

01673

3
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

CINETICA DEL SELENIO RUMINAL, SANGUINEO Y FECAL A
PARTIR DE COMPRIMIDOS INTRARUMINALES EN OVINOS
EN PASTOREO.

T E S I S
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN PRODUCCION ANIMAL:
NUTRICION Y ALIMENTACION ANIMAL
PRESENTADA POR:
CARLOS GUTIERREZ OLVERA

ASESORES DE LA TESIS: MVZ.M.C. ALFREDO KURT SPOSS SUAREZ
MVZ. MSc. RENE ROSILES MARTINEZ
Act. M.C. ADRIANA DUCOING WATTY
MVZ.M.P.A. ANTONIO ORTIZ HERNANDEZ



MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

27 2854

1999



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

3
2ej

**CINÉTICA DEL SELENIO RUMINAL, SANGUÍNEO Y FECAL A
PARTIR DE COMPRIMIDOS INTRARUMINALES EN OVINOS EN
PASTOREO.**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
PRODUCCIÓN ANIMAL: NUTRICIÓN Y
ALIMENTACIÓN ANIMAL**

PRESENTADA POR

CARLOS GUTIÉRREZ OLVERA

ASESORES DE LA TESIS:

**MVZ. M.C. ALFREDO KURT SPOSS SUÁREZ
MVZ. MSc. RENÉ ROSILES MARTÍNEZ
Act. M.C. ADRIANA DUCOING WATTY
MVZ. M.P.A. ANTONIO ORTIZ HERNANDEZ**

MÉXICO, D.F.

1999

El autor da su consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México para que esta tesis esté disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.

CARLOS GUTIÉRREZ OLVERA

CONTENIDO

Lista de cuadros.	i
Lista de figuras.	iii
Dedicatorias.	iv
Agradecimientos.	v
Resumen.	vi
Abstract.	vii
I. Introducción.	1
1.1 Revisión de la literatura.	1
1.1.1 Selenio (Se).	1
1.1.2 Esencialidad del Se.	1
1.1.3 El Se en los suelos.	2
1.1.4 El Se en las plantas.	3
1.1.5 El Se en la dieta.	3
1.1.6 El Se y la glutatión peroxidasa (GSH-Px).	4
1.1.7 Metabolismo del Se en el animal.	4
1.1.8 Niveles de Se en los ovinos.	6
1.1.9 Deficiencias de Se en los ovinos.	6
1.1.10 Suplementación de Se en los ovinos.	7
1.1.10.1 Comprimidos intrarruminales.	8
1.2 Justificación.	13
1.3 Objetivos.	14
1.3.1 Objetivo general.	14
1.3.2 Objetivos específicos.	14
1.4 Hipótesis.	14
II. Material y métodos.	15
2.1 Fase I.	15
2.1.1 Elaboración de comprimidos.	15
2.1.2 Preparación de soluciones amortiguadoras.	16
2.1.3 Determinación de la liberación de Se.	16
2.1.4 Análisis estadístico.	17
2.2 Fase II.	20
2.2.1 Fabricación de comprimidos intrarruminales.	20
2.2.2 Período experimental.	20

2.2.2.1	Localización.	21
2.2.2.2	Grupos experimentales.	21
2.2.2.3	Administración, sustracción y pesaje de comprimidos.	21
2.2.2.4	Muestreos.	22
2.2.2.5	Alimentación y manejo.	22
2.2.2.6	Análisis de la información.	23
2.3	Fase III.	24
2.3.1	Período experimental.	24
2.3.1.1	Localización	24
2.3.1.2	Grupos experimentales.	25
2.3.1.3	Administración de comprimidos intrarruminales.	25
2.3.1.4	Muestreos.	25
2.3.1.5	Alimentación y manejo de los animales.	26
2.3.1.6	Análisis de la información.	26
2.4	Determinación y cálculo del Se.	29
III.	Resultados y discusión	31
3.1	Fase I: Comprimidos.	31
3.2	Fase II: CEPIPSA.	36
3.2.1.	Alimento.	36
3.2.2.	Tasa de degradación del comprimido.	37
3.2.3.	Líquido ruminal.	38
3.2.4.	Sangre y heces.	40
3.3	Fase III: CEIEPO.	43
3.3.1	Alimento.	43
3.3.2	Sangre.	44
3.3.3	Heces.	48
IV.	Conclusiones.	53
4.1	Conclusiones.	53
4.2	Recomendaciones.	53
V.	Referencias.	55

LISTA DE CUADROS

		Pagina
CUADRO 1	Cinética de liberación de Se ($\mu\text{g/g}$) en diferentes comprimidos.	33
CUADRO 2	Promedio de liberación de Se ($\mu\text{g/g}$) de diferentes comprimidos y grados de pH.	34
CUADRO 3	Concentración de Se (ng/g) en alimentos consumidos por los animales en CEPIPSA.	36
CUADRO 4	Degradación de comprimidos de Se (mg perdidos).	37
CUADRO 5	Concentración de Se en líquido ruminal en ovinos fistulados que recibieron comprimidos con y sin Se.	38
CUADRO 6	Concentración de Se en sangre en ovinos fistulados que recibieron comprimidos con y sin Se.	40
CUADRO 7	Concentración de Se en heces en ovinos fistulados que recibieron comprimidos con o sin Se.	42
CUADRO 8	Concentración de Se (ng/g) en alimentos consumidos por los animales en CEIEPO.	43
CUADRO 9	Concentración de se en sangre (ng/g) en ovejas que recibieron comprimidos con y sin Se.	44
CUADRO 10	Resultados del Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA) en la concentración de Se en sangre en animales tratados con comprimidos con y sin Se.	46

CUADRO 11	Concentración de se en heces (ng/g) en ovejas que recibieron comprimidos con y sin Se (2)	49
CUADRO 12	Resultados del Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA) en la concentración de Se en heces en animales tratados con comprimidos con y sin Se.	50
CUADRO 13	Concentración de Se en heces (ng/g) en ovejas que recibieron comprimidos con y sin Se.	51

LISTA DE FIGURAS

		Pagina
FIGURA 1	Cinética de liberación de Se de diferentes comprimidos con 5% de Se.	31
FIGURA 2	Cinética de liberación de Se de diferentes comprimidos con 10% de Se.	32
FIGURA 3	Concentración de Se en líquido ruminal (ng/g) en ovinos fistulados que recibieron comprimidos con y sin Se.	39
FIGURA 4	Concentración de Se en sangre (ng/g) en ovinos fistulados que recibieron comprimidos con y sin Se.	41
FIGURA 5	Concentración de Se en heces (ng/g) en ovinos fistulados que recibieron comprimidos con y sin Se.	42
FIGURA 6	Concentración de Se sanguíneo (ng/g) en ovejas que recibieron comprimidos con y sin Se, a través del tiempo.	48
FIGURA 7	Concentración de Se en heces (ng/g) en ovejas de diferentes razas que recibieron comprimidos con y sin Se	52

DEDICATORIAS

A la memoria de mi padre el M.V.Z. Carlos Gutiérrez Martínez quien fue un gran padre, amigo y maestro.

A mi madre la M.V.Z. Lilia Olvera Olvera por todo su amor, cariño y apoyo.

A la memoria de mi abuelita la señora Sabina Olvera Suárez, por todas sus enseñanzas y el cariño que siempre me dio.

A mi novia María del Rocío Torres Armenta por su amor cariño y ayuda incondicional.

A mis hermanas la M.V.Z. Lilia Gutiérrez Olvera y la Dr. Areli Gutiérrez Olvera y a mi hermano Eduardo Gutiérrez Olvera por toda una vida compartida con ellos.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la
Universidad Nacional Autónoma de México.

Al MVZ Alfredo Kurt Spross Suárez por toda su atención,
apoyo y conocimientos brindados.

Al MVZ René Rosiles Martínez por su asesoría, ayuda y
financiamiento de gran parte del trabajo de tesis.

A la Actuaría Adriana Ducoing por su apoyo estadístico,
sin el cual no se hubiera dado fin a esta tesis.

Al MVZ Antonio Ortiz por toda la ayuda que brindó a este
trabajo.

A mis sinodales:

Dr. Carlos García Bojalil.

MC. Antonio Díaz Cruz.

MsC. Humberto Troncoso Altamirano

Dra. Silvia Elena Buntinx Dios.

Por todas sus observaciones y consejos que contribuyeron
en la realización de esta tesis.

Al departamento de Nutrición y Bioquímica de la FMVZ UNAM
y al Laboratorio de Toxicología, en especial a la QFB Toni
y al MVZ Janitzio Bautista.

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en
Producción Ovina y al Centro de Enseñanza Práctica e
Investigación en Producción y Salud Animal de la FMVZ UNAM
por todo la ayuda prestada para la realización de esta
tesis.

A CONACYT por el financiamiento otorgado para la
realización de mis estudios de maestría.

RESUMEN

GUTIÉRREZ OLVERA CARLOS: CINÉTICA DEL SELENIO RUMINAL, SANGUÍNEO Y FECAL A PARTIR DE COMPRIMIDOS INTRARUMINALES EN OVINOS EN PASTOREO. Asesorado por: MVZ M.C. Alfredo Kurt Spross Suárez, MVZ MSc. René Rosiles Martínez, Act. M.C. Adriana Ducoing Watty y MVZ MPA. Antonio Ortiz Hernández.

La deficiencia de selenio (Se) en los suelos trae como consecuencia una baja disponibilidad de éste en los forrajes y granos, provocando a su vez deficiencias en los animales en producción. Existen varias formas de suplementar este elemento, entre ellas se encuentra la utilización de comprimidos intraruminales que pueden mantener niveles adecuados de Se por varios años. El objetivo de este trabajo fue contribuir al desarrollo de comprimidos intraruminales de Se para ovinos en pastoreo. El trabajo constó de tres fases. En la primera se elaboraron 12 tipos de comprimidos, con tres diferentes aglomerantes, con y sin sulfato de cobre, y con dos porcentajes de Se (Selenito de sodio) (5 y 10%) y, se suspendieron en 4 soluciones amortiguadoras. El pH no fue significativo en la liberación de Se y hubo interacción entre el porcentaje de Se y el sulfato de cobre. En la segunda fase, se utilizaron comprimidos con cemento pega azulejo, los cuales se introdujeron en el rumen de animales fistulados. Existió diferencia significativa entre comprimidos sin Se y los de 5 y 10% en cuanto a degradación del comprimido y concentración de Se en líquido ruminal. En la tercera fase, los comprimidos se aplicaron por vía a ovejas de tres diferentes grupos raciales, gestantes y no gestantes, en pastoreo y se tomaron muestras de sangre y heces durante 5 meses. En la sangre se presentó interacción entre porcentaje de Se y raza, siendo favorecidas por los comprimidos con Se en ambos porcentajes las ovejas Suffolk y con los de 10% las Rambouillet. En heces hubo diferencia estadística significativa entre ovejas que no parieron con comprimidos de 10% contra 0 y 5%. Se concluyó que los comprimidos de cemento pega azulejo y 10% de Se elevan los niveles de Se en sangre y los mantienen elevados por al menos 5 meses.

Palabras clave: Selenio, comprimidos intraruminales, ovinos, pastoreo y sangre.

ABSTRACT

GUTIÉRREZ OLVERA CARLOS: Kinetics of blood, fecal and ruminal Selenium (Se) from intraruminal selenium pellets with grazing lambs. Advised by MVZ M.C. Alfredo Kurt Spross Suárez, MVZ MSc. René Rosiles Martínez, Act. M.C. Adriana Ducoing Watty & MVZ MPA. Antonio Ortiz Hernández.

Selenium deficiency in soil results in low availability of itself in forage and grains. This effect produces deficiencies in animals. There are many ways to supply selenium, one of them is using intraruminal selenium pellets. They can keep appropriated levels of Se for several years. The goal of this research was contributed with the development of intraruminal selenium pellets for grazing sheep. The research consisted of three stages. In the first one, 12 kinds of pellets were developed with three different binding materials with and without copper sulphate, two percentage of Se (Na_2SeO_4), (5% & 10%) and they were putted into four buffer solutions. The pH was not significant in the liberation of Se and an interaction was discovered between the Se percentage and the copper sulphate. In the second stage, pellets with cement to glazed tile were used and they were introduced into fistulous animals rumen. There was a significant difference between pellets with Se and the 5% & 10% pellets of Se as for degradation and concentration of Se intraruminal liquid. In the last stage pellets were introduced orally in three kind of sheep: pregnant lambs, not pregnant lambs and grazing lambs. Samples of blood and feces were taken during five months. A relation between Se percentage and breed was discovered in the blood. Suffolk lambs and 10% of Rambouillet lambs were favored because Se pellets. There was a significant statistical difference in feces between lambs which didn't give birth with 10% pellets and lambs which gave birth with 0% and 5% pellets. The research came to the conclusion that cement to glazed tile pellets and 10% of Se increment the levels of Se in blood and they keep these levels at least 5 months.

Keywords: selenium, intraruminal mineral, selenium pellets, sheep, grazing and blood.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1 REVISION DE LA LITERATURA.

1.1.1 SELENIO (Se).

El Selenio (Se) es un semimetal con propiedades químicas muy similares al azufre. En sus formas alotrópicas se puede encontrar como un polvo rojizo, en cristales rojos, o una especie de musgo café oscuro y a temperatura de 200 a 220°C, en formas de color gris plateado. Se encuentra principalmente en rocas Cretácicas, material volcánico en algunos depósitos de pisos marinos y glaciares flotantes en forma de selenitos metálicos. Estos selenitos están generalmente asociados con sulfitos (como piritas). El Se existe en el pasto básicamente como selenito férrico, selenato de calcio, Se elemental y compuestos orgánicos derivados de los tejidos de las plantas (1).

1.1.2 ESENCIALIDAD DEL Se.

La primera evidencia de la esencialidad del Se como nutriente provino al descubrirse que prevenía la necrosis de hígado en las ratas y la diátesis exudativa en los pollos. Posteriormente, se descubrió que el Se prevenía la hepatitis dietética en cerdos; un gran número de lesiones en ratas; la enfermedad del músculo blanco en los rumiantes jóvenes; además, de que su deficiencia provocaba miopatías en los caballos. Más adelante, se encontró que el Se tenía cierta relación con la vitamina E y que en niños kwashiorkor estimulaba el crecimiento (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8).

Un descubrimiento importante lo hizo Rotruck en 1973 (9), al encontrar que el Se era parte integral de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px). Posteriormente, se ha sugerido

que el Se juega un papel importante en la cadena de transporte de electrones y que ocupa sitios activos en ciertas proteínas no pertenecientes al grupo heme (10, 11).

1.1.3 EL Se EN LOS SUELOS.

El Se se encuentra en diversos estados de oxidación en la naturaleza; algunas de estas formas son inestables. Procesos geofísicos y biológicos están relacionados con el estado del Se presente en los suelos. La intervención del hombre ha causado una redistribución de este elemento, mediante actividades como: el refinamiento del cobre, la industria del vidrio, los equipos electrónicos o la inclusión de este elemento en los productos manufacturados (12).

La presencia de otros minerales como el cinc, cobre, plata, cadmio, mercurio y arsénico, además del pH y el origen geológico de los suelos, influyen en la disponibilidad del contenido de Se de éstos. El uso de fertilizantes conteniendo Se constituye el aporte del elemento al medio ambiente; sin embargo, algunos fertilizantes, como los superfosfatos o aquellos que contienen azufre, afectan la disponibilidad del elemento (13, 14, 15, 16).

