

03043
2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS PROFESIONALES Y DE POSGRADO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATEMÁTICAS APLICADAS Y EN SISTEMAS

UTILIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE VARIANZA MULTIVARIADO
PARA EL ANÁLISIS DE OBSERVACIONES REPETIDAS EN
UN ESTUDIO SOBRE LA EVALUACIÓN DE LOS NIVELES
DE SELENIO EN SANGRE Y HECEAS, EN OVINOS
TRATADOS CON COMPRIMIDOS INTRARRUMINALES.

2800603

T E S I S A
QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE LA:
E S P E C I A L I Z A C I O N
E N E S T A D I S T I C A A P L I C A D A
P R E S E N T A:
MVZ MARIA GUADALUPE SANCHEZ GONZALEZ

ASESORA: M. en C. ADRIANA M. DUCOING WATTY

MEXICO, D. F.

2000



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.

DEDICATORIAS

A mi madre María de la Luz González R., cuyo ejemplo de fortaleza y tenacidad he tenido en la vida.

A mi tía María del Carmen González R., por tu apoyo incondicional ante mis decisiones, por tu amistad y por ser la luz que guía mi vida.

A mi tío Javier Martínez Burguete, por tu apoyo y por ser siempre un ejemplo a seguir en mi vida personal y profesional.

A Fernando, Mariana, Diana y Mara, por su amistad y por permitirme verlos crecer como personas y profesionales.

A mi sobrino Javier, personita maravillosa que con tu sonrisa has llenado innumerables momentos de mi vida.

A mi Abuelita Socorro, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Adriana Ducoing por su ayuda y paciencia para la realización de este trabajo y por enseñarme a descubrir las maravillas de la Estadística.

A los miembros del jurado: Dr. Ignacio Méndez; M.C. Adriana Ducoing; M.C. Patricia Romero; M.C. Salvador Zamora y Dr. Carlos Díaz. A todos ellos por revisar el trabajo, enriqueciéndolo con sus conocimientos y sugerencias.

A mis amigos de la Especialidad: Carlos C., Consuelo, Montserrat, Víctor, Nicolás, Fernando y Miguel Angel, por todas las horas que pasamos juntos en el laboratorio descifrando, sufriendo y gozando el fascinante mundo de la Estadística.

A todos mis maestros y ayudantes de la Especialidad, muy especialmente al M.C. Salvador Zamora, quien siempre tuvo tiempo para disipar mis dudas y regalarme una charla amena.

A mis queridos amigos, que por tantos años me han dado amistad, cariño y apoyo, a quienes no puedo ubicar en un momento porque nuestra amistad siempre ha ido más allá: Raúl, Gabriel R., Oscar, Frida, Miriam y Addi.

ÍNDICE

Contenido	Pág.
Resumen	I
Introducción	1
Objetivos	7
Material y Métodos	8
Resultados	23
Discusión	35
Conclusiones	39
Literatura citada	41
Anexo	

RESUMEN

UTILIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE VARIANZA MULTIVARIADO PARA EL ANÁLISIS DE OBSERVACIONES REPETIDAS EN UN ESTUDIO SOBRE LA EVALUACION DE LOS NIVELES DE SELENIO EN SANGRE Y HECES, EN OVINOS TRATADOS CON COMPRIMIDOS INTRARRUMINALES

La ovinocultura en México tiene como objetivo principal aportar lana y carne para satisfacer la demanda del país. Este objetivo solamente se puede alcanzar al proporcionar a los animales una nutrición adecuada y de alta calidad y al evitar deficiencias nutricionales sobre todo de minerales y vitaminas, las cuales se pueden prevenir al suplementar el alimento con éstos. Los bolos intrarruminales de minerales es una práctica de manejo fácil y de bajo costo. Este método de suplementación para el ganado, es muy popular en Australia, Estados Unidos y Europa, presenta grandes ventajas y no se ha explotado en nuestro país.

Por ello es fundamental desarrollar estudios que conlleven a proporcionar información sobre las condiciones en las cuales se puede obtener una suplementación de minerales óptima así como determinar la concentración de minerales más recomendable, y la influencia de factores como la raza y la gestación. Estos estudios se deben iniciar a nivel experimental, donde se tenga un control de las variables de interés, teniendo en cuenta los aspectos de validez interna y externa.

Los datos que se utilizaron en este estudio son parte de los resultados obtenidos de una investigación desarrollada en el Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, en borregas de las razas Rambouillet*Suffolk (Cruza), Rambouillet y Suffolk, tratadas con comprimidos intrarruminales con un contenido de selenio del 0%, 5% y 10%, gestantes y no gestantes, evaluadas en el tiempo (15, 30, 45, 60, 90 y 120 días).

Una alternativa viable para el análisis de experimentos con mediciones repetidas es el Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA), el cual puede ser utilizado aún cuando el supuesto de esfericidad no se cumpla, a diferencia del análisis de parcelas divididas.

El MANOVA permitió valorar la concentración de selenio en sangre y determinar que se ve influenciada por el porcentaje de selenio que contienen los comprimidos intrarruminales, pero que varían por raza de las ovejas, además de que la concentración de selenio en sangre se mantuvo constante entre los 30 y 90 días.

Los niveles de selenio en heces demostraron no ser constantes en el tiempo y presentan diferencias en el tiempo por raza. La concentración del mineral en heces depende del porcentaje de selenio incluido en el bolo, pero varía dependiendo si la oveja está gestante o no.

Se comenta sobre las bondades que brindan los análisis multivariados a la investigación.

INTRODUCCION

UTILIZACION DEL ANALISIS DE VARIANZA MULTIVARIADO PARA EL ANALISIS DE OBSERVACIONES REPETIDAS EN UN ESTUDIO SOBRE LA EVALUACION DE LOS NIVELES DE SELENIO EN SANGRE Y HECES, EN OVINOS TRATADOS CON COMPRIMIDOS INTRARRUMINALES

La introducción de ovinos de lana en México se le atribuye a Francisco de Montejo en 1525, entrando con ovinos por la Península de Yucatán. Sin embargo, no fue hasta finales del siglo XIX durante la época de las grandes haciendas, cuando ocurrió realmente el auge de la ovinocultura. En esta época predominó la cría de borregos Merino en grandes extensiones de agostaderos semiáridos en San Luis Potosí, Zacatecas, Durango y Coahuila, siendo entonces nuestro país exportador de lanas finas de buena calidad.³⁵

Posteriormente llegaron los borregos Rambouillet de los E.U.A., los cuales quedaron distribuidos principalmente en la región centro-norte del país, y que por muchos años fueron un pilar de la producción de lana en México. En los últimos años, su principal uso ha sido para producción de carne mediante el cruzamiento, generalmente con ovinos criollos. Otras razas productoras de lana de diferente calidad, así como de doble propósito (lana y carne) han ido apareciendo en México durante épocas distintas del presente siglo.³⁵

En cuanto a los borregos tropicales, del borrego Pelibuey (Tabasco) se conocen 2 teorías con relación a cómo y cuándo llegó a México. La primera indica que se introdujeron en el decenio 1930-1940 a la Península de Yucatán, provenientes de Cuba. La segunda, dice que vinieron de África durante los viajes que se hacían con esclavos, distribuyéndose así por las Antillas. En virtud de sus características principalmente reproductivas, hoy se les encuentra distribuidos no solamente en las regiones tropicales húmedas y secas, sino también en varios estados del altiplano.³⁵

Como se puede apreciar, México se caracteriza por una gran tradición en la producción de lana y de carne, a pesar de que su inventario nacional no ha sido suficiente durante varios años, para satisfacer la creciente demanda nacional. Por esta razón, en lo que se refiere a carne, por ejemplo, las importaciones de animales en pie y canales congeladas han sido necesarias, con la consecuente fuga natural de divisas.³⁵

