental diseñada según la información disponible sobre los perfiles minerales de los suelos, pastos y suero de ovinos de la zona del valle de Toluca, México.

Particulares

Evaluar la respuesta productiva de ovinos Rambouillet en engorda con alimentación intensiva complementados con dos premezclas de vitaminas y minerales en términos de consumo de alimento, ganancia de peso, conversión y eficiencia alimenticias.

Analizar las concentraciones de minerales en hígado de los ovinos al final de la prueba de comportamiento productivo.

Evaluación económica de la engorda intensiva de ovinos (ingresos, egresos, relación costo beneficio) con y sin complementación de vitaminas y minerales.

6. MATERIALES Y MÉTODO

6.1. Material

6.1.1. Material biológico

- Quince ovinos PV promedio de 29.2 ± 0.15 kg de la raza Rambouillet.
- Alimentos para preparar las dietas de los ovinos.
- Muestras de hígado de los ovinos para sus análisis mineral en el laboratorio

Material de campo en área experimental

- 15 corraletas
- Una planta y bodega de alimentos
- Una nave de alojamiento de animales
- Comederos individuales
- Báscula digital Torey
- Bascula de animales
- Bolsas de plástico
- Rotuladores
- Pala y carretilla
- Cuaderno de registro

Material de laboratorio

- Bata, guantes
- Estufa de secado
- Balanzas analítica y electrónica
- Horno de microondas
- Parrillas eléctricas
- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Espectrofotómetro de luz ultravioleta
- Pipetas
- Molino

6.2. Métodos

6.2.1. Prueba de crecimiento

Se usaron 15 corderos machos enteros de la raza Rambouillet (29.2±0.15 kg PV), los cuales fueron alojados en corrales individuales; los corderos fueron desparasitados (Ivermectina, 1 mL/50 kg PV) y vacunados (bacterina triple). El periodo de adaptación a la dieta experimental fue de 10 días, la dieta (Cuadro 1) y el agua se proporcionaron diariamente (8:00 am y 16:00 pm) a libre acceso. Los animales fueron asignados aleatoriamente a tres tratamientos: 1) Testigo (dieta basal, DB), 2) DB complementada (2.5 % BS) con una premezcla comercial de vitaminas y minerales (Premix borregos, Multitec®, México) y 3) DB complementada (2.5 % BS) con una premezcla experimental de vitaminas y minerales.

Cuadro 3. Composición y análisis nutrimental de la dieta basal (DB) en BS.

Ingredientes	T1 Control Sin premezcla	T2-2.5 % Premezcla comercial ¹	T3-2.5% Premezcla experimental ²
Rastrojo de maíz	16.0	15.0	15.0
Sorgo	57.0	57.0	57.0
Soya	14.0	14.0	14.0
Canola	5.0	5.0	5.0
Salvado	5.0	5.0	5.0
Minerales-vitaminas	0.0	2.5	2.5
Bicarbonato de sodio	1.5	1.5	1.5
CaCO ₃	1.0	0.0	0.0
Fosfato de Ca	0.5	0.0	0.0
Total	100.0	100.0	100
Análisis nutrimental de la dieta experimental (g kg ⁻¹ BS):			
MS	887.0		
EM (Mcal kg ⁻¹ MS)	2.65		
PC	144.0		
FDN	285.0		
Cenizas	68.0		

¹Premezcla de minerales y vitaminas (Premix borregos, Multitec®, México): Ca, 18%; P, 0.0%; Sal, 18.0%; Azufre, 0.50%; Potasio, 0.56%; Magnesio, 0.08%; Zn, 50 g; Cu, 0.0 g; Fe, 20 g; I, 0.5 g; Co, 90 mg; Mn, 36 g; Se, 90 mg; Vit. A, 3000000 UI/Kg; Vit. D₃, 750000 UI/Kg; Vit. E, 25000 UI/Kg; Buffers, 24%; Oxitetraciclina 16 g.

²Premezcla experimental de minerales y vitaminas (NutriSal Ovinos Alimentación Intensiva): Ca, 16%; P, 0.0%; Sal, 20.0%; Azufre, 0.0%; Potasio, 0.56%; Magnesio, 0.08%; Zn, 70 g; Cu, 50 g; Fe, 20 g; I, 0.5 g; Co, 90 mg; Mn, 36 g; Se, 90 mg; Vit. A, 3000000 UI/Kg; Vit. D₃, 750000 UI/Kg; Vit. E, 25000 UI/Kg; Buffers, 24%; Oxitetraciclina 16 g.

Diario se registró el peso del alimento ofrecido y rechazado, el PV de los ovinos se registró al inicio y después cada 15 días; el periodo experimental tuvo una duración de 50 días. El peso de los ovinos se realizó con ayuno por 14 h para reducir el efecto de llenado del tubo digestivo. Las premezclas de vitaminas y minerales fueron adicionadas a la dieta basal y esta fue suministrada diario con el alimento.

Las variables evaluadas durante la primera fase del experimento fueron las siguientes:

- 1) **Consumo de materia seca por día y total.** Se obtuvo de la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado.
- 2) **Ganancia diaria de peso vivo.** Se determinó al obtener el peso de los animales al inicio y con intervalo de 15 días.
- 3) **Conversión alimenticia.** Se calculó dividiendo el consumo diario de MS entre la ganancia diaria de PV.
- 4) **Eficiencia alimenticia.** Se calculó como el cociente entre la ganancia de PV y el consumo de MS x 100.
- 5) **Peso vivo inicial.** Se obtuvo el peso de los animales al inicio del experimento.
- 6) **Peso vivo final.** Se obtuvo el peso de los animales al final del experimento.