El contenido de Se en el suelo varía ampliamente dependiendo de su origen geológico. Los suelos que se derivan de rocas de origen reciente, ígneas, arenosas y pumíceas son deficientes en Se; esto debido a que dicho elemento es removido por percolación. Al igual que en los suelos arenosos, en los suelos ácidos se reduce la disponibilidad del Se a causa de la transformación a selenatos y Se elemental, los cuales no son disponibles para las plantas. Suelos arcillosos y ricos en materia orgánica mantienen una mayor concentración de Se debido a una mayor retención de agua y aumento en la superficie de contacto para los

distintos elementos, lo cual permite un aumento en el intercambio catiónico (12, 17).

Se considera que la concentración adecuada de Se en los suelos se encuentra en un rango de 0.1 a 0.5 ppm, mientras que valores inferiores a 0.1 son considerados deficientes (12, 13, 15).

1.1.4 EL Se EN LAS PLANTAS.

El contenido de Se en las plantas está influido por la especie vegetal, composición química y cantidad de elementos en el suelo y otros factores relacionados con este último. El total de Se en el suelo no refleja una estrecha disponibilidad del elemento para la planta. El criterio diagnóstico indica que para que la concentración de Se en los forrajes y granos se considere adecuada, debe ser de 0.1 ppm; un valor menor de 0.1 y mayor a 0.075 ppm se considera como moderado; un valor menor de 0.075 y mayor de 0.05 ppm es considerado bajo, mientras que un valor menor a 0.05 ppm se considera como deficiente (16, 18, 19).

1.1.5 EL Se EN LA DIETA.

En el año 1979 la Food & Drug Administration (FDA) aprobó la adición de Se en la dieta para el ganado lechero, ovino y porcino; inicialmente la adición fue de 0.1 mg/kg de materia seca (MS) y, a partir de 1987 se incrementó a 0.3 mg/kg de MS; es decir que, una dosificación mensual de 5 mg/kg a 12 mg/kg de MS cubre el 100% de los requerimientos de un animal de 45 kg de peso vivo. Un consumo dietético de 0.2 ppm provee un adecuado margen de seguridad en contra de las variaciones en la dieta, comunes a ser encontradas en ganado ovino y vacuno en pastoreo. Los requerimientos mínimos de Se

tienen cierta variación de acuerdo a la forma en que es ingerido y a otros factores de la dieta (20, 21).

El Se es relativamente inestable, por lo que pueden ocurrir pérdidas durante el secado y el almacenamiento de los forrajes. Consumos altos de sulfatos reducen la disponibilidad del Se para los animales, de tal forma que los requerimientos de Se aumentan cuando existe un alto consumo de sulfatos. Existen además, interrelaciones nutricionales complejas entre el Se y la vitamina E, de tal forma que cualesquiera de ellos puede sustituir o reponer el requerimiento del otro, pero nunca reemplazarlo completamente. El Se, los aminoácidos que contienen azufre y la vitamina E actúan sinérgicamente para proteger a la célula contra el daño oxidativo (16, 21).

1.1.6 EL Se Y LA GLUTATIÓN PEROXIDASA (GSH-Px).

El principal valor del Se es formar parte de la enzima glutatión peroxidasa, la cual contiene una parte de Se por subunidad de enzima. Esta enzima soluble está presente en la matriz mitocondrial y el citosol de las células; sin embargo, está en mayor cantidad en los eritrocitos. La principal función fisiológica de esta enzima es la de mantener niveles bajos de peróxido de hidrógeno y otros hidroperóxidos en la célula, los cuales al acumularse conducen a la agresión de los componentes de la pared celular y otros organelos, y muerte de la célula (16, 22, 23, 24, 25, 26).

1.1.7 METABOLISMO DEL Se EN EL ANIMAL.

El Se es un elemento que se absorbe rápidamente en el tracto intestinal. El principal sitio de absorción es entre el duodeno y el íleon; no se absorbe en el rumen o abomaso de las ovejas, ni en el estómago del cerdo. El Se se absorbe en

forma relativamente eficaz, ya sea de los nutrientes que contienen Se natural o como selenito inorgánico. Probablemente, en los rumiantes la absorción de Se se efectúa como selenometionina y selenocistina. Esto se debe a que las bacterias ruminales son capaces de metabolizar el Se inorgánico e incorporarlo a la proteína bacteriana (18, 21, 27, 28, 29, 30, 31).

Una vez absorbido, el Se es llevado principalmente por el plasma en donde ocurre una transformación química, previa a su unión con proteínas plasmáticas y globulinas. El Se entonces llega a ser parte de la porción proteica de muchos tejidos animales (27, 28, 30, 31).

Se ha observado, *in vitro*, que el Se se incorpora a la mioglobina, citocromo C, enzimas musculares, miosina y aldolasa. El Se se encuentra en todas las células como selenoproteínas, en aminoácidos azufrados y ácidos aminocilnucleicos (21, 32).

La vida media del Se es diferente en los diversos tejidos. En el hígado y el riñón es de 8 a 14 días, mientras que en el músculo es de 18 a 28 días. Los niveles de Se de los diferentes tejidos están en relación directa con los de la dieta (33, 34, 35, 36, 37).

La pérdida del Se se efectúa por los pulmones, heces y orina. La proporción que se excreta por cada vía depende de la ruta de administración, los niveles tisulares y la especie animal. En las ovejas, el Se inyectado se excreta principalmente por la orina en proporción equivalente a la administrada; la pérdida fecal es pequeña y es constante con el nivel de la dosificación, mientras que la pérdida de Se por vía respiratoria se comporta de manera similar a la pérdida fecal, a bajos niveles pero aumenta con el nivel de dosificación. La cantidad de Se excretada por bilis es pequeña; en promedio, menor del 2% de la cantidad inyectada; sin embargo, aumenta con el nivel de administración. El Se

administrado por vía oral se excreta por las heces en mayor cantidad. A medida que el consumo aumenta la pérdida fecal permanece estable. La pérdida urinaria aumenta con niveles moderados de complementación y luego desciende, mientras que el Se respiratorio aumenta en forma constante (27, 28).

1.1.8 NIVELES DE Se EN LOS OVINOS.

Las concentraciones de Se y vitamina E en los diversos tejidos se han utilizado para predecir la ocurrencia de la enfermedad del músculo blanco (38, 39).

Las mayores concentraciones de Se se encuentran en forma decreciente en bazo, pulmones, cerebro, corazón, lana, grasa y hueso (36, 40).

Niveles de Se en sangre de ovinos menores a 0.05 ppm son considerados deficientes; de 0.05 a 0.065 ppm marginales bajos; de 0.076 a 0.1 ppm, marginales altos, y mayores de 0.1 ppm son considerados adecuados (41).

Niveles menores de 0.12 ppm de Se (en base húmeda) en hígado de ovinos se consideran deficientes, mientras que niveles de 0.21 ppm son considerados como mínimo seguro (42).

1.1.9 DEFICIENCIAS DE Se EN LOS OVINOS.

Las deficiencias nutricionales de Se provocan disminución en la actividad de la GSH-Px (43, 44).

La deficiencia de Se afecta de manera importante la producción ovina, sobre todo en la etapa de desarrollo de los corderos y durante la gestación de las ovejas. Se ha observado, en corderos, que la edad a la cual las deficiencias afectan mas drásticamente oscila entre los 31 y 45 días, surgiendo la forma congénita y tardía de miopatía nutricional (45, 46).

Si la disponibilidad de Se para las ovejas en pastoreo es deficiente, esto repercutirá clínicamente en los corderos, presentándose retraso en el crecimiento, mala conversión alimenticia, caquexia progresiva, problemas en miembros locomotores e inmunodepresión (sobretudo de Ig G sérica), así como malformaciones congénitas y enfermedad del músculo blanco (47, 48, 49, 50, 51, 52, 53).

Los niveles bajos de Se en las vacas y ovejas gestantes, son uno de los factores predisponentes de la miodegeneración nutricional congénita, ya que afecta directamente la concentración de Se en los diversos tejidos de sus fetos (54).

1.1.10 SUPLEMENTACIÓN DEL Se EN LOS OVINOS.

Se ha observado, en áreas deficientes en Se, que la adición de este elemento en la dieta es capaz de evitar pérdidas anuales en distintas especies domésticas. Algunos estudios han mostrado efectos positivos, al suministrarse niveles adecuados de Se, sobre: ganancia de peso, sobrevivencia de corderos recién nacidos, incremento en la fertilidad y, respuesta inmune; así como también, se ha visto un efecto positivo sobre los antihelmínticos en ovinos (30, 33, 35, 36, 48, 51, 55, 56, 57, 58).

Se han estudiado diversas preparaciones de Se y vías de administración de éstas, como: la suplementación en la dieta, en el agua de bebida, inyección subcutánea e intramuscular y, la administración intrarruminal. En estos estudios, no se ha encontrado que las características de administración influyan sobre los niveles tisulares y se ha observado que la respuesta a los tratamientos de suplementación con Se dependerán de las circunstancias de cada situación (55, 56, 59, 60).

Algunas de las formas mediante las cuales se puede corregir la deficiencia de Se son las siguientes:

- 1) La sal con minerales vestigiales, reforzada con 26 mg/kg de Se sódico ofrecida a voluntad a ovejas y corderos reduce la incidencia del padecimiento, sin aumentar las concentraciones tisulares por encima de las encontradas naturalmente en algunos corderos sin suplementar en algunas zonas.
- 2) La aplicación de inyecciones subcutáneas, o la dosificación oral de Se sódico en dosis de 1 a 5 mg, con intervalos de tres meses después de la primera aplicación, en las ovejas, permite disminuir la presentación de dicha deficiencia (59, 61, 62, 63).

1.1.10.1 COMPRIMIDOS INTRARUMINALES.

Los comprimidos intrarruminales de Se, son utilizados para suplementar a bajo costo este elemento en ovejas en pastoreo, conservando su efectividad por varios años. Se ha visto que los comprimidos pueden mantener niveles de Se por tres a cuatro años, en animales que consumen pastos deficientes en este elemento. Algunos trabajos indican que los comprimidos de Se incrementan la ganancia de peso en corderos Romney Marsh en pastoreo, y mantienen niveles adecuados de Se por 15 meses. Otros estudios, han observado aumentos en el porcentaje de crecimiento y aumento en la actividad de la enzima glutatión peroxidasa en muchos tejidos. El tiempo de retención de comprimidos, en los borregos Merino, es mejor que en otras razas (46, 64, 65, 66, 67, 68).

El bolo se forma por compresión de una mezcla de Se elemental y adición de polvo de hierro con un lubricante, el cual es estearato de magnesio (64).

En un estudio en el cual se dieron comprimidos a ovejas con 2, 4, 6, 8 y 10% de Se, se comprobó que los de 2% fueron apenas efectivos después de 5 meses, mientras que los de 10% mantuvieron altas concentraciones del elemento en sangre a partir de las 2 semanas de su aplicación. A los 5 meses a partir de su aplicación, no hubo diferencias significativas de la concentración de Se en sangre entre los comprimidos de 6, 8 y 10%, lo cual presupone que los comprimidos de 10% no liberaron más Se o el Se liberado no fue absorbido, debido a que la sangre y, en particular, el eritrocito no pudo incorporar más este elemento (66).

Se ha demostrado, que el administrar dos comprimidos conteniendo 3, 4 o 5% de Se, no eleva la concentración de este elemento en sangre por más tiempo, que un solo comprimido conteniendo 6, 8 o 10%. La administración de un comprimido con 10% de Se mantiene niveles adecuados de este elemento en sangre por un período mayor que cuando se aplican simultáneamente dos comprimidos de 5% de Se. Se sugiere que dos comprimidos con 5% de Se pueden liberar mayor cantidad de este elemento en un período mas corto que con uno de 10%; este exceso de Se, por tanto, no será absorbido o incorporado dentro de los tejidos. Dos comprimidos conteniendo baja cantidad de Se no son tan efectivos como uno con alta concentración (64, 66).

Comprimidos con 15% de Se fueron efectivos al cubrir los requerimientos de Se en todas las ovejas suplementadas por lo menos durante 4 años, mientras que los de 10% sólo fueron efectivos por tres años (64).

Se ha visto que comprimidos de 20% de Se no traen efectos adversos sobre el peso vivo, producción de lana, diámetro de la fibra y salud de los animales tratados con éstos. Se ha encontrado que la longevidad de estos comprimidos es sensible a muchos factores y principalmente a la cantidad de Se que contengan. En forma comercial, se

encuentran comprimidos con 5% de Se que duran aproximadamente un poco menos de 2 años. Comprimidos que contienen 10 a 15% de Se pueden durar mínimo 4 años (66, 68, 69, 70, 71).

En otras investigaciones se ha encontrado que a los 12 meses, un número considerable de comprimidos se pierde y otros se cubren con calcio y fosfato, provocando un decremento en los niveles de Se entre los 12 y los 15 meses. La falla prematura de los comprimidos puede ser resultado de la regurgitación, de la desintegración del comprimido, del incrustamiento o de que se acabe el constituyente (46, 64, 68, 72).

Es posible que una gran cantidad de Se de los comprimidos sea liberada en el primer año, lo cual puede traer consecuencias indeseables en la salud, en la producción y en la concentración de Se en los tejidos (66, 73).

No hay información disponible sobre la manera en que el Se es liberado del comprimido y subsecuentemente absorbido por el animal. El Se elemental, que es la forma como este elemento se encuentra en el comprimido, no es realmente disponible; por esta razón, es posible que este Se no absorbido pueda ser excretado en la forma elemental, mientras que el eventualmente absorbido puede ser incorporado a la proteína microbiana en el rumen antes de sufrir digestión y absorción. El Se elemental es estable en el rumen, a pH de 5 y 7, mientras que el hierro elemental no es estable en estas condiciones y reacciona para formar hidróxido de hierro, iones ferrosos (cuando esta en un sistema Fe-H₂O) y selenito de hierro (sistema Fe-Se-H₂O). Al ser el Se elemental biológicamente inerte, la efectividad del comprimido depende de un contacto entre el hierro y el Se para sostener la reacción, la cual libera el Se biológicamente activo. Es probable que la más rápida liberación de Se ocurra como resultado de una reacción química que involucre a la oxidación del hierro y la concomitante alteración del Se

elemental por selenito de hierro. El Se elemental no incrementa los niveles de Se en plasma, a menos que permanezca en contacto físico con hierro en el rumen. Se ha observado en ratas, que el Se en la forma de selenito de sodio es 300 veces más efectivo que el Se elemental, en la prevención de necrosis hepática. Ratas suplementadas con 10 mg al día de Se elemental tuvieron el mismo comportamiento que ratas suplementadas con 10 microgramos a la semana de selenito de sodio, dándose a entender que el Se elemental es mucho menos tóxico que el selenito de sodio (64, 71, 72, 73, 74).

Aparentemente, la longevidad del comprimido y el contenido de Se de éste están positivamente relacionados, ya que al aumentar la concentración en el comprimido, éste tendrá mayor tiempo de vida dentro del rumen (64, 66).