La ovinocultura es importante en la actividad pecuaria de México. Por lo general, la cría de los ovinos, se lleva a cabo en sistemas de producción extensiva, caracterizándose éstos por el pastoreo en agostaderos, campos de cultivo en descanso y esquilmos agrícolas, con una nula o muy escasa suplementación. El aporte nutricional de los forrajes es entonces de vital importancia en la repuesta productiva del animal, dependiendo, en gran parte de la concentración de elementos

minerales existentes en los forrajes, que a su vez depende de la cantidad existente de estos minerales en el suelo, de la interacción entre ellos y de su biodisponibilidad.³¹

Uno de los principales minerales requerido por los ovinos es el Selenio (Se). El contenido de este mineral en el suelo varía ampliamente, dependiendo de su origen geológico. Los suelos que se derivan de rocas de origen reciente, ígneas, arenosas y pumíceas son deficientes en selenio, debido a que dicho elemento es removido por percolación. Al igual que en los suelos arenosos, en los suelos ácidos, se reduce su disponibilidad a causa de la transformación a selenatos y selenio elemental, los cuales no están disponibles para las plantas. Suelos arcillosos y ricos en materia orgánica mantienen una mayor concentración de selenio debido a una mayor retención de agua y aumento de la superficie de contacto para los distintos elementos, produciendo un aumento en el intercambio catiónico.¹¹

Procesos geofísicos y biológicos están relacionados con el estado del selenio presente en los suelos. La presencia de minerales como el zinc, cobre, plata, cadmio, mercurio y arsénico, además del pH y el origen geológico de los suelos influyen en la disponibilidad del selenio.¹¹

Se considera que la concentración adecuada de selenio en los suelos se encuentra en un rango de 0.1 a 0.5 ppm, mientras que valores inferiores a 0.1 ppm son considerados deficientes. El uso de fertilizantes que contienen selenio constituye la aportación del elemento al medio ambiente; pero algunos fertilizantes, como los superfosfatos o aquellos que contienen azufre afectan la disponibilidad del elemento.^{11, 19, 32}

Los niveles de selenio en las plantas están influenciados por la especie vegetal, composición química y cantidad de elementos en el suelo y otros factores relacionados con este último. El total de selenio en el suelo no refleja una estrecha disponibilidad del elemento para la planta. Se sugiere que la concentración de selenio adecuada en los forrajes y granos es de 0.1 ppm; un valor menor de 0.1 y mayor a 0.075 ppm se considera moderado; un valor menor de 0.075 ppm y mayor de 0.05 ppm es considerado bajo, mientras que un valor menor a 0.05 ppm se considera como deficiente.³⁰

La ganadería ovina extensiva requiere grandes cantidades de forrajes, los cuales son cultivados en su mayoría en suelos deficientes de selenio, además la inestabilidad del selenio produce pérdidas durante el secado y almacenamiento de los forrajes. Esta deficiencia del mineral tanto en suelos como en plantas, provocó que en 1979 la FDA (Food and Drug Association) aprobara la adición de selenio en la dieta para el ganado lechero, ovino y porcino; al principio la adición fue de 0.1 mg/kg/mes de materia seca y, a partir de 1987, se incrementó a 3 mg/kg/mes de materia seca; actualmente, una dosificación mensual de 5 mg/kg. a 12 mg/kg. cubre el 100% de los requerimientos de un animal de 45 kg de peso vivo. Un consumo dietético de 0.2 ppm provee un adecuado margen de seguridad en contra de las variaciones en la dieta, que se encuentran

frecuentemente en la dieta del ovino. Los requerimientos mínimos de selenio tienen cierta variación de acuerdo a la forma en que es ingerido y a otros factores de la dieta.^{7, 21}

El selenio se absorbe rápidamente en el tracto intestinal, principalmente en el duodeno e íleon, no se absorbe en rumen o abomaso de las ovejas. Se absorbe, ya sea de los nutrientes que contienen selenio natural o como selenito inorgánico. Probablemente en los rumiantes, la absorción se efectúa como selenometionina y selenocistina. Esto se debe a que las bacterias ruminales son capaces de metabolizar el selenio inorgánico e incorporarlo a la proteína bacteriana. Una vez absorbido, el selenio es distribuido principalmente por el plasma, en donde ocurre una transformación química previamente a su unión con proteínas plasmáticas y globulinas. El selenio entonces, llega a ser parte de la porción proteica de muchos tejidos animales.^{2, 3, 21, 36, 37}

En estudios *in vitro*, se ha visto que el selenio se incorpora a la mioglobina, citocromo C, enzimas musculares, miosina y aldolasa. El selenio se encuentra en todas las células en la forma de selenoproteína, en aminoácidos azufrados y ácidos aminocilnucleicos.^{18, 21}

El principal valor del selenio es formar parte de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px), la cual contiene una parte de selenio por subunidad de enzima. Esta enzima soluble está presente en la matriz mitocondrial y el citosol de las células; sin embargo, está en mayor cantidad en los eritrocitos. La principal función fisiológica de esta enzima es la de mantener niveles bajos de peróxido de hidrógeno y otros hidroperóxidos en la célula, los cuales al acumularse conducen a la agresión de los componentes de la pared celular y otros organelos y muerte de la célula.^{32, 33}

Los niveles de selenio en los diferentes tejidos están en relación directa con los de la dieta. Las mayores concentraciones se encuentran en forma decreciente en bazo, pulmones, cerebro, corazón, lana, grasa y el hueso que posee los niveles más bajos. La vida media del selenio en hígado y riñón es de 8 a 14 días, mientras que en músculo es de 18 a 28 días.^{6, 13, 22}

Los niveles de selenio en sangre de ovinos menores a 0.05 ppm son considerados deficientes; de 0.05 a 0.065 ppm marginales bajos; de 0.076 a 0.1 ppm marginales altos y , mayores de 0.1 ppm son considerados adecuados.³⁹

La pérdida del selenio se efectúa por los pulmones, heces y orina. La proporción que se excreta por cada vía depende de la ruta de administración, los niveles tisulares y la especie animal. En las ovejas el selenio inyectado se excreta principalmente por la orina en proporciones equivalentes a la administrada; la pérdida fecal es pequeña y es constante con el nivel de la dosificación; la pérdida de selenio por vía respiratoria es similar a la pérdida fecal, aumenta con el nivel de dosificación. La cantidad de selenio excretada por bilis es pequeña, en promedio menor del 2% de la cantidad inyectada, sin embargo, aumenta con el nivel de administración. El selenio administrado por vía oral, se excreta por las heces en mayor cantidad. A medida que el consumo aumenta la pérdida fecal permanece estable. La pérdida urinaria aumenta con niveles moderados

de complementación y luego desciende, mientras que el selenio respiratorio aumenta en forma constante.^{2,3}

La deficiencia de selenio afecta de manera importante la producción ovina, sobre todo en la etapa de desarrollo de los corderos y durante la gestación de las ovejas. Esta deficiencia induce enfermedades como la enfermedad del músculo blanco, además de reflejarse con caquexia progresiva, problemas locomotores, retraso en el crecimiento, mala conversión alimenticia, malformaciones congénitas e inmunodepresión.^{1,24,33}

Si la disponibilidad de selenio para las ovejas en pastoreo es deficiente, esto repercutirá clínicamente en los corderos; la edad a la cual las deficiencias afectan más drásticamente a éstos oscila entre los 31 y 45 días, surgiendo la forma congénita y tardía de miopatía nutricional.^{1,24,33}

Se ha observado en áreas deficientes en selenio, que la adición de este elemento en la dieta, es capaz de evitar pérdidas anuales en distintas especies domésticas. Algunos estudios han mostrado efectos positivos, cuando se suministran niveles adecuados de selenio, sobre ganancia de peso, sobrevivencia de corderos recién nacidos, incremento en la fertilización y respuesta inmune.^{13,33,36,38}

Algunas de las formas, mediante las cuales se puede corregir la deficiencia de selenio, son las siguientes:^{5,12}

- a) Suplementación alimenticia de sales minerales reforzadas con selenio sódico, a una dosis de 26 mg/kg.
- b) Inyecciones subcutáneas,
- c) Vía oral con selenio sódico en dosis de 1 a 5 mg/kg, con intervalos de 3 meses después de la primera aplicación.
- d) Administración en el agua de bebida.
- e) Por medio de comprimidos intrarruminales.

