

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

**“EVALUACIÓN DE DOS CONCENTRACIONES DE SELENIO
EN BOLOS INTRARUMINALES SOBRE SELENIO SANGUÍNEO
Y FECAL DE VACAS LECHERAS SUIZO X CEBÚ EN
PASTOREO EN EL SURESTE MEXICANO”**

Tesis presentada ante la División de Estudios Profesionales

de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

de la

Universidad Nacional Autónoma de México

Para la obtención del título de

Médico Veterinario Zootecnista

Por

Lucía Mayela Gayosso Miranda

Bajo la asesoría de los:

MVZ. MSc. René Rosiles Martínez

MVZ. María Guadalupe Sánchez González

México D.F., 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las personas más importantes en mi vida:

“ MI FAMILIA”

A mis papas **MVZ Aurelio Lucio Gayosso Reyes Y Lic. Maria Magdalena Miranda Gutiérrez**, por su amor, sus enseñanzas, paciencia, tolerancia, apoyo, por creer y confiar en mí, por sus consejos y entrega hacia mí, por ser los papas más maravillosos y ejemplares que me pudo haber dado Dios, por guiarme y tomarme de la mano desde mi nacimiento hasta esta etapa de mi formación, mil gracias.

A mis hermanos y hermanas **Hiram Lucio, Lucio Sócrates, Lucía Xochitl y Lucía Yurinelli Gayosso Miranda**, por su apoyo, confianza y amor hacia mi, por que se que aunque tengamos asperezas siempre estaran presentes en mi mente y corazón.

Papá Salvador Gayosso Chargoy y a mi mamá Ma. Inés Reyes Quintana, que Dios los tiene en su Santa Gloria y que se que desde el cielo me ven y de quienes guardo grandes y hermosos recuerdos.

A mi papás Filogonio Miranda y Librada Gutiérrez, a toda mi familia y amigos.

ESPERO SE SIENTAN ORGULLOSOS DE MI COMO YO LO ESTOY DE USTEDES

LOS QUIERO MUCHO

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UNAM) por darme la oportunidad de ingresar a esta casa de estudios y por la formación profesional recibida.

A la máxima casa de estudios “Universidad Nacional Autónoma de México” por haberme abierto las puertas y darme la oportunidad de gozar el mundo tan hermoso y maravilloso que se vive en ella.

A todos los catedráticos de la FMVZ por haberme transmitido sus conocimientos y así adquirir muchos de ellos.

A los miembros del jurado MVZ Sergio Carlos Ángeles Campos, MVZ Miguel Ángel Blanco Ochoa, MVZ Edgardo Canizal Jiménez, MVZ René Rosiles Martínez y MVZ Agustín R. Bobadilla Hernández., por sus acertadas observaciones, correcciones y valiosas aportaciones para el desarrollo de éste trabajo.

A mis asesores:

MVZ René Rosiles Martínez, con profunda admiración, respeto y gratitud, por confiar en mí, por su tolerancia, su cariño, por permitirme realizar éste proyecto, por todo el apoyo y las facilidades brindadas durante el desarrollo del mismo, por que mucho de éste es gracias a el Dr. Rosiles. Gracias por sus palabras, sus sabios consejos, sus llamadas de atención, sus sonrisas, pero

sobre todo por su infinita amistad. Que Dios me lo cuide y siempre estará en mi corazón. Mil gracias.

MVZ María Guadalupe Sánchez González con mucha Admiración, cariño y gratitud por su apoyo para la realización de éste proyecto, por sus excelentes aportaciones, por su tolerancia, interesa, sugerencias y comentarios al mismo. Pero sobre todo su amistad.

Al Productor Rene, por sus facilidades técnicas, por la oportunidad y confianza que me brindo para la utilización de su ganado, así mismo, por todas las facilidades otorgadas durante la realización de éste experimento, por brindarme su casa, cobijo y alimento... Dios Bendiga a Usted y su familia.

A todos los integrantes del laboratorio de Toxicología y Nutrición: Dr. Janitzio, Dr. Orta, laboratoristas Jaime y Aure, MVZ Víctor, Bióloga Syvil Majarani, por el tiempo, tolerancia y trabajo empleado para la preparación, procesamiento y lectura de muestras, así como el brindarme su apoyo, palabras, sonrisas y cariño, ustedes contribuyeron a que el tiempo de estudio y trabajo dedicado a este proyecto fuera más interesante, ameno y divertido, gracias por compartir sus experiencias con migo.

A todas los integrantes del Departamento de División de Estudios Profesionales: Dra Lilia del pilar Zarzoza, Lic. Landa, Dra. Martita, Dr. Miguel, karlita, Clau, Magda y Angelina, mi mas sincero agradecimiento y en especial a la Dra. Verónica Caballero, Dra. Claudia Olvera, Dra. Angela Cardenas y Dra.

Chuy Trón por ser parte esencial e importante en mi formación académica, por siempre estar al pendiente de mí, por su apoyo, sus enseñanzas, su cariño, su confianza, su amistad, su ayuda incondicional, por tolerarme y enseñarme a ser mejor persona y profesionalista día a día, por que sin ustedes mi camino no sería el mismo, MI ADMIRACIÓN, LEALTAD Y RESPETO HACIA USTEDES.

A mis amigas y amigos, compañeras y compañeros de la FMVZ, que siempre confiaron en mí, que siempre estuvieron al pendiente de mi, por sus consejos, sus enseñanzas, sus aportaciones, por su amistad y apoyo incondicional además de los gratos momentos que compartimos. En especial a Jazmin, Kary, Gaby, Gus, Marianita, Josué, Luca, Isaac, Esteban, Manuelito, Juve y Waldo.

GRACIAS

CONTENIDO

Tema	Página
Contenido.....	I
Índice de cuadros.....	IV
Índice de figuras	IV
RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Deficiencia de selenio en México.....	5
2.2. Funciones del selenio.....	6
2.2.1. Actividad antioxidante.....	6
2.2.2. Sistema Inmune.....	8
2.2.3. Hormonas.....	9
2.2.4. El selenio en el suelo.....	9
2.2.5. El selenio en las plantas.....	10
2.2.6. El selenio en la dieta.....	12
2.3. Fisiología y metabolismo del selenio en el organismo Animal.....	12
2.3.1. Absorción.....	12
2.3.2. Transporte.....	13
2.3.3. Distribución.....	14
2.3.4. Metabolismo.....	14
2.3.5. Excreción.....	15
2.4. Factores que influyen sobre el metabolismo del selenio.....	17
2.4.1. Microorganismos del rumen.....	17
2.4.2. Influencia del azufre.....	18
2.4.3. Influencia del arsénico.....	18
2.4.4. Ingestión previa de selenio.....	18
2.4.5. Efectos de la vitamina E.....	19
2.5. Suplementación de selenio para rumiantes.....	19
2.6. Métodos de suplementación.....	20
2.7. Bolos intrarruminales.....	21
2.8. Requerimientos de selenio.....	23

2.9. Deficiencia de selenio.....	23
III. JUSTIFICACION.....	25
IV. OBJETIVOS.....	25
V. HIPOTESIS.....	26
VI. MATERIAL Y METODO.....	26
6.1. FASE I. Prueba <i>in vitro</i> para identificar la intensidad de liberación del selenio.....	27
6.2. FASE II.- Formulación de bolos intrarruminales.....	27
6.3. Fabricación de bolos intrarruminales.....	28
6.4. FASE III.- Periodo experimental.....	31
6.4.1. Localización.....	31
6.4.2 Grupos experimentales.....	33
6.4.3 Alimentación.....	33
6.4.4 Administración de bolos.....	33
6.4.5. Muestras.....	34
6.4.6. Cuantificación de selenio en forraje, suelo y Concentrado.....	35
6.4.7. Cuantificación del selenio en sangre.....	36
6.4.8. Cuantificación de selenio en heces.....	36
6. 5. Diseño experimental y modelo estadístico.....	38
6.5.1. Análisis estadístico.....	38
VII. RESULTADOS.....	40
7.1. Concentraciones de selenio en suelo.....	40
7.2. Concentraciones de selenio en forraje y concentrado.....	40
7.3. Concentración de selenio sanguíneo.....	41
7.4. Concentración de selenio fecal.....	45
7.5. Correlación de selenio sanguíneo y fecal.....	48

VIII. DISCUSIÓN.....	49
8.1 Concentraciones de selenio en suelo.....	49
8.2. Concentraciones de selenio en forraje y concentrado.....	50
8.3. Concentración de selenio sanguíneo.....	52
8.4. Concentración de selenio fecal.....	57
8.5. Correlación del selenio sanguíneo y fecal.....	59
IX. CONCLUSIONES.....	60
X. REFERENCIAS.....	61
XI. CUADROS Y FIGURAS.....	74
XII. ANEXOS.	89

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
Cuadro 1.	Enfermedades relacionadas con la deficiencia de selenio.....	74
Cuadro 2.	Concentración de minerales presentes en la mezcla de cementos para la elaboración de bolos intrarruminales.....	75
Cuadro 3.	Concentración de selenio (ng/g de MS) en alimentos consumidos por vacas lecheras en el sureste mexicano.....	75
Cuadro 4.	Concentración promedio de se sanguíneo (ng/g) en cada muestreo con bolos intrarruminales con selenito de sodio....	76
Cuadro 5.	Análisis de los factores entre y dentro de sujetos para los niveles de selenio sanguíneo.....	77
Cuadro 6.	Análisis de los factores entre sujetos para los niveles de selenio sanguíneo en los días de muestreo.....	78
Cuadro 7.	Valores diferenciales de selenio sanguíneo por concentración en el bolo y por día de muestreo en vacas del sureste mexicano.....	79
Cuadro 8.	Concentración promedio de se fecal (ng/g) por periodo de muestreo con bolos intrarruminales de selenito de sodio.....	80
Cuadro 9.	Análisis de los factores entre y dentro de sujetos para los niveles de selenio fecal.....	81
Cuadro 10.	Análisis de los factores entre sujetos para los niveles de selenio fecal.....	82
Cuadro 11.	Valores diferenciales de selenio fecal por concentración en el bolo y por día de muestreo en vacas del sureste mexicano.....	83
Cuadro 12.	Valores de correlación entre selenio sanguíneo y fecal en vacas lecheras suplementadas con se a partir de bolos intrarruminales con selenito de sodio.....	84

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
Figura 1	Concentración de selenio en sangre.....	85
Figura 2	Concentración de selenio en sangre.....	86
Figura 3	Concentración de selenio en heces.....	87
Figura 4	Concentración de selenio en heces.....	88

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el fin de identificar la liberación de selenio (Se) a partir de bolos intrarruminales de vacas en pastoreo del Sureste mexicano. La cual se realizó en el Municipio de Julián Grajales, Chiapas, con 30 vacas suizo x cebú con peso promedio de 387 Kg., edad de 3 a 7 años, y producción láctea de 5 a 7 litros, en pastoreo en zona con pendiente y accidentado, Alimentadas con esquilmos de sorgo, de maíz, concentrado a base de pollinaza, maíz molido. Sorgo molido, zacates Jaragua y Tanzania a razón de 1 Kg./ animal/ día. Los animales se dividieron en tres grupos de 10 vacas. Se les aplicó bolos intrarruminales con 0, 5 y 10% de Se con un peso de 5 gr. Para identificar la liberación del Se éste se cuantificó en sangre y heces. Los muestreos de se llevaron a cabo los días 0, 15, 30, 60 y 90. La concentración de Se sanguíneo y fecal se evaluó por espectrometría de absorción atómica acoplada con un generador de hidruros, previa digestión ácida en sistema cerrado. En las heces el Se se midió después de una extracción ácida. La concentración de Se sanguíneo por grupo estuvo en rango de 20.46 - 24.70 ng Se/g y fecal de 2.47 – 30.91 ng Se/g. Se encontraron diferencias significativa en la concentración de Se sanguíneo ($P=0.0418$) y fecal ($P<0.0008$) por tratamiento y por día de muestreo ($P<0.0001$) y así mismo en heces por tratamiento y por día de muestreo ($P<0.0001$). Lo resultados indican la liberación y absorción del Se a partir de los bolos intrarruminales inorgánicos en su concentración máxima a los 30 y 60 días postratamiento identificada en la sangre.

I. INTRODUCCIÓN

La concentración de minerales presentes en la dieta, entre ellos el Se, interviene en el metabolismo de los rumiantes, lo cual se hace más crítico en ciertas áreas, por lo que la adición de Se en la dieta de animales es capaz de evitar pérdidas económicas en los sistemas de producción¹, es un eficaz preventivo de importantes disturbios nutricionales, mientras tanto algunos autores han observado efectos positivos sobre ganancia de peso, sobre vivencia de terneros, respuesta inmune, mastitis, metritis y aumento en la fertilidad, cuando se mantienen adecuados niveles en la dieta.² En animales durante la etapa de lactación es común la muerte súbita por falla cardiaca asociada a cambios degenerativos en miocardio . En animales jóvenes y adultos son comunes los problemas de Distrofia Muscular Nutricional (DNM), retraso en el crecimiento e infertilidad. El Se es un elemento traza esencial para los humanos y animales ya que es incorporado dentro de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px) la cual protege tanto a glóbulos rojos como a las membranas celulares de los peróxidos solubles que se acumulan en los tejidos. Este mineral también previene la enfermedad del músculo blanco, mejora el crecimiento de los animales jóvenes y el desempeño reproductivo de los animales maduros.^{3, 4,5} La carencia de Se esta reportada en Canadá, Estados Unidos de Norteamérica y algunos países sudamericanos. En México, los hallazgos clínico-patológicos por DNM fueron diagnosticados por primera vez en becerros por Aluja y Adame⁶, hasta el momento se revela a la región norte del país como selenífera y del altiplano hacia las costas como selenodeficientes.^{4, 5, 6, 7 y 8} Por ello los suelos deficientes en Se, las prácticas modernas de fertilización así como la expansión de las lluvias ácidas han reducido la cantidad de Se en los alimentos. Por tal motivo es necesario hacer uso de suplementos minerales para una producción animal adecuada.⁹ Existen diferentes maneras de suplementar Se: soluciones estériles para inyección subcutánea, premezclas minerales

añadidas en el alimento, adición de Se al agua de bebida, enriquecimiento con Se a fertilizantes y los suplementos minerales a libre acceso. Sin embargo, se busca un método que pueda ayudar a dosificar con precisión, reducir la frecuencia del tratamiento y evitar un manejo excesivo del animal y además que ofrezca disponibilidad por periodos prolongados. Por ejemplo utilizar bolos intrarruminales de liberación lenta los cuales son utilizados en varias partes del mundo para suplementar al ganado en pastoreo y se ha demostrado que aumentan las concentraciones de Se en sangre, hígado y en los niveles de la glutatión peroxidasa (GSH-Px) en bovinos y borregos ^{10, 11, 12, 13, 14, 15}. El uso de bolos de liberación lenta es una buena alternativa en rumiantes. Debido a sus características anatómicas del tracto digestivo de los rumiantes en comparación de los no rumiantes ya que los rumiantes poseen tres pre-estómagos (rumen, retículo, omaso) y un estómago verdadero (abomaso). Donde el rumen junto con el retículo forman una cámara, que mantiene un ambiente favorable para la fermentación anaerobia y realizan el proceso de la rumia, mientras que los no rumiantes tienen un solo compartimiento gástrico y no realizan el proceso de la rumia, por tal motivo existe la posibilidad de mantener un dispositivo que libere lenta y constantemente el Se, con la ventaja de disminuir el manejo y estrés del animal. Este tipo de dosificación representa una alternativa para suministrar Se al ganado con el debido cuidado, ya que como se incluye la dosis para tres o cuatro meses, hay que evitar que el Se alcance niveles tóxicos. La investigación con bolos o comprimidos intrarruminales en México está en desarrollo, existen algunos prototipos de estos realizados con cemento y en formulaciones industriales experimentales. ^{13, 14, 15}

II. MARCO TEORICO

El ganado en pastoreo, frecuentemente manifiesta deficiencias nutrimentales, entre ellos los minerales, lo que se traducen en bajos parámetros productivos.