6.2.2. Muestreo de tejidos para determinación de minerales

Post-sacrificio y evisceración de los ovinos, se obtuvieron muestras de hígado, las cuales fueron identificadas y conservadas a -20° C para análisis del contenido de P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu y Zn, por espectrofotometría de absorción atómica de flama (Perking Elmer, 3110; Fick *et al.*, 1979).

6.3. Análisis económico

Al final de la engorda, los ovinos fueron comercializados a precios del mercado del valle de Toluca y se realizó un balance financiero con el método de presupuestos parciales de ingresos y egresos para obtener el costo beneficio por cada peso invertido.

6.4. Diseño experimental, modelo y análisis estadístico

6.4.1. Diseño experimental. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (Steel *et al.*, 1997). La fase de crecimiento contó con tres tratamientos y cinco repeticiones (el cordero como unidad experimental) cada uno.

6.4.2. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento (control, premezcla comercial y premezcla experimental)

E_{ij} = Error experimental aleatorio.

6.4.3. Análisis estadístico

La información fue analizada mediante el procedimiento GLM de SAS (2002) para un diseño experimental completamente al azar. La comparación de medias se realizó por la prueba de Tukey (Steel *et al.*, 1997) con apoyo del programa SAS (2002).

7. LÍMITE DE TIEMPO

El experimento se llevó a cabo en durante el período comprendido de septiembre a diciembre de 2013.

La fase de comportamiento productivo tuvo una duración de 50 días con alimentación intensiva, con un período de adaptación de 10 días.

El análisis de la información y la redacción del trabajo de tesis final se realizaron de enero a marzo de 2014.

8. LÍMITE DE ESPACIO

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la unidad de experimentación en producción animal ubicada en la posta zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, ubicada en El Cerrillo Piedras Blancas, Municipio de Toluca, con una longitud de 19° 24' 48'', latitud de 99° 40' 45'' y una altura de 2,632 metros sobre el nivel del mar (García, 1988).

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido mineral de las dietas base suministradas

Los resultados del análisis en laboratorio por espectrofotometría de absorción atómica con flama de la concentración de macro y micro minerales encontrados en las tres dietas suministradas (tratamientos) a los ovinos se muestran en el Cuadro 4. En los tres tratamientos las dietas cubrieron los requerimientos de los ocho minerales de ovinos en etapas de crecimiento y finalización con GDP de 250 g d⁻¹, según lo indicado por (NRC, 2007).

Cuadro 4. Contenido mineral de las dietas con y sin premezclas de vitaminas y minerales suministradas a los ovinos con alimentación intensiva.

Mineral	Tratamiento		
	Sin premezcla	Con premezcla comercial	Con premezcla experimental
Ca, %	0.50	0.65	0.67
P, %	0.35	0.42	0.45
Mg, %	0.16	0.21	0.25
Na, %	1.28	1.86	2.54
K, %	0.16	0.14	0.15
Fe, ppm	273.4	290.5	215.5
Cu, ppm	121.8	131.9	140.6
Zn, ppm	115.3	125.8	132.5

Respuesta productiva

Los resultados de la prueba de comportamiento productivo de los ovinos se muestran en el Cuadro 5; hubo efecto de los tratamientos en el consumo de materia seca por día ($P<0.04$), en la ganancia diaria de peso ($P<0.04$) y en la conversión alimenticia ($P<0.03$) a favor de los ovinos con las premezclas de vitaminas y minerales comercial y experimental. En el resto de las variables no se observaron efectos ($P>0.05$) de los tratamientos; aunque cabe aclarar que numéricamente los ovinos de la premezcla experimental tuvieron mejores consumos totales de materia seca, ganancia de peso total y eficiencia alimenticia que los

que recibieron la premezcla comercial y los del grupo control, lo cual significó ahorro de alimento a favor de los ovinos con la premezcla experimental.

Cuadro 5. Peso vivo (PV) inicial y final, consumo de materia seca (CMS), ganancia de peso (GDP), conversión (CA) y eficiencia alimenticias (EFA) de ovinos con alimentación intensiva complementados con dos premezclas de vitaminas y minerales.

Variable ¹	Tratamiento			Valor <i>P</i>	EEM ²
	Control S/Premezcla	C /Premezcla comercial	C/Premezcla experimental		
PVI, Kg	29.63	29.16	29.38	0.98	2.23
PVF, Kg	40.77	41.72	42.46	0.83	1.90
CMST, Kg	79.82	86.30	87.60	0.55	5.12
CMS d ⁻¹ , Kg	1.60 ^b	1.73 ^a	1.75 ^a	0.04	0.24
GPT, Kg	11.15	12.56	13.08	0.71	1.62
GDP, Kg	0.223 ^b	0.251 ^a	0.262 ^a	0.04	0.03
CA, A/G	7.16 ^a	6.87 ^b	6.70 ^b	0.03	1.19
EA, G/A*100	13.97	14.54	14.95	0.26	1.57

^{ab}Valores en el mismo renglón con distinta literal son diferentes ($P < 0.05$).