En los diferentes estudios que se han realizado, no se ha observado que las diferentes vías de administración influyan en los niveles tisulares.^{5,12}

Los comprimidos intrarruminales de selenio, se utilizan para suplementar a bajo costo este elemento a ovinos en pastoreo. Un comprimido es efectivo por varios años. Estos comprimidos pueden mantener los niveles de selenio adecuados por tres o cuatro años, en animales que consumen pastos deficientes en este elemento. Algunos trabajos muestran que los comprimidos de selenio, incrementan ganancias de peso en corderos Romney en pastoreo, con pastos deficientes en este elemento, y mantienen los niveles de selenio adecuados, durante 15 meses. Otros estudios muestran un incremento en el índice de crecimiento y aumento en la actividad de la enzima glutatión peroxidasa.^{6,15}

En un estudio en el cual se dieron comprimidos a borregas con 2, 4, 6, 8 y 10% de selenio, se observó que los de 2% fueron apenas efectivos después de 5 meses, mientras que los de 10%

mantuvieron altas concentraciones del elemento en sangre. A los 5 meses a partir de su aplicación, no hubo diferencias estadísticamente significativas en la concentración promedio de selenio en sangre entre los comprimidos de 6, 8 y 10%, con lo cual se presupone que los comprimidos de 10% no liberaron más selenio o el selenio liberado no fue absorbido, debido a que el eritrocito no pudo incorporar más este elemento.¹⁵

La administración de dos comprimidos conteniendo 5% de selenio, no extiende el período de suplementación tan efectivamente como el dar un solo comprimido de 10% de selenio. Los primeros liberan una mayor cantidad de este elemento pero por un tiempo más corto, con respecto al de 10% de selenio. Comprimidos con 15% de selenio protegieron efectivamente a borregas por lo menos 4 años (tiempo de vida comercial de estos animales), mientras los de 10% solo fueron efectivos por tres años.^{6, 15}

La longevidad del comprimido y el contenido de selenio están positivamente correlacionados: al aumentar la concentración en el comprimido, éste tendrá mayor tiempo de vida dentro del rumen. Se ha encontrado que la longevidad de los comprimidos es sensible a muchos factores y principalmente a la cantidad de selenio que éstos contengan. En forma comercial se encuentran comprimidos con 5% de selenio, que duran aproximadamente un poco menos de 2 años y comprimidos con 10 a 15% de selenio que pueden durar mínimo 4 años.^{6, 14, 15}

El comprimido se forma por compresión de una mezcla de selenio elemental y adición de polvos de hierro con un lubricante, el cual es estearato de magnesio.⁶

Se ha encontrado que el mejor factor para controlar la longevidad del comprimido es el tamaño del grano de selenio. Comprimidos con un tamaño de grano pequeño fueron degradados más rápidamente, comprimidos hechos con partículas grandes (106-212 μ) y de tamaño intermedios (63-75 μ), son más efectivos que los de partículas finas (<53 μ) y mixtas.⁶

La presión impartida al comprimido tiene efectos sobre su duración. Comprimidos a los cuales se les aplica una presión alta son más efectivos que a los que se les aplica una presión baja.⁶

La inclusión de 1% de lubricante (estearato de magnesio) tiende a incrementar la efectividad del comprimido.⁶

No hay información sobre la forma mediante la cual el selenio es liberado del comprimido ni acerca de cómo es absorbido por el animal. Se sabe, que la forma de selenio, aprovechada más eficientemente por las bacterias intrarruminales son los selenitos, por esto, los animales tratados con comprimidos elaborados con selenio elemental, no utilizan eficientemente este mineral y excretan gran cantidad de él, mientras que el que es finalmente absorbido pueda ser incorporado dentro de la proteína microbiana en el rumen antes de sufrir digestión y absorción. Además se conoce la relación que existe entre el selenio elemental y el hierro elemental, donde el selenio es estable en rumen, (pH de 5 a 7), mientras que el hierro elemental no es estable en estas

condiciones y reacciona para formar hidróxido de hierro, iones ferrosos (cuando está en un sistema Fe-H₂O) y selenito de hierro (sistema Fe-Se- H₂O). Al ser el selenio elemental biológicamente inerte, la efectividad del comprimido depende del contacto entre el hierro y el selenio para sostener la reacción de la cual se libera el selenio biológicamente activo (selenito de hierro). Es probable que la liberación más rápida de selenio ocurra como resultado de una reacción química que involucra la oxidación del hierro y la concomitante alteración del selenio elemental por selenito de hierro. El selenio elemental no incrementa los niveles de selenio en plasma, a menos que permanezca en contacto físico con hierro en el rumen.^{6, 15}

La utilización de comprimidos intrarruminales es una buena opción para el manejo práctico del ganado y para abatir la deficiencia de este mineral en animales en pastoreo.^{6, 15}

Dada la importancia que tiene la suplementación de minerales a ovinos en pastoreo y estabulados, así como la poca información que hay para esta especie, respecto al comportamiento de los comprimidos intrarruminales como una alternativa en la suplementación, se realizó una investigación sobre los niveles de selenio en sangre y heces en ovinos de un sistema extensivo, tratados con bolos intrarruminales preparados con diferentes concentraciones de selenio.

Esta investigación la realizó el M.V.Z. Carlos Gutiérrez Olivera como tesis de maestría, en el Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México y dio su autorización para la utilización de los datos en este trabajo.

OBJETIVO

Presentar el análisis de Varianza Multivariado como una alternativa para analizar datos que representan mediciones repetidas en el tiempo.

OBJETIVO PARTICULAR

Evaluar el efecto que tienen las diferentes razas de ovinos, la gestación y la adición de comprimidos intrarruminales con diferentes concentraciones de selenio sobre la concentración de selenio en sangre y heces de estos animales, criados en una sistema extensivo.

MATERIAL Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (CEIEPO), perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Este centro se localiza en el Km. 53.1 de la Carretera Federal México-Cuernavaca, en el pueblo de Tres María, Huitzilac, Morelos; se encuentra situado a 2810 m, sobre el nivel del mar, a 19° 03' de latitud Norte y 99° 14' de longitud Oeste. Cuenta con un clima tipo Cb (m2) (w) Ig, que corresponde, según Köppen, al templado semifrío con un verano fresco y largo, con lluvias en verano y una precipitación pluvial de 800 a 1724 mm al año y tiene una temperatura de entre 12-18 °C.

Para el experimento se fabricaron bolos intrarruminales con concentraciones de 0, 5 y 10% de selenio utilizando como aglomerante el cemento para azulejo y como fuente de selenio, el selenito de sodio. Los bolos tuvieron un peso aproximado de 5gr. Los bolos de 10% contenían 1.10 gr. de selenito de sodio (0.5 gr. de selenio y 0.6 gr. de sodio) y 3.9 gr. de cemento para azulejo, los de 5% tenía 0.55 gr. de selenito de sodio (0.25 gr. de selenio y 0.3 gr. de sodio) y 4.45 gr. de cemento para azulejo y los de 0% de selenio contenían solamente cemento para azulejo (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 para formar así cada uno de los bolos.