Al ser deficientes en Se los suelos de la comunidad de Julián Grajales, Chiapas, se puede inferir que los forrajes para los animales serán también deficientes.^{16, 17}

Los minerales son nutrimentos necesarios para ganado bovino, su importancia radica en que muchos de ellos, realizan una función estructural y constructora de tejidos como el Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe) y Selenio (Se) (fisiológica), al convertir tejidos y electrolitos en fluidos corporales e intervenir en el mantenimiento de la presión osmótica, equilibrio ácido-básico, permeabilidad de la membrana celular como el Sodio (Na), Potasio (K), Cloro (Cl), Ca y Mg ; catalítica, en sistemas enzimáticos y como componentes integrales necesarias para el funcionamiento normal del metabolismo como el Fe, Cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn) y Se; y al igual que intervenir en la regulación de la replicación y diferenciación celular (Ca y Zn).^{4,18,19,20}

El Se fue descubierto en el año 1818 por el químico sueco John Jacob Berzelius, sin embargo, fue hasta el año 1935 que éste elemento fue reconocido como agente tóxico del forraje al provocar una alteración en el ganado en pastoreo en las grandes planicies de los EUA, conocida entonces como enfermedad del álcali o vértigo ciego asociado con la enfermedad alcalina, actualmente denominado selenosis, causada por el consumo de plantas en los terrenos de Dakota y Wyoming en los Estados Unidos, en 1856. En 1957, Schwartz y Foltz reportaron que el Se era un nutrimento traza esencial, al comprobarse que la mayoría de las miopatías del ganado vacuno y ovino, así como la diátesis exudativa de los

pollos, se previnieron adicionando Se y Vitamina E a las raciones alimenticias.²¹ Se encuentra principalmente como selenuros de cobre, hierro, plomo y plata, mezclados con los correspondientes sulfuros. El Se existe en el pasto principalmente como selenito férrico, selenato de calcio, Se elemental y compuestos orgánicos derivados de los tejidos de las plantas. Está relacionado con el oxígeno, el azufre y el telurio, con los que forma el grupo VI- A de la tabla periódica. Tiene un peso atómico de 78.96 y número atómico de 34. En el orden de abundancia de los elementos ocupa el sexagésimo noveno lugar, es pues un elemento bastante escaso ya que su contenido en la corteza terrestre es de 0.09 partes por millón (ppm). Se encuentra en cantidades muy pequeñas pero detectables en todos los suelos.²²

El Se existe en varios estados de oxidación de significancia biológica: selenuro (Se-2), Se elemental (se0), selenito (Se+4) y selenato (Se+6). Las formas de Se utilizadas en los suplementos alimenticios están en los estados más elevados de oxidación, mientras que las de las plantas (de importancia en nutrición y bioquímica) son reducidas.^{22, 23,24}

2.1. DEFICIENCIA DE SELENIO EN MÉXICO

Los métodos desarrollados para la suplementación del Se responden a problemas en la producción animal derivados de la deficiencia de Se, ya que las áreas afectadas con la deficiencia de Se son mayores que las afectadas con exceso. A principio de los años setenta se sabía de la deficiencia de Se México junto a Brasil, Ecuador, Honduras, México, Paraguay y Perú).^{25, 26}

En México se han encontrado deficientes concentraciones de Se en los suelos del Altiplano,

mientras que en el Norte son seleníferas. Evidencia de esto hay reportes de valores marginales de Se en el suelo de Carrillo Puerto e Ixtenco en el estado de Tlaxcala ^{27, 28}. En el estado de Morelos las zonas de Cuajomulco y Tres Marías, en donde tradicionalmente manejan ganadería ovina en condiciones de pastoreo, las concentraciones de Se en los forrajes producidos son deficientes de este elemento mineral ²⁹. Para el caso del Estado de Veracruz; Espinosa encontró que los suelos de Catemaco son deficientes en Se, asociado a la baja disponibilidad del elemento mineral y al pH ácido del suelo que bloquea la disponibilidad de este. También encontró que los animales que habitan en Catemaco presentan una deficiencia de Se en sangre.³⁰ Esta serie de antecedentes se señalan como justificación para implementar la presente investigación.^{27,28,29}

2.2. FUNCIONES DEL SELENIO

2.2.1. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Los animales que se someten en un sistema de producción láctea intensiva donde las exigencias de producción aceleran el metabolismo para sustentar el mantenimiento de la producción láctea son más susceptibles a presentar deficiencias de Se.^{7, 30,31 32} El Se es un antioxidante como la vitamina E la cual destruye la formación de peróxidos grasos por secuestro de radicales libres antes de que ellos inicien la peroxidación grasa. En tanto que la vitamina E es liposoluble, la cual limita y hace mas lenta la acción, el Se es soluble en agua y como consecuencia, mas activo que la vitamina E.³³ Hay evidencia de que los ovinos son mas susceptibles a presentar una deficiencia de Se, principalmente corderos y chivos durante las primeras semanas de vida, debido a una gran demanda de Se durante la etapa

de desarrollo muscular o que las madres han recibido antes o durante la gestación una alimentación deficiente en Se y/o vitamina E. En muchas ocasiones la enfermedad ocurre por la utilización de forrajes procedentes de terrenos pobres en Se, o porque éstos contengan antagonistas de dicho elemento, como es el caso de Azufre y Nitrógeno. También, en determinados piensos almacenados durante tiempo excesivo se puede producir una pérdida de vitamina E debido a una acción antioxidante. Los corderos dependen del aporte de Se que reciben a través de la leche de su madre y si ésta se encuentra deficiente en Se, aporta deficientes o nulas concentraciones de Se y por lo tanto el cordero queda susceptible a padecer cualquiera de los trastornos antes mencionados. La deficiencia de Se en los animales domésticos en México, fue diagnosticada en becerros que habían recibido una dieta artificial a base de sustituto lácteo como “Miopatía Degenerativa Nutricional”, “enfermedad del músculo blanco” o distrofia muscular enzootica, que afecta sobre todo a terneros durante los primeros meses de vida⁶. Siendo los individuos de aptitud cárnica los más predispuestos, ya que presentan un crecimiento más rápido y un mayor desarrollo de fibras musculares, en comparación con animales con aptitud lechera.^{34, 35} En animales adultos, la deficiencia de Se se presenta como uno de los factores predisponentes a problemas reproductivos, en especial la infertilidad, asociada con pérdidas embrionarias, que continúa siendo la principal causa de desecho en los hatos lecheros. La oxidación celular asociada con una deficiencia de Se es considerado un factor nutrimental predisponente. El Se influye en la fertilidad del macho, al proteger a la membrana espermática del ataque peroxidativo e intervenir en la motilidad espermática y la secreción de testosterona y expresión de receptores a LH. El Se también influye en la fertilidad de la hembra, debido a que juega un papel regulador en la síntesis de esteroides y la proliferación de las células de la granulosa;

además, se ha observado en diversos estudios una correlación existente -tocoferol y una mayor incidencia de □ entre concentraciones mínimas de Se y retenciones placentarias.³⁴

2.2.2. SISTEMA INMUNE

El Se es importante para mantener la resistencia a enfermedades. El reporte de varios estudios indica que la deficiencia de Se puede ser responsable de alterar la respuesta inmune, reduciendo la capacidad de los animales para responder ante desafíos antigénicos, por el efecto depresivo en la síntesis de anticuerpos neutralizantes.³⁶

Cuando existe deficiencia de Se, los niveles plasmáticos de los peróxidos se incrementan rápidamente, causando daño en los endotelios capilares, eritrocitos y células plasmáticas, causando una reducción de títulos de anticuerpos, reflejando una inmunosupresión. La consecuencia más importante de la reducción de actividad inmune, la conforma el aumento en la incidencia de patologías mamarias o mastitis. Diversos estudios indican que cuando el contenido de Se es adecuado, hay una menor incidencia de mastitis clínica, de la inflamación de la glándula mamaria es de corta duración, así como una menor incidencia de mastitis subclínica.^{34, 37, 36}

Boyne y Arthur (1986) reportaron que los neutrófilos de becerros con deficiencia de selenio tenían una menor capacidad para “destruir” a *Candida albicans* comparada con los neutrófilos de animales suplementados con Se³⁶.

2.2.3. HORMONAS

El papel del Se en las selenoproteínas, es de gran importancia, ya que la deficiencia de Se se atribuye directamente a trastornos en el metabolismo de las hormonas tiroideas. En la deficiencia de Se, se observó que la estimulación de la hormona plasmática tiroidea (TSH) y los niveles de T4 se encontraron aumentados, mientras que la T3 plasmática disminuyó su concentración. La actividad reducida de la hormona tiroidea explica por qué los animales deficientes de Se crecen más lentamente.^{36, 37}

Los animales adultos se adaptan a las bajas temperaturas gracias a la producción de calor estimulada por la tiroides. Esto tiene especial importancia para los terneros y corderos que nacen en los climas fríos. En estos animales el calor metabólico generado en el tejido adiposo café es la principal defensa contra el enfriamiento del cuerpo después del nacimiento y ayuda a los neonatos a sobrevivir durante las primeras semanas de vida. Una disminución en la actividad de IDI reducirá los niveles de T3, limita la producción de calor y favorece que los terneros y corderos sean susceptibles al estrés por frío, muchas veces llevando a la muerte de los recién nacidos.^{38,39}

2.2.4. EL SELENIO EN EL SUELO

El Se está presente en el suelo en diferentes formas químicas, como, selenido (Se_2), selenio elemental (Se^0), selenito (Se_4), selenato (Se_6) y Se orgánico (selenometionina y selenocisteína).^{34, 20} Altos niveles de Se en el suelo indican que el Se está en una forma soluble en agua o disponible. La concentración total de Se está correlacionada pobremente con el contenido de Se en plantas, porque sólo el Se hidrosoluble en suelos es realmente

utilizable por las plantas. Además, la disponibilidad del Se del suelo depende de la forma química en que éste se encuentre.^{20, 34} El contenido de Se en el suelo varía ampliamente dependiendo de su origen geológico. Los suelos que se derivan de rocas de origen geológico reciente, ígneas, arenosas y pumíceas son deficientes en Se, esto debido a que dicho elemento es removido por percolación.⁴⁰ Se considera que las concentraciones adecuadas 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 consideradas deficientes.⁴⁰ Los pocos estudios de la república mexicana revela que la zona Norte-Centro es selenífera y que el Altiplano hacia la costa existe poca concentración de Se en los suelos.⁴¹

2.2.5. EL SELENIO EN LAS PLANTAS

La forma dominante del Se en los forrajes es la selenometionina y en menor cantidad, la selenocisteína y selenito.⁴² El criterio diagnóstico indica que para que las concentraciones de Se en los forrajes y granos se considere adecuada, debe de ser de 100 ng Se/g. Un valor menor de 100 y mayor a 75 ng Se/g se considera como moderado; un valor menor de 75 y mayor de 50 ng Se/g es considerado inferior, mientras que un valor menor a 50 ng Se/g se considera como deficiente.^{25, 40}

En diferentes estudios se ha relacionado un pH alcalino del suelo con una mayor disponibilidad del Se. En suelos alcalinos, el Se tiende a formar selenatos que son fácilmente utilizados por las plantas; por el contrario, en pH ácido, los suelos ferrosos junto con los minerales de la arcilla del suelo, forman los complejos insolubles, que son pobremente utilizables por las plantas.^{34, 42, 43} El Se en la planta, es metabolizado por las

hojas y almacenado en las raíces. La distribución de Se en un orden decreciente es: raíces, tallos, hojas, flores y frutas. Esta distribución varía dependiendo de la especie, fase de crecimiento y estado fisiológico de las plantas.⁴² Con respecto a la madurez del forraje, el contenido de Se de los pastos es más elevado en plantas jóvenes y declina rápidamente en las etapas posteriores de la madurez, debido posiblemente a una dilución de los nutrientes en la planta o a una disminución en la capacidad de la planta para absorber esos nutrientes a partir del suelo o bien a la utilización propia de la planta. Sin embargo, es sabido que no ocurre lo mismo con las leguminosas forrajeras que muestran una menor variación en su valor nutritivo durante su desarrollo vegetativo. El Se no es considerado un elemento mineral esencial para las plantas porque su deficiencia no impide que la planta complete su ciclo vital.⁴² Por esta razón, la presencia de un elemento en altas concentraciones en una planta, no es un indicador seguro de su esencialidad; ya que existen plantas como *Astragalus*, *Haplopappus*, *Xylorhiza*, *Stanleya* y *Lecythis*, *Machaeranthera*, *Atriplex*, *Aster* y *Grindelia*, que pueden crecer en suelos con altas concentraciones de Se y acumular este elemento en su estructura, también conocidas como: “plantas acumuladoras de Se”, (24.54.64) que se dividen en dos grupos.^{43, 44, 45, 34, 20}

Se ha observado, para la mayor parte de los minerales, que en condiciones de un drenaje pobre del suelo, ocasiona un aumento en la concentración mineral de los forrajes, mientras que las precipitaciones pluviales son factores que contribuyen a la deficiencia de Se.^{42, 44, 46}

2.2.6. EL SELENIO EN LA DIETA

En 1979 la Food & Drug Administration (FDA) aprobó la adición de Se en la dieta para el ganado lechero, ovino y porcino; inicialmente la adición de 0.1 mg de Se/kg de materia seca (MS)y, a partir de 1987 se incrementó a 0.3mg/kg de MS para bovinos de carne y leche; es decir que, una dosificación mensual de 5-12 mg/kg de MS cubre el 100% de los requerimientos de un animal de 45 kg de peso vivo (PV). ^{16, 47}

2.3. FISIOLOGIA Y METABOLISMO DEL SELENIO EN EL ORGANISMO ANIMAL

2.3.1. ABSORCIÓN

EL Se puede ser absorbido por diferentes vías; por vía oral, respiratoria y dérmica. La forma de exposición, que ocurre en el ganado en condiciones normales, es por vía oral. Los rumiantes son capaces de absorber Se orgánico e inorgánico de los alimentos o del agua. ²³ La literatura sobre la eficiencia de la absorción de Se no es muy extensa para el caso de los rumiantes. La disponibilidad del Se en forrajes y concentrados esta entre un 30 y 60% para ovejas, cabras y vacas lecheras. Datos limitados sugieren que la digestibilidad verdadera del Se a partir de los alimentos está entre 40 y 65% para rumiantes. El Se en sus diferentes formas como selenito de sodio, selenato de sodio y Se de levaduras tienen una digestibilidad aparente que va de 40 al 10%, pero en otro estudio realizado se encontró que la digestibilidad aparente del Se a partir del selenito de sodio administrado a vacas lecheras, fue menor al 4%. ³⁶ La absorción de Se es significativamente más baja en rumiantes que en

animales monogástricos (del 29 al 35% en rumiantes y del 77 al 85% en monogástricos cuando es administrado como selenito por vía oral).³⁶ El principal sitio de absorción de Se es en el duodeno seguido del Ciengo. No se absorbe en el rúmen o abomaso de las ovejas ni en el estómago del cerdo. Existen diversos factores que tienen influencia sobre el metabolismo del Se. Entre ellos se encuentran la forma química del Se, Azufre (Az), Arsénico (As), microorganismos, vitamina E y la ingesta previa del Se⁵³, por tal motivo la cantidad absorbida depende de la forma química en la cual es ingerido el Se. Este mineral se absorbe de forma relativamente eficaz, ya sea de los nutrientes que contienen Se natural o como selenito inorgánico⁵⁴. Se ha señalado que los microorganismos ruminales son los probables responsables de la baja absorción de Se en rumiantes.^{22, 53, 54} La diferencia de absorción del Se es debida a la mayor pérdida del elemento ocasionada por los microorganismos del rumen, que convierten una porción del Se en formas insolubles y no biodisponibles para el animal (Se elemental y seleniuros), de ésta manera la mayoría de Se que se aporta en la dieta podría ser eliminado vía heces y, otra porción la incorporan a sus proteínas bacterianas para la formación de algunos selenoaminoácidos como selenometionina y selenocisteína aumentando así la biodisponibilidad del Se³⁶

2.3.2. TRANSPORTE

Una vez absorbido el Se es llevado por el conducto pancreático para ser metabolizado en el hígado donde el Se es transportado principalmente por el plasma y ya dentro del hígado se convierte en GSH – Px.⁵⁵ Se ha observado *In Vitro* que el Selenio se incorpora a la mioglobina citocromo C, enzimas musculares, miosina y aldolazas.¹⁶

2.3.3. DISTRIBUCIÓN

Las diferencias de distribución que son notables se dan en las proporciones que se acumulan en los tejidos.⁵⁶ Estudios realizados han demostrado que las concentraciones de Se en hígado y músculo de ratas que recibieron seleniometionina por vía oral por un periodo de 3 a 6 semanas fueron mucho mayores a la concentraciones encontradas cuando se suministró selenito de sodio por el mismo tiempo.⁵⁷ Cuando se comparan los resultados en no rumiantes con aquellos si reportados en rumiantes, es posible observar diferencias en el patrón de distribución del Se.²² 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 el músculo es de 18 a 28 días.⁵⁸ Donde los riñones contienen la más alta concentración de Se, seguidos por el hígado y otros tejidos glandulares tales como el brazo y el páncreas. Los tejidos intestinales y pulmonares tienen concentraciones relativamente elevadas. El músculo cardiaco contiene apreciablemente mayor concentración de Se que el músculo esquelético. La lana y el pelo podrían tener concentraciones relativamente elevadas, mientras que el tejido nervioso tiene menores concentraciones.⁵⁸

2.3.4. METABOLISMO

De acuerdo con Sude⁵⁹ el Se puede ser incorporado a las selenoproteínas a partir de fuentes orgánicas e inorgánicas. Cuando se trata de la incorporación de selenato, éste es reducido a selenito el cual es reducido a su vez a selenuro vía glutatión. La selenometionina puede tomar dos caminos: el primero es ser incorporada a proteínas de selenometionina, y el segundo ser transformada a selenocisteína mediante transulfuración. La selenocisteína

puede ser incorporada a proteínas de selenocisteína, o también puede ser llevada a selenuro con la participación de la enzima selenocisteína. El selenuro es el punto de encuentro en el metabolismo y formación de los cuatro grupos de selenoproteínas.⁵⁹

2.3.5. EXCRECIÓN

La pérdida del Selenio se efectúa por los pulmones^{1a} heces^{2b} y orina^{3c} la orina es la principal ruta de excreción tanto especies rumiantes como monogástricos.⁶⁰ El Se tisular es relativamente lábil tal como se demuestra por su pérdida rápida de los tejidos animales alimentados con dietas bajas en Se después de consumir dietas ricas en ese mineral.^{57, 58, 59,}

60

1 La eliminación del Se por los pulmones sólo ocurre en los casos de toxicidad. La forma química de selenio que se excreta por los pulmones es el dimetilselenuro.⁵⁷

2 El Se excretado en heces por los rumiantes es insoluble, como selenio elemental o selenio reciclado en tracto gastrointestinal que no fue absorbido, resultando pequeñas cantidades disponibles para el consumo de las plantas.⁵⁷

3 El Se se elimina por orina en animales monogástricos cuando se administra por vía oral o parenteral y en rumiantes la mayor parte se excreta en heces y una pequeña cantidad en orina cuando es administrado por vía oral. La forma química de selenio que se excreta en la orina es el ion trimetilselenuro.^{59, 58}

El Se inyectado se excreta principalmente por la orina en una proporción equitativa a la administrada; la pérdida fecal es pequeña y constante con el nivel de la dosificación; el Se respiratorio es similar a la pérdida fecal a bajos niveles de administración, pero aumenta con el nivel de dosificación y excede a las pérdidas fecales varias veces con niveles elevados de dosificación. El Se que se administra por vía oral se excreta a través de las heces en mayor cantidad con bajos niveles de consumo. A medida que el consumo aumenta, las pérdidas fecales permanecen relativamente estables y el Se respiratorio aumenta en forma constante; la pérdida urinaria aumenta con niveles moderados de complementación y luego desciende. Las pérdidas fecales indican principalmente el Se que no se absorbe pero también que se excreta a través de la bilis, del conducto pancreático y de las células mucosas intestinales. Se sabe que el arsénico reduce la absorción del Se en el aparato digestivo, también aumenta la excreción del Se biliar y urinario cuando se inyecta arsénico.^{58, 61}

Los productos ricos en selenometionina tienen la ventaja de servir como “reservorios” de Se en comparación con las fuentes inorgánicas de Se que son rápidamente eliminadas del organismo, de ahí que, en el caso del Se orgánico de levaduras, éste sea retenido más efectivamente en el músculo, leche y tejidos fetales, que el Se inorgánico. Las reservas de Se son necesarias para mantener los niveles adecuados de las selenoproteínas que están involucradas en el metabolismo, la salud y la fertilidad.⁵⁸

2.4. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL METABOLISMO DEL SELENIO

Existen diversos factores que influyen en el metabolismo del Se. Algunos de éstos factores son: la forma química del selenio, azufre, arsénico, microorganismos, vitamina E y la ingestión previa del Se.