Se ha concluido que el mejor factor para controlar la longevidad del comprimido es el tamaño del grano de Se. Comprimidos con un tamaño de grano pequeño tienen una vida más corta que otros comprimidos y la diferencia se asoció con distintos porcentajes de conversión de Se elemental en un compuesto de Se-Fe. Los granos pequeños fueron más rápidamente transformados. Comprimidos hechos con partículas grandes (106 a 212 μ m) y de tamaños intermedios (63 a 75 μ m), son más efectivos que los de partículas finas (<53 μ m) y mixtas (mezcla de grandes y finos) (64, 70, 72, 75).

Se ha observado que la presión impartida al comprimido trae efectos sobre la longevidad del comprimido; así, comprimidos a los cuales se les ejerce una presión alta, son más efectivos que aquellos sometidos a una presión baja (64).

La inclusión de 1% de lubricante (estearato de magnesio) tiende a incrementar la efectividad del comprimido; sin embargo, la aplicación de 3 y 5% de lubricante tiende a reducir la efectividad (64).

Los beneficios asociados con la alta presión y la inclusión de lubricante pueden reflejarse por un mayor contacto íntimo entre el Se y el hierro (64).

Algunos estudios recomiendan la práctica de administrar granos de acero con los comprimidos para evitar los depósitos de sal.

La superficie de contacto, la época de tratamiento y la edad de los borregos no tienen ningún efecto sobre la eficacia del comprimido (70).

1.2 JUSTIFICACIÓN.

La ovinocultura es importante en la actividad pecuaria de México. Por lo general, la cría de los ovinos, en este país, se lleva a cabo en sistemas de producción extensiva caracterizándose éstos por el pastoreo en agostaderos, campos de cultivo en descanso y esquilmos agrícolas, con una nula o muy escasa suplementación. Debido a esto, el aporte nutricional de los forrajes es de vital importancia en la respuesta productiva de los animales, dependiendo, entonces, en gran medida de la concentración de elementos minerales presentes en estos forrajes, que a su vez dependen de la cantidad existente de estos minerales en el suelo, de su interacción entre ellos y de su biodisponibilidad (76).

La utilización de comprimidos intraruminales es una buena opción para suministrar Se y hacer más eficientes las prácticas de manejo de este mineral y de los animales (ya que la duración de estos comprimidos es de varias semanas a varios años), en rumiantes en pastoreo.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Contribuir al desarrollo de una tecnología que permita la utilización de un solo comprimido intrarruminal de Se que cubra las necesidades de este elemento, en los ovinos suplementados mediante esta forma, durante su gestación, sin causar problemas de intoxicación.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar la liberación de Se a través de diferentes tipos de comprimido con 5 y 10% del elemento (3 tipos de aglomerante en 4 diferentes soluciones amortiguadoras).
- Determinar la degradación de comprimidos intrarruminales de 5 y 10% de Se en animales fistulados.
- Identificar la cinética del Se intrarruminal, sanguíneo y fecal en ovejas gestantes y no gestantes a partir de comprimidos intrarruminales (5 y 10%).

1.4 HIPÓTESIS.

La administración de comprimidos intrarruminales de Se cubre las necesidades nutricionales en los ovinos gestantes y mantiene los niveles adecuados de este elemento en sangre durante el período experimental.

II. MATERIAL Y MÉTODOS.

El desarrollo de este trabajo se llevó a cabo en tres fases:

2.1 FASE I.

2.1.1 ELABORACION DE COMPRIMIDOS.

Se efectuó en el Laboratorio de Toxicología, del Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M.

Se elaboraron comprimidos intrarruminales de 1 g de peso con 5 y 10% de Se, utilizando como fuente el selenito de sodio (46% de Se y 54% de sodio), fabricándose 6 tipos de comprimidos para cada porcentaje y empleándose 3 tipos de aglomerantes, de la siguiente manera:

Comprimidos con 5% de Se:

- a) Cemento para concreto (89%) y selenito de sodio (11%).
- b) Cemento para concreto (64%), sulfato de cobre (25%) y selenito de sodio (11%).
- c) Cemento pega azulejo (89%) y selenito de sodio (11%).
- d) Cemento pega azulejo (64%), sulfato de cobre (25%) y selenito de sodio (11%).
- e) Yeso piedra (89%) y selenito de sodio (25%).
- f) Yeso piedra (64%), sulfato de cobre (25%) y selenito de sodio (11%).

Comprimidos con 10% de Se:

- a) Cemento para concreto (78%) y selenito de sodio (22%).
- b) Cemento para concreto (53%), sulfato de cobre (25%) y selenito de sodio (22%).

- c) Cemento pega azulejo (78%) y selenito de sodio (22%).
- d) Cemento pega azulejo (53%), sulfato de cobre (25%) y selenito de sodio (22%).
- e) Yeso piedra (78%) y selenito de sodio (22%).
- f) Yeso piedra (53%), sulfato de cobre (25%) y selenito de sodio (22%).

Cada componente fue pesado en una balanza granataria digital eléctrica (con sensibilidad de diezmilésima de gramo), para posteriormente mezclarse. Se agregó después, agua desmineralizada para formar una pasta que se compactó en una peletizadora manual; los comprimidos se dejaron secar al medio ambiente.

2.1.2 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES AMORTIGUADORAS.

Los comprimidos fueron suspendidos en 50 ml de diferentes soluciones amortiguadoras (pH de 7.0, 6.5, 6.0 y 5.5) en envases de plástico (Nalgene), a temperatura ambiente.

Para la fabricación de las soluciones amortiguadoras se utilizó fosfato de sodio (NaH_2PO_4), como ion fosfato, y agua desmineralizada. Se ajustó la solución al pH deseado con un potenciómetro Beckman Zeromatic II, con agitación constante en una parrilla Thermolyne Cimarec 2.

2.1.3 DETERMINACIÓN DE LA LIBERACIÓN DE Se.

Cada uno de los tipos de comprimido se introdujo en un recipiente de plástico con 50 ml de cada una de las soluciones amortiguadoras. Esto se hizo por triplicado.

La medición del Se liberado se realizó en un espectrómetro de absorción atómica con flama de acetileno y aire, lámpara específica de Se de cátodo hueco. Para conocer

el grado de liberación de Se, se hicieron mediciones en la solución amortiguadora a los días 1, 4, 8, 16, 32 y 46. La solución amortiguadora se cambió cuando las concentraciones de Se excedían los 500 mg/ml. El cálculo de la liberación diaria de Se se hizo considerando la concentración del periodo, dividida entre el número de días. Esta concentración correspondió al contenido de microgramos de Se por cada mililitro ($\mu\text{g/ml}$), que al multiplicarse por 50 ml (volumen de la solución) arrojó la cantidad total liberada.

Los resultados de las mediciones de Se se agruparon por tipo de aglomerante, pH de la solución amortiguadora y día de permanencia en la solución con el fin de conocer el promedio de cada grupo y buscar las diferencias asociadas con cada característica.

2.1.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se realizó un análisis de varianza multivariado para observaciones repetidas con el fin de analizar los datos correspondientes a los comprimidos de pega azulejo con y sin sulfato de cobre de 5 y 10% de Se, en el caso de la existencia de diferencias significativas se llevaron a cabo contrastes ortogonales (77,78,79). Los datos correspondientes a los comprimidos de yeso y cemento no se analizaron debido a que estos no funcionaron. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y = X B + E$$

Donde:

- Y: Matriz de 48 x 6 cuyos renglones son los valores de la liberación del Se en las soluciones amortiguadoras del tiempo 1 al tiempo 6 para cada uno de los 48 comprimidos con cemento pega azulejo.
- X: Matriz diseño de 48 x 45.

B: Matriz de parámetros de 45 x 6 donde $\beta(\tau)$ es el vector columna de parámetros al tiempo (τ).
(τ)= 1,2,3,4,5,6

$\beta(\tau)=$ $\mu(\tau)$
S1(τ)
S2(τ)
P1(τ)
P2(τ)
P3(τ)
P4(τ)
C1(τ)
C2(τ)
SP11(τ)
SP12(τ)
SP13(τ)
SP14(τ)
SP21(τ)
SP22(τ)
SP23(τ)
SP24(τ)
SC11(τ)
SC12(τ)
SC21(τ)
SC22(τ)
PC11(τ)
PC12(τ)
PC21(τ)
PC22(τ)
PC31(τ)
PC32(τ)
PC41(τ)
PC42(τ)
SCP111(τ)
SCP112(τ)
SCP113(τ)
SCP114(τ)
SCP121(τ)
SCP122(τ)
SCP123(τ)
SCP124(τ)
SCP211(τ)
SCP212(τ)
SCP213(τ)
SCP214(τ)
SCP221(τ)

SCP222(τ)
SCP223(τ)
SCP224(τ)

Donde:

$\mu(\tau)$: Media general al tiempo (τ).

$S_i(\tau)$: Efecto del nivel i ésimo de contenido de Se al tiempo (τ).
 $i =$ 1= comprimido 5% de Se
2= comprimido 10% de Se

$P_j(\tau)$: Efecto del pH j al tiempo (τ).
1= pH 7.0
 $j =$ 2= pH 6.5
3= pH 6.0
4= pH 5.5

$C_k(\tau)$: Efecto de nivel k de sulfato de Cu al tiempo (τ).
 $k =$ 1= con sulfato de Cu
2= sin sulfato de Cu

(SP) $ij(\tau)$: Efecto de la interacción del nivel i de Se con el j de pH al tiempo (τ).
 $i = 1,2$ $j = 1,2,3,4$

(SC) $ik(\tau)$: Efecto de la interacción del nivel i de Se con el nivel k de sulfato de Cu al tiempo (τ).
 $i = 1,2$, $k = 1,2$

(PC) $jk(\tau)$: Efecto de la interacción del pH j con el nivel k de sulfato de Cu al tiempo (τ).
 $j = 1,2,3,4$ $k = 1,2$

(SPC) $ijk(\tau)$: Efecto de la interacción del nivel i de Se con el j de pH, con el nivel k de sulfato de Cu al tiempo (τ).
 $i = 1,2$ $j = 1,2,3,4$ $k = 1,2$

E: Matriz de errores aleatorios de 48 x 6.

Los valores de la estadística de prueba con una probabilidad menor a 0.05 ($p < 0.05$), fueron considerados como significativos.

Con los datos restantes únicamente se hizo un análisis descriptivo (80).

El análisis de los datos se realizó mediante el empleo del paquete estadístico JMP Versión 3.1 (81, 82, 83).

2.2 FASE II.

2.2.1 FABRICACIÓN DE COMPRIMIDOS INTRARUMINALES.

Se fabricaron comprimidos de 0, 5 y 10% de Se utilizando como aglomerante el cemento pega azulejo y como fuente de Se, el selenito de sodio. Los comprimidos tuvieron un peso aproximado de 5 g cada uno. Los comprimidos de 10% contenían 1.10 g de selenito de sodio (0.5 g de Se y 0.6 g de sodio) y 3.9 g de cemento pega azulejo, los de 5% 0.55 g de selenito de sodio (0.25 g de Se y 0.30 g de sodio) y 4.45 g de cemento pega azulejo, y los de 0% de Se contenían únicamente cemento pega azulejo (5 g).

Los ingredientes para cada comprimido fueron pesados en una balanza granataria digital eléctrica, para posteriormente mezclarse junto con agua desmineralizada hasta formar una pasta, la cual se vertió en una peletizadora manual para conformar así a cada uno de los comprimidos.

2.2.2 PERIODO EXPERIMENTAL.

Esta segunda fase se realizó en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal

(CEPIPSA), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

2.2.2.1 LOCALIZACIÓN.

Este centro se localiza en San Miguel Topilejo en el Km 27.5 de la carretera Federal México-Cuernavaca, Delegación de Tlalpan, Distrito Federal. Se encuentra situado a 2760 m sobre el nivel del mar, con una latitud Norte de 19° 11' y una longitud Oeste de 99° 1'. El clima de la región es tipo Cb (m2) (w) Ig, que corresponde, según Köppen, modificado por García, al templado semifrío con un verano fresco y largo, con lluvias en verano, una precipitación pluvial de 800 a 1724 mm al año y una temperatura de entre 12-18°C (84).

2.2.2.2 GRUPOS EXPERIMENTALES.

Se utilizaron tres grupos (A, B y C) de dos animales cada uno, de raza Pelibuey, los cuales fueron fistulados y se les introdujeron bolsas de dacrón con comprimidos de Se con el fin de medir la tasa de desaparición de éstos. Al grupo A se le introdujeron comprimidos sin Se (grupo control), al grupo B comprimidos con 5% de Se y al grupo C comprimidos con 10% de Se. Los animales se asignaron aleatoriamente a cada grupo y se alojaron todos en un mismo corral.

2.2.2.3 ADMINISTRACIÓN, SUSTRACCIÓN y PESAJE DE COMPRIMIDOS.

Las bolsas de dacrón fueron lavadas con agua desmineralizada y se guardaron dentro de ellas comprimidos de 0, 5 o 10% de Se. Las bolsas de dacrón se introdujeron por la fístula y se fijaron a las cánulas de los animales con hilo cañamo. Las bolsas fueron extraídas a los días 1, 2, 4, 8, 16 y 32, con el fin de medir la tasa de desaparición del

comprimido mediante el pesaje de éste. Los comprimidos se sacaron de las bolsas de dacrón y se lavaron con agua desmineralizada, dejándose secar en la estufa hasta alcanzar un peso constante, el pesaje se realizó en una balanza granataria digital eléctrica. Después de pesar los comprimidos se volvieron a guardar en las bolsas de dacrón y se introdujeron nuevamente en los animales.

2.2.2.4 MUESTREOS.

Se tomaron muestras de sangre, heces, líquido ruminal y alimento al momento de introducir las bolsas, con el fin de determinar niveles de Se en ellas. Las muestras de sangre se tomaron de la vena yugular, utilizando agujas y tubos Vacutainer. Las muestras de heces se tomaron directamente del recto del animal, estimulando la defecación por medio de tacto rectal y recogiendo el excremento en bolsas de plástico. El líquido ruminal fue tomado a través de la fístula del animal haciendo presión en el rumen. El alimento (paja de avena y ensilado de maíz) fue tomado del pesebre de los animales.

2.2.2.5 ALIMENTACIÓN Y MANEJO.

Los animales se encontraban en estabulación y se les daba de comer una sola vez al día aproximadamente a las 11:00 A.M.. El alimento que se les suministraba era el propio del Centro, consistente en paja de avena y ensilado de maíz; además, de suplementación mineral carente de Se. El manejo que se dio a los animales fue el propio del Centro.

2.2.2.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza multivariado para observaciones repetidas en el tiempo (MANOVA). Se tomaron en cuenta únicamente 5 muestreos, eliminándose el primero, por ser el basal (animales aún sin tratamiento) y el último (debido a la muerte de los dos animales del grupo de comprimidos de 5%). En el caso de la existencia de diferencias estadísticamente significativas se llevaron a cabo contrastes ortogonales (77, 78, 79).

El modelo estadístico tanto para la degradación de los comprimidos, como para líquido ruminal, fue el siguiente:

$$Y = X B + E$$

Donde:

Y: Matriz de 6 x 5. Cada renglón es el valor de la degradación del comprimido o de la concentración de Se en el líquido ruminal para cada una de las 5 mediciones en el tiempo (tiempo 2 al 6) de cada uno de los 6 ovinos del experimento.

X: Matriz diseño de 6 x 5.

B: Matriz de parámetros de 4 por 5 donde $\beta(\tau)$ es el vector columna de parámetros al tiempo (τ).

$$(\tau) = 2, 3, 4, 5, 6$$

$$\beta(\tau) = \mu(\tau)$$

$$S_1(\tau)$$

$$S_2(\tau)$$

$$S_3(\tau)$$

Donde:

$\mu(\tau)$: Media general al tiempo (τ).