Se utilizaron 42 hembras gestantes, primerizas de las razas Rambouillet*Suffolk (Cruzas), Rambouillet y Suffolk. Se asignaron aleatoriamente 5 ovinos cruza para recibir cada uno de los niveles de selenio, 5 ovinos Rambouillet para recibir cada uno de los niveles de selenio y 4 ovinos Suffolk para recibir cada uno de los niveles de selenio. Sin embargo, por un problema de queratoconjuntivitis 5 animales salieron del trabajo. La distribución de los tamaños de muestra por tratamiento se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1

% de Se en los bolos intrarruminales	Raza			TOTAL
	CRUZAS	RAMBOUILLET	SUFFOLK	
0% de Se	3	4	3	10
5% de Se	5	5	4	14
10% de Se	5	4	4	13
Total	13	13	11	37

Además, durante el desarrollo de la investigación se encontró que había habido fallas en el diagnóstico de gestación, resultando entonces que algunas de las borregas estaban gestantes y otras no. Por lo tanto los animales quedaron distribuidos de la siguiente forma. (Cuadro 2)

Todos los animales se mantuvieron en pastoreo diurno en praderas mixtas bajo un sistema rotacional, en el cual se asignaron de 1 a 2 hectáreas por un tiempo de pastoreo de 5 días y confinamiento nocturno. En el tiempo de confinamiento se les suministró paja de avena en cantidad aproximada a 100 gr. por animal y concentrado, a partir de sorgo y soya en cantidades aproximadas de 250 gr. por animal, el cual fue elaborado en el mismo centro. Este concentrado estaba libre de selenio suplementario. Se verificó quincenalmente la concentración de selenio tanto en pastos como en paja de avena y concentrado.

Cuadro 2

% de Se en los bolos intrarruminales	PARTO	Raza			Total
		Cruza	Rambouillet	Suffolk	
0% de Se	No	3	3	2	8
	Si	0	1	1	2
5% de Se	No	3	0	2	5
	Si	2	5	2	9
10% de Se	No	2	1	3	6
	Si	3	3	1	7
Total		13	13	11	37

A todos los animales se les suministraron los bolos por vía oral utilizando un tirabolos.

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

No se modificó ninguna de las actividades de manejo de los animales que se dan en este centro (alimentación, desparasitación, vacunación, ect.).

Todas las muestras obtenidas fueron llevadas al Laboratorio de Toxicología, del Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la U.N.A.M., en donde fueron almacenadas. Posteriormente se realizó la digestión ácida de éstas utilizando ácido nítrico y ácido perclórico. Las muestras se procesaron de la siguiente forma: en matraces de Kjeldahl se vertieron de 4 a 5 ml de sangre y se le agregó 5 ml de ácido nítrico. Los matraces con la muestra fueron colocados en un digestor a una temperatura de aproximadamente 70°C, esto dentro de una campana de extracción. Las muestras permanecieron en esta condición hasta lograrse la completa liberación de la materia orgánica, después de lo cual se agregaban 2 ml

de ácido perclórico dejándose digerir con éste, por aproximadamente una hora. Terminada la digestión se vaciaba el contenido del matraz a un matraz de aforo de 25 ml y se aforaba con agua desmineralizada, para posteriormente filtrarse y ser vaciada en recipientes de plástico de 60 ml. En el caso de las heces se utilizó un gramo de muestra y se siguió el mismo procedimiento que en las muestras de sangre.

Para determinar la cantidad de selenio contenido en cada una de las muestras, se utilizó el generador de hidruros acoplado al espectrofotómetro de absorción atómica, siguiendo las especificaciones del fabricante. El cálculo del contenido de selenio fue sobre la base del peso de la muestra, la dilución, la alícuota para la generación del hidruro de selenio y el valor obtenido de la conversión de absorbencia a concentración.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño de la investigación corresponde a un factorial completamente al azar con dos factores: concentración de selenio en comprimidos intrarruminales y raza del ovino. Se tiene como covariable si la hembra quedó gestante o no. La variable respuesta es la concentración de selenio en sangre o heces medida en siete ocasiones diferentes en el tiempo.

Por lo tanto se tiene un experimento factorial con mediciones repetidas.

CONSIDERACIONES GENERALES

Los diseños que tienen una sola medición de la variable de respuesta son llamados diseños entre sujetos, en los cuales se quiere comparar el efecto de un tratamiento, entre diferentes grupos de sujetos. Los diseños en los cuales se quiere probar la existencia del efecto de tratamiento por la comparación de varias mediciones de la variable respuesta obtenidas en un grupo de sujetos, se les llaman comúnmente diseños dentro de sujetos, o bien diseños de mediciones repetidas. El diseño también es algunas veces llamado diseño mixto porque están juntos factores entre y dentro de sujetos, sin embargo, en la literatura estadística el término diseño mixto es usado para algunos diseños que tienen factores de efecto fijos y aleatorios.^{17, 20}

El término 'mediciones repetidas' se refiere a respuestas múltiples tomadas o no en secuencia sobre la misma unidad experimental. Usualmente es la misma respuesta tomada a través del tiempo, pero existen otros diseños donde se miden varias respuestas en la misma unidad experimental o se mide una respuesta bajo diferentes tratamientos en las mismas unidades experimentales. El típico experimento con mediciones repetidas en la investigación animal, consiste en asignar aleatoriamente los animales a los tratamientos y medir repetidas veces a cada animal en en el tiempo.¹⁷

El objetivo del análisis de datos con mediciones repetidas es el examinar y comparar tendencias de la variable respuesta sobre el tiempo. Esto puede involucrar las comparaciones de tratamientos a tiempos específicos, o promediar sobre el tiempo o bien comparaciones del tiempo dentro de un tratamiento.¹⁷

La característica de este tipo de diseños con mediciones repetidas, que requiere especial atención en su análisis, es la correlación alrededor de la respuesta sobre el mismo animal en el tiempo. Las mediciones repetidas en el mismo animal están correlacionadas, por ello contienen una contribución común para el animal. Más aún, las mediciones en el mismo animal a tiempos cortos tienden a estar más altamente correlacionadas que las mediciones a tiempos más largos. Además de esto, las varianzas en mediciones repetidas frecuentemente cambian con el tiempo. Estas dos

características correlación y variación combinadas pueden producir una estructura de covarianzas complicada.¹⁷

Las ventajas de este tipo de diseños son: el obtener más información de cada sujeto y entonces se requiere un menor número de sujetos en el estudio, lo que tiene su repercusión en términos de dinero, tiempo y esfuerzo; cada individuo sirve como su propio control con lo que se reduce la varianza del error, lo que no sucede en un diseño entre sujetos, donde toda esa variabilidad en diferencias individuales se va al término del error.¹⁷

Se necesitan métodos de análisis estadístico especiales para datos con mediciones repetidas, los métodos de análisis de regresión y el análisis de varianza pueden producir resultados inválidos porque requieren suposiciones estadísticas que no se cumplen con datos de mediciones repetidas.¹⁷

Hay varios métodos estadísticos usados para analizar estos datos, algunos de ellos son:

1) **El Análisis Individual** para cada tiempo; el cual examina el efecto de los tratamientos para cada tiempo por separado y no hace la comparación estadística a través del tiempo, no infiere la tendencia sobre el tiempo. Este método no es verdaderamente un análisis de mediciones repetidas.¹⁷