2.4.1. MICROORGANISMOS DEL RUMEN

Los microorganismos del rumen son los responsables de la absorción de Se en rumiantes. Un gran porcentaje del Se inorgánico de la dieta es reducido a formas insolubles por estos microorganismos y una dieta elevada en carbohidratos favorece esta conversión más que una dieta alta en forrajes.³⁶ El Se es reducido por los microorganismos ruminales durante el proceso de fermentación. Muchos reportes indican que los microorganismos ruminales son capaces de incorporar Se dentro de sus células durante el crecimiento y también convierten el Se a formas no disponibles como parte de un mecanismo de detoxificación. En un experimento *In Vitro*, Serra y col.⁷² encontraron que más del 40% del Se es convertido a Se insoluble cuando los microorganismos ruminales se incuban con selenito.⁶² Aunque los microorganismos convierten una porción del Se a formas insolubles, también lo incorporan dentro de las proteínas. Los microorganismos del rumen tienen la capacidad de convertir el Se inorgánico a compuestos orgánicos del Se para luego incorporarlos dentro de las proteínas bacterianas.^{63, 64}

2.4.2. INFLUENCIA DEL AZUFRE

Los análogos azufrados de los compuestos de selenio tienen una gran influencia sobre el metabolismo del Se. Aunque se ha mencionado que el azufre se relaciona con problemas de deficiencia de Se, no hay reportes consistentes al respecto. Se ha reportado que hay poca diferencia en la captación de selenio en los tejidos cuando las ovejas lactantes son alimentadas con dietas que contienen entre 0.28 y 0.62% de azufre, cuando eran dosificadas intrarruminalmente con selenato-Se75.³⁶

2.4. 3. INFLUENCIA DEL ARSÉNICO

El arsénico aumenta la excreción biliar de Se, lo que resulta en bajas concentraciones del mineral en los tejidos. Sin embargo también se ha demostrado que el Se incrementa la excreción biliar de Arsénico. Sin embargo, el arsénico no puede llevar a cabo las funciones metabólicas del Se.³⁶

2.4.4. INGESTIÓN PREVIA DE SELENIO

La incorporación del selenio en las células bacterianas es muy rápida y éste es enlazado a las proteínas bacterianas una hora después de su administración. La amplia variación del contenido de Se en los microorganismos ruminales es inversamente proporcional a la ingestión previa de Se por el animal.³⁶

2.4.5. EFECTOS DE LA VITAMINA E

Aunque se ha establecido que existe relación metabólica entre el Se y la vitamina E, niveles moderados de vitamina E no afectan el metabolismo del Se. Sin embargo, dosis masivas de vitamina E aparentemente disminuyen la volatilización de Se en ratas e incrementa la retención de Se en el hígado y la canal. Además, aparentemente, el estatus de vitamina E del animal afecta el estado de oxidación de Se en los tejidos. ³⁶

2.5. SUPLEMENTACIÓN DE SELENIO PARA RUMIANTES

Anteriormente a 1974 LA FDA (Food and Drug Administration) prohibía la adición de suplementos de Se a los forrajes y alimentos para el Ganado. Sin embargo, a partir del periodo de 1974-1980, esta agencia regulatoria gradualmente permitió la suplementación de Se para varias clases de ganado. Actualmente, la FDA está permitiendo la suplementación hasta un límite superior de 0.3 ppm en las dietas del ganado. La regulación para la suplementación del mineral a libre acceso es de 120 ppm (sin exceder 3mg/cabeza por día para el ganado vacuno. ^{16,18}

Las fuentes de suplementación de Se actualmente en uso en los Estados Unidos son el selenito de sodio (Na_2SeO_3) y selenato de sodio (Na_2SeO_4), con levadura orgánica aprobada por algunas especies. ^{48,49,50,51,52}

2.6. MÉTODOS DE SUPLEMENTACIÓN

Los animales son medicados con una variedad de formas de dosificación (aerosoles, cápsulas, cremas gránulos, implantes, ungüentos, pastas y geles, polvos, soluciones, supositorios, suspensiones, bolos y tabletas), y por varias rutas o vías de administración (oral , por sonda estomacal, intrarruminalmente), parenteral (intravenosa, subcutánea, intramuscular, intra articular, intraperitoneal), tópica (efecto dérmico local, efecto sistémico), oftálmica, rectal, vaginal, intramamaria e inhalación).⁷³

Los principales métodos para incrementar la ingesta de Se por el ganado incluyen:

- ✓ Suplementos minerales a libre acceso
- ✓ Premezclas para adicionar a alimentos concentrados
- ✓ Fertilización de suelos con Se
- ✓ Inyecciones de Se (parenteral)
- ✓ Selenio en solución oral
- ✓ Selenio en agua
- ✓ Bolos intrarruminales
- ✓ Soluciones acuosas de Se han sido exitosamente usadas en forma de tomas periódicas orales o como inyecciones intramusculares o subcutáneas (NRC, 1993). Inyecciones subcutáneas directas, usualmente de selenido de sodio, o la dosificación oral con este compuesto en dosis de 10 a 30 mg para el ganado bovino y de 1 a 5 mg para ovejas son medios comunes para prevenir las enfermedades por deficiencia en los animales.^{16, 18} Las inyecciones de selenato de bario han demostrado tener un efecto de

larga duración en rumiantes. El selenato de bario en forma de bolo o de inyección subcutánea, mantuvo los niveles de Se en sangre por al menos 200 semanas en ovejas y sus corderos.^{74,75,76,77,78,79}

2.7. BOLOS INTRA-RUMINALES

Este tipo de suplementación fue desarrollada en Australia como un medio para proveer cobalto. En 1969 Kuchel y Buckley desarrollaron un bolo pesado de Se elemental y hierro, lo bastante pesado para permanecer en el rumen de los animales, donde lentamente liberaba Se durante periodos prolongados. A principios de los años ochenta, la Universidad de Leeds junto con una compañía privada desarrollaron un bolo que liberaba cobre, cobalto y selenio en un periodo aproximado de 18 meses, en ganado ovino. Este bolo contenía los elementos minerales como parte de fosfato de sodio, posteriormente los ingredientes se fundían en un bolo de cristal monolítico. En pruebas de campo el bolo produjo buenos resultados liberando los elementos minerales por un periodo de 345 días. No todo fue éxito con este, se encontraron problemas durante la manufacturación; debido a las fluctuaciones en el horno de fundición los bolos presentaban distintas tasas de disolución (disolución rápida o nula). Se llevaron a cabo mejoras con el fin de obtener una liberación más consistente en los bolos.⁸⁰

⁸¹Algunos bolos intrarruminales están compuestos por Se elemental (5% en peso) en una matriz de hierro y cuando se administran por vía oral se retiene en rumen- retículo³⁶ pero los bolos comerciales de Nueva Zelanda, Inglaterra y Australia no fueron tan efectivos como el prototipo original, y la protección raramente se extendía hasta 12 meses y en algunos casos la liberación del Se fue por solo 18 semanas.³⁶

El uso de bolos intrarruminales con 95% de hierro finamente dividido y 5% de selenio elemental, han prevenido la aparición de la enfermedad del músculo blanco en ovejas y ganado alimentado con pasturas deficientes en Se.⁸¹ El peso de los bolos comerciales es de 10 gr. y su contenido de Se es de 245 a 300 mg como selenito de sodio liberando 3 mg de Se por día y su expulsión es por bomba osmótica. Actualmente la mayoría de las presentaciones comerciales presentan combinaciones con otros micro elementos, por ejemplo, cobre y cobalto.^{75, 82} La suplementación de Se a través de sistemas de liberación lenta, como es el caso de los bolos intrarruminales, ha sido empleada desde finales de los años sesenta.⁶ En la actualidad, el uso de éstos dispositivos es una práctica que se ha ido haciendo cada vez más común, pero en la gran mayoría de los casos empleando fuentes inorgánicas de Se.⁸³ Los bolos intrarruminales tienen la ventaja de proporcionar cantidades de Se por periodos más prolongados de tiempo que cuando se suplementa en forma parenteral, por lo que se puede llegar a proporcionar mayor seguridad en la prevención de deficiencia de Se. Además, a través de los sistemas de liberación lenta se tiene la oportunidad de proporcionar varios nutrientes, antibióticos y antihelmínticos.⁸⁴ La posibilidad de combinar una fuente orgánica de Se, con mayor biodisponibilidad, con un sistema de liberación lenta provoca distintas interrogantes.^{83, 84} En México se han realizado trabajos con distintos tipos de bolos intrarruminales. Blanco, Spross y Rosiles fabricaron bolos con selenito de sodio con 46% de Se, sulfato de cobre con 30% de cobre y cemento dental, estos bolos fueron administrados a ovejas en condiciones de pastoreo, en Tres Marías estado de Morelos.⁸⁵ También se han evaluado bolos in Vitro fabricados con selenito de sodio 22% (contiene un 46% de selenio), sulfato de cobre 25% y cementos adhesivo 53%, los cuales fueron suspendidos en cuatro diferentes pH (7.0, 6.5, 6.0 y 5.5)⁸⁶ Gaytan⁵⁸ evaluó

bolos orgánicos con levadura comercial selplex 14.5%, aglutinante 25%, agente densificador 60% y lubricante 0.5% y bolos inorgánicos con selenito de sodio 0.0705%, aglutinante 25% , agente densificador 74.429% y lubricante 05%.⁶⁷

2.8. REQUERIMIENTOS DE SELENIO

En cuanto a valores de referencia, según el Consejo Nacional de Investigación de los EE.UU. (NRC), el alimento para bovinos debe oscilar entre 0.1- 0.3 ppm, mientras que un valor máximo de Se es de 0.5 ppm, el cual es ya considerado como tóxico.^{65, 66}

Varios investigadores han sugerido que una concentración de Se de al menos 100ng/ mL de sangre completa está asociada con una óptima respuesta inmune y fertilidad.

Según la clasificación de Georgievsky, la concentración normal de Se en sangre de bovinos es de 50-180ng/mL; sin embargo, Underwood sugiere que la concentración normal de Se en sangre de bovinos es de 100 ng Se/g, donde se considera que la concentración de Se sanguíneo adecuada es de 75-100 ng Se/g es moderadamente deficiente o marginal de 50-75 ng Se/g es bajo el contenido de Se y menor a 50 ng Se/g es deficiente.^{18, 20, 34, 68}

2.9. DEFICIENCIA DE SELENIO

La deficiencia de Se provoca una disminución en la actividad sanguínea de la enzima antioxidante glutatión peroxidasa (GSH-Px), la cual está relacionada con el normal funcionamiento del sistema inmunológico, y del tracto reproductivo tanto en machos como en hembras. La deficiencia de Selenio se presenta en bovinos cuando el contenido del mineral

en la ración es inferior a 100 ng Se/g. Esta deficiencia de Selenio se ha reportado en forrajes de Veracruz, Hidalgo y Estado de México (Texcoco).^{36, 68, 69, 70}

Se ha documentado muy bien que la deficiencia el Se acarrea a una gran variedad de problemas médicos en distintas especies. **Cuadro 1**

Se conocen o especulan, varias enfermedades en los bovinos asociadas con la deficiencia de Se, como Distrofia Muscular Nutricional, retención de placenta y mastitis, infertilidad, aborto, nacimiento de terneros prematuros, débiles o muertos; ovarios quísticos, metritis, concepción retardada, periodos de celo erráticos, débiles o silenciosos ⁷¹ **Cuadro 1**

Generalmente, los signos de deficiencias son más notables en las hembras y sus crías, debido a las demandas crecientes para el crecimiento y la dependencia de una única fuente de alimento (leche), la cría probablemente sea la más susceptible a la deficiencia de Se. Ya que la cría depende del contenido de Se en la leche de la madre del mismo modo que durante el desarrollo fetal. El contenido de Se en la leche está influenciado por la ingestión de alimentos que contienen este mineral traza.⁷² Los signos de la deficiencia de este mineral pueden ser de dos tipos: aquellos asociados con la vitamina E y aquellos de tipo puro. La mayoría de los casos observados en la práctica son del primer tipo. Los síntomas de deficiencia pura (esto es, no asociada a vitamina E) son crecimiento pobre, fallas reproductivas, alopecia (en ratas) y degeneración pancreática (en pollos).³⁶

III. JUSTIFICACION

El hecho de no conocerse los valores de Se en suelo, forraje y sangre de bovinos del Municipio de Julián Grajales, Chiapas. La intención de la presente investigación es identificar los valores de Se en estos puntos, además de la mejora en la concentración de Se sanguíneo por la administración de bolos intrarruminales con este elemento.

IV. OBJETIVOS

● OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la suplementación de Se con bolos intrarruminales en vacas de la cruce Suizo x Cebú en pastoreo al medir las concentraciones de Se sanguíneo y fecal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la concentración de Se sanguíneo y fecal en vacas Suizo x Cebú antes y después de la suplementación con bolos intrarruminales de selenio al 5 % y 10%.

Determinar y Reportar la concentración del Se en forraje y alimentos y las concentraciones basales de Se sanguíneo del ganado lechero.

Correlacionar la cantidad asimilada de Se en sangre y eliminada en heces en vacas Suizo x Cebú después de la suplementación de Se a través de bolos intrarruminales.

V. HIPOTESIS

Las concentraciones de Se sanguíneo y fecal en vacas lecheras de pastoreo suplementados con bolos intrarruminales al 5% y 10% de selenio serán comparativamente diferentes entre si y similares a los valores de referencia.

VI. MATERIAL Y METODO

Material

El principal material utilizado fue el selenito de sodio y otros tal como se muestra en el **anexo 1**.

Método

Para poder predecir la liberación del Se en el rumen de la vaca, se desarrolló la liberación del Se por los bolos *in Vitro* y así ver la intensidad de liberación del mineral.

6.1. FASE I. PRUEBA *IN VITRO* PARA IDENTIFICAR LA INTENSIDAD DE LIBERACION DEL SELENIO.

Se utilizaron los bolos elegidos a partir de un estudio *in vitro* donde se selecciono la combinación de materiales para la construcción que tuvieron una constante de eliminación que estuviera cerca del requerimiento diario del Se por los animales. (0.2 ppm / kg de alimento).

Todo este proceso se hizo con la finalidad de obtener el bolo indicado hecho del material apropiado para que sea efectivo durante un periodo de 90 días.

6.2. FASE II.- FORMULACIÓN DE BOLOS INTRA-RUMINALES

Para el desarrollo de este trabajo se desarrollaron tres tipos de bolos intrarruminales con concentraciones distintas.

- BOLO DE SELENIO INORGÁNICO: Principio activo: Selenito de sodio a una concentración de 5% + materiales para la construcción como matriz.
- BOLO DE SELENIO INORGÁNICO: Principio activo: Selenito de sodio a una concentración de 10% + materiales para la construcción como matriz.
- BOLOS SIN SELENIO que solo contenían materiales para la construcción.

Los bolos tuvieron un peso de 5 gr. Los ingredientes para cada bolo se pesaron en una balanza granataria eléctrica y posteriormente se mezclaron con agua desmineralizada, hasta formar una pasta, la cual se vertió en una peletizadora manual y rústica para formar cada uno de los bolos.



6.3. FABRICACIÓN DE BOLOS- INTRA-RUMINALES

Pasos para la elaboración de los bolos en el Laboratorio de Toxicología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina y Veterinaria de la U.N.A.M.

- 1.- Se hizo una mezcla de materiales para la construcción donde se añadió 5 o 10% de selenito de sodio y esta mezcla se calculó para obtener un bolo de 5 gr. de peso.
- 2.- La mezcla de adhesivos de la construcción y el selenito de sodio se depositaron una caja de Petri de 5 x 1.6 mm para homogenizarlos con una espátula de laboratorio.
- 3.- Se agregó 3ml de agua desmineralizada y deionizada y nuevamente se homogenizó.
- 5.- Se depositó la mezcla dentro de una jeringa de 30 ml a la que previamente se le seccionó transversalmente el extremo de contacto con la aguja para hacer el papel de un tubo.
- 6.- Usando como piso el embolo de la jeringa, se compacto la mezcla, aproximadamente a la mitad del vaciado se le agregó un balín.
- 7.- Se humedeció el papel filtro y se colocó sobre la jeringa recortada a manera de tapa, el papel filtro permitió pasar el agua pero no la mezcla y así se facilitó la compactación del bolo.
- 8.- Se colocó la jeringa dentro de una prensa de carpintero y se efectuó presión evitando que existieran espacios de aire dentro de la pared de la jeringa.
- 9.- Con el embolo de la jeringa se empujó suavemente la mezcla obtenida, con el fin de evitar daño al bolo recién fabricado.
- 10.- El bolo recién fabricado se dejó fraguar por 48 hrs. a temperatura ambiente.
- 11.- Revisar para detectar grietas, que pudieran afectar la integridad del bolo.
- 12.- Con la lija de agua se redondearon los bordes de los bolos.

13.- Usando una balanza analítica se verificó que los bolos alcanzaran el peso adecuado

Con el fin de verificar si el cemento por si solo aportaba otros minerales se hizo su análisis.

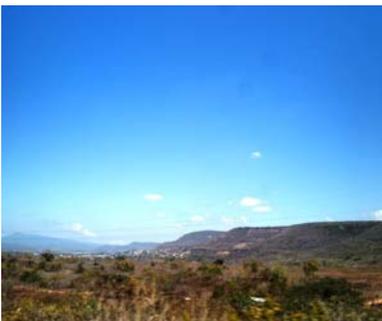
La concentración mas alta fue la de Ca = 62896.1 $\mu\text{g/g}$, esto quiere decir que si el bolo tenia 5 gr de cemento la aportación total de calcio seria 5 veces = 628961 $\mu\text{g}/ 5 \text{ g}$. En otras palabras el animal a través del bolo durante el experimento recibió 628 mg de Ca lo que significa una cantidad irrelevante durante el tiempo de experimento^{86, 87,88} **Cuadro 2**



6.4. FASE III.- PERIODO EXPERIMENTAL

6.4.1. LOCALIZACIÓN

El estudio duró 90 días comprendiendo los meses de marzo-mayo 2006 , se realizó en el Rancho Julián Grajales, Chiapas; está ubicado al Sureste de la República Mexicana a unas longitud de $16^{\circ} 20'$ y de latitud $92^{\circ} 33'$, El estado cuenta con una temperatura promedio anual de 24.3°C , una precipitación total anual de 1541.4 mm, el índice de Lang es de 62.7 , el porcentaje de precipitaciones durante los tres meses de enero, febrero y marzo es de 1.1%, la diferencia de temperatura entre el mes mas frío y el mes mas caluroso es de 3.8°C . con un clima tropical $\text{Aw}2(\text{w}) \text{ igw}''$.⁸⁹ De acuerdo a su conformación topográfica se puede apreciar que la mayor parte de su extensión los terrenos son irregulares con ligeros declives y prominencias, aunque existen áreas sumamente bajas y algunos lugares de loma con terrenos pedregosos. ⁸⁹



6.4.2 GRUPOS EXPERIMENTALES

Se tomaron 30 vacas lecheras Suizo x Cebú completamente al azar, de diferentes edades que fueron de 3 a 8 años de edad, con un peso promedio de ± 387 Kg. Mantenido en un sistema de producción en pastoreo con suplementación de sales minerales.