$S_u(\tau)$: Efecto del nivel u ésimo de contenido de Se al tiempo (τ).

1= comprimido 0% de Se

2= comprimido 5% de Se

3= comprimido 10% de Se

E: Matriz de errores aleatorios de 6 por 5

Se consideraron significativos los valores de la estadística de prueba con una probabilidad menor a 0.05 ($p < 0.05$).

El análisis de la información se realizó mediante el empleo del paquete estadístico JMP Versión 3.1 (81, 82, 83).

En el caso de las heces y de la sangre no se hizo un análisis de varianza puesto que para analizar con mayor precisión el comportamiento de estas variables se dispone de un mayor número de ovinos en la fase III de este estudio.

2.3 FASE III.

2.3.1 PERIODO EXPERIMENTAL.

La tercer fase se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (CEIEPO), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

2.3.1.1 LOCALIZACIÓN.

Este Centro se localiza en el Km 53.1 de la Carretera Federal México-Cuernavaca, en el pueblo de Tres Marías, Huitzilac, Morelos. Se encuentra situado a 2810 m sobre el nivel del mar, a $19^{\circ} 03'$ de latitud Norte y $99^{\circ} 14'$ de longitud Oeste. Cuenta con un clima tipo Cb (m2) (w) Ig, que corresponde, según Köppen modificado por García, al templado semifrío con un verano fresco y largo, con lluvias en verano y una precipitación pluvial de 800 a 1724 mm al año y, tienen una temperatura de entre 12-18 °C (84).

2.3.1.2 GRUPOS EXPERIMENTALES.

Se utilizaron 42 hembras gestantes, primíparas de las razas Suffolk, Rambouillet y cruza (F1 Suffolk-Rambouillet) para integrar tres grupos. Cinco animales salieron del trabajo debido a problemas de queratoconjuntivitis. El primer grupo estuvo formado por 10 animales (3 cruza, 4 Rambouillet y 3 Suffolk) a los que se les administraron intrarruminalmente comprimidos sin Se. El segundo grupo estuvo conformado por 14 animales (5 cruza, 5 Rambouillet y 4 Suffolk), a los que se les administraron intrarruminalmente comprimidos con 5% de Se. El tercer grupo se conformó con 13 animales (5 cruza, 4 Rambouillet y 4 Suffolk) y se le administraron comprimidos intrarruminales con 10% de Se. Los animales fueron introducidos a cada grupo de forma aleatoria utilizando un cuadro de números aleatorios.

2.3.1.3 ADMINISTRACIÓN DE COMPRIMIDOS INTRARUMINALES.

A todos los animales se les suministraron los comprimidos correspondientes a su grupo por vía oral, utilizándose un tirabolos.

2.3.1.4 MUESTREOS.

A los tres grupos de animales se les tomaron muestras de sangre y heces antes de introducir los comprimidos, tomándose este como el primer muestreo. Posteriormente, se hicieron 4 muestreos (muestreos 2, 3, 4 y 5) cada 15 días y 2 muestreos (muestreos 6 y 7) cada 30 días, de sangre, heces y alimento, los cuales se llevaron a cabo a las 8:00 a.m. en los corrales, antes de que los animales fueran llevados a las praderas. Las muestras de sangre fueron tomadas de la vena yugular, utilizando agujas y tubos vacutainer. Las heces

fueron tomadas directamente del recto del animal y guardadas en bolsas de plástico para su posterior análisis.

2.3.1.5 ALIMENTACIÓN Y MANEJO DE LOS ANIMALES.

Todos los animales se mantuvieron en pastoreo diurno en praderas mixtas bajo un sistema rotacional, asignándose de 1 a 2 hectáreas por un tiempo de pastoreo de cinco días, y confinamiento nocturno. En el tiempo de confinamiento se les suministró paja de avena en cantidad aproximada a 100 g por animal y alimento balanceado (concentrado), con base en sorgo y soya en cantidades aproximadas a los 250 g por animal, el cual fue elaborado en el mismo Centro. A este alimento se le agregaron sales minerales libres de Se. Se verificó quincenalmente la concentración de Se, tanto en pastos como en paja de avena y concentrado. Las sales minerales libres de Se se suministraron a los animales 15 días antes (período de adaptación) del inicio de la aplicación de los comprimidos.

Al igual que en el otro Centro de investigación no se interfirió con el manejo de los animales en ningún sentido.

2.3.1.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Para el análisis de los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza multivariado para observaciones repetidas en el tiempo (MANOVA). Se eliminaron los datos del primer muestreo por ser considerado éste como basal (animales aún sin tratamiento). En el caso de la existencia de diferencias estadísticamente significativas se llevaron a cabo contrastes ortogonales, y en el caso de haber diferencias significativas a través del tiempo se llevo a cabo un análisis de perfiles (77, 78, 79, 83).

El modelo estadístico para la valoración de los datos tanto para sangre, como para heces, fue el siguiente:

$$Y = X B + E$$

Donde:

- Y: Matriz de 37 por 6, cuyos renglones son los valores de los niveles de Se en sangre o heces del tiempo 2 al tiempo 7 de cada uno de los 37 ovinos en el experimento.
- X: Matriz diseño de 37 por 30.
- B: Matriz de parámetros de 30 por 6 donde $\beta(\tau)$ es el vector columna de parámetros al tiempo (τ).
 $(\tau)=2,3,4,5,6,7$

$$\beta(\tau)=\mu(\tau)$$

S1(τ)
 S2(τ)
 S3(τ)
 R1(τ)
 R2(τ)
 R3(τ)
 P1(τ)
 P2(τ)
 SR11(τ)
 SR12(τ)
 SR13(τ)
 SR21(τ)
 SR22(τ)
 SR23(τ)
 SR31(τ)
 SR32(τ)
 SR33(τ)
 SP11(τ)
 SP12(τ)
 SP21(τ)
 SP22(τ)
 SP31(τ)
 SP32(τ)
 RP11(τ)
 RP12(τ)
 RP21(τ)
 RP22(τ)
 RP31(τ)
 RP32(τ)

Donde:

$\mu(\tau)$: Media general al tiempo (τ).

$S_i(\tau)$: Efecto del nivel i ésimo de contenido de Se al tiempo (τ).

1= comprimido 0% de Se
 $i=$ 2= comprimido 5% de Se
3= comprimido 10% de Se

$R_j(\tau)$: Efecto de la raza j al tiempo (τ).

1= cruzas
 $j=$ 2= Rambouillet
3= Suffolk

$P_k(\tau)$: Efecto de la gestación k al tiempo (τ).

$k=$ 1= gestantes
2= no gestantes

(SR) $ij(\tau)$: Efecto de la interacción del nivel i de Se con la raza j al tiempo (τ).

$i= 1,2,3$ $j= 1,2,3$

(SP) $ik(\tau)$: Efecto de la interacción del nivel i de Se con la gestación k al tiempo (τ).

$i= 1,2,3$ $k= 1,2$

(RP) $jk(\tau)$: Efecto de la interacción del raza j con la gestación k al tiempo (τ).

$j= 1,2,3$ $k= 1,2$

E: Matriz de errores aleatorios de 37 por 6.

Los datos originales no cumplían con los supuestos de normalidad de residuales ni de homogeneidad de varianzas, por lo que en el caso de los datos de sangre se realizó una transformación de Box y Cox, y en el caso de las heces se sumó 1.00 (heces + 1.00) a todos los datos y posterior a esto se realizó la transformación de Box y Cox, con lo cual se alcanzaron los supuestos de normalidad y homogeneidad (77, 78).

Fueron considerados como significativos los valores de la estadística de prueba con una probabilidad menor a 0.05 ($p < 0.05$).

El análisis de la información se realizó mediante el empleo del paquete estadístico JMP Versión 3.1 (81, 82, 83).

2.4 DETERMINACIÓN Y CALCULO DEL Se.

Todas las muestras obtenidas fueron llevadas al Laboratorio de Toxicología, del Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M., en donde fueron almacenadas y posteriormente se realizó la digestión ácida de éstas utilizando ácido nítrico y ácido perclórico. Las muestras se procesaron de la siguiente manera: en matraces de Kjeldahl se vertieron de 4 a 5 ml de sangre y se agregó además 5 ml de ácido nítrico. Los matraces con la muestra fueron colocados en un digestor a una temperatura de aproximadamente 70°C, esto dentro de una campana de extracción. Las muestras permanecieron en esta condición hasta lograrse la completa liberación de la materia orgánica (aproximadamente dos horas), después de lo cual se agregaban 2 ml de ácido perclórico dejándose digerir con éste por aproximadamente una hora. Terminada la digestión se vació el contenido del matraz a un matraz de aforo de 25 ml y se aforó con agua desmineralizada, para posteriormente filtrarse y ser vaciada en recipientes de plástico de 60 ml. En el caso de las heces y del alimento, se utilizó 1 g de muestra y se siguió el mismo procedimiento que en las muestras de sangre. En cuanto al líquido ruminal, la cantidad de muestra utilizada fue de 3 a 4 ml.

Para determinar la cantidad de Se contenido en cada una de las muestras, se utilizó un generador de hidruros acoplado al espectrofotómetro de absorción atómica. El cálculo del contenido de Se se realizó con base en el peso de la muestra,

la dilución, la alícuota para la generación del hidruro de Se y, el valor obtenido de la conversión de absorbancia a concentración a partir de una regresión simple, creada con los estándares de 25, 50 y 100 ng de Se.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1 FASE I: COMPRIMIDOS.

La liberación de Se en el inicio del experimento fue elevada, sobre todo en los comprimidos de cemento pega azulejo con y sin sulfato de cobre, y posteriormente fue decreciendo (Figuras 1 y 2). Esto se debió principalmente a que el Se que se encontraba distribuido en la superficie de los comprimidos, se liberó con gran rapidez por estar en contacto directo con las soluciones amortiguadoras. Posteriormente la liberación de Se disminuyó debido a que no hubo cambio en la superficie de contacto y el Se superficial se fue acabando. En el rumen del animal lo anterior no sucedería, ya que ahí la superficie de contacto cambiaría constantemente al irse desgastando el comprimido a causa de la acción de los microorganismos ruminales, los cambios frecuentes de pH y temperatura, así como la constante fricción provocada por el roce con las partículas del alimento contenidas dentro del rumen.

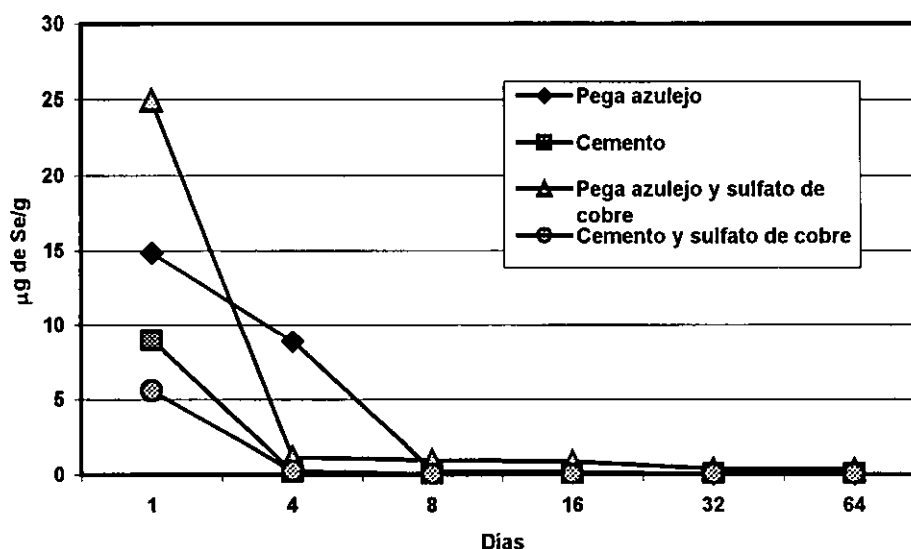


FIGURA 1: Cinética de liberación de Se (mg/g) en diferentes comprimidos con 5% de Se.

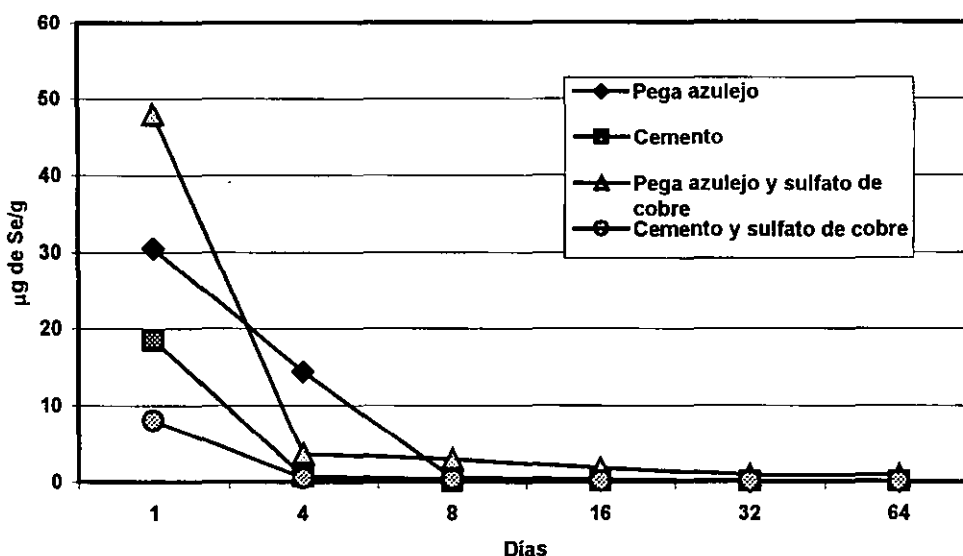


FIGURA 2: Cinética de liberación de Se en diferentes comprimidos con 10% de Se.

Los comprimidos fabricados con yeso piedra, con o sin sulfato de cobre, y en los dos porcentajes de Se (5 y 10%) se desintegraron en todos los pH a partir de la segunda medición por lo que fueron descartados. La matriz de estos comprimidos fue demasiado débil (muy porosa) y permitió que la incorporación de líquidos fuera alta, provocando por tanto su desintegración.

En el caso de los comprimidos fabricados con cemento para concreto con y sin sulfato de cobre, la liberación de Se fue nula a partir del día 16 en los comprimidos de 5% y a partir del día 32 en los de 10%. Además, a partir del día 34 comenzaron a fracturarse (Cuadro 1 y Figuras 1 y 2). En este caso, la matriz de los comprimidos de cemento fue tan sólida que no permitió la liberación de Se al acabarse este elemento en la superficie y al mismo tiempo no permitió la penetración de líquidos a su interior. Al encontrarse inmersos en una solución acuosa y tratar de incorporar líquidos, terminaron por fracturarse, provocando que fueran desechados para la siguiente fase.

CUADRO 1:
Cinética de liberación de Se ($\mu\text{g/g}$) en diferentes comprimidos.

COMPRIMIDOS DE 5% DE Se.

Aglomerante	PERIODO DE OBSERVACIÓN (DÍAS)					
	1	4	8	16	32	64
CPA	14.85	8.84	0.27	0.11	0.05	0.05
CC	8.93	0.19	0.01	0.00	0.00	0.00
CPA y SC	24.97	1.12	0.92	0.81	0.33	0.32
CC y SC	5.57	0.19	0.01	0.00	0.00	0.00

COMPRIMIDOS DE 10% DE Se.