¹PVI=Peso vivo inicial, PVF=Pesos vivo final, CMST=Consumo de materia seca total, CMS=Consumo de materia seca, GPT=Ganancia de peso total, GDP=Ganancia diaria de peso, CA=Conversión alimenticia, EA=Eficiencia alimenticia.

²EEM= Error Estándar de la Media

Como se observa en los resultados, los ovinos del grupo testigo, que solo recibieron Ca y P en su dieta base, numéricamente tendieron a tener menor comportamiento productivo, en contraste con los de las premezclas comercial y experimental. Esto coincide con (Minson, 1990), quien indica que después de corregir las carencias de energía y proteína, los

minerales pueden ser el tercer factor más limitante en la respuesta productiva de rumiantes en términos de consumo, ganancia de peso y conversión de alimento.

Respuesta metabólica

Concentración de macro minerales en hígado

En el Cuadro 6 se muestran los resultados del análisis de los macro minerales en el hígado de los ovinos al final de la prueba de comportamiento productivo. Hubo diferencia ($P < 0.05$) en el contenido de Ca y Na en hígado; los ovinos de las premezclas comercial y experimental tuvieron más Ca (261.6 y 198.6) ($P < 0.05$) que los ovinos control que no recibieron premezcla de minerales y vitaminas en su dieta (127.9 mg kg⁻¹); también los ovinos que recibieron las premezclas depositaron más Na en hígado que los ovinos control ($P < 0.05$).

Calcio. Las concentraciones normales de Ca en hígado son, por lo general menores a 200 mg kg⁻¹ en peso húmedo y de aproximadamente 800 mg kg⁻¹ en base a peso seco (NRC, 2005); los contenidos de Ca hepático mayores a 300 mg kg⁻¹ base húmeda (BH) son indicativos de calcificación metastásica. Las altas concentraciones de Ca en sangre de forma crónica pueden ocurrir con dietas extremadamente altas en Ca, pero esto es raro en condiciones prácticas (NRC, 2005). De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, hay evidencia de que el contenido de Ca en las premezclas comercial y experimental cubrieron el requisito del elemento en la dieta de ovinos en engorda con ganancias de peso superiores a 250 g d⁻¹, en tanto que los ovinos del grupo control solo lograron GDP de 185 g d⁻¹, y el contenido de Ca en el hígado fue sólo de 127.9 mg kg⁻¹ BH, por lo que se asumen que pudieron no haber cubierto sus necesidades de Ca para GDP mayores a 185 g d⁻¹.

Fósforo. Los valores de P encontrados en el hígado de los ovinos de los tres tratamientos (control, premezclas comercial y experimental) corresponden a 2.13, 2.26 y 2.18 % BH; en la literatura se encontró que el NRC (2005) cita los valores de P encontrados en hígado de

novillas Angus destetadas (0.66% BH) y en hígado de becerros Holstein (1.3 mg g⁻¹) (Williams *et al.*, 1991; Agboola *et al.*, 1988); como se observa en el Cuadro 3, los valores obtenidos en el presente estudio son mayores a los indicados en hígado de bovinos por otros autores; lo anterior da evidencia que hay exceso de P en las dieta de los ovinos en engorda; al respecto se hace la siguiente reflexión, en primer lugar, la dieta tuvo alto contenido de grano de cereal (57.0% BS de sorgo); los cereales son ricos en ácido fítico, el cual reduce la disponibilidad del P (Bravo *et al.*, 2003); sin embargo, las fitasas de los microorganismos del rumen degradan la mayoría del P disponible para su absorción (Clark *et al.*, 1986); en segundo lugar, la dieta tuvo como fuentes proteicas a la soya (14%), la canola (5%) y el salvado (5%) que también aportan cantidades importantes de P; y en tercer lugar, la dieta control tuvo (0.5% de fosfato de Ca), mientras que las dietas con premezclas (2.5% del producto), las cuales no contenían fuente mineral de P, según etiqueta del análisis garantizado por fabricante. Por otro lado, los requerimientos de P de ovinos en engorda con GDP mayores a 250 g d⁻¹ superan el 0.35% BS y de Ca el 0.60% BS, pero los cereales contienen más de 0.30% de P para cubrir parte de los requerimientos de los ovinos por lo que normalmente las premezclas de vitaminas y minerales para ovinos en engorda no contienen P, pero sí Ca para balancear estos minerales y mantener una relación Ca:P lo más cercana a 2:1; de lo contrario los ovinos pueden padecer urolitiasis, sobre todo los machos cuando hay un exceso de P en relación al Ca; la incidencia puede ser alta (70%) en machos alimentados con nivel alto de P (0.8%) y bajo de Ca (0.44%), y también puede ocurrir en corderos alimentados con concentraciones más bajas de P (NRC, 2005).