El grupo uno formado por diez vacas, a las cuales se les administro bolos con selenito selenito de sodio al 5%.

El grupo dos formado por diez vacas a las cuales se les administro bolos con selenito selenito de sodio al 10%.

El grupo tres (grupo testigo) formado de diez vacas, se les administro bolos sin Se.



6.4.3 ALIMENTACIÓN

Todos los animales se mantuvieron en pastoreo a libre acceso a base de rastrojos de maíz, de sorgo y zacates como Jaragua, Tanzania, además del concentrado hecho de 20% de gallinaza, 30% de maíz, 30% de Sorgo, 20% de rastrojo. Se les administró a libre acceso cloruro de sodio yodatado. Se verificó la concentración de Se en los pastos, el concentrado y la sal yodatada durante los días 0,60 y 90.



6.4.4 ADMINISTRACIÓN DE BOLOS

Para este estudio se administro un solo bolo a cada unidad experimental vía oral, con ayuda de un tira bolos de plástico.



6.4.5. MUESTREOS

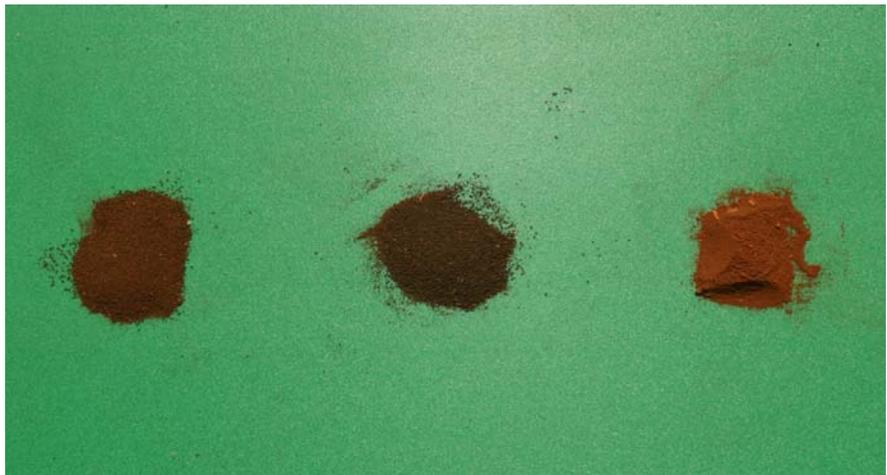
A todos los animales se les tomaron muestras de sangre y heces antes de introducir los bolos. Se tomaron 5 ml de sangre de la vena coccígea por medio agujas y tubos vacutainer® de 10 ml estériles con anticoagulante (EDTA) a los días cero, 15, 30, 60, y 90 del experimento. A las 6 a.m. dentro del corral, antes de que los animales fueran llevados a la pradera. Las muestras se almacenaron en congelación inmediatamente después del muestreo. Se utilizó la sangre completa ya que la mayor concentración de selenio se encuentra dentro de los eritrocitos.⁹⁰ Las muestras de heces se colectaron directamente del ano de la vaca, colocando las heces en bolsas de plástico, este muestreo se hizo al principio, en los días 0, 15, 30, 60 y 90 del estudio. Las muestras de forraje y suplemento alimenticio que se les dió en la dieta se colectaron a los días 0, 60 y 90 días, colectándolas en bolsas de papel estraza para su transporte y posterior análisis. Una vez colectadas las muestras se mantuvieron en refrigeración para su transportación y posterior análisis en el laboratorio de toxicología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.



6.4.6. CUANTIFICACIÓN DE SELENIO EN FORRAJE, SUELO Y CONCENTRADO

Se llevó a cabo la digestión de las muestras, donde primeramente se pesó 0.05 gr. de la muestra en un vaso de teflón HP500 Plus del Horno de Microondas MARS5 (CEM, USA) se le adicionó 2 ml de H₂O desionizada, 3 ml HNO₃ y 1 ml H₂O₂ y la cuantificación se hizo por medio de espectrofotometría de absorción Atómica acoplada a Generador de Hidruros según las especificaciones del fabricante.⁹¹

Se hizo una clasificación de los suelos del municipio Julián Grajales en Chiapas, se obtuvo que el suelo de llano era color cobrizo-grisáceo arenoso con un tamaño de partícula de 250 micrones.



6.4.7. CUANTIFICACION DEL SELENIO EN SANGRE

Se llevó a cabo la digestión de la muestra, donde primeramente se pesó 2 gr. de la muestra en un vaso de teflón HP500 Plus del Horno de Microondas MARS5 (CEM, USA) se le adicionó 2 ml de H₂O desionizada, 3 ml HNO₃ y 1 ml H₂O₂. Después de dejarlo digerirse aproximadamente una hora, se prepararon los vasos para ser integrados en el carrusel de horno MARS (se colocaron los vasos en las chaquetas, se colocaron sus tapas las cuales deben de estar preparadas con su respectiva membrana de seguridad, se cerraron los vasos adecuadamente y se colocaron los 12 vasos en el carrusel). Se colocó el sensor de temperatura en el vaso control del carrusel y éste se colocó en el horno de microondas, se especificaron y guardaron las condiciones del programa de digestión e inició el análisis.⁹¹ Al terminar la digestión se dejaron enfriar los vasos a temperatura ambiente, se aforó con 10 ml de agua desmineralizada, para posteriormente el contenido de los vasos de teflón ser vaciada en frascos de polietileno de 60 ml previamente etiquetados.

6.4.8. CUANTIFICACIÓN DE SELENIO EN HECES

Para el análisis de selenio en las muestras de heces, estas se suspendieron en 50ml de ácido nítrico al 20% por una hora, después se filtraron usando un filtro de poro grueso, se centrifugaron por 10 minutos a 2500 rpm. Para la cuantificación del selenio en todas las muestras de sangre y heces, se utilizó el generador de hidruros acoplado a un espectrómetro de absorción atómica, siguiendo las especificaciones descritas en el manual de operación del fabricante del equipo. La concentración del Selenio se expresa en nanogramos por gramo de muestra (ng Se/g); la concentración final se obtuvo después de la estimación de la concentración inicial a partir de la absorbancia para cada muestra en el punto de localización

de la línea de la regresión lineal entre concentración y absorbancia de los estándares. La concentración final se calculó al multiplicar la concentración inicial por el aforo dividido entre el alícuota para la generación del hidruro y dividido entre el número de gramos de la muestra. ⁹¹



6. 5. DISEÑO EXPERIMENTAL Y MODELO ESTADÍSTICO

Análisis de varianzas, completamente al azar con mediciones repetidas para las variables concentración de Se en sangre y heces por efecto de bolos intrarruminales al 0, 5 y 10% de Se.

MODELO ESTADISTICO

$$Y = x\beta + E$$

Donde:

Y= Variable de respuesta. Valor que representa la concentración de Se en sangre o heces durante los días de muestreo 0, 15,30,60 y 90.

x = Bolos a diferentes concentraciones de Se (0, 5 y 10% de Selenito de sodio).

β = Días de muestreo (0, 15, 30, 60 y 90).

E=Matriz de errores aleatorio.

6.5.1. ANALISIS ESTADISTICO

Se realizó un análisis de varianza con mediciones repetidas (JMP Versión 4). La variable de respuesta es la concentración de Se en sangre y heces medida en 5 diferentes ocasiones en el tiempo (0, 15, 30, 60 y 90 días). El presente estudio se clasifica como estudio longitudinal, prospectivo, comparativo y experimental. Se realizó una transformación de los datos para obtener normalidad y homogeneidad de varianzas para las concentraciones de Se en sangre y heces. Los contrastes empleados para determinar que concentración de Se en los bolos fue diferente mediante los Ajustes de Bonferroni usándose un nivel de significancia del 0.05 y al dividirlo entre los pares de medias a comparar el $\alpha=0.005$ ($0.05/9$) que es el que se empleara.

VII. RESULTADOS

7.1. CONCENTRACIONES DE SE EN SUELO

Las concentraciones de Se en el suelo donde se mantuvieron pastando las vacas de este estudio fueron de 7, 2.2 y 2.1 ng Se/g. Las cuales están por debajo de la concentración considerada como mínima aceptable. Por lo tanto se deduce que estos suelos son deficientes en Se.

La cantidad adecuada de Se que debe contener el suelo para satisfacer las necesidades de los animales es de 50ng Se/g siempre y cuando este disponible para las plantas.^{55, 43}

Al analizar las concentraciones de Hierro (Fe) en los suelos se detecto una concentración promedio de 249.30 ng Fe/g. Esto es indicativo de la presencia de un alto contenido de Fe en los suelos.

El valor promedio del pH observado en los suelos fue de 6.3, es decir que estos suelos presentan un pH ácido. Por lo tanto la disponibilidad del Se en este suelo es pobre. Esto nos señala tres factores que harán que las plantas posean bajas concentraciones de este mineral: el escaso contenido de Se en el suelo, el pH ácido y el alto contenido de Fe en el suelo haciendo indisponible el Se.

7.2. CONCENTRACIONES DE SE EN FORRAJE Y CONCENTRADO.

La concentración promedio de Se identificado en los rastrojos consumidos por las vacas durante el periodo experimental fue de 12ng Se/g de materia seca (MS) en el primer muestreo, 19 ng Se/g en el segundo y 4 ng Se/g en el tercero. Esta información nos

demuestra la escasa o nula cantidad del Se en el forraje dependiente de la escasa cantidad y poca disponibilidad del Se en el suelo. En el concentrado no se detectaron cantidades significativas por arriba de la cantidad mínima detectada por el equipo. (< 5 ng Se/g). El no haberla identificado por el sistema de detección con el generador de hidruros es indicativo de una cantidad nula de Se en los ingredientes del concentrado. Los valores de referencia para considerar un concentrado o un forraje con cantidades adecuadas de Se deben ser por arriba de 200 ng Se/g. **Cuadro 3**

7.3. CONCENTRACIÓN DE SELENIO SANGUÍNEO.

Al inicio del experimento las concentraciones basales de Se sanguíneo en los tres grupos con bolos al 0, 5 y 10% de Se, fueron de 14.46, 17.55 y 22.15 ng Se/g respectivamente.

Cuadro 4

En la **figura 1 y 2** se observan las concentraciones promedio de Se sanguíneo de los grupos tratados con bolos al 0, 5 y 10%; donde los grupos tratados con bolos al 5 y 10% mostraron concentraciones superiores a las del grupo control (bolo al 0%) desde el día 15 hasta el último día de muestreo (día 90). A los 90 días las concentraciones fueron similares entre los 3 grupos. En el grupo con bolos al 5% se observa un incremento en el día 30 mientras que en el grupo tratado con bolo al 10% se observa en el día 30 y día 60. **El Cuadro 4** muestra las concentraciones promedio de los valores de Se sanguíneo por día de muestreo en los tres tratamientos durante el periodo experimental.

Para analizar la variable concentración de Se sanguíneo en cada uno de los tres grupos experimentales, se realizó una transformación de las concentraciones finales obtenidas,

debido a que no cumplían con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas y para dicho calculo se empleo la transformación Box-Cox.

En el análisis estadístico realizado por las pruebas de Box- Cox se buscó el efecto de los factores entre y dentro de los animales para la concentración de Se sanguíneo que se describe a continuación. En primer término se describe los hallazgos del Se en sangre.

La transformación fue la siguiente:

$$\frac{[\ln(\text{Se}_{\text{ sangre }}^2 - 1)]}{0.0174}$$

La prueba realizada arrojó los siguientes resultados:

Se obtuvo que existe un efecto significativo entre los tratamientos (P= 0.0481), los días de muestreo (P<0.0001) y entre la interacción tratamiento*días de muestreo (P= 0.0013).

Cuadro 5

En los tres grupos tratados con bolos intrarruminales (0, 5 y 10% de Se) se encontró diferencia significativa entre ellos (P= 0.0481).Es decir los grupos tratados con 5 y 10% fueron diferentes al grupo que recibió bolos al 0%. (P= 0.0084). **Cuadro 5, figura 1 y 2**

Se observaron diferencias significativas entre días de muestreo (0, 15, 30, 60 y 90) (P<0.0001). **Cuadro 5.** Esto quiere decir que se encontró diferencia entre los días de muestreo asociada a la concentración del Se a partir del bolo. **Cuadro 6 y 7, figura 1 y 2**

Considerando la concentración de Se en cada uno de los grupos tratados (0, 5 y 10%) se obtuvo como respuesta diferencias en la concentración de Se sanguíneo a lo largo de los 90 días de muestreo. Se identificaron diferencias estadísticas entre los días de muestreo 0-15 ($P= 0.0013$), 15 - 30 ($P=0.0003$), 30 - 60 ($P<0.0001$) y 60 - 90 ($P<0.0001$). Lo anterior sugiere que las concentraciones de Se en sangre fueron diferentes para cada tratamiento en los diferentes días de muestreo. **Cuadro 6 y 7, figura 1 y 2**

Posteriormente se realizó un análisis de perfiles con ajuste de Bonferroni para así explicar la interacción que había entre los días de muestreo con la concentración de Se sanguíneo que había en cada uno de los grupos tratados (0, 5 y 10% de Se).

La información que se presenta a continuación, especifica las diferencias entre días, de acuerdo a la concentración de Se en el bolo, así se observa que las diferencias se encontraron como a continuación se menciona: entre los días 0-15 de muestreo en los grupos tratados con bolos al 0 y 5% de Se, presentaron una diferencia significativa ($P= 0.0040$) en la concentración promedio de Se sanguíneo. De forma que se obtuvo un incremento en la concentración de Se del grupo tratado con bolos al 0% (29.09 ± 3.15) en relación al grupo tratado con bolos al 5% (20.93 ± 5.7 ng Se/g). **Figura 1, 2 y cuadro 4**

La diferencia a favor del grupo con 5% de Se, entre la concentración promedio de Se sanguíneo en los días 15-30 de los grupos tratados con bolos al 0% (25.21 ± 4.57 ng Se/g) y 5% (49.24 ± 5.41 ng Se/g), fue significativa ($P< 0.0001$). En este muestreo se observaron las

concentraciones mas elevadas del experimento en el grupo con 5%.

Mientras que en el grupo con 0% de Selenio se redujo y se observó una tendencia a la baja en los siguientes muestreos. **Figura 1, 2 y cuadro 4**

La diferencia del contenido de Se sanguíneo entre los 30-60 días, del grupo con 5% frente al grupos 0 (P= 0.0013) y 10% (P< .0001)., mostró ser significativa. Esta respuesta se debe a la disminución en las concentraciones promedio de Se sanguíneo del grupo con bolos al 5% (12.48 ± 0.91 ng Se/g). Mientras que en el grupo con 10% se observó un incremento (44.81 ± 6.19 ng Se/g) **Figura 1, 2 y cuadro 4**

Finalmente las concentraciones promedio de Se sanguíneo entre los días 60-90 de muestreo en el grupo tratado con bolos al 10% se observaron diferencias significativas con respecto al grupo tratado con bolos al 0% (P= 0.0001) y 5% (P< 0.0001). Esta diferencia se asoció a la disminución en la concentración de Se sanguíneo del grupo tratado con bolos al 10% (19.43 ± 3.10 ng Se/g) hasta llegar a las concertaciones basales como los otros dos grupos. Las variaciones del contenido de Se en el grupo con 5% entre el día 60 y 90 se expresa como un aumento (23.28 ± 2.41 ng Se/g).**Figura 1, 2 y cuadro 4**

7.4. CONCENTRACIÓN DE SELENIO FECAL.

Al inicio del experimento las concentraciones basales de Se fecal en los tres grupos, fueron de 4.4, 4.2 y 2.4 ng Se/g respectivamente. Estos valores indican una deficiencia franca.

Cuadro 8

En la **figura 3 y 4** se observan concentraciones promedio de 6.24, 14.99 y 12.56 ng/ g de Se fecal. Lo que indica que la concentración fecal fue mínima en los grupos tratados. Las concentraciones fecales tuvieron irregularidades a lo largo del periodo experimental. El grupo tratado con bolos al 5% fue el que eliminó mayor concentración de Se fecal desde el día 15 hasta el ultimo día de muestreo percibiéndose un incremento en los días 15 y 60; seguido por el grupo al 10%, notando incrementos en la concentración fecal a los días 15 y 90, mientras que el grupo tratado con 0% se mantuvo muy por debajo de estos. A partir del día 60 hasta el día 90 el grupo tratado con 0% de Se presentó concentraciones menores a las reportadas antes de iniciar el experimento. Estas diferencias de la concentración entre el grupo que no recibió Se y entre los que si recibieron se interpretan como la liberación de Se a partir de los bolos y cantidades mínimas que no fueron absorbidas.

Para analizar la variable concentración de Se fecal en cada uno de los tres grupos experimentales, se realizó una transformación de las concentraciones finales obtenidas, debido a que no cumplían con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas y para dicho calculo se empleo la transformación Box-Cox.

En el análisis estadístico realizado por las pruebas de Box- Cox se buscó el efecto de los factores entre y dentro de las vacas para la concentración de Se fecal que se describe a continuación.

La transformación fue la siguiente:

$\text{Log}_{10} (\text{heces} +1)$

Después de realizar el análisis por ésta prueba estadística se obtuvieron los siguientes resultados:

Hubo diferencias significativas en el contenido promedio de Se en heces entre los 3 grupos que recibieron los bolos intrarruminales (0, 5 y 10% de Se) ($P= 0.0008$). **Cuadro 8, figura 3 y 4** En los animales que recibieron bolos con Se, se identificó en las heces, mientras que el grupo que recibió bolos sin Se no sufrió ninguna modificación a partir de los valores basales.

Al analizar el efecto de los días de muestreo (0, 15, 30, 60 y 90) se encontró diferencias significativas entre cada uno de ellos ($P < 0.0001$). **Cuadro 8, figura 3 y 4**

Al analizar la interacción de las concentraciones de cada uno de los grupos tratados con el periodo de tiempo se observaron diferencias significativas ($P < 0.0001$). **Cuadro 8, figura 3 y 4**

Posteriormente se realizó un análisis de perfiles con ajuste de Bonferroni para así explicar la interacción que había entre los días de muestreo con la concentración de Se fecal que había en cada uno de los grupos tratados (0, 5 y 10% de Se).

Al observar el comportamiento de la interacción del Se en cada uno de los días en que se realizó el muestreo con la concentración de Se fecal en cada uno de los grupos tratados se obtuvo lo siguiente.