Aglomerante	PERIODO DE OBSERVACIÓN (DÍAS)					
	1	5	8	16	32	64
CPA	30.45	14.28	0.47	0.25	0.09	0.11
CC	18.47	0.77	0.16	0.02	0.00	0.00
CPA y SC	47.94	3.65	2.94	1.77	0.84	0.82
CC y SC	7.97	0.49	0.26	0.06	0.00	0.00

CPA=Cemento pega azulejo CC=Cemento para concreto SC=Sulfato de cobre

Los comprimidos fabricados con cemento pega azulejo con y sin sulfato de Cu y de ambos porcentajes de Se, continuaron liberando Se hasta el último muestreo (día 64) y no sufrieron ningún cambio aparente en su superficie y estructura (Figuras 1 y 2). A diferencia de los comprimidos de cemento para concreto, los de cemento pega azulejo tuvieron una matriz sólida pero flexible a la incorporación de líquidos (cierta porosidad), lo cual permitió que al terminarse el Se superficial se siguiera liberando cierta cantidad de Se y al mismo tiempo evitó que se fracturaran.

En el caso de los comprimidos elaborados con cemento pega azulejo el pH no tuvo efecto estadísticamente significativo ($P > 0.05$) en la liberación de Se de los comprimidos con y sin sulfato de cobre en ninguno de los 2 porcentajes de Se (Cuadro 2).

CUADRO 2:
Promedio de liberación de Se ($\mu\text{g/g}$) de diferentes comprimidos y grados de pH.

COMPRIMIDOS DE 5% DE Se.

Aglomerante	pH 7.0	pH 6.5	pH 6.0	pH 5.5
CPA	4.02	4.02	4.15	3.91
CPA y SC	4.90	4.75	5.10	4.22

COMPRIMIDOS DE 10% DE Se.

Aglomerante	pH 7.0	pH 6.5	pH 6.0	pH 5.5
CPA	7.40	7.06	8.05	7.93
CPA y SC	9.17	9.52	10.43	9.51

CPA=Cemento pega azulejo SC=Sulfato de cobre

La liberación promedio de Se de los comprimidos de cemento pega azulejo y sulfato de cobre en ambos porcentajes de Se resultó ser significativamente diferentes a la de cemento pega azulejo sin sulfato de cobre ($p=0.0001$) ($P<0.05$). Esto pudo deberse a que el sulfato de cobre por su naturaleza iónica capta fácilmente moléculas de agua, se hidrata rápidamente, y al desecarse el comprimido, provoca que queden espacios entre las moléculas, creando porosidades, lo cual permite que sea liberada una mayor cantidad de Se. Esto mismo pudo provocar que al hacer comprimidos de mayor tamaño (5 g) los líquidos penetraran rápidamente en ellos siendo captados por el sulfato de cobre y lo hicieran más débil, deshaciéndose con facilidad (69), como sucedió con los comprimidos de 10% de Se y sulfato de cobre que se desintegraron a pH cercanos a la neutralidad (6.0, 6.5 y 7.0), dejando como única opción para la siguiente fase los comprimidos con cemento pega azulejo sin sulfato de cobre en porcentajes de 5 y 10%.

La interacción de Se y sulfato de cobre resultó significativa ($p=0.0001$). Esto implica que en promedio los comprimidos con sulfato de cobre liberaran más que los que no tenían sulfato de cobre, pero esta superioridad fue mayor en los comprimidos que contenían 10% de Se que en comprimidos con 5% de Se.

De acuerdo con los estudios realizados por Hunter et al. (70) y Hudson et al. (72), los factores que condicionan la intensidad de liberación del Se en los comprimidos minerales hechos de selenito de sodio son: el tamaño del comprimido, el tamaño del cristal de la sal, la concentración de Se incluida en el comprimido y el peso del comprimido. Por esta razón, se han hecho comprimidos que contienen Se desde 5% hasta 20% y comprimidos que pesan desde 3 hasta 20 g. Se ha observado que los comprimidos con 20% de Se y de 20 g de peso son los que incrementan el contenido de Se en los bovinos (66, 70, 72, 85).

La intensidad de liberación de Se en los comprimidos está también dada por el tipo de sal del elemento que se utilice; los más solubles son los selenitos (en este trabajo se empleó selenito de sodio), siendo también otra de las fuentes más utilizadas la selenometionina, que tiene una muy alta posibilidad de absorción, pero en un periodo corto (70, 72).

La corrosión del comprimido está condicionada por el tipo de cemento adhesivo que se utilice en él y por consiguiente, éste también condiciona la liberación del Se. Los comprimidos a partir de cemento para concreto tienen un compactado y una dureza muy alta, comparados con los hechos a base de yeso, pero su liberación es escasa y dura poco tiempo; en cambio, en los comprimidos hechos con cemento pega azulejo o los hechos con yeso con otros ingredientes, la liberación de Se será mas alta y persistirá hasta que el comprimido se deshaga por completo. La estructura física del

comprimido es otro factor que modifica la intensidad de liberación. Por ejemplo, se ha visto que comprimidos porosos (parecidos a una esponja), incrementan la liberación del elemento. Esto mismo sucedió con los comprimidos de cemento pega azulejo y sulfato de cobre, que fueron más porosos y tuvieron una mayor liberación que los que no contenían sulfato de cobre. Sin embargo, en este estudio, esta misma porosidad provocó que al aumentar el tamaño del comprimido, aumentara también su debilidad (66, 70, 72).

3.2. FASE II. CEPIPSA.

3.2.1. ALIMENTO.

El promedio de concentración de Se en la paja de avena suministrada durante el periodo experimental a los animales fue de 52.86 ng/g, mientras que, el del ensilado de maíz fue de 97.87 ng/g (Cuadro 3). La concentración de Se encontrada en la paja de avena es considerada como baja según el criterio de Arthur, mientras que la del ensilado de maíz se encontró dentro del rango de moderada, esto muestra que los animales con esta dieta, tienen deficiencias en este elemento y requieren de un suplemento mineral que lo aporte (19).

CUADRO 3:
Concentración de Se (ng/g) en alimentos consumidos por los animales en CEPIPSA.

ALIMENTO	PERIODO DE OBSERVACIÓN (DÍAS)							PROM.
	0	15	30	45	60	90	120	
PAJA	30.24	105.48	45.55	60.99	25.98	67.24	34.55	52.86
ENSILADO	93.87	137.75	113.5	98.64	12.46	125.23	103.64	97.87

>100 ng/g=adecuado 100-75 ng/g=moderado 75-50 ng/g=bajo < 50 ng/g=deficiente (Arthur, 1971).

3.2.2 TASA DE DEGRADACIÓN DEL COMPRIMIDO.

En el cuadro 4 se presenta la descripción de la degradación promedio de los comprimidos.

CUADRO 4:
Degradación de comprimidos de Se (mg perdidos).

% Se	PERIODO DE OBSERVACIÓN (DÍAS)					TOTAL
	1	2	4	8	16	
0%	1.73	0.85	0.465	0.075	2.015	5.13
5%	13.15	1.73	3.12	1.955	5.045	25.00
10%	24.42	1.5	2.925	1.685	5.55	36.08

Contrastes

0% vs 5%	0% vs 10%	5% vs 10%
p=0.0107	p=0.0055	NS

NS= No significativo
Prueba utilizada Lambda de Wilks (80)

Mediante el análisis de varianza, se encontró que hubo diferencia estadísticamente significativa ($P=0.0109$) en cuanto a la degradación de los comprimidos a causa del porcentaje de Se de éstos, y mediante contrastes se determinó diferencias significativas entre los comprimidos sin Se y los de 5% ($P=0.0107$) y los comprimidos sin Se y los de 10% ($P=0.0055$).

Físicamente, los comprimidos no sufrieron daños en su estructura (fracturas o rupturas) hasta el día 32 (último muestreo).

Los comprimidos de 5 y 10% se fueron oscureciendo quedando los últimos de un color casi negro, mientras que los primeros tomaron una coloración café (hasta el día 32). Los comprimidos sin Se solo cambiaron de su color blanco original a un color marfil.

La diferencia significativa encontrada entre los comprimidos sin Se y con los de 5 y 10% puede deberse a la pérdida drástica de peso que sufren los comprimidos por la rápida liberación del Se que tiene en la superficie. Al no haber diferencias significativas entre los comprimidos de 5 y 10% en su degradación se muestra que los comprimidos son atacados de igual manera dentro del rumen no importando el porcentaje de Se que posean, ya sea que los degraden los microorganismos, el pH o la fricción.

El hecho de que los comprimidos no se hayan deteriorado durante los 32 días que permanecieron dentro del rumen es un indicio de que resisten los cambios de pH, así como la fricción y el ataque de microorganismos, permitiendo que estos sólo actúen sobre su superficie, tallándola, mas su estructura permanece firme.

La coloración que van adquiriendo los comprimidos puede deberse a la acción de los microorganismos y las reacciones químicas con el Se, ya que al aumentar el porcentaje de Se en el comprimido, la superficie se tornó más oscura.

3.2.3 LÍQUIDO RUMINAL.

En el Cuadro 5 y Figura 3 se presentan las concentraciones promedio de Se en líquido ruminal.

CUADRO 5:
Concentración de Se en líquido ruminal en ovinos fistulados que recibieron comprimidos con o sin Se

% Se	PERIODO DE OBSERVACIÓN (DÍAS)										PROM.	DE
	1	DE	2	DE	4	DE	8	DE	16	DE		
0%	71.30	17.49	21.37	12.06	8.82	1.17	13.62	9.11	9.65	3.38	24.06	26.06
5%	224.78	1.18	136.16	12.88	85.46	2.04	140.88	16.97	271.40	8.39	153.43	70.98
10%	86.15	15.92	173.74	39.45	88.18	2.39	145.00	13.51	74.44	0.44	100.97	43.55

DE= Desviación Estándar

Contrastes		
0% vs 5%	0% vs 10%	5% vs 10%
P=0.0004	p=0.0007	p=0.0370

Prueba utilizada Lambda de Wilks (80)

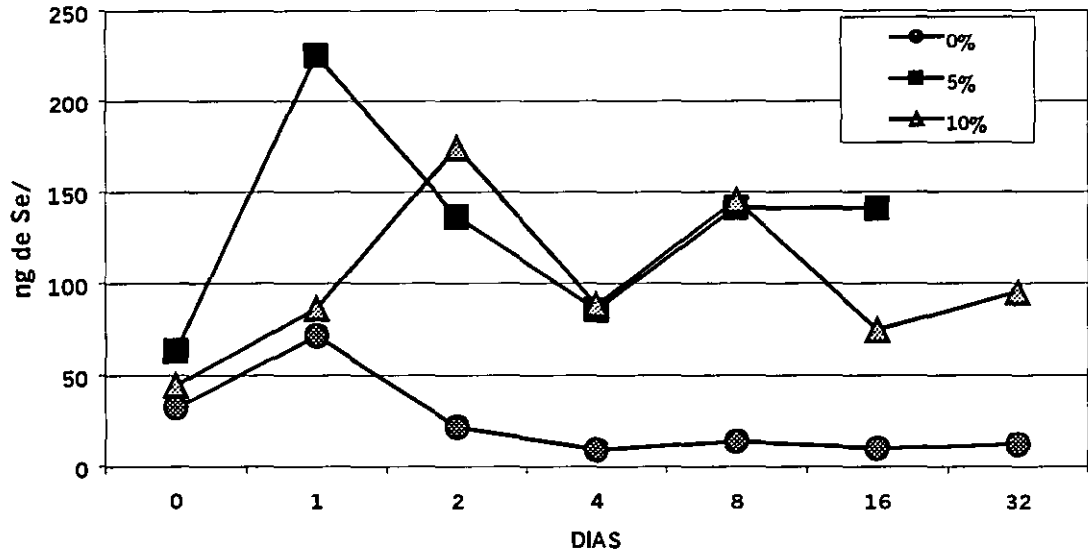


FIGURA 3: Concentración de Se en líquido ruminal (ng/g) en ovinos fistulados que recibieron comprimidos con y sin Se.

El análisis de varianza reveló una diferencia significativa en la concentración de Se debida al porcentaje del elemento en los comprimidos. Por medio de contrastes, se encontró que tanto los animales con comprimidos de 5 como los de 10 % eran diferentes significativamente a los del grupo control (P=0.0004 y P=0.0007 respectivamente) y entre ellos (5 y 10%).

Aunque, hay que tomar con reserva estos resultados por haber sido obtenidos de solo 2 animales por grupo, la diferencia encontrada entre los comprimidos de 5 y 10% contra el grupo control en la concentración de Se en líquido ruminal, muestra que los comprimidos de pega azulejo y

selenito de sodio liberan Se y, al menos en este estudio, lo siguieron liberando hasta el día 32. La presencia de este elemento en líquido ruminal indica que se libera Se del comprimido, mas no muestra si este es o no aprovechado por el animal, ya que en ovinos no hay absorción de este elemento ni en rumen ni abomaso según estudios realizados por Wrigh y Bell, quienes utilizaron niveles fisiológicos de Se radioactivo (86).

3.2.4 SANGRE Y HECES.

Los dos animales del grupo de 5% murieron por causas totalmente ajenas al trabajo experimental, provocando que no hubiera representación de este tratamiento en el último muestreo.

En el promedio por grupo la concentración de Se en sangre en los tres grupos estuvo por arriba de 0.1 ppm (Cuadro 4).

El promedio de concentración de Se en sangre en el grupo de 10% fue superior a los otros grupos, seguida por el grupo de 5% (Cuadro 4).

En los tres grupos se pudo apreciar un incremento en la concentración de Se sanguíneo conforme transcurrían los muestreos (Cuadro 6 y Figura 4).

CUADRO 6:
Concentración de Se en sangre en ovinos fistulados que recibieron comprimidos con o sin Se.

% Se	PERIODO DE OBSERVACIÓN (DÍAS)											
	1	DE	2	DE	4	DE	8	DE	16	DE	PROM.	DE
0%	152.27	14.64	132.23	0.26	91.91	6.98	105.55	0.21	143.88	18.02	128.71	25.47
5%	126.38	43.36	161.84	4.12	123.59	7.41	272.77	108.58	276.05	26.33	178.14	82.59
10%	155.89	44.82	235.91	21.03	235.15	94.37	200.68	48.89	252.51	66.48	219.93	57.79

DE= Desviación Estandar

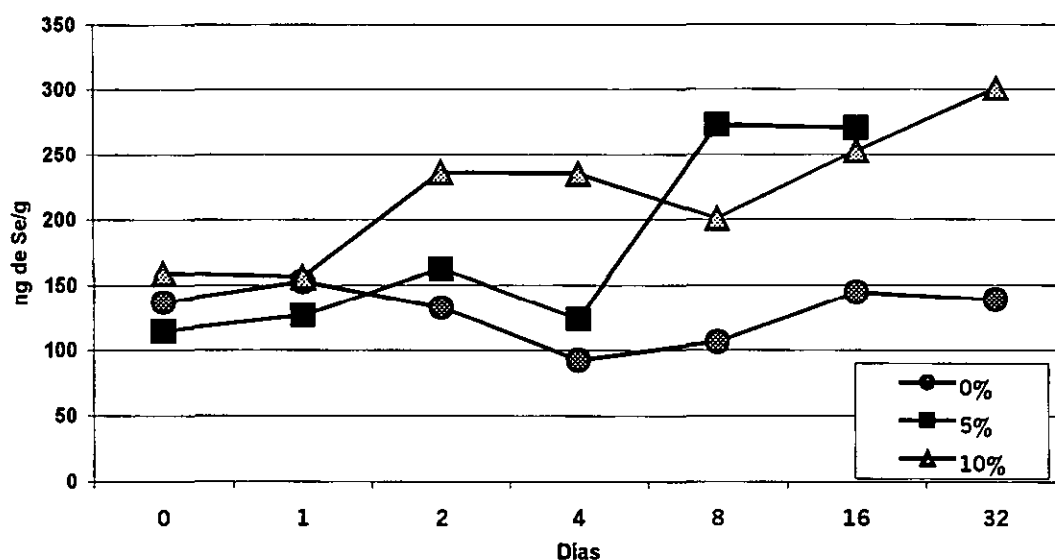


FIGURA 4: Concentración de Se en sangre (ng/g) en ovinos fistulados que recibieron comprimidos con y sin Se.