Magnesio. La concentración hepática de Mg en los ovinos fue similar (P>0.05) entre tratamientos. En la mayoría de las especies las concentraciones de Mg en hígado aumentan al dar más Mg en la dieta, aunque rara vez exceden de 1,000 mg kg⁻¹ BS (250 mg kg⁻¹ BH) (Puls, 1994). En el presente estudio las concentraciones de Mg en hígado estuvieron por arriba de 450 mg kg⁻¹BH, lo que indica que los ovinos recibieron más del requerimiento y se acumuló en los tejidos blandos; por otro lado según la literatura se espera que el exceso de Mg de la dieta se acumule más en el hueso, aunque ambas premezclas aportaron sólo

0.08% de Mg. Chester-Jones *et al.* (1990) han estudiado los efectos de dar altas concentraciones de Mg en la dieta en el contenido de Mg de varios tejidos de novillos alimentados por 130 días. En novillos el contenido de Mg en hueso se duplicó al consumir altos niveles de Mg; con dosis de 0.3% de Mg en la dieta el valor fue de 3.6 g de Mg kg⁻¹ de hueso seco, pero la concentración aumentó a 6.4 g de Mg kg⁻¹ de hueso seco con 4.7% de Mg en la dieta.

Sodio. En el caso del Na, las concentraciones observadas en el hígado indican que se cubrieron los requerimientos de Na en la dieta de los ovinos, incluso su contenido en las premezclas (18 y 20 % para comercial y experimental) promovió un mayor depósito en hígado en contraste con los ovinos control (8816.7 mg kg⁻¹). Según Puls (1994) las concentraciones normales de Na en el hígado de ovinos son de 2000 a 4000 mg kg⁻¹, sin embargo los resultados del presente estudio indicaron que el contenido de Na en los tres grupos de ovinos fueron mucho mayores que lo que indica la literatura, asumiendo que la dieta con y sin premezcla de vitaminas y minerales tuvo exceso de Na, reflejado en el hígado de los ovinos, por lo que en principio debe reducirse el contenido de sal en las premezclas y revisarse el aporte de la misma en los ingredientes que componen la dieta de engorda, ya que puede contener excesos de NaCl y posiblemente influir en el consumo voluntario de alimento.

Potasio. Según Puls (1994) el rango de la concentración normal de K en hígado fresco de bovinos es de 2,000 a 4,000 mg kg⁻¹ BH, y en hígado de ovinos de 8.9 a 9.3 mg g⁻¹ de peso seco. En el presente estudio el contenido de K fue similar ($P>0.05$) entre tratamientos; en el caso de los ovinos que recibieron las premezclas, los valores de K en hígado estuvieron por debajo de los 1000 mg kg⁻¹ BH, aunque ambas premezclas aportaron el 0.56% de K, se ha indicado que las dietas altas en concentrado y bajas en forraje, como fue el caso de este estudio, pueden ser deficientes en K (Puls, 1994); sin embargo los niveles tisulares de K no son muy sensibles o buenos indicadores de su contenido en la dieta; además dos terceras partes del K se localizan en la piel y el músculo (NRC, 2005).

Cuadro 6. Concentración de macro minerales en hígado (mg kg⁻¹ BH) de ovinos con alimentación intensiva complementados con dos premezclas de vitaminas y minerales.

Mineral	Tratamiento			Valor <i>P</i>	EEM ¹
	Sin premezcla	Con premezcla comercial	Con premezcla experimental		
Ca	127.9 ^b	261.6 ^a	198.6 ^a	0.04	66.5
P	21,334.8	22,616.4	21,830.0	0.45	694.1
Mg	536.2	490.3	484.2	0.83	65.5
Na	8,816.7 ^b	9,283.8 ^a	9,317.8 ^a	0.05	432.5
K	1,005.7	954.8	966.8	0.78	51.7

^{ab}Valores en el mismo renglón con distinta literal son diferentes ($P < 0.05$).

¹EEM= Error Estándar de la Media

Concentración de micro minerales en hígado

En el Cuadro 7 se muestran los resultados del análisis de los microminerales en el hígado de los ovinos al final de la prueba de comportamiento productivo. Hubo diferencia ($P < 0.05$) en el contenido de Fe en hígado; los ovinos de las premezclas comercial y experimental depositaron más Fe en hígado que los ovinos control ($P < 0.05$).

Hierro. El rango normal de la concentración de Fe en hígado fresco de ovinos es de 30 a 300 mg kg⁻¹ BH; una concentración deficiente ocurre con niveles hepáticos de 15 a 25 mg kg⁻¹ de peso fresco (Puls, 1994). En el presente estudio el contenido de Fe fue diferente ($P < 0.05$) entre tratamientos; en el caso de los ovinos que recibieron las premezclas, los valores de Fe en hígado estuvieron por arriba de los 300 mg kg⁻¹ BH, este valor se considera alto; ambas premezclas aportaron 20g de Fe, pero con este contenido se rebasa el nivel normal en hígado de ovinos, aunque el contenido de Fe en el hígado de los ovinos control estuvo dentro del rango normal (248.5 mg kg⁻¹ BH). Al respecto, se sabe que la acumulación de Fe en los tejidos y órganos depende de la dosis, duración de la exposición, vía de suministro, composición de la dieta y estado fisiológico del animal; cuando estos son expuestos a cantidades altas de Fe el mineral se deposita principalmente en hígado, bazo y

médula ósea (Underwood, 1977); con dosis muy altas, el Fe se deposita en corazón y riñón (NRC, 2005).