En el **cuadro 9** se observa que durante los días de muestreo 0-15 no hubo diferencias significativas ($P= 0.1216$), ni entre el los días 15- 30 ($P = 0.2776$), percibiendo que durante estos días, en los tres grupos se identificó un incremento paralelo. **Figura 3 y 4**

Para los días 30 y 60 los bolos que mostraron diferencia significativa fueron los de 10% de Se en relación a los del 0% ($P= .0001$) y 5% ($P< 0.0001$). Esta respuesta se debe a un aumento en la concentración promedio de Se fecal del grupo tratado con 5% (23.79 ± 79 ng Se/g) y una drástica disminución de los grupos tratados con bolos al 0% (4.78 ± 0.79 ng Se/g) y 10% (74 ± 0.56 ng Se/g). Los tratamientos de 0 y 10 presentaron concentraciones parecidas a las basales. **Cuadro 8, 9, 10, 11 y figura 3, 4**

Finalmente para los días 60 y 90 los bolos que mostraron diferencia significativa fueron los de 10% en relación a los de 0% ($P= .0001$) Y 5% ($P= .0001$). Ya que se incrementó la concentración de Se del grupo tratado con 10% de Se (16.75 ± 2.01 ng Se/g), una disminución en las concentraciones del grupo con 5% de Se y una permanencia en las concentraciones del grupo tratado con 0% (3.53 ± 0.64 ng Se/g). **Cuadro 8, 9, 10, 11 y figura 3, 4**

Las concentraciones promedio de Se fecal durante todo el experimento fueron escasas e irrelevantes (< 31 ng Se/g) ya que tan solo representaron una décima parte del total del Se contenido en el alimento. **Cuadro 8**

En este punto es de considerar que entre menos Selenio se encuentre en las heces mayor será la absorción.

7.5. CORRELACIÓN DE SELENIO SANGUINEO Y FECAL

Para poder determinar la correlación del contenido de Se sanguíneo con el fecal se realizó un Análisis de Correlación de Pearson realizado en el paquete estadístico SPSS versión 10 utilizando los datos sin transformar.

Se tuvo que al hacer la correlación de Pearson no hubo asociación entre las concentraciones de Se sanguíneo y fecal para ninguno de los tratamientos en ninguno de los tiempos. El hecho de no haber encontrado correlación entre el Se sanguíneo con el Se fecal, esto sugiere, que al haber poco Se en las heces, el Se sanguíneo se incremento y por lo tanto siempre se observó una buena liberación y una buena absorción. **Cuadro 12**

VIII. DISCUSIÓN

En la presente discusión al comparar los valores de Se sanguíneo entre ovinos y bovinos, con bolos intrarruminales de diferentes matrices y animales se prestará a una posible confusión, pero la información siempre versará al rededor de la respuesta del Se sanguíneo por bolos intrarruminales independiente de la especie. También se compararan los resultados de Se sanguíneo entre ovinos con bovinos, especies de diferente masa corporal, con bolos de densidades y concentraciones parecidas. Parte de estas ideas son los puntos de discusión en el presente capítulo, Sin embargo, las comparaciones entre estudios se deben hacer con reserva. Ya que las diferencias por el estado de salud, sexo, edad, fin zootécnico, peso, estación del año, tipo de granjas, especies de pastos, especies de animales utilizados y concentraciones basales, hacen que la respuesta en la concentración de Se sanguíneo sea diferente. Así mismo concentraciones de Se en la dieta y la presencia de otros elementos minerales, pueden afectar la respuesta al tratamiento,^{10, 11, 12, 28} derivada de la biodisponibilidad, solubilidad y capacidad absorbente de la mucosa entérica.

8.1 CONCENTRACIONES DE SELENIO EN SUELO

Las concentraciones de Se en el suelo donde se mantuvieron pastando las vacas de este estudio tan solo fueron de 7- 21 ng/g observando que estas concentraciones están por debajo de la concentración considerada como mínima (50 ng Se/g).^{55, 43} y muy por debajo de las reportadas por diferentes autores. Por lo tanto se infiere que estos suelos son deficientes en Se. Esto coincide con lo notificado por Espinosa quien señala que los suelos de Catemaco Veracruz son deficientes de este mineral.^{55, 43, 92, 93, 94, 95,96} De igual forma Rosiles

et al., identificaron que el contenido de Se (63 ng Se/g) en los suelos del Estado de México (Ixtlahuaca) al compararlos con este estudio, ambos se señalan como deficientes.³⁵

En este experimento se encontró un pH ácido (6.3), concordando con lo hallado en los suelos de Catemaco Veracruz los cuales presentaron un pH fuertemente ácido, lo que hace que el Selenio sea indisponible para las plantas⁴¹. Este pH ácido será responsable de la menor disponibilidad del Se, así como se ha notificado incluso en África por VanRyessen.^{41,97} Se reportaron grandes concentraciones de Fe en estos suelos y se sabe que es una causa por la cual tiende a volver indisponible al Se (selenito ferroso básico), corroborando así, que en los suelos donde pastoreaba el ganado presentaba concentraciones bajas de Se y altas de Fe.³⁵ Puntualizando que las concentraciones de Se en suelos, obtenidas por dichos autores, son marcadamente mayores que las reportadas en este experimento.

8.2. CONCENTRACIONES DE SE EN FORRAJE Y CONCENTRADO

Cabe aclarar que debido a que los animales se encontraban en pastoreo no se controló el consumo de Se proporcionado por la pradera constituida de varios forrajes, el cual pudo producir variaciones en la concentración de Se en el animal. Sin embargo, las concentraciones de éste elemento en la pradera fue deficiente al igual que en el concentrado que se les daba de acuerdo con el criterio de Arthur, tal como lo describe Guerreiro, por lo que se considera que el contenido de Se en estos forrajes y concentrado es de bajo impacto en los animales. Así mismo esto demuestra que los animales con esta dieta presentan deficiencias de este mineral, por lo que requieren de la suplementación.

Estos resultados concuerdan con los reportados por distintos autores quienes mencionan que en sus áreas de trabajo los forrajes estaban deficientes en Se. (< 100 ng/g).^{98, 13, 99, 34, 85, 60, 36, 46, 7} Comparativamente en este estudio se detectaron cantidades no mayores a 19 ng Se/g reiterando que estos forrajes eran marcadamente deficientes.

Ahora bien la zona donde pastan las vacas y el concentrado que se les suministra, aunque tuvieran concentraciones moderadas de Se, no garantizaría que el animal lo consumiera, debido a la digestibilidad, selectividad u otros factores que afectan al animal.

Blanco *et al.*,⁸⁵ informan que en la región de Tres marías el **concentrado** suministrado a las borregas utilizadas se fabricó deficientemente de Se (50 ng Se/g). Mientras que en el concentrado de éste estudio hecho con ingredientes naturales de la zona se detectaron cantidades no mayores de 24 ng Se/g considerado como deficiente.

Entre tanto en este estudio se reportó que los suelos donde pastaban las vacas poseían un pH ácido y altas concentraciones de Hierro, lo cual hace suponer que son factores que hacen indisponible el Se y por ende la baja concentración del elemento mineral en los forrajes de esta zona, que coincide con lo informado por Guerrero.^{55, 66}

Lo anterior puede reflejar que la complementación de Se en las vacas lecheras de éstas zonas al utilizar comprimidos con diferentes concentraciones de Se será de beneficio para mejorar el estado nutricional del Se en estos animales.⁸⁵

8.3. CONCENTRACIÓN DE SELENIO SANGUÍNEO

Las concentraciones de Se sanguíneas basales promedio observadas en los tres grupos de éste estudio fueron de 14.47 ng. Se/g, 17.55 ng Se/g y 22.16 ng Se/g. **(Cuadro 6 y figura 1)**

Es decir que las concentraciones encontradas estaban muy por debajo de lo reportado por otros autores cuando se refieren a valores basales.^{4, 18, 51, 20} Así mismo menores a las recomendadas por el NRC (80-100 ng Se/g)²²

Los resultados obtenidos en esta investigación, concuerdan con lo notificado por Rosiles *et al.* y Di Michelle *et al.*, quienes reportan concentraciones sanguíneas basales similares a las de este estudio, pero no así con lo reportado por Otaiza *et al.*,^{101, 102} Blanco *et al.*, Gutiérrez *et al.* y Gaytan *et al.*, quienes reportaron concentraciones que van de 22 ng Se/g a 133 ng/g en ovinos. Estos valores basales estaban dentro del rango del estado de salud y mas elevadas que el presente estudio. Aquí cabe señalar que una de las posibles causas es que el ganado bovino con el cual se trabajo, estaba marcadamente deficiente, que no fue posible llenar sus requerimientos de este mineral, aunado a que la masa corporal de un ovino es mas pequeña al comparase con la de un bovino. Esto significa que será más fácil llenar las necesidades de un ovino que la de un bovino con bolos del mismo peso y la misma concentración.^{85, 103} Contrariamente Sarabia *et al.*, reporta que los animales al inicio del estudio tenían concentraciones de Se en plasma dentro del rango considerado como aceptable por diversos investigadores.³⁶ Esto hace suponer que si el experimento empieza con valores de Se sanguíneo considerados como dentro del rango de salud, la respuesta positiva por la aplicación de los bolos intrarruminales será mas marcada, mientras que si se empieza con valores deficientes la respuesta será mas baja y en mayor tiempo.³⁶

La deficiencia de Se sanguíneo en los bovinos del presente estudio, puede explicarse posiblemente por que los animales se encontraban en un sistema de pastoreo con una marcada deficiencia de Se en el forraje.^{18, 43, 20} Otra posible causa puede ser el alto contenido de Hierro en el suelo. Este ultimo elemento hace indisponible el Se para ser absorbido por las plantas.^{18, 19, 20} También durante las épocas de lluvia en esta región la precipitación pluvial es mayor de 1000 cm³ y hace que favorezca la lixiviación de los suelos.^{18,43 y20} Por lo tanto las bajas concentraciones de Se en los forrajes se ve reflejado en bajas concentraciones de Se sanguíneo.

El promedio de concentración de Se sanguíneo en los animales que recibieron 5 y 10% de Se, fue inferior al registrado por Wilkins *et al.*, quienes encontraron 77 ng Se/g en animales tratados con comprimidos al 5% de Se. Observando que sí se incremento la concentración de Se sanguíneo, pero no llego a las concentraciones óptimas recomendadas por el NRC (100 ng Se/g) para animales de otra localidad. A pesar que las concentraciones no llegaron a los rangos considerados como óptimos por otros autores, los bovinos no presentaron signos de deficiencia.⁸⁵ **Cuadro 4 y figura 1,2** La información de este estudio, empata con lo notificado por Hunter *et al.*, Kuchel *et al.*, Langlans *et al* y Millar *et al*,^{104, 80, 105, 106.,}

El promedio de concentración de Se en sangre de los animales tratados siempre se mantuvo por arriba de los del grupo testigo y esto indica que los animales tratados sí aprovecharon de manera eficiente el Se presente en los bolos a partir de los 15 días de que se les aplicó concordando con lo reportado por Gutiérrez *et al.*, y Blanco *et al*. Se hallo que durante los días de muestreo 15-30, las concentraciones de Se en las vacas con 5 y 10% se fueron incrementando y se mantuvieron por encima de los del grupo testigo.

Esto demuestra que si se liberaba Se de los comprimidos y además fue absorbido por los animales. **Cuadro 6 y figura 1,2** Sin embargo estas concentraciones, están por debajo de lo reportado por Blanco *et al.*, Wilkins *et al.*¹⁰⁷ y Kuchel *et al.*,^{80, 107} quienes identificaron concentraciones similares entre si en ovinos tratados con bolos de concentraciones y pesos similares. Mientras tanto en éste experimento ninguno de los 3 grupos de vacas tratadas reportaron concentraciones sanguíneas semejantes a las reportadas por dichos autores.

Al comparar las concentraciones de Se entre el día 0 con el día 15, el grupo testigo al día 15 mostró un ligero aumento en la concentración, posiblemente derivado de la remoción de los depósitos corporales. Se encontró que en varios estudios realizados con comprimidos de Se en diferentes concentraciones, a partir de la primera semana de administrarse el comprimido, las cantidades de Se en sangre aumentan y se mantienen en valores adecuados durante los primeros 2 a 4 meses.^{69, 91, 92}

Igualmente al comparar las concentraciones de Se entre el día 15 y 30, se elevaron en los grupos con 5 y 10% de Se, siendo el grupo tratado con bolos al 5% el que alcanzo las mayores concentraciones al días 30 de muestreo, al igual que el grupo tratado con bolo al 10% quizá no con la misma intensidad pero observándose un incremento marcado, mientras que el grupo con bolos sin Se fue disminuyendo paulatinamente hasta el ultimo día de muestreo (90 días). Las elevaciones en la concentración de Se sanguíneo probablemente se debió a que las reservas corporales de Se, ya habían sido utilizadas por el animal. Mientras tanto, Sarabia³⁶ utilizo bolos intrarruminales con 9.5 mg de Se como Se orgánico de levaduras[®] en bovinos de leche obteniendo diferencias significativas Los animales del grupo testigo mostraron concentraciones de Se en plasma menores que los animales a los que se les administro el bolo con levaduras. Las concentraciones de Se en plasma de los animales

testigo se mantuvieron mas o menos constantes mientras que el grupo tratado mostró mayor fluctuación en dichas concentraciones pero se mantuvieron por arriba de los animales testigo. De manera contraria en este estudio las concentraciones de Se sanguíneo encontradas fueron mucho menores a las reportadas por Sarabia ³⁶, y al igual se reportan mayores fluctuaciones en el grupo tratado. Esta marcada diferencia entre los dos trabajos y entre los valores basales comparados con los valores de respuesta se asocia a que utilizó Se orgánico y en éste estudio se utilizó Se inorgánico. Estas variaciones se puede deber a causas externas o internas que probablemente pueden modifican las concentraciones de éste mineral como son el clima del periodo de muestreo, tipo de alimento, raza, edad, entre otras.

En éste experimento las concentraciones de Se sanguíneo se incrementaron a partir de la cuarta semana (tercer muestreo) en el grupo tratado con 5% de Se, este hecho hace suponer que la deficiencia tan marcada en el ganado de éste estudio hizo que el aumento en las concentraciones de Se sanguíneo se comenzara a observar a partir del los días 15 y30. Concordando con, Kuchel ¹⁰⁸, Bruckley ⁸⁰, Judson et al. ¹⁰⁸, Blanco ⁸⁵ y Gutiérrez *et al*¹⁰³ quienes encontraron que a las primeras semanas de haberse aplicado el comprimido también las concentraciones de Se en sangre se elevan. Al igual Amador y col. Reportaron que al día 30 de muestreo obtuvo las mayor concentración de Se plasmático en el grupo tratado con bolos con 900 gr de Se y que al día 45 estas concentraciones eran similares a las encontradas al inicio del experimento, observándose en este estudio que las concentraciones en los dos grupos tratados con 5 y 10% de Se elevaron sus concentraciones, se mantuvieron y declinaron al día 90. ^{108, 80, 103,109}

Durante los días 30 y 60 los dos grupos al 0 y 5% disminuyeron las concentraciones en cambio el grupo con 10% de Selenio se mantuvo y se incrementó a su mas alta concentración, cumpliendo con uno de los objetivos esperados que era que entre mas Se tuvieran los bolos, con forme transcurrían los días de muestreo, mayor sería la concentración de Se sanguíneo. En este punto de muestreo los resultado son semejantes a lo notificado por Millar y Meads ¹⁰⁶ cuando utilizaron comprimidos con Se, Cu y Co, quienes mencionan que las concentraciones de Se en sangre de borregos del experimento, aumentaron los valores recomendados a los dos meses después de su aplicación y alcanzaron concentraciones máximas después de los 4 meses, que comparativamente con este estudio los valores más elevados de Se en el grupo tratado con bolos al 5% se alcanzaron al mes y con bolos al 10% se alcanzaron a los dos meses de haber aplicado los bolos, concordando con lo hallado por estos autores.

Finalmente para los días 60 y 90, las concentraciones de Se del grupo tratado con 10% de Se disminuyeron hasta alcanzar concentraciones basales, probablemente a que el Se contenido en los bolos ya había sido utilizado por el animal, mientras que el grupo tratado con bolos al 5% aumentaron sus concentraciones probablemente a que empezaron a utilizar sus reservas corporales. Al día 90 de muestreo las concentraciones de Se sanguíneas fueron similares entre los tres grupos, esto posiblemente se debe a que los bolos ya habían dejado de liberar el Se. Al comparar valores de Se plasmático con Se sanguíneo Sarabia 2004 ³⁶ en el día 45 de muestreo, seguía reportando concentraciones plasmáticas superiores a las de referencia, mientras que en este estudio las concentraciones para el día 90 en sangre ya empataron con las basales. Empatando con lo reportado por Amador y col. quienes al aplicar bolos con 1800 mg de Se y 31 gr. de peso alcanzaron concentraciones similares a las

basales hasta el día 90 de muestreo. Las posibles causas de variación del Se sanguíneo no controladas derivadas de factores como; tipo y concentración de bolo administrado, de la concentración de Se en el forraje y de la concentración de Se almacenado en los tejidos de los animales experimentales. En el estudio realizado por Langlands et al.,¹¹⁰ indicaron que los comprimidos con mayor duración son aquellos que tienen más Se, se fabrican a mayor presión, son huecos, están cubiertos con lubricantes y generalmente son de mayor tamaño que los del presente estudio.

8.4. CONCENTRACIÓN DE SELENIO FECAL

Al inicio del experimento las concentraciones basales de Se fecal en los tres grupos con bolos fueron mínimas.

Se pudo observar que las concentraciones fecales en el grupo con bolos al 0%, aumentaron al día 15, esto responde a lo hallado en sangre, donde al día 15 aumentaron las concentraciones de Se, probablemente a una utilización de este mineral contenido en sus reservas corporales y por lo tanto se dio una mayor eliminación de Se fecal y dado a que este grupo no fue suplementado, y fue agotando sus reservas corporales, declinaron sus concentraciones de Se hasta ser menores a las basales, connotando que siempre se mantuvieron por debajo de los grupos tratados, concordando a lo reportado por Gutiérrez.⁴⁰

El grupo al 5% elevó sus concentraciones a los días 15 y 60, disminuyéndolas a los días 30 y 90, mientras que el bolo al 10% las elevó al día 15 y 90 y las disminuyó al día 30 y 60. El aumento en la eliminación fecal posiblemente se debe a que al haber una elevada concentración de Se en sangre, la microbiota ruminal no tuvo la capacidad de asimilación del

Se y por lo tanto al no ser absorbido por completo, el exceso de Se fue eliminado en heces. La disminución de Se fecal posiblemente se debe que la microbiota utiliza completamente el Se sanguíneo y por lo tanto no hay una eliminación heces.