Tanto los animales con comprimidos sin Se como los que poseían este elemento, mantuvieron niveles adecuados de éste en sangre, mostrando que aprovecharon de manera eficaz el Se presente en los alimentos. Sin embargo, tanto en promedio como por muestreo, a partir del día 2, los niveles de Se en los animales con 5 y 10% siempre estuvieron arriba de los del grupo control, demostrando que sí se libera Se de los comprimidos y que éste es aprovechado por el animal, incrementando su concentración en la sangre, como lo reportan también Hunter et al. (70), Kuchel et al. (65), Langlans et al. (87) y Millar et al. (44).

Los niveles de Se en la sangre de los animales tratados con comprimidos de 5 y 10% se elevaron, como lo refieren Jutson et al. (88) y Kuchel et al. (65), durante la primera semana de aplicarse los comprimidos, para después mantenerse en niveles adecuados hasta el último muestreo (día 16 en los de 5% y 32 en los de 10%).

En las heces, la concentración de Se fue mayor, en promedio, para el grupo de 10%, mientras que por muestreos se fue notando inicialmente, en todos los grupos, un aumento en la concentración de Se y a partir del cuarto muestreo (día 4), en los animales de los grupos de 0 y 10%, y al quinto muestreo (día 8), en los de 5%, un decremento en éste, reflejándose esto mismo en el promedio por muestreo (Cuadro 7 y Figura 5).

CUADRO 7:
Concentración de Se en heces en ovinos fistulados que recibieron comprimidos con o sin Se.

% Se	PERIODO DE OBSERVACIÓN (DÍAS)										PROM.	DE
	1	DE	2	DE	4	DE	8	DE	16	DE		
0%	27.95	9.18	31.75	4.20	15.79	0.43	13.20	8.06	14.02	0.96	21.76	9.23
5%	58.33	50.92	58.69	4.35	86.87	5.32	97.09	49.82	27.14	14.14	59.08	35.54
10%	80.17	26.26	296.24	80.59	312.17	176.55	151.13	33.49	47.87	22.64	140.69	132.67

DE= Desviación Estandar.

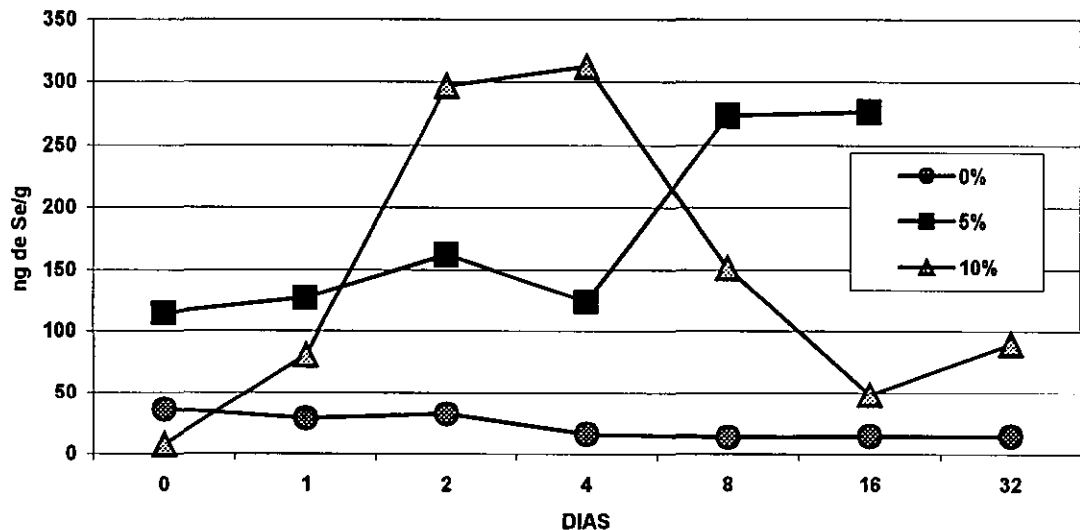


FIGURA 5: Concentración de Se en heces (ng/g) en ovinos fistulados que recibieron comprimidos con y sin Se.

Los animales tratados con comprimidos de 10%, durante todos los muestreos y en promedio, mantuvieron concentraciones mayores que los otros dos grupos. Ya que las pérdidas fecales de Se son un indicio principalmente del Se que no se absorbe, puede entonces suponerse que la liberación y aporte de Se en el grupo de 10% fue mayor, mostrándose nuevamente que los comprimidos sí liberaron Se (27).

3.3 FASE III: CEIEPO.

3.3.1 ALIMENTO.

El promedio de concentración de Se en la paja de avena que recibieron como alimento las ovejas fue de 47.77 ng/g, mientras que el del forraje (pasto) fue de 24.68 ng/g, ambos por debajo de las 50 ng/g. En el concentrado, el promedio de concentración de Se fue de 95.96 ng/g (Cuadro 8).

CUADRO 8:
Concentración de Se (ng/g) en alimentos consumidos por los animales en CEIEPO.

ALIMENTO	PERIODO DE OBSERVACIÓN (DÍAS)							PROM.
	0	15	30	45	60	90	120	
PAJA	35.53	54.99	49.39	41.82	40.32	53.14	59.23	47.77
PASTO	25.04	41.43	12.93	37.61	26.71	20.76	8.29	24.68
CONCENTRADO	68.33	43.51	110.73	112.58	139.12	118.72	78.75	95.96

100 ng/g=adecuado 100-75 ng/g=moderado 75-50 ng/g=bajo < 50 ng/g=deficiente (Arthur, 1971).

Estos datos indican que tanto en la paja de avena como el pasto que consumían los animales de la investigación fueron deficientes, de acuerdo con el criterio de Arthur (19), y tal como lo describe Guerrero (89) en su investigación sobre las praderas de esta zona geográfica. Sin

embargo, en el concentrado que se suministró durante el periodo experimental, el contenido fue moderado. Esto muestra que la dieta de estos animales era deficiente en el elemento y requería de una suplementación mineral.

3.3.2 SANGRE.

El promedio de concentración de Se en sangre de cada uno de los tres grupos de animales con comprimidos de 0, 5 y 10% de Se, fue mayor de 100 ng/g (103.99, 148.49, y 158.48 ng/g respectivamente) (Cuadro 9), superiores a lo recomendado por el NRC (90) y dentro de la clasificación de adecuados según Wheatley et al. (41). El promedio de Se sanguíneo de los ovinos del grupo con comprimidos sin Se se mantuvo dentro de los niveles adecuados dando con esto a entender que estos animales aprovecharon eficientemente el Se aportado por el alimento.

CUADRO 9:
Concentración de Se en Sangre (ng/g) en ovejas que recibieron comprimidos con y sin Se.

	RAZA						TOTAL	
	CRUZAS		RAMBOUILLET		SUFFOLK			
Comprimido	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
0% Se	122.75 Aa	52.96	103.64 Aa	42.06	85.68 Ab	46.79	103.99	48.47
5% Se	159.63 Aa	101.90	133.67 Aa	73.57	153.10 Ba	80.77	148.49	86.50
10% Se	148.93 Aa	75.32	170.08 Ba	70.06	158.84 Ba	75.77	158.48	73.59
Total	147.00	83.01	135.64	68.83	136.80	77.02	139.98	76.36

100 ng/g=adecuado 100-75 ng/g=moderado 75-50 ng/g=bajo < 50 ng/g=deficiente (Arthur, 1971).

Literales mayúsculas diferentes indican diferencia estadísticamente significativa (P<0.05) entre porcentajes de Se.

Literales minúsculas diferentes indican diferencia estadísticamente significativa (P<0.05) entre razas ovinas.

Coincidiendo con lo reportado por Hunter et al. (70), Kuchel et al. (65), Langladns et al. (87) y Millar et al. (44), el promedio de concentración de Se en sangre de los animales tratados siempre se mantuvo con niveles mayores del grupo control. El promedio de concentración de Se en sangre de los animales tratados se encontró por arriba de lo encontrado por Wilkins et al. (68), quien reporta 77 ng de Se/g, en animales tratados con comprimidos con 5% de Se.

Los animales Suffolk que recibieron comprimidos sin Se tuvieron en promedio niveles marginales (85.68 ng/g) de Se en sangre, según el criterio de Wheatley et al. (41), y por debajo de lo recomendado por el NRC (100 ng/g) (90). Por el contrario, en los grupos con comprimidos de 5 y 10% de Se, los animales de esta raza, tuvieron en promedio concentraciones adecuadas de Se en sangre (153.10 y 158.84 ng/g), mostrando que, en esta raza, los comprimidos con Se respondieron a las necesidades de los animales, suplementando este elemento en cantidades suficientes para mantener sus niveles sanguíneos arriba de lo recomendado.

A diferencia de los Suffolk, las cruzas con comprimidos sin Se, tuvieron en promedio niveles adecuados de este elemento en sangre (122.75 ng/g), mostrándose, en este trabajo, que las cruzas aprovecharon de una forma mas eficaz el Se aportado por el alimento que los animales de raza Suffolk.

En el análisis de varianza multivariado (MANOVA) (Cuadro 10) la interacción entre porcentaje de Se de los comprimidos y la raza fue significativa ($p=0.0494$). Mediante contrastes se determino que existían diferencias estadísticamente significativas entre los animales cruza con comprimidos sin Se y los Suffolk con comprimidos sin Se ($p=0.0252$), lo cual confirma lo anteriormente expuesto, que los animales cruza aprovecharon de mejor forma el Se aportado por el alimento

que los de raza Suffolk, quienes requieren del aporte de este mineral por otras fuentes.

CUADRO 10:
Resultados del Análisis de Varianza Multivariado
(MANOVA) en la concentración de Se en Sangre en animales
tratados con comprimidos con y sin Se.

Fuente de Variación	Probabilidad		Contrastes Significativos
% de Se	0.0001		Cruza 0% vs Suffolk 0% p=0.0252
Raza	NS		Suffolk 0% vs Suffolk 5% p=0.0001
Parto	NS		Suffolk 0% vs Suffolk 10% p=0.0001
% de Se x Raza	0.0494	Contrastes	Rambouillet 0% vs Rambouillet 10% p=0.0001
% de Se x Parto	NS		Rambouillet 5% vs Rambouillet 10% p=0.0132
Raza x Parto	NS		
Tiempo	0.0001	Perfiles	Perfiles Significativos
Tiempo x % de Se	NS		Día 15 vs Día 30 p=0.0001
Tiempo x Raza	NS		Día 90 vs Día 120 p=0.0051
Tiempo x Parto	NS		
Tiempo x % de Se x Raza	NS		
Tiempo x % de Se x Parto	NS		
Tiempo x Raza x Parto	NS		

P<0.05 considerado significativo NS= No significativo
 Prueba utilizada Lambda de Wilks (80)

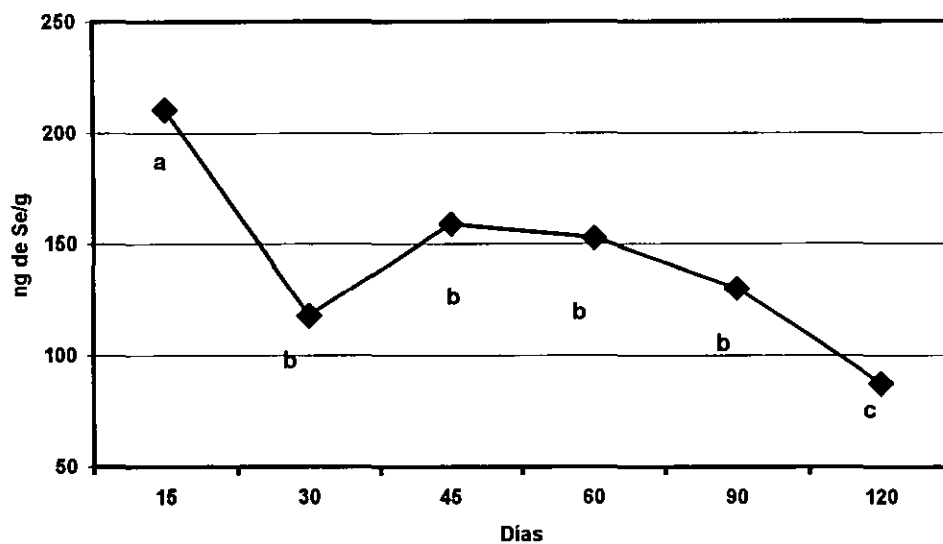
Se encontraron además, mediante los contrastes, diferencias significativas estadísticamente entre animales de raza Suffolk con comprimidos sin Se y con comprimidos de 5 y 10% (p=0.0001 en ambos casos), lo cual muestra también que en esta raza los comprimidos tanto de 5 como de 10% son efectivos para suplementación de Se.

En el caso de los animales de raza Rambouillet, mediante los contrastes, se encontró que los comprimidos de 10% fueron diferentes estadísticamente a los de 0 y 5%, mostrando que en estos animales los comprimidos de 10% son efectivos en la suplementación de este elemento, mas no los de 5%.

En varios estudios realizados con comprimidos de Se y Fe con diferentes proporciones de Se se ha podido observar que a

partir de la primera semana de administrarse el comprimido, los niveles de Se en sangre aumentan y posteriormente se mantienen en niveles adecuados durante los primeros dos a cuatro meses, obteniéndose concentraciones máximas entre los cuatro y seis meses permaneciendo elevados hasta por 32 semanas e incluso cubriendo las necesidades del animal hasta por cuatro años (64, 91, 92). En el presente estudio se apreció que a las dos semanas se incrementó el nivel de Se sanguíneo, lo cual concuerda con Jutson et al. (88) y Kuchel et al. (65), quienes encontraron que a las primeras semanas de haber aplicado el comprimido la concentración de Se en sangre se eleva.

Posteriormente al incremento de la concentración de Se sanguíneo, al siguiente muestreo (día 30), dicha concentración disminuyó, siendo este cambio estadísticamente significativo ($p=0.0001$) (Cuadro 10 y Figura 6). Esta elevación y posterior disminución en los niveles sanguíneos afectó del mismo modo a todos los animales, por lo que pudo estar involucrado en esto el contenido de Se en los alimentos así como la estabilización metabólica de los animales. Entre los dos últimos muestreos (días 90 y 120) se volvió a encontrar una diferencia significativa estadísticamente en los niveles de concentración de Se en sangre. Esta pudo deberse, a pesar de no encontrarse ningún efecto significativo en cuanto a gestación, a que algunas de las ovejas (21 animales) parieron, y que en este periodo los animales utilizan una mayor cantidad del elemento en diversos tejidos, tanto de ellas como de sus críos provocando que los niveles en sangre disminuyan (64, 91, 92).