Cobre. La concentración adecuada de Cu en hígado fresco de ovinos es de 25 a 100 mg kg⁻¹ BH; una concentración con deficiencia marginal es considerada si el Cu está en niveles de 5 a 20 mg kg⁻¹BH; la deficiencia ocurre con niveles hepáticos de 0.5 a 4 mg kg⁻¹ de peso fresco (Puls, 1994). En el presente estudio el contenido de Cu no fue diferente ($P>0.05$) entre tratamientos, todo los promedios estuvieron por arriba del rango adecuado; tanto en los ovinos control como en los que recibieron las premezclas, los valores de Cu en hígado superaron los 100 mg kg⁻¹ BH, por lo que se considera que los ovinos tuvieron con nivel alto de Cu (Puls, 1994); respecto al aporte de Cu en las premezclas, la comercial no tuvo ninguna fuente de Cu, pero la premezcla experimental aportó 50 mg de Cu (de sulfato de Cu), sin embargo la concentración de Cu en hígado fue la menor de los tres tratamientos (186.1 mg kg⁻¹). Zervas *et al.* (1990) complementaron 30 mg de Cu kg⁻¹ (CuSO₄) durante 91 días en la dieta de ovinos, ellos observaron que el nivel de Cu en hígado aumentó, de 350 mg kg⁻¹ BS en los ovinos control a 2,400 mg kg⁻¹ en los complementados. Por otro lado, otras estudios indican que las concentraciones normales de Cu en hígado de rumiantes son de 100 a 400 mg kg⁻¹ BS, considerablemente más altas que en no rumiantes (Underwood, 1977); de hecho las concentraciones normales de Cu encontradas en el hígado de la mayoría de los rumiantes sería indicativo de la deficiencia del mineral. La excreción biliar de Cu es menos efectiva para regular el contenido de Cu hepático en rumiantes; sobre todo en ovinos cuando al aumentar el Cu en la dieta no parece aumentar su excreción biliar (Saylor y Leach, 1980).

Está aceptado que en rumiantes la complementación con cantidades relativamente pequeñas de Cu en la dieta aumentan sustancialmente las concentraciones de Cu en hígado (NRC, 2005), en el presente estudio aumentaron las concentraciones hepáticas de Cu tanto en los ovinos que no recibieron Cu en la dieta como en los complementados; al respecto la respuesta puede deberse o estar relacionada con lo siguiente; en los rumiantes, con un rumen funcional desarrollado el coeficiente de absorción del Cu es bajo (<1 a 10%)

comparado con no rumiantes o rumiantes jóvenes (75%) antes de que se establezca la flora microbiana. La baja absorción del Cu en rumiantes en gran parte se debe a las complejas interacciones que ocurren entre el Cu, el S y el Mo en el ambiente ruminal (Underwood y Suttle, 1999).

Cuadro 7. Concentración de micro minerales en hígado (mg/kg^{-1} BH) de ovinos con alimentación intensiva complementados con dos premezclas de vitaminas y minerales.

Mineral	Tratamiento			Valor $_P$	EEM ¹
	Sin premezcla	Premezcla comercial	Premezcla experimental		
Fe	248.5 ^c	978.2 ^b	1047.5 ^a	0.03	161.7
Cu	208.2	217.9	186.1	0.84	40.5
Zn	98.0	115.9	112.2	0.42	9.5

^{abc}Valores en el mismo renglón con distinta literal son diferentes ($P < 0.05$).

¹EEM= Error Estándar de la Media

Zinc. El contenido adecuado de Zn en hígado fresco de ovinos es de 30 a 75 mg kg^{-1} BH; una concentración con deficiencia es considerada si el Zn está en niveles de 20 a 30 mg kg^{-1} BH; la deficiencia ocurre con niveles hepáticos menores a 20 mg kg^{-1} de peso fresco (Puls, 1994). En el presente estudio el contenido de Zn no fue diferente ($P > 0.05$) entre tratamientos, sin embargo la concentración hepática fue adecuada en los tres grupos, incluso los ovinos que recibieron 50mg (premezcla comercial) y 70mg (premezcla experimental) tuvieron contenidos hepáticos de Zn ligeramente altos (115.9 y 112.2 mg kg^{-1} de peso fresco). La literatura indica que consumo de Zn en exceso causan que se deposite en el hígado, páncreas, riñón y hueso; con poca acumulación en músculo o bazo de ovinos (Rosa *et al.*, 1986; Henry *et al.*, 1997).

Análisis económico

Los costos de la dieta, del alimento total consumido por los ovinos y el total de egresos de los tratamientos con premezcla fueron ligeramente mayores al control, pero el costo para producir un kg de ganancia de peso fue menor para los ovinos con las premezclas comercial y experimental; por lo tanto, como el ingreso total por la venta de ovinos fue mayor en los grupos suplementados con las premezclas, se obtuvo una mayor utilidad económica parcial (Cuadro 8), pero la relación costo/beneficio fue similar en los tres tratamientos. Los resultados obtenidos en el balance económico de la engorda intensiva de ovinos en corral, considerando sólo los costos de alimentación, compra y venta de ovinos, indican que esta actividad del subsector pecuario ovino en México es económicamente rentable.

Cuadro 8. Balance económico y utilidad (\$) de la engorda de ovinos con alimentación intensiva complementados con dos premezclas de vitaminas y minerales.