En el presente estudio la cantidad encontrada en heces fue escasa demostrándose que la vía fecal es una de las vías de excreción aun en cantidades pequeñas y se infiere que la vía fecal no fue la principal vía de excreción (como pudo ser la urinaria) o que era tan grande la demanda de éste mineral por parte de los animales que el bolo fue utilizado rápidamente por el animal, llegando a suponer que a al día 90, los bolos ya habían sido bien aprovechado por los animales, ya que se ha observado que el Se que es desechado en heces es el que no absorbe el animal, además del excretado por el sistema biliar, pancreático y células de la mucosa intestinal.

Cuando el animal no utiliza el exceso de este elemento es desechado, así que los animales con comprimidos al 5% eliminaron mas Se en heces respecto al grupo sin Se y al de 10%, hallando que la cantidad de Se encontrada en heces fue mínima por lo que se infiere que hubo una adecuada absorción de Se por parte del animal.

Gutiérrez et al., ¹⁰³ encontró que los animales con bolos de 10% mostraron mayor concentración de Se en heces, respecto del grupo que no lo recibió. En el presente trabajo el grupo con mayor concentración de Se fecal fue el de 5%. **Cuadro 4, figura 3 y 4.** Gutiérrez no encontró diferencia significativa en el contenido promedio de Se en heces entre los animales de 0, 5 y 10%, mientras que en este estudio si hubo diferencias. Esto se observa en el grupo del 5% donde se incremento la cantidad en heces indicando una pobre asimilación de Se por parte del animal.

En cambio en el grupo del 10% al encontrarse cantidades de Se bajas en heces indica una buena absorción, como se observa en la figura 1, 2 de Se sanguíneo. En el último muestreo hubo una deficiente absorción en el grupo de 5 y 10% puesto que las concentraciones en heces se incrementaron. Figura 3 y 4

Los niveles de Se en heces varia a través del tiempo y la eliminación no es constante debido a que las concentraciones de Se fecales están influidas por el contenido de este mineral incluido en cada uno de los bolos (0, 5 y 10% de Se).

8.5. CORRELACIÓN DEL SELENIO SANGUÍNEO Y FECAL.

Los valores de Se sanguíneo en vacas del trópico clínicamente sanas que recibieron bolos intrarruminales con Se no fueron mas halla de los 50 ng Se/g. Así mismo los valores basales eran inferiores a 30 ng Se/g. Esto sugiere que los valores de referencia de Se en los bovinos del Sureste Mexicano sean diferentes a los señalados (80 y 100 ng Se/g). O que las necesidades de Se en las vacas sean inferiores a las de referencias.

IX. CONCLUSIONES

La utilización de comprimidos intrarruminales es una adecuada opción para el manejo práctico del ganado con la intención de abatir la deficiencia de este mineral en animales mantenidos en pastoreo. La liberación del Se de bolos intrarruminales se identificó por la presencia de este en la sangre. El incremento del Se sanguíneo en los grupos tratados estuvo condicionado por la concentración basal. Es decir cantidades relativamente bajas de Se sanguíneo necesitaran de más Se y por más tiempo para poder llegar a las de referencia. Los valores de Se encontradas en suelo e ingredientes del alimento para ganado bovino en el trópico son cinco veces inferiores a las notificadas como de referencia en la literatura revisada. Los valores de Se sanguíneo en vacas del Sureste mexicano clínicamente sanas que recibieron bolos intrarruminales con Se no fueron mas halla de los 50 ng Se/g. Así mismo los valores basales eran inferiores a 30 ng Se/g. Esto sugiere que los valores de referencia de Se en los bovinos del Trópico sean diferentes a los señalados (80 y 100 ng Se/g). O que las necesidades de Se en las vacas del trópico sean inferiores a las de referencias. El grupo tratado con bolos al 0% durante todo el experimento, mantuvo concentraciones promedio inferiores a las de los grupos tratados. Demostrando así que este grupo al no ser suplementado con Se no elevo sus concentraciones. Los bolos al 5% fueron los que se comportaron de una manera muy irregular y a pesar de que alcanzaron un concentración muy elevada de Se al día 30. Los bolos intrarruminales al 10% a pesar de que no llenaron las concentraciones adecuadas de Se para los animales, fueron lo que se comportaron mejor a lo largo de este todo el estudio y alcanzaron las concentraciones promedio mas elevadas durante todo el estudio. Comprobando así que a mayor concentración de Se en bolos, mayor será la concentración sanguínea.

X. REFERENCIAS

1. Norton O.A. and McCarthy F.D. Use of injectable vitamin E and selenium-vitamin E emulsion in ewes and suckling lambs to prevent nutritional muscular dystrophy J. Anim. Sci. 1986; C2: 497-508.
2. Spears W.J., Harvey R. W and Sergerson E.C. Effects of marginal selenium deficy and winter protein supplementation on growth, reproduction and selenium status of beef cattle. J. Anim. Sci. 1986; 586-593.
3. Serra a.b., Serra S.D. et. al. Effect of selenium in Soluble Glass Bolus on Selenium Contento f Milk and Blood of Gotas. Biol Trace Elem Res 1996; 55:207-211.
4. Georgievskii VI, AnnenKov BN, Samokhin VT. Mineral Nutrition of Animals. Studies in the agricultural and food Sci. Ed. Buutterworths 1982; 363.
5. McDowell LR. Nutrition Grazing Ruminants in Warm climates. Animal feeding and Nutrition. Academic Press Inc London. LTD 1985; 259-287.
6. Aluja AS, Adame P. Miopatìa degenerativa en becerros. Vet. Méx. 1977; 8:2-12.
7. Strouth MKD. Niveles de Selenio en alfalfa y sangre de vacas Holstein y correlación entre niveles de Selenio y glutatión peroxidasa. Tesis de Maestría. FMVZ. UNAM. 1985.
8. Ramirez-Bibriesca JE, Tórtora JL. Aguirre A, Hernández LM. Diagnosis of selenium status in grazind dairy goats on the Mexican Plateau. Small Rumin Res 2001b; 41:81-85.
9. Wyatt C.J., Meléndez J. M. Selenium in Foods in Northern México; their Contribution to the Daily Selenium Intake and Relationship of Selenium Plasma and Glutation peroxidase ACTIVITY. Nutr Res 1996; 16: 949-960.

10. Ammerman C.B., Baker D.H.D., Laustin J.L. Bioavailability of Nutrients for Animals. Aminoacids, Minerals and Vitamins. USA: Academic Press, 1995.
11. Hidioglou M, Prolux J., Jolette J. Effect of intraruminally Adminstrated Selenium Soluble-Glass Boluses of Selenium Status in Cows and their Calves. J. Anim Sci 1987; 65:815-820.
12. Donald G.E., Langlands J.P., et.al. Selenium Supplements for grazing Sheep Development o fan Intra-Ruminal Peller with and Extended Life. Animal Feed Sci Technol 1993; 295-308.
13. Rosiles M.R., G| Valdez A.R. Liberación de Selenio in Vitro a partir de Bolos Minerales con cuatro Tipos de Cemento Adhesivo y en Ph 7.0, 6.5, 6.0 y 5.5 Vet Méx 1998; 29(3):257-261.
14. Millar K.R., Meads W.J., et. al. Selenium Levels in the Blood, Liver, Kidney and Muscle of sheep after the administration of Iron/ Selenium Pellets or soluble-Glass Boluses. N Z Vet J 1988; 36:8-10.
15. Swecker W.S., Eversole O.M., et al. Human [71Se]Selenomethionine Metabolism: A Kinetic Model. Am J Clin Nutr 1991; 54:917-926.
16. McDowell, L.R., Velásquez, P.J. and Valle, G.; Minerales para ruminates en pastoreo en regions tropicales. Boletín. 3ª. Ed., Academia Press, EUA, 1997.
17. Millar, JK.and Brzezinska S.E.; Oxidative stress, antioxidants and animal function.J. Dairy Sci.1993; 76:2812-2823.
18. McDowell, L.R.; Minerals in animal and human nutrition. Academia Press, EUA, 1992.
19. Selenium in Nutrition. Subcomité on Selenium. Comité on Animal Nutrition. N.R.C., Nacional Academy of Sciences, E.U.A., 1971.

20. Underwood, E.J.; Trace elements in human and animal nutrition, 4a. ed., Academic Press, EUA, 2000.
21. EDENS f.w. aplicaciones Prácticas de la Selenometionina en Aves Reproductoras. En : Navegando. De Mercado Nicho a Mercados Globales.12ª Ronda Latinoamericana de Alltech. Del 23 de septiembre al 4 de octubre del 2002. Alltech, Inc. Pp.20-22.
22. NRC (1980) The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. National Academy Press, Washington, D.C.
23. Health consultation.2001.Selenium , http://atsdr.cdc.gov/HAC/PHA/marshall/mar_p2.html.
24. Humphreys, D.J. Veterinary toxicology, Baiee Tindal, London, 1988; 74-77.
25. Ammerman CB, Miller SM, McDowell LR, Zometa CA. El selenio en la nutrición de los rumiantes. Memorias del simposio latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo; 1976 marzo 22-26; Belo Horizonte, Brasil: 106-44.
26. Ramírez BJ, Tórtora JL, Huerta M, Aguirre A, Hernández LM. Diagnosis of selenium status in grazing dairy goats on the mexican plateau. Small Rus Res 2001;41:81-85.
27. Ramírez BJ, Tórtora JL, Hernández LM, Huerta M. Main causes of mortalities in dairy goat kids from the mexican plateau. Small Rus Res 2001;41:77-80.
28. Guerrero BLL, Bautista OJ, Rosiles MR. Interacción del contenido de selenio y cobre en lana de ovinos y suelo de la zona de pastoreo de Coajomulco y Tres Marías, Morelos. Vet. Méx 1997; 28:51-53.
29. Espinosa JL. Estudio comparativo de las concentraciones de selenio en suelo, forraje y sangre de bovinos clínicamente sanos; bajo condiciones de pastoreo en el trópico húmedo y altiplano mexicano (tesis de licenciatura). México (D.F.) México: FMVZ, UNAM, 2004.

30. D'Mellom J.P.F. ANS Devendra, C.; Tropical legumes in animal nutrition. CAB Internacional, E.U.A., 1995.
31. Nockels, C.F.; Antioxidants improve cattle immunity followins stress. Anim. Feed Sci. Tech. 1996; 62:59-68.
32. Chihuahuailaf, F.H.; Contreras, P.A. and Wittwer, F.G.; Patogénesis del estrés oxidativo: Consecuencias y evaluación en salud animal. Vet. Mex.m 2002; 33(3): 265-283.
33. Valladares C.B. Efecto del Selenito de Sodio Aplicado por Vía Intramuscular y Subcutánea sobre los Niveles de Selenio, Actividad de Glutati3n Peroxidasa (GSH-Px) e Inmunoglobulinas Anti IgG F5+ de *E. coli* en Corderos (Tesis de Maestría) Toluca (México): UAEM, 2001.
34. Espinosa L.A. Estudio Comparativo de las concentraciones de Selenio en Suelo, Forraje y Sangre de Bovinos clínicamente sanos bajo condiciones de pastoreo del Trópico Húmedo y Altiplano Central (Tesis de Licenciatura) México D.F.: UNAM, 2004.
35. Rosiles, M.R.; Aguilar, A.M.A. and Ramírez, L.J.; Deficiencia de selenio en un hato de bovinos que sufren del síndrome mal de altura de Ixtlahuaca, Edo. de México. Vet. Mex. 1997; 28:55-57.
36. Sarabia M.M. Desarrollo de un bolo intrarruminal del Liberación Prolongada con selenio orgánico de Levaduras para Bovinos Productores de Leche. (Tesis de Maestría) Cuaititlán Izcalli, Edo. de México, UNAM, 2004.
37. Olgúin, P.E.I.; Efecto de la suplementación hipodérmica de selenio en la salud de la glándula mamaria. (Tesis de Maestría). FMVZ-UNAM, Mexico, 2002.
38. Bligh j. Temperatura Regulation. In: Stress Physiology of Livestock. Boca Raton Florida: CRC Press, 1984.

39. Arthur J. R. The Biochemical Function of Selenium: Relationship to Thyroid Metabolism and Antioxidant Systems. In: Rowett Research Institute Annual Report. Buckburn. Aberdeen, UK.1993.
40. Gutiérrez O.C.; Cinética del selenio ruminal, sanguíneo y fecal a partir de comprimidos intrarruminales en ovinos en pastoreo. (Tesis de Maestría) México D.F.: UNAM, 1999.
41. Fassbender, W. y Bornemisza, E.; Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2ª. Ed., IICA, Costa Rica, 1987.
42. Minson, D.J. ; Forage in ruminant nutrition. Academic Press, EUA, 1990.
43. Jukola, E.; Selenium, vitamina E, vitamina A and beta-carotene status of cattle in Finlandia with special reference to epidemiological udder health and reproduction data. (Tesis de Licenciatura). Suiza, 1994.
44. Rojas , L.X.; McDowell, L.R.; mARTÍN, f.g. and Wilkinson, N.S. Estado mineral de suelos, pastos y ganado de carne en el sureste de Venezuela. Síndrome parapléjico: una revisión. Zootecia Tropical 1992; 11: 27-43.
45. González, S.A.E. ; Plantas tóxicas para el ganado. Limusa, México, 1989.
46. Velázquez, P.J; McDowell L.R, L. ; Conrad, J.; Wilkinson, N. and Martin, F.; Mineral status of soils, forages and cattle in Nicaragua. I. Microminerals. Rev. Fac. Agron (LUZ) 1997; 14:73-89.
47. Gerloff, J.G.: Effect of selenium supplementation of dairy cattle. J. Anim. Sci., 70 1992:393-394.
48. Valadez P.J.C; Comparación de la forma orgánica e inorgánica de suplementación de selnio sobre la toxicidad en ovinos. (Tesis de Maestría) Cuatitlán Izcalli, Estado de México, UNAM, 2005.

49. Daun, C. and Akesson, B. 2004a. Comparison of glutathione peroxidase activity, and of total and soluble content in two muscles from chicken, turkey, duck, ostrich and lamb. *Food Chemistry*, 85:295-303.
50. Daun, C. and Akesson, B. 2004b. Glutathione peroxidase activity and content of total and soluble selenium in five bovine and porcine organs used in meat production. *Meat Science*, 66:801-807.
51. Daun, C; Johansson, M.; Önning, G.; and Akesson, B. 2001. Glutathione peroxidase activity, tissue and soluble selenium content in beef and pork in relation to meat ageing and pig RN phenotype. *Food Chemistry*, 73:313-319.
52. Himeno, S. and Imera, N. 200. New aspects of physiological and pharmacological roles of selenium, *Journal of Health Science*, 46(6): 393-398
53. Coombs G.F. AND Coombs S.B. *The role of selenium Nutrition*. New York: Academic Press Inc., 1986:4.
54. *Memories of the Symposium on Biotechnology in the feed industry. Organic Selenium metabolism in animals: What role does Selenium yeast have?*. Nottingham: Alltech, 1995: 257-267.
55. Suzuki, K.T.; Itoh, M. and Ohmichim, M. 1995. Selenium distribution and metabolic profile in relation to nutritional selenium status in rats. *Toxicology*, 103: 157-165.
56. *Draft Toxicological Profile for Selenium*. U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 1-386, 2001.
57. Vadeland, SC; Deagen, JT; Whanger PD. 1982. Uptake of selenotrisulfides of glutathione and cysteine by brush border membranes from rat intestines, *J. Inorg. Biochem*, 47: 131-140.
- Gaytan SG

- 58; Comparación de la biodisponibilidad de selenito de sodio y de selenio orgánico en bolos intrarruminales de lenta liberación en ganado ovino. (Tesis de Maestría), Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 2005.
59. Sunde , R.A.1990. Molecular biology of selenoproteins. *Annu. Rev. Nutr.*, 10: 451-474.
60. Church D.C. and Pond W.G. *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*. México. Limusa, 1996.
61. Korening K.M., Buckley W.T., Shelford A. Measurement of Endogenous Fecal Excretion and True Absorption of Selenium in Dairy Cows. *Can J Anim Sci* 1991; 71:167-174.
62. Serra A.B., Serra s.d., Kousei S., Fujihara T. Bioavailability of Rumen Bacterial Selenium in Mice Using Tissue Uptake Technique. *Biol Trace Elem Res* 1997; 58:255-261.
63. Hidiroglou M, Heaney D.P., Jenkins K.J. Metabolism of Inorganic Selenium in Rumen Bacteria. *Can J Physiol Pharm* 1968; 46:229.
64. Paulson G.D., Baumann C.A., Pope A.L. Fate of a Physiological Dose of Selenate in the Lactating Ewe: Effect of Sulfate. *J Anim Sci* 1966; 25:1054.
65. National Research Council; Nutrient requirements of dairy cattle. 6a. ed., Natl Acad. Sci. EUA, 1988.
66. National Research Council; Nutrient requirements of dairy beef cattle. 6a. ed., Natl Acad. Sci. EUA, 1988.
67. Camps, A.M.; la problemática del selenio en suelos contaminados del estado de California, EUA; Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, Edafología, Fac. de Biología de la Universidad de Santiago de Compostela 2001; 8(2):31-44.

68. Thompson, J.C.; Thornton, R.N.; Bruere, S.N. and Ellison, R.S.; Selenium referente ranges in New Zealand cattle. *New Zealand Veterinary Journal* 1998; 46:65-67.
69. Días, S.R. Montes de Oca, V. Velásquez y J. Wilsmore. Actividad DE Glutación peroxidasa (GSH-Px) y Niveles de Selenio en Sangre de Ovinos y Niveles de Selenioi en Suelo y Pasto de áreas Ovinas. *Memorias de XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias*; 1994:237. Acapulco (Guerrero) México, 1994.
70. Ramírez B.J. La Carencia de Selenio, su Diagnóstico y Suplementación en un Sistema de Producción Caprina en el Sureste del estado de Tlaxcala (Tesis Maestría). Cuautitlán Izcalli(México) México: UNAM, 1995.
72. Serra A.B., Serra S.D., T. Fujihara. Influence of Dietary Protein on the Fractionation of Selenium in the Rumen of Sheep. *Aust J Am Styd* 1996; 9(5): 557-562.
73. Blodinger J,. Formulation of Veterinary Dosage Forms. In: *Formulation of Drug Dosage Forms for Animals*. New York: Marcel Decker, 1983: 135-173.
74. Ellison R.S. A Review of Cooper and Selenium Referente Ranges in Cattle and Sheep. *Proceeding of the 22nd Seminar Sheep and Beef Cattle Society*. New Zealand Veterinatu Association Incorporating the NZVA Conference. 1992; 154: 3-17.
75. Tasker J.B. Current Option in Selenium Supplementation. *Proceeding of the 22nd. Seminar Sheep and Beef Seminar Cattle Society*. New Zealand Veterinary Association Incorporating the NZVA Conference. 1992; 154: 53-59.
76. McDowell L.R. Trace Elements Supplementation in Latin America and the Potencial for Organic Selenium. *Proc. Alltech 13th Annual Biotechnology in the Feed Industry*, 1997: 45 (Abstract).