Literales diferentes indican diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) con respecto al muestreo anterior.

FIGURA 6: Concentración de Se sanguíneo (ng/g) en borregas que recibieron comprimidos con y sin Se, a través del tiempo.

Al igual que en este trabajo, Zachara et al (93). no encontraron diferencias significativas en la concentración de Se en sangre (ovejas Merino primíparas) entre animales gestantes y no gestantes alimentados con pastos deficientes en el elemento.

La variación encontrada en la concentración de Se en sangre en los animales se asemeja con lo descrito por Langlands et al. (66), quienes en animales testigo encontraron variaciones de 9 a 77 ng de Se/g, con comprimidos de 5% de Se y hierro obtuvieron variaciones de 24 a 282 ng de Se/g y con comprimidos de 10% variaciones, de 2 a 392 ng de Se/g.

3.3.3 HECES

El promedio de concentración para los tres grupos de animales (0, 5 y 10%) fue bastante bajo (45.15, 61.73 y 58.22 ng/g respectivamente) (Cuadro 11). Algunos reportes

mencionan que la excreción fecal tiende a predominar cuando el consumo de Se cae, siendo entonces la principal vía de excreción del Se (cuando los niveles en la dieta son menores a 0.1 ppm), pero cuando los niveles de Se en la dieta son altos la eliminación va a ser igual o mayor por la vía urinaria. En el presente estudio la cantidad de Se encontrado en heces fue bastante baja mostrándonos que la vía fecal no fue la principal vía de excreción de este elemento (como pudo ser la urinaria y la respiratoria), lo cual pudo deberse a que hubo un aporte adecuado de Se, o que este fue bien aprovechado por los animales, ya que también se ha observado que el Se desechado en heces, en su mayoría, es el no absorbido por el animal, además del excretado a través de la bilis, el conducto pancreático y las células mucosas intestinales. (27, 73)

CUADRO 11:
Concentración de Se en heces (ng/g) en ovejas que recibieron comprimidos con y sin Se.

Comprimid	RAZA						TOTAL	
	CRUZAS		RAMBOUILLET		SUFFOLK			
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
0% Se	48.43	78.36	40.51	63.62	48.08	73.71	45.15	70.38
5% Se	70.39	109.73	60.34	99.86	52.64	62.27	61.73	94.06
10% Se	52.01	69.82	63.38	76.47	60.83	70.57	58.22	71.52
Total	58.25	88.60	55.17	82.67	54.37	67.85	56.02	80.51

En el análisis de varianza multivariado (MANOVA) se observó la existencia de interacción entre el porcentaje de Se y el parto ($p=0.0226$) (Cuadro 12).

CUADRO 12:
Resultados del Análisis de Varianza Multivariado
(MANOVA) en la concentración de Se en heces en animales
tratados con comprimidos con y sin Se.

Fuente de Variación	Probabilidad			Contrastes Significativos Se x Parto	
% de Se	0.0388			No Paridas 0% vs No Paridas 10%	p=0.0008
Raza	NS			No Paridas 5% vs No Paridas 10%	p=0.0126
Parto	NS			Contrastes Significativos Tiempo x Raza	
% de Se x Raza	NS			Ramboulet vs Suffolk	
% de Se x Parto	0.0226	Contraste		Perfiles Significativos Tiempo x Raza	
Raza x Parto	NS			Día 45 vs Día 60	p=0.0444
Tiempo	0.0001			Día 60 vs Día 90	p=0.0116
Tiempo x % de Se	NS			Día 90 vs Día 120	p=0.0136
Tiempo x Raza	0.0312	Contraste	Perfiles		
Tiempo x Parto	NS				
Tiempo x % de Se x Raza	NS				
Tiempo x % de Se x Parto	NS				
Tiempo x Raza x Parto	NS				

P<0.05 considerado significativo NS= No significativo
 Prueba utilizada Lambda de Wilks (80)

Mediante contrastes se determino que había diferencias estadísticamente significativas entre animales que no parieron con comprimidos sin Se y con comprimidos de 10% (p=0.0008) y los animales que no parieron con comprimidos de 5% y con comprimidos de 10% (p=0.0126). Los animales no gestantes (que no parieron), no requieren de cantidades extras de Se para mantener al feto, por lo tanto, el exceso de este elemento es desechado, encontrándose así en los animales con comprimidos de 10% una mayor concentración de Se en heces, mostrándose con esto que este tipo de comprimidos liberan una mayor cantidad. A diferencia de los animales no gestantes, entre los animales gestantes (animales que parieron), no se encontraron diferencias significativas entre los comprimidos de 0, 5 y 10% lo cual pudo deberse a que estos animales, por el estado fisiológico en que se encontraban, requerían una mayor cantidad de Se, ya que en la

mayoría de las especies la transferencia de este elemento al feto, vía placentaria, es muy amplia, provocándose por esta razón que el animal aproveche al máximo el elemento, eliminando por tanto cantidades similares en los tres grupos (27) (Cuadro 13).

CUADRO 13:
Concentración de Se en heces (ng/g) en ovejas que recibieron comprimidos con y sin Se.

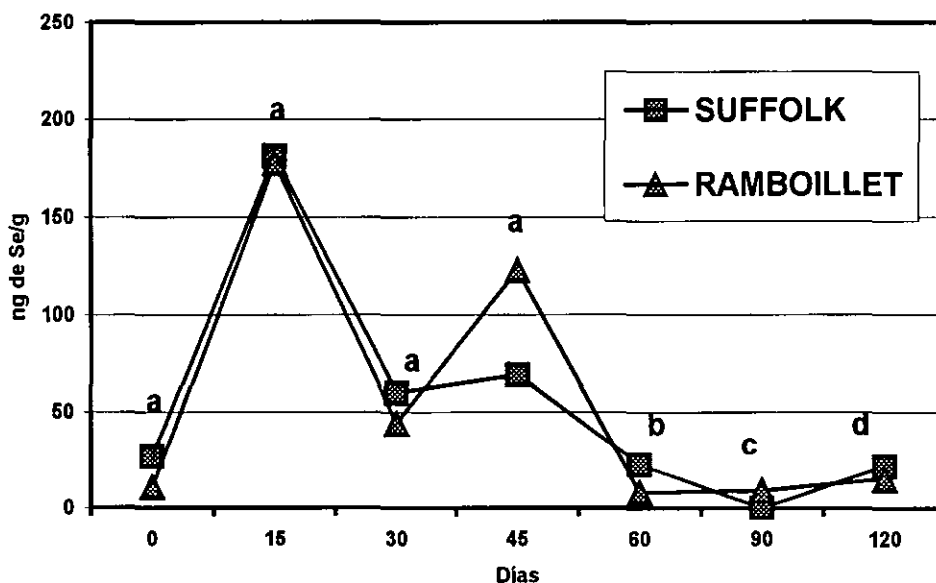
Comprimidos	No Paridas		Paridas	
	Media	D.S	Media	D.S
0% Se	45.77 Aa	73.07	42.70 Aa	60.77
5% Se	59.28 Aa	93.44	63.09 Aa	95.65
10% Se	67.20 Ba	67.17	50.53 Aa	74.90
Total	56.09	76.90	55.94	84.46

Literales mayúsculas diferentes indican diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre porcentajes de Se.

Literales minúsculas diferentes indican diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre paridas y no paridas.

Se encontró interacción estadísticamente significativa entre el tiempo y la raza ($p = 0.0312$), mediante contrastes se observó que había diferencia estadísticamente significativa en la concentración de Se en heces entre las razas Suffolk y Rambouillet ($p = 0.0131$) a través del tiempo, encontrándose estadísticamente diferencias significativas entre los muestreos 4 y 5 ($p = 0.0444$), 5 y 6 ($p = 0.0041$) y 6 y 7 ($p = 0.0136$), entre estas razas (Figura 7). Lo anterior pudo deberse a que, como reportan algunos estudios, las razas ovinas productoras de lana incrementan su producción de esta al suplementarse Se en las dietas y se ha encontrado que este elemento se incrementa y acumula en la lana al aumentarse la suplementación del mismo. Los animales de raza Rambouillet, al ser animales productores de lana, utilizan y acumulan este

elemento en la lana provocándose por tanto altas y bajas en el Se excretado en heces, mientras que los Suffolk, que son una raza productora de carne y no posee tanta lana, no presentan fluctuaciones tan marcadas. En cuanto a las cruzas, las cuales no tuvieron diferencias significativas contra ninguna de las otras dos razas, por poseer características de ambas (Suffolk y Rambouillet) tuvieron un comportamiento intermedio entre ambas razas a través del tiempo (94, 73).



Literales diferentes indican diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre razas suffolk y rambouillet con respecto al muestreo anterior.

FIGURA 7: Concentración de Se en heces (ng/g) en ovejas de diferentes razas que recibieron comprimidos con y sin Se.

IV. CONCLUSIONES

4.1 CONCLUSIONES.

De este trabajo se puede concluir que el cemento pega azulejo es un buen material para la fabricación de comprimidos de Se, ya que no sufre daños ni modificaciones aparentes al estar suspendido en soluciones con un rango de pH de 5.5 a 7, no mostrando además diferencia estadística en su liberación de Se en los diferentes pH, y liberando el elemento por un largo periodo de tiempo.

Los comprimidos de Se de 10% elevan los niveles de Se en sangre y los mantienen en niveles adecuados por un tiempo prolongado no importando la raza ni el estado fisiológico del animal.

Los animales de raza Suffolk fueron en este trabajo los mas favorecidos con la aplicación de comprimidos de Se manteniendo niveles de Se en sangre adecuados tanto con comprimidos de 5 como de 10% de Se durante todo el periodo experimental.

La concentración de Se en heces puede ser un indicativo del aprovechamiento del Se proporcionado por los comprimidos en los ovinos.

4.2 RECOMENDACIONES.

En el presente trabajo no se pudo atribuir al Se, el que las ovejas parieran o no la hicieran (a pesar de que a los 45 días después de haber sido inseminadas, todas hayan sido diagnosticadas como gestantes mediante ultrasonido con fenómeno Doppler) ya que no se realizó un seguimiento de la gestación. Se recomienda que para posteriores trabajos se haga un seguimiento ya sea por ultrasonido de fenómeno de imagen o por métodos hormonales, quincenal o mensualmente,

para así poder llegar a concluir algunos efectos, que podrían ser debidos al Se, sobre parámetros reproductivos.

Se sugiere que para posteriores trabajos se midan niveles de la enzima glutatión peroxidasa para conocer con mayor precisión el aprovechamiento del Se, así como la concentración de Se en orina para tener una mejor idea de la forma de excreción de este elemento.

V. REFERENCIAS:

- 1- NRC: Mineral tolerance of domestic animals. Washington, D.C., U.S.A. National Academy Press, 1980.
- 2- Dodd, D.C., Blakely, A.A., Thornbury, R.S. and Dewes, H.F.: Muscle degeneration and yellow fat disease in foals. N.Z. Vet. J., 8 1960: 45.
- 3- Eggert, R.G., Patterson, E., Akers, W.T. and Stokstad, E.L.R.: The role of vitamin E and selenium in the nutrition of the pig. J. Anim. Sci., 16 1957: 1037.
- 4- Majaj, A.S. and Hopkins, L.L.Jr.: Selenium and kwashiorkor. Lancet 2 1966: 592.
- 5- Muth, O.H., Oldfield, J.E., Remmert, L.F. and Schubert, J.R.: Effects of selenium and vitamin E on white muscle disease. Science, 128 1958: 1090.
- 6- Patterson, E.L., Milstrey, R. And Stokstad. E.L.R.: Effect of selenium in preventing exudative diathesis in chicks. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 95 1957: 617.
- 7- Schwarz K.: Selenium and kwashiorkor. Lancet 1 1965: 1335.
- 8- Schwarz, K. and Foltz, C.M.: Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. J. Am. Chem. Soc., 79 1957: 3292.
- 9- Rotruck, J.T., Pope, A.L., Ganther, H.E., Swanson, A.B., Hafeman, D.G., and Hoekstra, W.G.: Selenium: Biochemical role as a component of glutathione peroxidase. Science, 175 1973: 588.
- 10- Diplock, A.T. and Lucy, J.A.: The biochemical modes of action of vitamine E and selenium: A hipotesis. Fed. Eur. Biochem. Soc. Let. 29 1973: 205.
- 11- Levander, O.A., Morris, V.C. and Higgs, D.J.: Selenium as a catalyst for the reduction of cytochrome C by glutathione. Biochemistry, 12 1973: 4591.

- 12- IPCS: International Programme of Chemical Safety Environmental Health. Selenium. Criteria 58, World Health Organization Geneva, URSS. 1987.
- 13- Allaway, W.H. and Hodgson, J.F.: Selenium in forages as related to the geographic distribution of muscular dystrophy in livestock. Symposium on Nutrition, Forage and Pastures. Amer. Soc. Anim. Sci. 1963, 271-277.
- 14- Mahin, N.; Lamahd, N.; Coulibaly, H. and Chadli, N.: A preliminary study on selenium content of forages and local by-products in the Tadla Area (Morocco) in connection with ovine nutritional myopathy. Ann. Rech. Vet., 16 1985: 403-405.
- 15- Muth, O.H.: Selenium responsive disease of sheep. JAVMA, 157 1970: 1507-1511.
- 16- Shamberger, R.J.: Biochemistry of selenium. USA: Plenum Press. 1983.
- 17- Allaway, W.H.; Moore, D.P.; Oldfield, J.E. and Nuth O.H.: Movement of physiological levels of selenium from soils through plants to animals. J. Nutr., 88 1966:411-418.
- 18- Ammerman, C.B. and Miller, S.M.: Selenium in ruminant nutrition: A review. J. Dairy Sci., 58 1974: 1561-1577.
- 19- Arthur, D.: Selenium content of some feed ingredients available in Canada. Can. J. Anim. Sci. 1971, 51:71-74.
- 20- Gerloff, J.G.: Effect of selenium supplementation of dairy cattle. J. Anim. Sci., 70 1992: 393-394.
- 21- McDowell: Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. Departamento de Ciencia Animal, Centro de Agricultura Tropical, Universidad de Florida Gainesville y la Agencia de E.U. para el Desarrollo Internacional, 1984.
- 22- Rammell, C.G.; Thompson, K.G.; Bentley, G.R. and Gibsons, M.W.: Selenium, vitamin E and poliunsaturated fatty acid concentrations in goat kids with and without nutritional myodegeneration. N.Z. Vet. J., 37 1989: 4-6.