2) **Análisis Univariado** o enfoque de modelos mixtos; es históricamente el método más comúnmente aplicado a datos de mediciones repetidas que hacen comparaciones entre tiempos. Éste trata a los datos como si ellos resultaran de un diseño de parcelas divididas, con los animales como parcela grande (efecto aleatorio) y a los animales a un tiempo en particular como parcela chica. A este método también se le llama Análisis de parcelas divididas en el tiempo.^{17, 20, 30}

Entre los supuestos que se deben cumplir para emplear este método de análisis están: muestreo aleatorio de la población, independencia de las observaciones, normalidad, homogeneidad de varianzas usual y la homogeneidad de varianzas de las diferencias de las respuestas entre tiempos.^{17, 20, 30}

En 1970 Huynh y Feldt, mostraron que la suposición de homogeneidad de varianzas de las diferencias en las respuestas, entre diferentes tiempos es equivalente a suponer que la matriz de covarianza poblacional tiene cierta forma, llamada Esfericidad. Un caso especial de esfericidad, que se conoce como simetría compuesta, satisface la suposición de homogeneidad de las varianzas de las diferencias de las respuestas entre tiempos. Esto significa que si tómanos dos niveles del tratamiento, es decir, l y m , y obtenemos la diferencia, el resultado $Y_l - Y_m$ deberíamos tener la misma varianza poblacional. La varianza de la diferencia $Y_l - Y_m$ puede ser escrita como:

$$\sigma_{Y_l - Y_m}^2 = \sigma_{Y_l}^2 + \sigma_{Y_m}^2 - 2Cov(Y_l, Y_m) = \sigma_{Y_l}^2 + \sigma_{Y_m}^2 - 2\rho_{lm}\sigma_{Y_l}\sigma_{Y_m}$$

Donde ρ_{lm} es la correlación poblacional entre el nivel l del tratamiento y el nivel m de tratamiento.^{10, 17, 20, 30}

Se dice que una matriz de covarianzas posee simetría compuesta si y sólo si todas las varianzas son iguales y todas las covarianzas son iguales. Sin embargo, una propiedad equivalente es, que cada medición deberá tener la misma varianza y toda correlación entre pares de medidas deben ser iguales. Simbólicamente, se pueden representar estas dos condiciones como:

$$\sigma_{Yl}^2 = \sigma_{Ym}^2$$

para todo tiempo l y m y

$$\rho_{lm} = \rho_{jk}$$

para todo tiempo j, k, l y m . Si las dos ecuaciones son verdaderas, σ^2 representa la varianza común de cada medición en el tiempo y se puede usar ρ para representar la correlación común entre cada par de mediciones a diferentes tiempos.^{10, 20}

La forma general de la varianza esta dada por:^{10, 20}

$$Var(Y_l - Y_m) = \sigma_{Y_l}^2 + \sigma_{Y_m}^2 - 2\rho_{lm}\sigma_{Y_l}\sigma_{Y_m}$$

Entonces si la simetría compuesta se cumple, se puede reemplazar $\sigma_{Y_l}^2$ y $\sigma_{Y_m}^2$ con σ^2 y ρ_{lm} con ρ y la varianza de la diferencia en la respuesta entre cualesquiera dos tiempos:

$$Var(Y_l - Y_m) = \sigma_{Y_l}^2 + \sigma_{Y_m}^2 - 2\rho_{lm}\sigma_{Y_l}\sigma_{Y_m} = \sigma^2 + \sigma^2 - 2\rho\sigma^2 = 2\sigma^2 - 2\rho\sigma^2 = 2\sigma^2(1 - \rho)$$

no depende de l y m .^{10, 20}

Si se cumple la simetría compuesta, el análisis de varianza Univariado es válido.^{10, 20}

Existe un procedimiento para probar la hipótesis nula de que la condición de homogeneidad se cumple, es la prueba de esfericidad de Mauchly.²⁰

Cuando la suposición de homogeneidad no se cumple existen tres procedimientos para ajustar los grados de libertad de la distribución muestral de la estadística F: la corrección de Geiser-Greenhouse; el ajuste de Box y el ajuste de Huynh-Feldt.^{17, 20, 30}

Si bien, los ajustes proporcionan una solución a la violación de la suposición de esfericidad, que requiere el análisis de observaciones repetidas mediante un modelo de parcelas divididas, el enfoque multivariado resulta ser una mejor alternativa para el análisis de observaciones repetidas, ya que no requiere de la suposición de esfericidad y es más potente.^{17, 20, 30}

3) Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA), la aplicación del análisis de varianza multivariado al análisis de observaciones repetidas en el tiempo se lleva a cabo en dos partes:²⁰

a) Probar los efectos de los factores entre animales, tanto efectos principales como interacciones.

b) Probar el efecto dentro de animales, es decir, el efecto del tiempo y sus interacciones con los factores entre animales.

Para llevar a cabo las pruebas dentro y entre animales se forman nuevas variables.

Al probar los efectos entre animales se forma una variable nueva, llámese M_{ij} , que es el promedio de las respuestas del animal i a través del tiempo. Las pruebas de los efectos principales e interacciones de los factores entre animales, se llevan a cabo de la misma manera que en el enfoque univariado, puesto que hay una sola variable respuesta en cada animal, la que se usa para probar todos los efectos entre animales.²⁰

Para probar los efectos dentro de animales, es decir, tendencias a través del tiempo, o comparaciones entre tiempos, se forman unas nuevas variables, llámese D_{ij} , que son combinaciones lineales de las respuestas del animal i a diferentes tiempos y que representan las comparaciones específicas que se desean probar a través del tiempo. Por ejemplo, pueden ser polinomios ortogonales con representación lineal, cuadrática, cúbica, etc., de la tendencia en el tiempo, o simplemente diferencias entre las respuestas a puntos consecutivos en el tiempo, esto es, el cambio del tiempo 1 al tiempo 2, del tiempo 2 al tiempo 3 y así sucesivamente.²⁰

Si las mediciones en el tiempo son tres o más, entonces para cada animal se tendrá más de una variable D , para realizar el análisis de los efectos en el tiempo se aplica un análisis de varianza multivariado.²⁰

A continuación se describe cómo se realizan las pruebas de efectos principales e interacciones para el caso en el que se tiene un solo factor entre animales con mediciones de la respuesta en varios puntos en el tiempo (un sólo factor dentro de animales):²⁰

Sea A el factor entre animales con a niveles y B el tiempo con b puntos de medición (factor dentro de animales).

Sea Y_{ijk} : la respuesta del animal i , del tratamiento j , al tiempo k .

Efecto principal del factor A

Para probar el efecto principal de A (factor entre animales) se forma una nueva variable M_{ij} , definida del siguiente modo:²⁰

$$M_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^b Y_{ijk}}{b}$$

Es decir, M_{ij} es el promedio de las respuestas a los b tiempos, del animal i del tratamiento j .