77. Mahan D.C., Cline T.R., Richert B. Effects of Dietary Levels of Selenium- Enriched Yeast and Sodium Selenite as Sources Fed to Growing – Finishing Pigs on Performance, Tissue Selenium, Serum Glutathione Peroxidase Activity, Carcass Characteristics, and Loin Quality. *J Anim Sci* 1999; 77(8): 2172-2178.
78. NRC Selenium in Nutrition. Nacional Academy Press, Washington, D.C. 1983.
79. Waldner C., Campbell J., et al. Comparision of 3 Methods of Selenium Assessment in Cattle. *CAN. Vet.J.*(1998) 39:225-231.
80. Kuchel RE, Buckley RA. The provision of selenium to sheep by means of heavy pellets. *Aust J Agric Res* 1969;20:1099-1107.
81. Kendall NR, Mackenzie AM, Telfer SB. Effect of a copper, cobalt and selenium soluble glass bolus given to grazing sheep. *Livest Prod Sci* 2001;68:31-39.
82. Masters D.G., Meter D.W. Marginal Deficiencias of Cobalt and Selenium in Weaner Sheep: Response to Supplementation. *Aust J Agric Res* 1990; 30:337-341.
83. McDowell, L.R; Valle, G; Cristaldi, L; Davis, P; Rosendo, O and Wilkinson, S.. Selenium availability and methods of selenium supplementation for grazing ruminants. *Proceeding 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, 2002; 86-102.*
84. Vandame T.F. and Ellis, K.J.. issues in developing ruminal drug delivery systems. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 2004; 56: 1415-1436.
85. Blanco OM, Spross SK, Rosiles MR. Evaluación de comprimidos intrarruminales de selenio por concentración sanguínea y lanar de corderas semiestabuladas. *Vet Mex* 2000; 31:121:127.

86. Rosiles MR, Gutiérrez OC, Valdez AR. Liberación de selenio in vitro a partir d bolos minerales con cuatro tipos de cemento adhesivo y en pH de 7.0, 6.5, 6.0 y 5.5. Vet Mex 1998; 29:257-261.
87. Podoll K.L., Bernard D.E., Ullerey D.E., De Bar S.R., Ku P.K., Magee W.T. Dietary Selenate Versus Selenite for Cattle, Sheep and Horses. J Anim Sci 1992; 70: 1965-1970.
88. Watkinson J.H. Prevention of Selenium Deficiency of Grazing Animals by Annual Top-Dressing of Pasture UIT Sodium Selenate. N Z Vet J 1983; 31: 78-75.
89. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climático Köeppen.. 4ª ed. México: Ed. Indianápolis 1988.
90. Quiroz GF, Valencia MJ, Bouda J. Diagnóstico de deficiencias de microelementos (Cu, Zn y SE) Memorias del XXI Congreso mundial de buiatría (Actualización en el diagnóstico de enfermedades metabólicas y ruminales en bovinos); diciembre 9-10; Punta del Este, Uruguay: 57-61.
91. Perkin Elmer:Atomic absorption spectroscopy. Analyst 100 atomic absorption spectrometer; user's guide. EE.UU. 1996.
92. Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos 7ª. Ed. Tomo I.México: SSA, 2000; 261-262.
93. Congreso Latinoamericano de Patología Clínica, Emilio Eslava Plascencia. México: Noviembre 2001.
94. Beaty, Kerber, Cocepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry. Perkin Elmer, 2002.

95. YiQuing Z., William T. Frankenberger Jr., Johnnie N. Measurement of selenite in sediment extracts by using hydride generation atomic absorption spectrometry. *The Sci. Of the Tot. Envirom.* 1999; 229: 183-193.
96. Flores, V.E.; Niveles de selenio, cobre, sodio, potasiop y molibdeno en suelos forrajeros en el municipio de Santa María del Río, S.L.P. (Tesis de Licenciatura). FMVZ- UNAM, México, 1995.
97. VanRyessen, J.B.J.; Geographical distribution of selenium status of herbivores in South Africa. *South African I. Anim. Sci.*2001; 31:1-8.
98. Meyer, W. R., D. C. Mahan, y A. L. Moxon. Value of dietary selenium and vitamin E for weanling swine as measured by performance and tissue selenium and glutathione peroxidase activities. *J. Anim. Sci*; 1981; 52: 302-311.
99. Lucci C.S., Moxoton A. L., Zanetti M.A., Fukushima R.S., Schalch E. & Pettinati R. L 1984b. Selênio em bovinos leiteiros do estado de São Paulo. II. Níveis de selênio nas forragens e concentrados. *Revta Fac. Med. Vet. Zootec. USP* 21(1):71-76
100. Arthur, D.: Selenium content of some feed ingredients available in Canada. *Can. J. Anim.Sci.*,1971; 51: 71-74.
101. Radostits, O.M. ; Gay C.C.; Blood D.C. and Hinchcliff K.W.; *Medicina Veterinaria: Tratado de la enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino.* Vol. II, 9ª. Ed. , McGraw-Hill- Interamericana, España, 1999.
102. Otiza, P.E.I.; Antioxidants improve cattle immunity following stress. *Anim. Feed Sci. Tech.* 1996; 62:59-68.

103. Gutierrez OC, Spross S AK, Rosiles MR, Ducoing WA, Ortiz AH. Selenio sanguíneo y fecal en ovinos a partir de comprimidos inorgánicos intraruminales, *Vet. Méx.* 2005; 36(3):313-323.
104. Hunter RA, Meter D.W, Hudson DR, Chandler BS, Studies with them intraruminal peller. I. Some factors influencing the effectiveness of the peller for selenium supplementation of sheep. *Aust J Agric Res* 1981; 32: 927-933.
105. Langlands JP, Donald GE, Bowles JE, Smith AJ. Selenium supplement for grazing sheep, 4. The use of intraruminal pellets containing elevated quantities of selenium. *Anim Feed Sci Technol* 1994; 46: 109-118.. *Anim Feed Sci Technol* 1990; 28: 1-13.
106. Millar KR, Meads WJ. The efficacy of intraruminal pellets composed of elemental selenium and iron in sheep. *NZ Vet J* 1988; 36: 53-55.
107. Wilkins JF, Hamilton BA. Low release of selenium from recovered ruminal pellets. *Aust Vet J* 1980; 56: 87-89.
108. Judson GJ, Brown TH, Kempe BR, Turnbull RK. Trace element and vitamin B₁₂ status of sheep given an oral dose of one, two of four soluble glass pellets containing copper, selenium and cobalt. *Aust J Agric Res* 1988; 28: 299-305.
- 109 Cuchel RE, Buckley RA. The provision of selenium to sheep by means of heavy pellets. *Aust J. Agric Res* 1969; 20: 1099-1107.
110. Langlands JP, Donald GE, Bowels JE, Smith AJ. Selenium supplement for grazing sheep. 1.a Comparison between for grazing sheep. 1. A comparision between soluble salts and other forms of supplement. *Anim Feed Sci Technol* 1990; 28: 1-13.

XI. CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1

ENFERMEDADES RELACIONADAS CON LA DEFICIENCIA DE SELENIO

ENFERMEDADES	ESPECIE AFECTADAS
Necrosis hepática	Rata, conejo, cerdo, pollo
Distrofia muscular	Cerdos, vacas, ovejas
Microangiopatía	Cerdos
Diátesis exudativa	Pollos, pavos
Fibrosis pancreática	Pollos
Retención placentaria	Vacas
Enfermedad de Keshan	Hombre
Cáncer y enfermedad cardiovascular	Hombre
Enfermedades relacionadas con el sistema inmune	Todas las especies

Cuadro 2
CONCENTRACIÓN DE MINERALES PRESENTES EN LA MEZCLA DE CEMENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE BOLOS INTRARRUMINALES

MINERALES (µg/g/MS)	<u>Z</u>n	Mn	K	Na	Cu	<u>C</u>a	Mg	P	As	Hg	Se	<u>S</u>
MEZCLA DE CEMENTO	178	928	563.125	67NSD	628	96.1	2069	NSD	NSD	NSD	NSD	NSD

µg/g/MS = Nanogramos por gramo de materia seca

Mezcla de cemento= Mezcla de distintos cementos de la construcción utilizados como Matriz para la elaboración de los bolos intrarruminales.

NSD= Partículas no detectable

Cuadro 3
CONCENTRACIÓN DE SELENIO (ng/g DE MS) EN ALIMENTOS CONSUMIDOS POR VACAS LECHERAS EN EL SURESTE MEXICANO

DIA DE MUESTREO	DIA 0	DIA 45	DIA 90
ESQUILMO	0.012	0.019	0.04
CONCENTRADO	NSD	NSD	NSD

- 100 (0.1 ppm) = adecuado; (0.1-0.075ppm) = moderadamente deficiente; 0.075- 0.050 ppm= bajo; <0.050 ppm= marcadamente deficiente (Arthur, 1971).
- µg/g/MS = Nanogramos por gramo de materia seca
- ESQUILMO: Esquilo de sorgo, maíz, Jaragua y Tanzania
- CONCENTRADO: Concentrado a base de pollinaza, sorgo molido, maíz molido y sal yo datada a razón de 1 Kg./ animal/ día
- Forraje: Rastrojo de maíz, de sorgo, de zacates Jaragua y Tanzania

Cuadro 4**CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE Se SANGUÍNEO (ng/g) EN CADA MUESTREO CON BOLOS INTRARRUMINALES CON SELENITO DE SODIO**

% Se	Día 0 MEDIA ± E.E.	Día 15 MEDIA ± E.E.	Día 30 MEDIA ± E.E.	Día 60 MEDIA ± E.E.	Día 90 MEDIA ± E.E.	PROMEDIO ± E.E.
0%	14.47 ± 3.36	29.09 ± 3.15	25.21± 4.57	16.45± 2.62	18.10± 1.82	20.66 ± 6.53
5%	17.55 ± 1.77	20.93 ± 5.7	49.24± 5.41	12.48± 0.91	23.28± 2.41	24.70 ± 7.82
10%	22.16 ± 5.86	24.75 ± 2.94	37.80± 5.43	44.81± 6.19	19.43 3.10	29.79 ± 9.43

- E.E = Error estandar
- µg/mL = Nanogramos por mililitro
- % Se = tres porcentajes de Se (0, 5 y 10%)
- E.E.= Error estandar

Cuadro 5

ANÁLISIS DE LOS FACTORES ENTRE Y DENTRO DE SUJETOS PARA LOS NIVELES DE SELENIO SANGUÍNEO

Factor	F exacta	Prob > F
Tratamiento	3.5802	0.0418 ▲
Tiempo	14.0438*	< .0001 ▲
Tiempo * Tratamiento	7.1624 *	< .0001 ▲

▲ α : 0.05 = Datos < 0.05 indica que hay diferencia estadística. Hay diferencia significativa en cada uno de los tratamientos, cada uno de los tiempos y entre la interacción tiempo*tratamiento.

Tiempo: días de muestreo 0, 15, 30, 60 y 90.

Landa de Wilks = Expresa la significación estadística del poder de discriminación del modelo su valor está comprendido entre 0 y 1.

CUADRO 6

ANALISIS DE LOS FACTORES ENTRE SUJETOS PARA LOS NIVELES DE SELENIO SANGUÍNEO EN LOS DÍAS DE MUESTREO

DIAS DE MUESTREO	F exacta	Prob > F
0-15	5.3195	0.0013 ▲
15-30	10.9947	0.0003 ▲
30-60	17.4040	< 0.0001 ▲
60-90	20.7426	< 0.0001 ▲

Tiempo: Tiempo de muestreo a los días 0, 15, 30, 60 y 90.

▲ $\alpha = 0.05$ $\alpha = 0.125$ Cada uno de los intervalos de días, mostraron diferencias entre ellos debido a que estaban influenciados a los distintos porcentajes de Se en los bolos (0, 5 y 10%).

Cuadro 7
VALORES DIFERENCIALES DE SELENIO SANGUINEO POR CONCENTRACIÓN EN EL BOLO
Y POR DÍA DE MUESTREO EN VACAS DEL SURESTE MEXICANO

Día de muestreo	% Se		
	0%	5%	10%
0	14.47 ± 3.36	17.55± 1.77	22.16 ± 5.86
15	29.09 ± 3.15 a1	20.93 ± 5.7 bβ	24.75 ± 2.94 1β
30	25.21± 4.57 a1	49.24± 5.41 bβ	37.80± 5.43 1β
60	16.45± 2.62 a1	12.48± 0.91 bβ	44.81± 6.19 2Ω
90	18.10± 1.82 a1	23.28± 2.41 bβ	19.43 3.10 2Ω

Símbolos **a, 1, β** = Símbolo diferente en renglones iguales, es estadísticamente significativa en las comparaciones 0 % contra 5%, 0 %contra 10%, 5 %contra 10%.

Cuadro 8

CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE Se FECAL (ng/g) EN CADA MUESTREO CON BOLOS INTRARRUMINALES CON SELENITO DE SODIO

% Se	Día 0 MEDIA ± E.E.	Día 15 MEDIA ± E.E.	Día 30 MEDIA ± E.E.	Día 60 MEDIA ± E.E.	Día 90 MEDIA ± E.E.	PROMEDIO ± E.E.
0%	4.49 ± 0.77	9.28 ± 1.67	10.01± 1.8	4.78± 0.79	3.53± 0.69	20.66± 6.53
5%	4.21 ± 1.33	23.38 ± 8.12	10.13± 2.75	23.79± 5.19	13.78± 0.64	24.70 ± 7.82
10%	2.47 ± 0.39	30.91 ± 15.95	10.16± 2.31	2.74± 0.56	16.75± 2.01	29.79 ± 9.43

Cuadro 9

ANÁLISIS DE LOS FACTORES ENTRE Y DENTRO DE SUJETOS PARA LOS NIVELES DE SELENIO FECAL

Factor	F exacta	Prob > F
Tratamiento	9.3163*	0.0008
Tiempo	22.5173*	< .0001 ▲
Tiempo * Tratamiento	23.1671	< .0001 ▲

▲ α : 0.05 Datos < 0.05 indica que hay diferencia estadística.

Tiempo: tiempo de muestreo a los días 0, 15, 30, 60 y 90.

Lamda de Wilks = Expresa la significación estadística del poder de discriminación del modelo su valor está comprendido entre 0 y 1.

CUADRO 10

ANALISIS DE LOS FACTORES ENTRE SUJETOS PARA LOS NIVELES DE SELENIO FECAL

DIAS DE MUESTREO	F exacta	Prob > F
0-15	2.2804	0.1216
15-30	1.3445	0.2776
30-60	14.0997	< 0.0001 ▲
60-90	104.8577	< 0.0001 ▲

▲ $\alpha = 0.05$ $\alpha = 0.125$

Tiempo: Tiempo de muestreo a los días 0, 15, 30, 60 y 90.

Cuadro 11

VALORES DIFERENCIALES DE SELENIO FECAL POR CONCENTRACIÓN EN EL BOLO
Y POR DÍA DE MUESTREO EN VACAS DEL SURESTE MEXICANO

Día de muestreo	% Se		
	0%	5%	10%
0	4.49 ± 0.77	4.21 ± 1.33	2.47 ± 0.39
15	9.28 ± 1.67 a	23.38 ± 8.12 a	30.91 ± 15.95 a
30	10.01 ± 1.8 a	10.13 ± 2.75 a	10.16 ± 2.31 a
60	4.78 ± 0.79 a1	23.79 ± 5.19 bβ	2.74 ± 0.56 2Ω
90	3.53 ± 0.69 a1	13.78 ± 0.64 aβ	16.75 ± 2.01 2Ω

Símbolos **a, 1, β** = Símbolo diferente en renglones iguales, es estadísticamente significativa en las comparaciones 0 % contra 5%, 0% contra 10%, 5% contr

Cuadro 12

**VALORES DE CORRELACION ENTRE SELENIO SANGUINEO Y FECAL EN VACAS
LECHERAS SUPLEMENTADAS CON Se A PARTIR DE BOLOS INTRARRUMINALES CON
SELENITO DE SODIO**

% Se	Día 0	Día 15	Día 30	Día 60	Día 90
	I.R. / I.SIG.				
0%	0.361 (0.30)	0.098 (0.78)	0.301 (0.39)	0.463 (0.17)	0.070 (0.84)
5%	0.24 (0.97)	0.263 (0.46)	0.384 (0.27)	0.350 (0.32)	0.140 (0.70)
10%	0.001 (0.99)	0.023 (0.95)	0.290 (0.91)	0.220 (0.54)	0.597 (0.06)

- I.R.
= INDICE DE REGRESION
- I.SIG. = INDICE DE SIGNIFICANCIA
- % Se = tres porcentajes de Se (0, 5 y 10%)
- $\alpha = 0.05$