- 23- Reddy, K. and Tappel, A.L.: Effect of dietary selenium and autoxidized lipids on the glutathione peroxidase system of gastrointestinal tract and other tissues in the rat. *J. Nutr.*, 104 1974: 1069-1078.
- 24- Thompson, R.G.; Fraber, A.J.; Harrop, B.M.; Kirk, J.A.; Bullians, J. and Cordest, D.O.: Glutathione peroxidase activity and selenium concentration in bovine blood and liver as indicators of dietary selenium intake. *N. Zel. Vet.*, 29 1981: 3-6.
- 25- Van Vleet, J.F. and Ferrans, V.J.: Ultrastructural alterations in skeletal muscle of ducklings fed selenium-vitamin E-deficient diet. *Am. J. Vet. Res.*, 38 1977: 1399-1405.
- 26- Wilson, P.B. and Judson, G.J.: Glutathione peroxidase activity in bovine and ovine erythrocytes in relation to blood selenium concentration. *Br. Vet. J.*, 132 1976: 328-433.
- 27- Church, D.C. and Pond, W.G.: *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*. México, D.F.: Ed. LIMUSA, S.A. de C.V., 1996.
- 28- Church, D.C.: *The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition*. Englewood Cliff, New Jersey, USA.: D.C. Church Ed., 1988.
- 29- Kyiden, Y.; Kimikazu, Y. and Munemiro, Y.: Vitamin B₆ dependence of Semethionine and selenite utilization for glutathione peroxidase in the rat. *J. Nutr.*, 109 1979: 760-766.
- 30- Ullrey, D.E.: Biochemical and physiological indicators of selenium status in animals. *J. Anim. Sci.*, 65 1987: 1712-1724.
- 31- Van Ryssen, J.B.J.; Miller, W.J.; Gentry, R.P. and Neathery, M.W.: Effect of added dietary cobalt on metabolism and distribution of radioactive selenium and stable minerals. *J. Dairy Sci.*, 70 1987: 639-644.

- 32- MacPherson, A.; Chalmers, J.8.: Methods of selenium supplementation of ruminants. *Vet. Rec.*, 24 1984: 544-547.
- 33- Erasmus, J.A.: Blood selenium levels of sheep of some districts of the Northern Orange Free State: The Bultfontein Area. *J. S. Afr. Vet. Ass.*, 55 1984: 115-116.
- 34- Henry, P.R.; Echevarria, M.G.; Ammerman, C.B. and Rao, P.V.: Estimation of the relative biological availability of inorganic selenium sources for ruminants using tissue uptake of selenium. *J. Anim. Sci.*, C6 1988: 2306-2312.
- 35- Hoffman, I.; Jenkins, R.J.; Neranger, J.C. and Pigden, W.J.: Muscle and kidney selenium levels in calves and lambs raised in various parts of Canada: Relationship to selenium concentrations in plants and possibly human intakes. *Can. J. Anim. Sci.*, 53 1973: 61-66.
- 36- Kosrud, G.O.; Meldrum, J.B.; Salisbury, C.D.; Houlaman, B.J.; Saschenbrecher, P.W. and Titiger, F.: Trace elements levels in liver and kidney from cattle, swine and poultry slaughtered in Canada. *Can. J. Comp. Med.*, 49 1985: 159-163.
- 37- McMurray, C.H.; Davidson, W.B. and Blanchflower, W.J.: The distribution of selenium in the tissue of lambs following intramuscular administration of diferent levels of sodium selenite. *Br. Vet. J.*, 143 1987: 51-58.
- 38- Hidiroglou, M.; McDowell, L.R. and Balbuena, O.: Plasma tocopherol in sheep and cattle after ingesting free or acetilated tocopherol. *J. Dairy Sci.*, 72 1989: 1793-1799.
- 39- Mert, N. and Tanriverdi, N.: Investigation on the plasma vitamin E (alfa-tocopherol) levels in Merino sheep and lamb. *U. Vet. Fak.*, 7 1987: 19-22.
- 40- Echevarria, M.G.; Henry, P.R.; Ammerman, C. B. and Rao, P.V.: Effects of the time and dietary selenium concentration as sodium selenite on tissue selenium uptake by sheep. *J. Anim. Sci.*, 66 1988: 2299-2305.

- 41- Wheatley, L.E. and Beck, N.F.G.: The influence of season and husbandry on the selenium status of sheep in a deficient area. *Br. Vet. J.*, 144 1988: 246-251.
- 42- Valladares, C.B.: Determinación de los niveles de Se en hígado, riñón, corazón y músculo de corderos de 0-90 días de edad en explotaciones ovinas del Valle de Toluca (Tesis de licenciatura). Toluca (Estado de México) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México, 1992.
- 43- Anderson, P.H.; Berret, S. and Patterson, D.S.P.: Glutathione peroxidase activity in erythrocytes and muscle of cattle and sheep and its relationship to selenium. *J. Comp. Path.*, 88 1978: 181-188.
- 44- Millar, K.R. and Meads, W.J.: Blood selenium levels in sheep transferred from selenium topdressed to selenium deficient pasture and vice versa. *N. Zel. J. Age. Res.*, 30 1987: 177-181.
- 45- Allen, J.G; Steele, P; Nasters, H.G and Dantouono, N.F.: A study of nutritional myopathy in weaner sheep. *Aust. Vet. J.*, C8 1986: 8-13.
- 46- Andrews, E.D.; Hogan, R.G. and Sheppard, A.D.: Selenium in soil, pastures and animal tissues in relation to the growth of young sheep on a marginally selenium deficient area. *N.Z. Vet. J.*, 24 1975: 111-116.
- 47- Blood, D.C.; Henderson, J; Radostitis, O.M.; Arundel, J.H. and Gay, C.C.: Deficiencias de Se-vitamina E o ambos. *Medicina Veterinaria*. 5ta ed. Ed. Interamericana, 1996.
- 48- Jelinek, P.D.; Ellis, T.; Worth, R.H.; Sutherland, S.S.; Masters, H.G. and Petterson, D.S.: The effect of selenium supplementation on immunity, and establishment of an experimental *Haemonchus contortus*, in weaner Merino sheep fed a low selenium diet. *Aust. Vet. J.*, 65 1988: 214-217.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

- 49- Jensen, R.; Swift; Kimberling, C.V.: White muscle disease. Diseases of breeding sheep and nursing lambs. 3rd ed. 1988.
- 50- Larsen, H.J.: Influence of selenium on antibody production in sheep. Res. Vet. Sci., 55 1988: 4-10.
- 51- Spears, W.J.; Harvey, R.W. and Segerson, E.C.: Effects of marginal selenium deficiency and winter protein supplementation on growth, reproduction and selenium status of beef cattle. J. Anim. Sci., 63 1986: 586-593.
- 52- Strouth, M: Niveles de Se en alfalfa y sangre de vacas Holstein y correlación entre niveles de Se y GSH-Px (Tesis de Maestría en Producción Animal). México, D.F., México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, 1985.
- 53- Velázquez, O.V., Montes de Oca, R., Diaz, Z. S. y Valladares, C.B.: Los elementos minerales en la producción animal de los rumiantes. Memorias del Curso Internacional teórico-práctico de Actualización en el Diagnóstico de las Enfermedades más Frecuentes en Bovinos. México, D.F., México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, 1996.
- 54- Gooneratne, S.R. and Christensen, D.A.: A survey of maternal and fetal tissue zinc, iron, manganese and selenium concentrations in bovine. Can. J. Anim. Sci., 69 1989: 151-159.
- 55- Norton, B.A.; McCarthy, F.D.: Use of injectable vitamin E and selenium-vitamin E emulsion in ewes and suckling lambs to prevent nutritional muscular dystrophy. J. Ani. Sci., C2 1986: 497-508.
- 56- Patrax, D.C. and Data, D.M.: The effects of oral administration of sodium selenite on clinical signs and mortality. Indian Vet. J., 61 1984: 845-846.

- 57- Segerson, E.C.; Gunsett, F.C. and Gets, W.R.: Selenium vitamin E supplementation and production efficiency in ewes marginally deficient in selenium. *Lives. Prod. Sci.*, 14 1986: 149-150.
- 58- Walker, S.R.; Hall, G.P.; Smith, D.H.; Panzoni, R.W. and Judson, G.J.: Effect of selenium supplementation on survival, liveweight and wool weight of young sheep on Kangaroo Island, South Australia. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 19 1979: 689-694.
- 59- Cawley, G.D. and McPhbe, I.: Trials with a long acting parenteral selenium preparation in ruminants: Sheep. *Vet. Rec.*, 114 1984: 565-566.
- 60- Jens, C.H. and Preben, R.: The kinetics of ⁷⁵Se-selenium in relation to dose and mode of administration to mice. *J. Nutr.*, 109 1979: 1223-1233.
- 61- Blodgett D.J and Beuill, R.F.: Pharmacokinetics of selenium administered parenterally at toxic doses in sheep. *Am. J. Vet. Res.* 48 1987: 530-534.
- 62- Dangla, L.R.A.: Determinación de los niveles de Se e IgG séricas en ovejas adultas con y sin tratamiento de Se durante la gestación, parto y lactancia y en sus corderos durante el parto y lactancia en una explotación del Valle de Toluca, Estado de México. (Tesis de maestría). Toluca (Estado de México), México: CIESA., Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Autónoma del Estado de México, 1994.
- 63- Knight, D.A. and Tyznik, W.J.: The effect of dietary selenium on humoral immunocompetence of ponies. *J. Anim. Sci.*, 68 1990: 1311-1317.
- 64- Donald, G.E., Langlands, J.P., Bowlws, J.E., Smith, A.J. and Burke, G.L.: Selenium supplements for grazing sheep. 3. Development of an intra-ruminal pellet with an extended life. *Anim. Feed Sci. Technol.* 40 1993: 295-308.

- 65- Kuchel, R.E. and Buckley, R.A.: The provision of selenium to sheep by means of heavy pellet. *Aust. J. Agric. Res.*, 20 1969: 1099-1107.
- 66- Langlands, J.P., Donald, G.E., Bowles, J.E. and Smith A.J.: Selenium supplements for grazing sheep. 4. The use of intraruminal pellets containing elevated quantities of selenium. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 46 1994: 109-118.
- 67- Paynter, D.I.: Glutathione peroxidase and selenium in sheep. I. Effect of intraruminal selenium pellets on tissue glutathion peroxidase activities. *Aust. J. Agric. Res.*, 30 1979: 695-702.
- 68- Wilkins, J.F. and Hamilton, B.A.: Low release of selenium from recovered ruminal pellets. *Aust. Vet. J.*, 56 1980: 87-89.
- 69- Keenan, C.W., Kleinfelter, D.C. y Wood, J.H.: *Química General Universitaria*. México, D.F.: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., 1987.
- 70- Hunter, R.A.; Peter, D.W.; Hudson, D.R. and Chandler, B.S.: Studies with the intraruminal pellet. I Some factors influencing the effectiveness of the pellet for selenium supplementation of sheep. *Aust. J. Agric. Res.*, 32 1981: 927-933.
- 71- Langlands, J.P.; Donald, G.E; Bowles, J.E. and Smith, A.J.: Selenium supplement for grazing sheep. 1. A comparison between soluble salts and other forms of supplement. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 28 1990: 1-13.
- 72- Hudson, D.R.; Hunter, R.A and Peter, D.W.: Studies with the intraruminal selenium pellet. II. The effect of grain size of selenium on the functional life of pellets in sheep. *Aust. J. Agric. Res.*, 32 1981: 935-945.
- 73- Handreck, K.A. and Godwin, K.O.: Distribution in the sheep of selenium derived from ⁷⁵Se-labelled ruminal pellets. *Aust. J. Agric. Res.* 21 1970: 71-84.

- 74- Godwin, K.O. and Fuss, C.N. The entry of selenium into rabbit protein following the administration of $\text{Na}_2 \text{}^{75}\text{SeO}_3$. Aust. J. Biol. Sci. 25 1972: 865.
- 75- Peter, D.W.; Hunter, R.A. and Hudson, D.R.: Optimum Se grain size for selenium pellets. In: J.McC. Howell, J.M. Gawthorne and C.L. White (Editors). Trace element metabolism in man and animals (Tema-4). Australian Academy of Science, Canberra, pp 218-221, 1981.
- 76- Ordoñez R.J.A.: Determinación de los niveles de Se, cobre y cobalto en suero, lana y heces de corderos Corriedale y en el suelo y forraje de una explotación ovina del Municipio de San Felipe del progreso, Estado de México (Tesis de licenciatura). Toluca (Estado de México) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México, 1989.
- 77- Maxwell, S.E. and Delaney, H.D.: Designing experiments and analyzing data. A model comparison perspective. Belmont, California, USA: Wadsworth Publishing Company, 1990.
- 78- Millika, G.A. and Johnson, D.E. Analysis of messy data. Volume I. Designed experiment. New York, USA: Chapman & Hall, 1992.
- 79- Montgomery, D.C.: Design and analysis of experiment. New York, USA: 4th Edit. Jhon Wiley and sons, 1997.
- 80- Daniels, W.W.: Bioestadística: Bases para el Análisis de las Ciencias de la Salud. México, D.F.: LIMUSA S.A., 1977.
- 81- SAS Institute Inc.: JMP: Introductory Guide. Cary, NC, USA: SAS Intitute Inc., 1995.
- 82- SAS Institute Inc.: JMP: Statistics and graphics guide. Cary, NC, USA: SAS Intitute Inc., 1995.
- 83- SAS Institute Inc.: JMP: User's guide. Cary, NC, USA: SAS Intitute Inc., 1995.

- 84- García M.E.: Modificación al sistema de clasificación climatológica de Köepen. México, D.F.: Ed. Offset. Larios S.A., 1981.
- 85- Millar, K.R., Meads, W.J., Alby, A.T., Scahill, B.G. and Sheppard, A.D.: The retention and efficacy of soluble-glass boluses for providing selenium, cobalt and copper to sheep. N.Z. Vet. J., 36 1988: 11-14.
- 86- Wright, P.L., and Bell, M.C.: Comparative metabolism of selenium and tellurium in sheep and swine. Am. J. Physiol. 211 1966: 6.
- 87- Langlands, J.P.; Bowles, J.E., Donald, G.E. and Smith, A.J.: Selenium supplements for grazing sheep. 2. Effectiveness of intra-ruminal pellets. Animal Feed Sci. Technol., 28 1991: 15-28.
- 88- Judson, G.J., Brown, T.H., Kempe, B.R. and Turnbull, R.K.: Trace element and vitamin B₁₂ status of sheep given an oral dose of one, two or four soluble glass pellets containing copper, selenium and cobalt. Aust. J. Agric. Res., 28 1988: 299-305.
- 89- Guerrero, B.L.L.: Interrelación del contenido de Se y cobre en lana de ovino y suelo de Cuajomulco y Tres Mariás (Tesis de licenciatura). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, 1995.
- 90- NRC: Nutrient requirements of sheep. 6th ed. Washington, D.C., U.S.A. National Research Council, 1985.
- 91- Bedö, S., Mézes, M. And Vajda, I.: Investigation on trace element status of blood of Merino ewes during Permacel® and Permaco® treatment. 6th International Trace Element Symposium, Volume 3 1989. 870-873.
- 92- Millar, K.R. and Meads, W.J.: The efficacy of intraruminal pellets composed of elemental selenium and iron in sheep. N.Z. Vet. J., 36 1988: 53-55.

- 93- Zachara, B.A., Borowska, K., Zamorski, R. And Kaptur, M.: Blood selenium status, glutathione peroxidases, and creatine kinase activities in ewes during pregnancy and lactation and in lambs. 6th International Trace Element Symposium, Volume 3, 1989. 813-821.
- 94- Wilkins, J.F., Kilgour, R.J., Gleeson, A.C., Cox, R.J., Geddes, S.J. and Simpson, I.H.: Production responses in selenium supplemented sheep in Northern New South Wales 2. Liveweight gain, wool production and reproductive performance in young Merino ewes given selenium and copper supplements. *Aus. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 22 1982: 24-28.