Concepto	Tratamientos		
	Sin premezcla	Premezcla comercial	Premezcla experimental
Costo de la dieta (\$/kg BH)	4.0	4.1	4.1
Consumo de alimento (kg/grupo BH)	453.5	490.3	497.7
Costo total alimento (\$/grupo)	1,815.9	2,015.1	2,045.5
Costo alimento para producir 1kg (\$)	32.6	32.1	31.3
Costo medicamentos (\$/grupo)	125	125	125
Costo compra ovinos (\$/grupo) \$43/kg PV	6,370.5	6,269.4	6,316.7
Total de egresos (\$)	8,311.4	8,409.5	8,487.2
Total ingresos venta ovinos (\$):45/kg PV	9,173.25	9,387.0	9,553.5
Utilidad parcial (\$)	861.85	977.5	1,066.3
Relación costo/beneficio, \$	0.906	0.896	0.888

El análisis económico, expresado en pesos mexicanos, indica que aunque las dietas con las premezclas de vitaminas y minerales son ligeramente más costosas, y los grupos de ovinos suplementados erogaron un valor mayor de egresos, también generaron más ingresos y utilidad parcial por la venta de ovinos, por lo que su uso en la engorda intensiva de ovinos es económicamente rentable para el productor pecuario. Además, si se hace una proyección de una engorda a mayor escala, es decir con 100, 250, 500 o más ovinos con alimentación intensiva y con suministro de las premezclas, las ganancias económicas se multiplican, lo cual debe ser atractivo para la inversión en este sector primario.

10. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos y su análisis permiten emitir las conclusiones siguientes:

Los ovinos en engorda bajo alimentación intensiva que consumieron las premezclas comercial y experimental de vitaminas y minerales tuvieron mejor respuesta productiva en términos de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia.

El uso de las premezclas comercial y experimental de vitaminas y minerales en la dieta de los ovinos produjo una mayor concentración de Ca, Na y Fe en hígado que en los ovinos del grupo control.

Se detectó deficiencia de Ca en hígado de los ovinos del grupo control; los valores de K en hígado de los ovinos de los tres tratamientos también fueron deficientes.

Hubo exceso de los macro elementos P, Mg y Na, así como concentraciones altas de los micro minerales Fe y Cu, y ligero exceso de Zn en el hígado de los ovinos de los tres tratamientos (control y ambas premezclas).

El análisis económico indica que el uso de premezclas de vitaminas y minerales en la engorda de ovinos es económicamente rentable y produce mayor utilidad parcial.

11. LITERATURA CITADA

- Agboola, H. A., V. R. Cahill, H. R. Conrad, H. W. Ockerman, N. A. Parrett, and R. F. Plimpton. 1988. The effects of a high monosodium phosphate and alpha tocopherol supplemented milk replacer diet on veal muscle color and composition. *J. Anim. Sci.* 66:1676-1685.
- Annenkov, B.N. 1982. Kinetics and mineral metabolism in organ and tissues. *In: V.I. Georgievskii, B.N. Annenkov, and V.T. Samokhin (eds.) Mineral nutrition of animals.* Butterworths, London. Pp. 257-271.
- Arbiza, A.S.I. y De Lucas, T.J. 1996. Producción de Carne Ovina. Editores Mexicanos Unidos, México.
- ARC, 1980. Agricultural Research Council. Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureau. Farm Ham Royal. England. U.K.
- Arteaga, C.J.de D. 2003. La industria ovina en México. En: Memorias del Primer Simposium Internacional de Ovinos de Carne. Desafíos y oportunidades para la ovinocultura en México ante los nuevos esquemas de mercado abierto. Pachuca, Hgo. pp. 1-7.
- Berger, L.L. 2000. Iodine and selenium interactions. *In: Salt and trace minerals.* Salt Institute for animal nutrition professional. 32(2):1-4.
- Bravo, D., D. Sauvant, C. Bogaert, and F. Meschy. 2003. II. Quantitative aspects of phosphorus absorption in ruminants. *Reprod. Nutr. Dev.* 43:271-284.
- Camacho, Z.V., y Torres, R.R. 2006. Evaluación de dos premezclas de minerales y vitaminas en el crecimiento y características de la canal de ovinos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca. México. 40 p.
- Clark, W.D. Jr. J.E. Wohlt, R.L. Gilbreath, and P.K. Zajac. 1986. Phytate phosphorus intake and disappearance in the gastrointestinal tract of high producing dairy cows *J. Dairy Sci.* 69:3151-3155.
- Corah, L.R., and Ives, S. 1991. The effects of essential trace minerals on reproduction in beef cattle. *Vet. Clin. Food Anim. Pract.* 7:41-57.
- Coulston, L. and P. Dandona. 1980. Insulin-like effect of zinc on adipocytes. *Diabetes.* 29:665-667.