CONCENTRACIÓN DE Se EN SANGRE

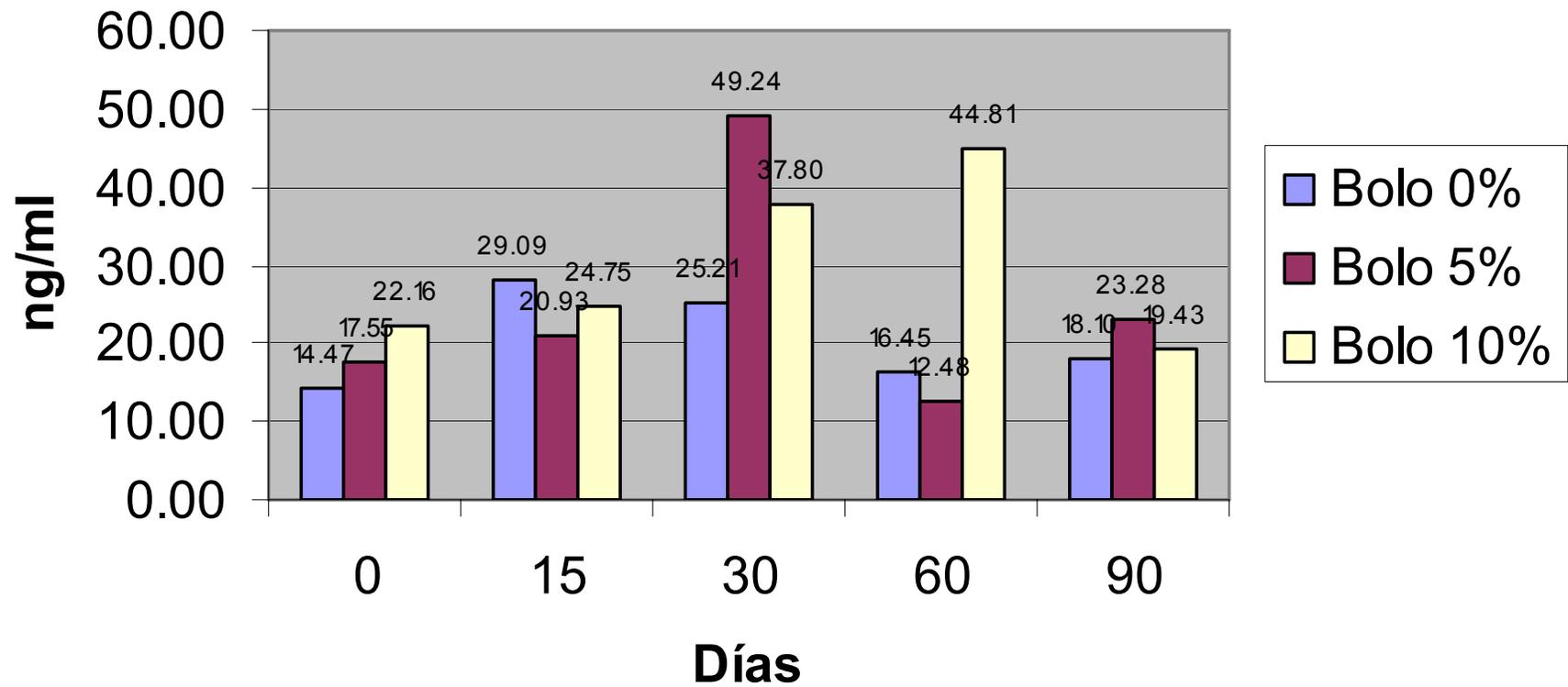


Figura 1

CONCENTRACIÓN DE Se EN SANGRE

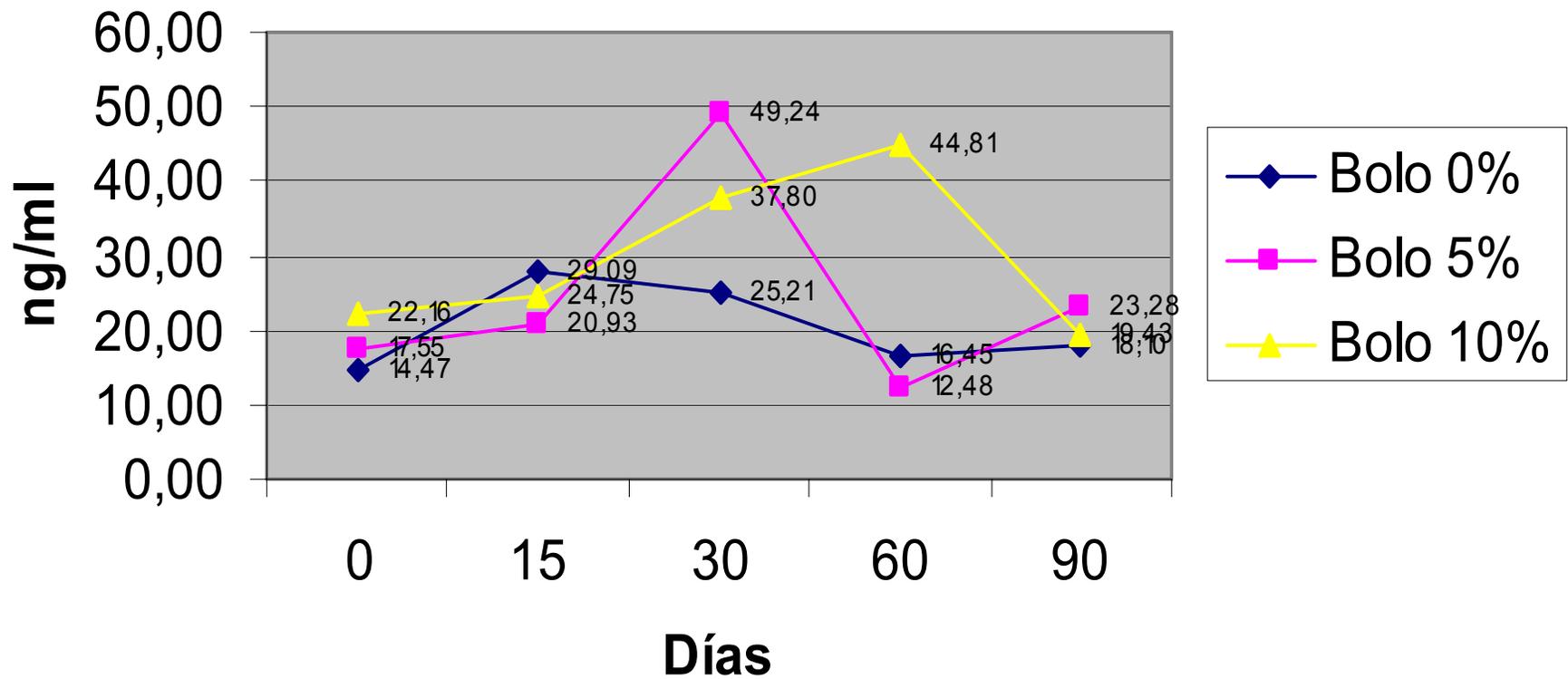


Figura 2

Concentración de Se en heces

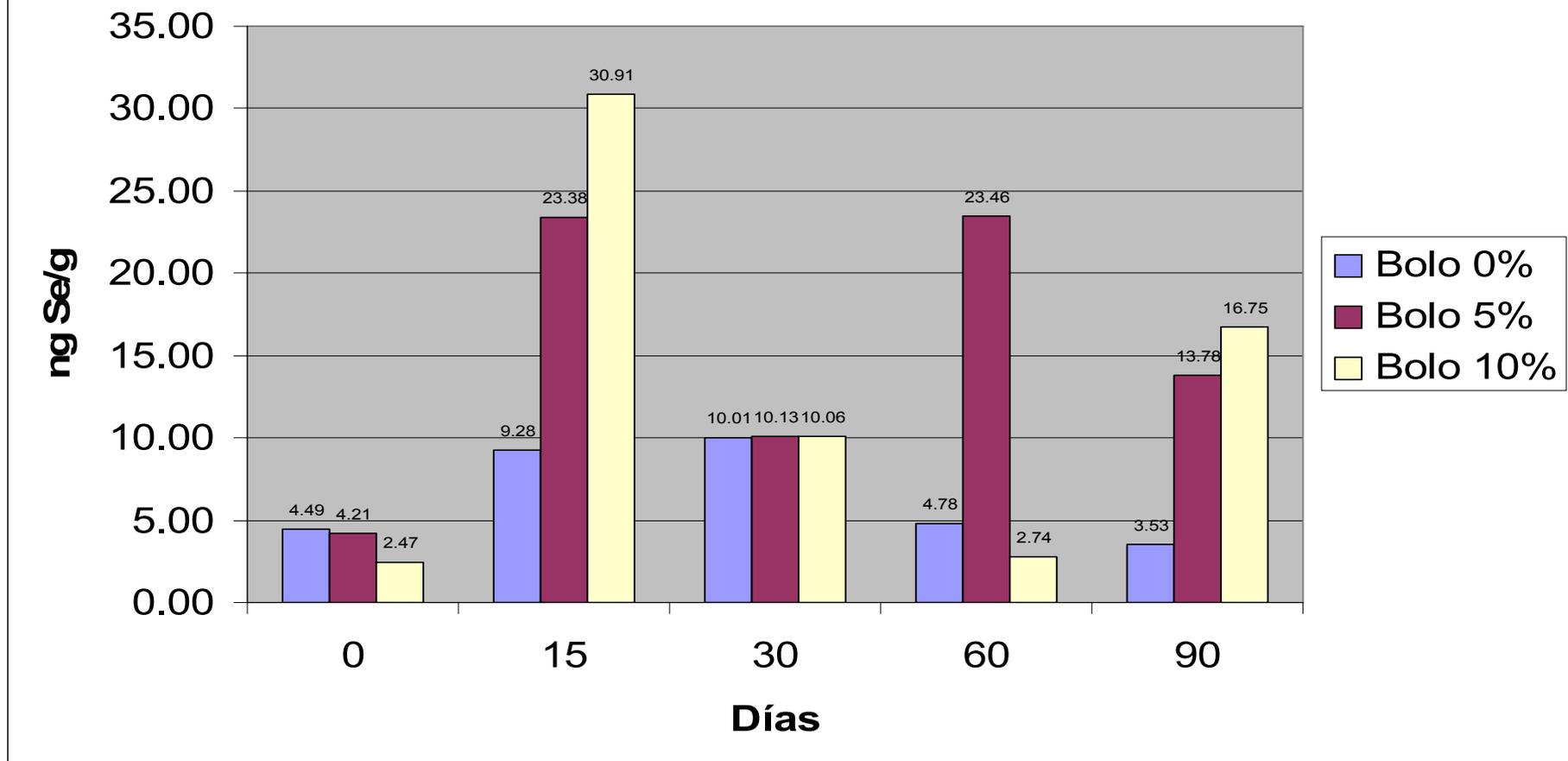


Figura 3

Concentración de Se en heces

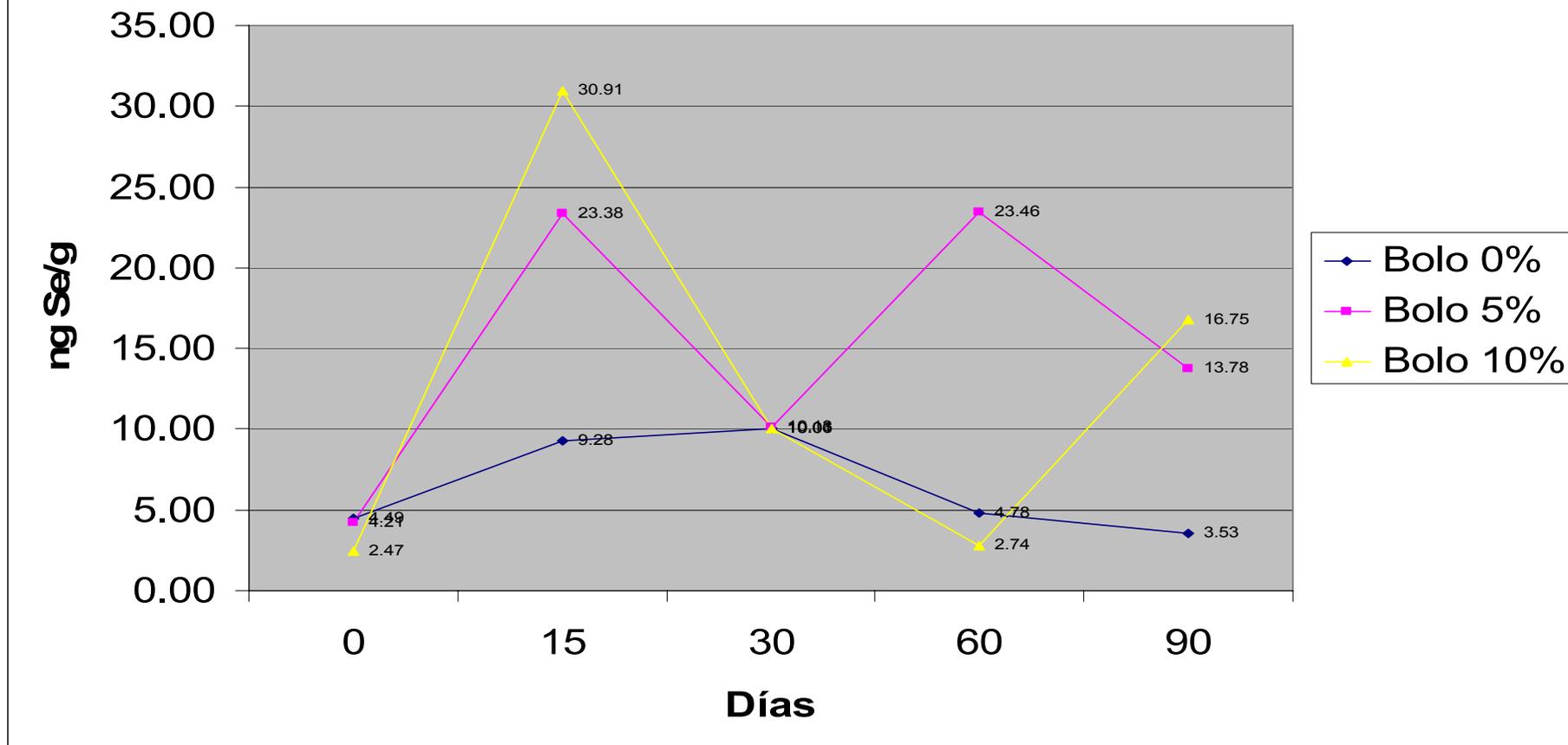


Figura 4

XII. ANEXOS

ANEXO 1. MATERIALES UTILIZADOS DURANTE TODO EL PROCESO DE LABORATORIO PARA ELABORACIÓN Y LECTURA DE LAS MUESTRAS.

Material utilizado para la fabricación de los bolos

1 Balanza granataria

1 Espátula de laboratorio

Selenito de sodio

Mezcla con materiales de la construcción para la elaboración de bolos

5 cajas de Petri de 5 x 1.6mm

10 cajas de Petri de 9 x 1.3mm

Pizeta con agua demineralizada y desmineralizada

5 jeringas de 30ml

1 jeringa de 5ml

1 prensa de carpintero

100 balines (1.06g)

Papel Filtro de poro grueso

Lija de agua

1 balanza analítica

Equipos e instrumentos

Horno de Microondas MARS 5 CEM Corporation Falcon USA.

Espectrofotómetro de Absorción Atómica Spectral AA800 Varían Australia

Generador de Hidruros VGA 77 Varían Australia

Balanza analítica Mettler Toledo Mod. PG53-S

Material utilizado para la digestión y lectura de las muestras

Vasos de teflón para Horno de Microondas HP-500 plus temperatura máxima 210°C y presión máxima 140psi. Falcon USA.

Modulo de soporte para vaso HP-500 Plus, Marca CEM.

Membrana para los vasos HP-500 safety membranas CEM 140 piezas, parte # 431300 Falcon USA.

Sensor de temperatura de fibra óptica CEM modelo FOT-L-CEM-1, rango 50°C a 250°C.

Lámpara de selenio

Celda de cuarzo Varían Australia.

Matraz volumétrico de 35ml Kimax, tipi "A"

Probeta graduada de 10ml Kimax PE 20°C.

Agujas estériles BD vacutainer (0.8 x 38)

Tubo con k3 EDTA de 7ml marca Vacutainer™.

6.1.1. Reactivos

Acido Nítrico R.A 65.4% de pureza, Baker de México.

Acido clorhidrico R.A. 36.5 – 38% de pureza Baker de México.

Peróxido de Hidrógeno en solución al 30% Baker de México-

Agua desionizada.

6.1.2. Gases

Nitrógeno 99.9% de pureza AGA de México

Aire comprimido

ANEXO 2 Salidas estadísticas

ANEXO 2.1.

EFECTO DEL TIEMPO ENTRE MUESTREOS DEL SELENIO SANGUÍNEO EN VACAS DEL SURESTE MEXICANO

Días de muestreo	F exacta	Prob > F
0-15	5.3195	0.0013?
15-30	10.9947	0.0003?
30-60	17.4040	<0.0001?
60-90	20.7426	<0.0001?

- Tiempo: Tiempo de muestreo a los días 0, 15, 30, 60 y 90.
- F exacta
- ? Prob > F de cada prueba. Indica que si los datos son menores a un $\alpha = 0.0125$ presentaran diferencia estadística..

ANEXO 2.2.

ANÁLISIS DE PERFILES CON AJUSTE DE BONFERRONI PARA LOS VALORES PROMEDIO DE SELENIO SANGRE ENTRE TIEMPOS EN VACAS DEL SURESTE MEXICANO
--

DÍAS DE MUESTREO	% Se	F Exacta	Prob > F
0-15	0 – 5	9.9026	0.0040*
	0- 10	5.3665	0.0284
	5- 10	0.6894	0.4137
15-30	0 – 5	21.8065	< .0001*
	0- 10	7.3190	0.0117
	5- 10	3.8588	0.0599
30-60	0 – 5	12.9786	0.0013*
	0- 10	5.0398	0.0332
	5- 10	34.1937	<.0001*
60-90	0 – 5	3.2159	0.0841
	0- 10	19.8986	0.0001*
	5- 10	39.1134	<.0001*

- Tiempo: tiempo de muestreo a los días 0, 15, 30, 60 y 90.
- % Se: porcentaje de Se en cada uno de los bolos intrarruminales suministrados y aquí se comparan los bolos del 0 con el de 5%, cero con el de 10% y 5 con el de 10%.
- Prob > F de cada prueba. Indica que si los datos son menores a un $\alpha = 0.0042$ los datos presentan diferencia estadística.

ANEXO 2.3.

**ANÁLISIS DE PERFILES CON AJUSTE DE BONFERRONI PARA LOS VALORES
PROMEDIO DE SELENIO FECAL ENTRE TIEMPOS EN VACAS LECHERAS DEL
SURESTE MEXICANO.**

Tiempo (días)	% Se	F Exacta	G.l. num.	G.l. den.	Prob > F
	0 – 5	15.4296	1	27	0.0005*
30-60	0- 10	1.2785	1	27	0.2681
	5- 10	25.5911	1	27	<.0001*
	0 – 5	0.2053	1	27	0.6541
60-90	0- 10	151.5035	1	27	<.0001*
	5- 10	162.8643	1	27	<.0001*

* F es aproximada $\alpha = 0.05$

ANEXO 2.4.

DIFERENCIA ESTADÍSTICA DEL EFECTO ENTRE MUESTREOS DEL SELENIO SANGUÍNEO EN VACAS DEL SURESTE MEXICANO

Tiempo (días)	F exacta	G.I. num.	G.I. dem.	Prob > F
0-15	2.2804	2	27	0.1216
15-30	1.3445	2	27	0.2776
30-60	14.0997	2	27	< .0001
60-90	104.8577	2	27	< .0001

$\alpha = 0.0042$