Entonces se prueba el efecto principal de A mediante un análisis de varianza para un solo factor con M como variable dependiente y entonces la estadística de prueba es:²⁰

$$F = \frac{\sum_{j=1}^a n_j (\bar{M}_j - \bar{M})^2 / (a-1)}{\sum_{j=1}^a \sum_{i=1}^{n_j} (M_{ij} - \bar{M}_j)^2 / (N-a)}$$

Efectos de B (tiempo)

Para probar el efecto principal de B y la interacción de A y B, se forman (b-1) variables D. Es conveniente formar las variables D de tal modo que representen las comparaciones específicas que se quieren probar a través del tiempo.²⁰

Sean $D_{1ij} \dots D_{(b-1)ij}$, las nuevas b-1 variables que representan contrastes de las b respuestas en el tiempo, del sujeto i, del tratamiento j.²⁰

Efecto principal del tiempo

El probar el efecto principal de B, es equivalente a probar la hipótesis nula de que las b medias de las variables originales Y, son iguales entre sí. Esto es equivalente a probar que las medias de las variables D son todas iguales a cero. Entonces el modelo completo para cada variable D, es:²⁰

$$D_{.kij} = \mu_k + \alpha_{.kj} + \varepsilon_{kij}$$

$$k = 1 \dots b-1$$

$$i = 1 \dots n_j$$

$$j = 1 \dots a$$

Y el modelo reducido para probar esta hipótesis es:

$$D_{kij} = \alpha_{kj} + \varepsilon_{kij}$$

$$k = 1 \dots b-1$$

$$i = 1 \dots n_j$$

$$j = 1 \dots a$$

Se obtienen los estimadores de mínimos cuadrados de los parámetros de los modelos completos para cada D_k

$$\hat{\mu}_k + \hat{\alpha}_{kj} = \bar{D}_{kj}$$

$$k = 1 \dots b-1$$

$$j = 1 \dots a$$

Entonces la suma de cuadrados del error del modelo completo para cada k esta dada por

$$\sum_{i=1}^{n_j} (D_{kij} - \bar{D}_{kj})^2 = E_{kk}(C)$$

Y la suma del producto cruzado de los errores es:¹⁹

$$\sum_{i=1}^{n_j} (D_{kij} - \bar{D}_{kj}) (D_{k'ij} - \bar{D}_{k'j}) = E_{kk'}(C)$$

Se construye entonces la matriz de errores del modelo completo:

$$E(C) = \begin{bmatrix} E_{11}(C) & E_{12}(C) & \dots & E_{1(b-1)}(C) \\ E_{21}(C) & E_{22}(C) & \dots & E_{2(b-1)}(C) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ E_{(b-1)1}(C) & E_{(b-1)2}(C) & \dots & E_{(b-1)(b-1)}(C) \end{bmatrix}$$

Así mismo, se obtienen los estimadores de mínimos cuadrados de los modelos reducidos:²⁰

$$\hat{\alpha}_{kj} = \bar{D}_{kj} - \bar{D}_k$$

$$k = 1 \dots b-1$$

$$j = 1 \dots a$$

Entonces la suma de cuadrados del error del modelo reducido para cada k esta dada por:

$$\sum_{i=1}^{n_j} (D_{kij} - \bar{D}_{kj} + \bar{D}_k)^2 = E_{kk}(R)$$

Y la suma de productos cruzados de los errores es:

$$\sum_{i=1}^{n_j} (D_{kij} - \bar{D}_{kj} + \bar{D}_k) (D_{k'ij} - \bar{D}_{k'j} + \bar{D}_{k'}) = E_{kk'}(R) \quad \forall k \neq k'$$

Se construye, entonces la matriz de errores del modelo reducido:

$$E(R) = \begin{bmatrix} E_{11}(R) & E_{12}(R) & \dots & E_{1(b-1)}(R) \\ E_{21}(R) & E_{22}(R) & \dots & E_{2(b-1)}(R) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ E_{(b-1)1}(R) & E_{(b-1)2}(R) & \dots & E_{(b-1)(b-1)}(R) \end{bmatrix}$$

Para probar el efecto principal de B, se obtiene la estadística de prueba:

$$F = \frac{\frac{(|E(R)| - |E(C)|) / (b-1)}{|E(C)| / (N-a-b+2)}}$$

que tiene una distribución $F_{(b-1)(N-a-b+2)}$ donde N es el total de animales en el experimento.²⁰

Efecto de la interacción del factor A con el tiempo

Del mismo modo que en el caso anterior se obtiene la matriz de errores del modelo completo $E(C)$.²⁰

Los modelos reducidos para probar las hipótesis de no interacción son:

$$D_{kij} = \mu_k + \varepsilon_{kij}$$

$$k = 1 \dots b-1$$

$$i = 1 \dots n_j$$

$$j = 1 \dots a$$

Los estimadores de mínimos cuadrados de los parámetros de los modelos son:

$$\hat{\mu}_k = \bar{D}_k \quad \text{para toda } k=1 \dots b-1$$

La suma de cuadrados del error del modelo reducido para cada k , esta dada por:

$$\sum_{i=1}^{n_j} (D_{kij} - \bar{D}_k)^2 = E_{kk}(R)$$

Y la suma de productos cruzados de los errores es:

$$\sum_{i=1}^{n_j} (D_{kij} - \bar{D}_k)(D_{k'ij} - \bar{D}_{k'}) = E_{kk'}(R)$$

Se construye entonces la matriz de errores del modelo reducido.

$$E(R) = \begin{bmatrix} E_{11}(R) & E_{12}(R) & \dots & E_{1(b-1)}(R) \\ E_{21}(R) & E_{22}(R) & \dots & E_{2(b-1)}(R) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ E_{(b-1)1}(R) & E_{(b-1)2}(R) & \dots & E_{(b-1)(b-1)}(R) \end{bmatrix}$$

Para probar el efecto de interacción, existen cuatro estadísticas de prueba multivariadas, que comparan de algún modo la matriz del modelo completo con la matriz del modelo reducido.^{20,23,25,30}

a) La Lamda de Wilks.^{20,23,25,30}

$$F = \frac{(1 - \sqrt[q]{\Lambda}) / (a-1)(b-1)}{\sqrt[q]{\Lambda} / [mq - 0.5(a-1)(b-1) + 1]}$$

que tiene una distribución $F_{(a-1)(b-1)[mq - 0.5(a-1)(b-1) + 1]}$

donde:

$$\Lambda = \frac{|E(C)|}{|E(R)|}$$

$$m = N - 0.5(a + b + 1) \quad \text{N: total de observaciones}$$

$$q = \sqrt{\frac{(a-1)^2(b-1)^2 - 4}{(a-1)^2 + (b-1)^2 - 5}} \quad \text{cuando } (a-1)^2 + (b-1)^2 = 1 \quad q \text{ se define como 1}$$

b) La traza de Pillai-Bartlett.^{20,23,25,30}

$$F = \frac{(N - a - b + s + 1)V}{l(s - V)}$$

que tiene una distribución $F_{(a-1)(b-1), s(N-a-b+s+1)}$

donde:

$$V = \text{traza} \left[[E(R) - E(C)] [E(R)]^{-1} \right]$$

$$s = \min\{(a-1)(b-1)\}$$

$$l = \max\{(a-1)(b-1)\}$$

N= total de observaciones

c) La máxima raíz característica de Roy.^{20,23,25,30}

$$gcr = \text{máx raiz} \left[E(C)(E(C) + E(R))^{-1} \right]$$

que tiene una distribución $F_{(s, m, n, 1-\alpha)}$

d) La traza de Hotelling-Lawley.^{20,23,25,30}

$$T = \text{tr} \left[E(C)E(R)^{-1} \right]$$

La lambda de Wilks ha sido la más usada y la traza de Pillai-Bartlett parece que es la más robusta de las cuatro estadísticas.^{20,23}

Si el efecto principal del factor entre animales A resulta significativo, se realizan comparaciones múltiples ó contrastes ortogonales para las medias marginales de las variables M_i (Promedio de las respuestas del animal i en los b tiempos, del tratamiento j).²⁰

Si el efecto principal del factor tiempo B (factor dentro de animales) resulta significativo, se forma una variable D_{ij} cuyos coeficientes corresponden a la comparación entre tiempos que desean probarse y se prueba la hipótesis de que la media poblacional de esta variable D es cero.²⁰