- Cunha, T.J. 1991. Horse Feeding and Nutrition. 2^a ed. Academic Press. U.S.A.
- Chester-Jones, H., J. P. Fontenot, and H. P. Veit. 1990. Physiological and pathological effects of feeding high levels of magnesium to steers. *J. Anim. Sci.* 68:4400-4413.
- Church, D.C., Pond, W.G., and Pond, K.R. 2002. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2^a ed. Limusa. México.
- Davis, K. G., and Mertz, W. 1987. Copper. In: W. Mertz (Ed.). Trace Elements in Human and Animal Nutrition (5th Ed). Academic Press, New York. Pp. 301-364.
- Díaz, Z. S. 1993. Determinación de la actividad de Glutation Peroxidasa (GSH-Px) y niveles de selenio en sangre de ovinos y niveles de selenio en suelo y pasto de áreas ovinas de San Felipe del Progreso, México. Tesis de Maestría, FMVZ-UAEM. Toluca. México.
- Domínguez-Vara, I. A. y Huerta-Bravo, M. 2008. Concentración e interrelación mineral en suelo, forraje y suero de ovinos durante dos épocas en el Valle de Toluca, México. *Agrociencia.* 42:173-183.
- Domínguez, V.I.A. 1994. Requerimientos minerales en ovinos. En: Memorias del Curso Bases de la Cría Ovina. Universidad Autónoma del Estado de México. Asociación Mexicana de Técnico Especialistas en Ovinocultura. Toluca, México.
- Fick, K.A., McDowell, L.R., Miles, P.H., Wilkinson, N.S., Funk, J.D., Conrad, J.H., Valdivia, V. 1979. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. Universidad de Florida. Gainesville, FL. USA. 135p.
- García, M. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4^a ed. México, D.F.
- Georgievskii, V.I. 1982. General information on minerals. In: V.I. Georgievskii, B.N. Annenkov, and V.T. Samokhin (eds.) Mineral nutrition of animals. Ed. Butterworths, London. Pp. 11-56.
- Henry, P.R., R.C. Littell, and C.B. Ammerman. 1997. Effect of high dietary zinc concentration and length of zinc feeding on feed intake and tissue zinc concentration in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 66:237-245.
- Jiménez, B.M.R. 2002. Aspectos de calidad en la producción ovina: carne, canales y pie de cría. Memorias del II Taller Sobre Sistemas de Producción Ovina del Noreste y Golfo de México. Tamaulipas, México: pp.114-121.

- Kaneko, J.J. 1997. Thyroid function. In: *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. J.J. Kaneko, J.W. Harvey, M.L. Bruss. (Eds.). 5th ed. Academic Press, San Diego, CA. 571-588.
- Kategile JA, Mgongo FO, Frederiksen JH. The effects of iodine supplementation on the reproductive tastes of goats and sheep. *Nord. Vet. Med.* 1978; 30(1):30-36.
- Lim, K. S., and Paik, I. K. (2006). Effects of dietary supplementation of copper chelates in the form of methionine, chitosan and yeast in laying hens. *Asian-Australian Journal of Animal Science*. 19:1174-1178.
- Maddocks, S., Chandrasekhar, Y., Setchell, B.P. 1985. Effect on wool growth of thyroxine replacement in thyroidectomized merino rams. *Aust. J. Biol. Sci.* 38:405-410.
- Malcolm-Callis, K.J., G.C. Duff, S.A. Gunter, E.B. Kegley, and D.A. Vermeire. 2000. Effects of supplemental zinc concentration and source on performance, carcass characteristics, and serum values in finishing beef steers. *Journal of Animal Science*. 78:2801-2808.
- May, J.M. and C.S. Contoreggi. 1982. The mechanism of the insulin-like effects of ionic zinc. *Journal Biological Chemistry*. 257:4362-4368.
- McDowell, L.R., Conrad, J.H., Hembry, F.G., Rojas, L.X. y Velásquez, J. 1993. *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. 2nd ed. Universidad de Florida, Gainesville, U.S.A.
- Medeiros, G.N, Targovnik, H.M., Vassart, G. 1993. Defective thyroglobulin synthesis and secretion causing goiter and hypothyroidism. *Endocr. Rev.* 14(2):165-83.
- Minson, D.J. 1990. *Forages in ruminant nutrition*. Academic Press. California, U.S.A.
- Morales, A. E., V. I. Domínguez, M. González, G. Jaramillo, O. Castelán, N. Pescador, y B. M. Huerta. 2007. Diagnóstico mineral en forraje y suero sanguíneo de bovinos lecheros en dos épocas en el valle central de México. *Téc. Pec. Méx.* 45:329-344.
- Navarro, D.L. 1987. Suplementación mineral en ovinos: Por qué y cómo?. FONAIAP DIVULGA. Estación experimental Anzoátegui. No. 25 Julio-Septiembre. Venezuela.
- National Research Council. 2007. *Nutrient requirements of Small Ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids*. Animal Nutrition Series. National Research Council. National Academy Press U.S.A. 362 p.