Para esto, se obtiene la suma de cuadrados del error del modelo completo SCE(C):

$$D_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$$

y la suma de cuadrados del error del modelo reducido SCE(R):

$$D_{ij} = \alpha_j + \varepsilon_{ij}$$

y se obtiene la estadística:

$$F = \frac{SCE(R) - SCE(C) / glR - glC}{SCE(C) / glC}$$

Si la variable particular D que se quiere probar es una de las variables D formadas para realizar la prueba multivariada del efecto principal del factor tiempo, el numerador y el denominador para la estadística F arriba mencionada, pueden obtenerse a partir de los elementos apropiados de la diagonal de las matrices E(C) y E(R).²⁰

Si el efecto de interacción entre el factor A y B resulta significativo:²⁰

a) Se puede probar el efecto de A (factor entre animales) para cada nivel del factor B, el tiempo (factor dentro de animales) realizando un análisis univariado de un solo factor, en las variables originales Y.

b) Se puede probar el efecto del factor tiempo para cada nivel *j* del factor A (entre animales), mediante un análisis multivariado para las variables D pero sólo para los animales que se encuentran en el nivel *j* de A.

Cuando se tienen dos o más factores entre animales y un factor dentro de animales, como es el caso de la presente investigación, la notación escalar se vuelve compleja, resultando más conveniente utilizar una notación matricial.

El modelo multivariado general para un experimento con mediciones repetidas, puede expresarse como:²⁵

$$Y_{N \times P} = X_{(N \times R)} B_{(R \times P)} + E_{(N \times P)}$$

Donde:

$Y_{N \times P}$: Matriz de las mediciones de las respuestas del experimento. Cada renglón corresponde a las mediciones de una unidad experimental en cada uno de los *p* tiempos. Se consideran N unidades experimentales.

$X_{N \times R}$: matriz diseño de rango t.

$B_{R \times P}$. Matriz de parámetros desconocidos. Cada columna corresponde a un vector de *r**1 parámetros desconocidos para cada uno de los *p* tiempos.

$E_{N \times P}$: matriz de errores aleatorios no observables. Se supone que los renglones son independientes e idénticamente distribuidos como normales multivariadas con media cero y matriz de covarianzas común. Los elementos en las columnas pueden estar correlacionados.

Para el modelo multivariado, se plantea la hipótesis general.^{23,25}

$$H_0 : CBM = 0$$

$$H_a : CBM \neq 0$$

Donde:

C : matriz de $g \times r$ de rango g . g es el número de contrastes independientes entre tratamientos (efecto entre sujetos).^{23,25}

M : matriz de $p \times q$ de rango q . q es el número de contrastes independientes entre tiempos.^{23,26}

Los efectos principales entre tratamientos se evalúan con una $M=I$ y los efectos principales entre tiempos con $C=I$. Si ambas, M y C , son diferentes a la matriz identidad se trata de una interacción o parte de ella, para esto se debe tener un modelo reparametrizado de modo que la matriz diseño sea de rango completo.²³

Las estadísticas de prueba para las hipótesis son las que se mencionaron anteriormente: Wilks, Pillai-Bartlett, Roy y Hotelling-Lawley.^{20, 23, 25, 30}

Modelo del experimento

Debido a las muertes que ocurrieron y al mal diagnóstico de la gestación, los tamaños de muestra resultantes no permitieron probar la interacción de segundo orden, entre porcentaje de selenio en el comprimido, raza y parto.

El modelo utilizado fue entonces:

$$Y = XB + E$$

donde:

Y : matriz de 37×6 cuyos renglones son los valores de los niveles de selenio en sangre (o heces) del tiempo dos al tiempo 6, de cada uno de los 37 ovinos en el experimento. El tiempo uno no se considero para el análisis, debido a que en ese día los ovinos recibirían el tratamiento, es decir, no estaban tratados y esa medición podría mostrarnos en el análisis una posible interacción inexistente.

X : matriz diseño de 37×30 . (que es de rango incompleto)

B : matriz de parámetros de 30×6 . Cada columna es un vector $\beta^{(p)}$ de parámetros al tiempo p
 $p=2...7$

$$\beta^{(p)T} = \begin{bmatrix} \mu^{(p)} & S_1^{(p)} & S_2^{(p)} & S_3^{(p)} & R_1^{(p)} & R_2^{(p)} \\ R_3^{(p)} & P_1^{(p)} & P_2^{(p)} & SR_{11}^{(p)} & SR_{12}^{(p)} & SR_{13}^{(p)} \\ SR_{21}^{(p)} & SR_{22}^{(p)} & SR_{23}^{(p)} & SR_{31}^{(p)} & SR_{32}^{(p)} & SR_{33}^{(p)} \\ SP_{11}^{(p)} & SP_{12}^{(p)} & SP_{21}^{(p)} & SP_{22}^{(p)} & SP_{31}^{(p)} & SP_{32}^{(p)} \\ RP_{11}^{(p)} & RP_{12}^{(p)} & RP_{21}^{(p)} & RP_{22}^{(p)} & RP_{31}^{(p)} & RP_{32}^{(p)} \end{bmatrix}$$

donde:

$\mu^{(p)}$: media general al tiempo P

$S_i^{(p)}$: efecto del nivel i -ésimo del contenido de selenio al tiempo P .

$$i = \begin{cases} 1: \text{bolos con } 0\% \text{ de selenio} \\ 2: \text{bolos con } 5\% \text{ de selenio} \\ 3: \text{bolos con } 10\% \text{ de selenio} \end{cases}$$

$R_j^{(p)}$: efecto de la raza j al tiempo P

$$j = \begin{cases} 1: \text{cruza} \\ 2: \text{ramboullet} \\ 3: \text{suffolk} \end{cases}$$

$P_k^{(p)}$: efecto de la gestación al tiempo P

$$k = \begin{cases} 0: \text{no parió} \\ 1: \text{parió} \end{cases}$$

$SR_{ij}^{(p)}$: efecto de la interacción del nivel i del contenido de selenio en el bolo, con la raza j al tiempo P . $i=1...3, j=1...3$

$SP_{ik}^{(p)}$: efecto de la interacción del nivel i del contenido de selenio en el bolo, con el nivel k de parto, al tiempo P . $i=1...3, k=1,2$

$RP_{jk}^{(p)}$: efecto de la interacción de la raza j , con el nivel k de parto, al tiempo P

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

E : matriz de errores aleatorios de 37×6

Para el análisis de las variables respuesta (contenido de selenio en sangre y contenido de selenio en heces) fue necesario emplear la transformación de Box y Cox, para corregir por no normalidad y heterogeneidad de varianza.^{27,28}

El análisis se realizó utilizando el paquete estadístico JMP versión 3.1.2.

RESULTADOS

En el cuadro 3 se presentan las medias y desviaciones estándar por tratamiento para los niveles de selenio en sangre y heces transformados.

Análisis del contenido de selenio en sangre

El contenido de selenio en sangre fue transformado (Transformación de Box-Cox) empleando la siguiente ecuación:

$$\ln \text{ sangre } * 122.303383$$

Los resultados se dividen en dos partes, la primera corresponde al análisis de los factores entre ovinos (concentración de selenio en los bolos, raza, y parto), y sus interacciones de primer orden solamente ya que el diseño resultó como se mencionó en la página 9. Y la segunda parte es el análisis del factor dentro de ovinos (tiempo) y las interacciones de éste con los factores entre ovinos.

Análisis entre ovinos:

La interacción del porcentaje de selenio contenido en el bolo intrarruminal con raza, resultó significativa. Se realizaron comparaciones múltiples con ajuste de Bonferroni para determinar el origen de esta interacción, encontrándose significativas las siguientes:

1) Para la raza Rambouillet se encontró diferencia significativa entre los niveles 0% y 10% de concentración de selenio.