- National Research Council. 2005. Mineral Tolerance of animals. Second revised edition. The National Academic Press. Washington, D.C. USA. 496 p.
- Oh, Y.S. and C.B Choi. 2004. Effects of zinc on lipogenesis of bovine intramuscular adipocytes. *Asian Australian Journal Animal Science*. 17:1378-1382.
- Ordoñez, R.J.A., Velázquez, O.V., Rosiles, M.R., y Montes de Oca, J.R. 1990. Niveles de Se, Cu y Co en suelo y forrajes y su importancia sobre los problemas de deficiencias en corderos alimentados bajo condiciones de pastoreo en San Felipe del Progreso, México. Memoria del III Congreso Nacional de Producción Ovina. Asociación Mexicana de Técnico Especialistas en Ovinocultura. Tlaxcala, Tlax. México.
- Panciera, D.L. 1998. Canine hypothyroidism. In: *Manual of Small Animal Endocrinology*. A. G. Torrance and C.T. Mooney (Eds.). 2nd ed. British Small Animal Veterinary Association, United Kingdom. 103-113.
- Park, K.S., N.G. Lee, K.H. Lee, J.T. Seo and K.Y. Choi. 2003. The ERK pathway involves positive and negative regulations of HT-29 colorectal cancer cell growth by extracellular zinc. *American Journal Physiology Gastrointestinal and Liver Physiology*. 285:1181-1188.
- Pessin, J.E. and A.R. Saltiel. 2000. Signaling pathways in insulin action: molecular targets of insulin resistance. *Journal Clinical Investigation*. 106:165-169.
- Piosik PA, Van Groenigen M, Van Doorn J, Baas F, De Vijlder JM. Effects of maternal thyroid status on thyroid hormones and growth in congenitally hypothyroid goat fetuses during the second half of gestation. *Endocrinology*. 1997; 138, 5-11.
- Puls, R. 1994. *Mineral Levels in Animal Health: Diagnostic Data*, 2nd ed. Clearbrook, BC, Canada: Sherpa International.
- Rosa, I.V., C.B. Ammerman, and P.R. Henry. 1986. Interrelationship of dietary copper, zinc, and iron on performance and tissue mineral concentration in sheep. *Nutr. Rep. Int.* 34:893-902.
- Sánchez, del R., C. 2000. Estrategias en la engorda de ovinos. Bases de la cría ovina. UACH. Asociación Mexicana de Técnico Especialistas en Ovinocultura. Texcoco, México. 65p.
- SAS. 2002. *Statistical Analysis System. Institute, SAS/STATTM. User's guide.*, SAS institute, Inc. 10. Carry, NC.

- Saylor, W.W., and R.M. Leach. 1980. Intracellular distribution of copper and zinc in sheep: effect of age and dietary levels of the metals. *J. Nutr.* 110:448-459.
- Smith, O.B. and O.O. Akinbamizo. 2000. Micronutrients and reproduction in farm animals. *Animal Reproduction Science.* 60-61:549-560.
- Steel, D.R.G., Torrie, J.H., and Dickey, D.A. 1997. *Bioestadística: Principios y Procedimientos.* 2ª ed. McGraw-Hill. México, D. F. pp. 622.
- Vierboom, M., T.E. Engle and C.V. Kimberling. 2003. Effects of gestational status on apparent absorption and retention of copper and zinc in mature Angus cows and Suffolk ewes. *Asian Australian Journal of Animal Science.* 16:515-518.
- Underwood, E.J. and Suttle, N.F. 1999. *The mineral nutrition of livestock.* 4th ed. CABI Publishing. London, England. pp. 17-47.
- Underwood, E.J. 1977. Iron. *In: Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, E.J. Underwood, Ed. New York: Academic Press. Pp. 13-55
- Williams, S.N., L.R. McDowell, A.C. Warnick, N.S. Wilkinson, and L.A. Lawrence. 1991c. Phosphorus concentrations in blood, milk, feces, bone, and selected fluids and tissues of growing heifer as affected by dietary phosphorus. *Livest. Res. Rural Dev.* 3:67-78.
- Williams, H.L., Hill, R. The effects of feeding kale to breeding ewes. *Brit. Vet. J.* 1965. 121:2-17.
- Zervas, G., E. Nikolaou, and A. Mantzios. 1990. Comparative study of chronic copper poisoning in lambs and young goats. *Anim. Prod.* 50:497-506.

12. ANEXOS

Anexo 1. Premezcla mineral experimental suministrada a los ovinos en engorda intensiva.

NUTRISAL: OVINOS ALIMENTACIÓN INTENSIVA				
PREMEZCLA DE MINERALES Y VITAMINAS				
PARA OVINOS EN CRECIMIENTO Y FINALIZACIÓN CON ALIMENTACIÓN INTENSIVA EN CORRAL				
CONTENIDO GARANTIZADO				INDICACIONES
Calcio	16%	Manganeso	36 g	El producto se puede suministrar a libre acceso en saladeros, o agregar 25.0 kg de la premezcla por cada 1000.0 kg de alimento.
Fosforo	0%	Cobalto	90 mg	
Sal	20%	Selenio	90 mg	
Azufre	0.00%	Cobre	50 mg	
Potasio	0.56%	Vitamina e	25000 UI	
Magnesio	0.08%	Vitamina a	3000000 UI	
Zinc	70 g	Vitamina d3	750000 UI	
				RECOMENDACIONES
Hierro	20 g	Buffers	24%	Sólo use el producto en la especie ovina (hembras y machos) en fase productiva de crecimiento (18 a 35 kg PV) y finalización (35 A 50 kg de PV).
Iodo	0.5 g	Oxitetraciclina	16 g	
Preparación: sacos de 25 kg				
Fecha de caducidad: Diciembre de 2013				
CONSULTE A SU ASESOR TÉCNICO				
				
ELABORADO POR: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA-DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL				
Campus Universitario El Cerrillo, Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. CP. 50090. Tel. (722) 2965542				
Nota: El presente, es un producto tecnológico , desarrollado a través del proyecto de investigación con clave 3296/2012M , “Diseño y evaluación de una premezcla de vitaminas y minerales suministrada a ovinos en crecimiento y finalización con alimentación intensiva”, como parte del Megaproyecto: “Desarrollo de tecnologías aplicadas a la formulación de suplementos minerales y evaluación de las respuestas biológica y económica de especies pecuarias” , financiado por la UAEM-SIEA , bajo la Convocatoria de Megaproyectos de Innovación y Desarrollo Tecnológico 2012 .				