2) Para la raza Suffolk se encontraron diferencias significativas entre los niveles 5% y 10% de concentración de selenio con el control.

Los resultados se presentan en el cuadro 4. Las medias y desviaciones estándar de los niveles de selenio en sangre transformados para cada concentración de selenio en el comprimido y raza se presentan en el cuadro 5. El cuadro 6 muestra las comparaciones múltiples. En las gráficas 1 y 2 se describe el comportamiento de la interacción.

Cuadro 3
Media y desviación estándar del contenido de selenio en sangre y heces para cada tiempo y tratamiento .

Se	Raza	Parto	Tiempo	Sangre		Heces		Se	Raza	Parto	Tiempo	Sangre		Heces	
				Media	D.e.	Media	D.e.					Media	D.e.	Media	D.e.
0	1	0	1	572.09	16.67	19.63	32.28	0	1	1	1	0	0	0	0
0	1	0	2	651.43	19.25	76.32	10.5	0	1	1	2	0	0	0	0
0	1	0	3	593.69	12.19	25.19	34.55	0	1	1	3	0	0	0	0
0	1	0	4	604.42	19.31	44.62	7.62	0	1	1	4	0	0	0	0
0	1	0	5	608.6	45.5	26	6.73	0	1	1	5	0	0	0	0
0	1	0	6	541.06	51.17	0	0	0	1	1	6	0	0	0	0
0	1	0	7	503.64	56.37	17.27	26.92	0	1	1	7	0	0	0	0
0	2	0	1	576.01	66.34	0	0	0	2	1	1	598.11	0	0	0
0	2	0	2	573.33	57.36	54.16	18.59	0	2	1	2	619.63	0	30.96	0
0	2	0	3	541.9	17.34	20.19	31.92	0	2	1	3	483.11	0	58.29	0
0	2	0	4	603.88	19.04	59.37	23.26	0	2	1	4	530.06	0	46.7	0
0	2	0	5	592.18	35.15	15.41	16.9	0	2	1	5	564.07	0	0	0
0	2	0	6	548.15	50.51	19.3	25.52	0	2	1	6	504.7	0	0	0
0	2	0	7	527.41	25.18	28.59	25.2	0	2	1	7	482.97	0	0	0
0	3	0	1	552.65	33.86	42.06	10.75	0	3	1	1	595.24	0	34.02	0
0	3	0	2	613.87	74.66	76.63	0.51	0	3	1	2	619.87	0	77.4	0
0	3	0	3	504.79	46.11	0	0	0	3	1	3	544.24	0	20.64	0
0	3	0	4	570.53	11.8	49.78	22.86	0	3	1	4	429.16	0	63.76	0
0	3	0	5	530.3	6.82	14.56	13.6	0	3	1	5	473.74	0	35.25	0
0	3	0	6	465.98	49.38	0	0	0	3	1	6	509.24	0	0	0
0	3	0	7	466.02	59.52	23.48	33.2	0	3	1	7	507.57	0	0	0
1	1	0	1	545.37	156.96	9.34	16.18	1	1	1	1	615.25	115.76	6.82	9.64
1	1	0	2	640.76	59.68	67.56	4.26	1	1	1	2	707.47	14.59	74.65	12.63
1	1	0	3	595.7	78.12	12.9	22.34	1	1	1	3	599.39	20.16	45.64	11.02
1	1	0	4	595.5	58.86	57.63	13.68	1	1	1	4	627.93	191.77	81.35	16.27
1	1	0	5	627.43	43.28	18.69	24.84	1	1	1	5	593.1	7.63	49.05	0.32
1	1	0	6	588.71	15.6	16.2	28.07	1	1	1	6	562.66	19.12	10.23	14.46
1	1	0	7	551.8	13.3	17.34	18.81	1	1	1	7	568.69	24.1	0	0
1	2	0	1	0	0	0	0	1	2	1	1	547.3	76.59	12.06	22.73
1	2	0	2	0	0	0	0	1	2	1	2	649.4	67.46	76.01	12.77
1	2	0	3	0	0	0	0	1	2	1	3	562.73	33.26	35.13	21.53
1	2	0	4	0	0	0	0	1	2	1	4	598.83	22.29	66.31	14.44
1	2	0	5	0	0	0	0	1	2	1	5	598.09	57.27	13.67	13.06
1	2	0	6	0	0	0	0	1	2	1	6	595.3	43.66	4.22	9.43
1	2	0	7	0	0	0	0	1	2	1	7	520.21	48.55	8.88	14.27
1	3	0	1	569.89	21.69	36.87	3.32	1	3	1	1	601.22	64.26	31.51	10.25
1	3	0	2	672.41	102.76	72.91	0.61	1	3	1	2	609.09	5.79	65.73	23.21
1	3	0	3	666.94	42.98	56.75	16.89	1	3	1	3	616.35	28.69	54.74	14.32
1	3	0	4	627.38	78.1	43.19	13.28	1	3	1	4	603.13	18.84	48.94	20.51
1	3	0	5	583.69	8.3	24.73	34.97	1	3	1	5	636.95	87.22	43.93	8.14
1	3	0	6	615.48	68.7	0	0	1	3	1	6	567.61	132.25	0	0
1	3	0	7	555.7	1.81	13.28	16.78	1	3	1	7	575.63	88.29	39.78	5.12
2	1	0	1	605.6	34.02	26.99	40.99	2	1	1	1	573.73	30.04	23.68	21.27
2	1	0	2	646.68	5.15	71.64	8.34	2	1	1	2	663.62	72.53	75.09	11.81
2	1	0	3	604.32	28.02	62.49	3.63	2	1	1	3	570.67	38.13	16.52	14.75
2	1	0	4	632.03	21	60.13	7.9	2	1	1	4	598.41	19.22	54.81	9.41
2	1	0	5	698.68	7.01	30.01	26.08	2	1	1	5	619.28	50.16	9.99	17.31
2	1	0	6	638.73	70.31	0	0	2	1	1	6	562.95	50.9	8.63	14.94
2	1	0	7	530.95	11.32	26.23	37.09	2	1	1	7	528.17	25.65	7.44	12.89
2	2	0	1	492.4	0	41.49	0	2	2	1	1	571.31	99.49	19.37	17.4

Se: 0=0%; 1=5%; 2=10% Raza: 1=Cruza; 2=Rambouillet; 3=Suffolk Parto: 0=No parto; 1=Parto

Cuadro 4

Análisis de los factores entre sujetos para los niveles de selenio en sangre.

Fuente de variación	g.l.	F Exacta	Prob>F
Modelo	13	5.8536	0.0001
constante	1	16829.155	0
% Se	2	22.2324	0.0000*
Raza	2	1.1882	0.3228
Parto	1	2.3762	0.1368
Se*Raza	4	2.8063	0.0494*
Se*Parto	2	1.0157	0.3778
Raza*Parto	2	0.0007	0.9993
Error	23		

Cuadro 5

Medias y desviaciones estándar de los niveles de selenio en sangre por raza y concentración de selenio.

%Se*	Raza**	Media	Desv. est.
0	1	577.97	59.57
1	1	602.61	65.98
2	1	601.32	58.24
0	2	554.56	45.67
1	2	589.23	58
2	2	626.67	48.27
0	3	523.04	63.33
1	3	604.93	57.39
2	3	612.46	51.29

*0=0% de Se; 1=5% de Se; 2=10% de Se

** 1=Cruza; 2=Rambouillet; 3=Suffolk

Cuadro 6

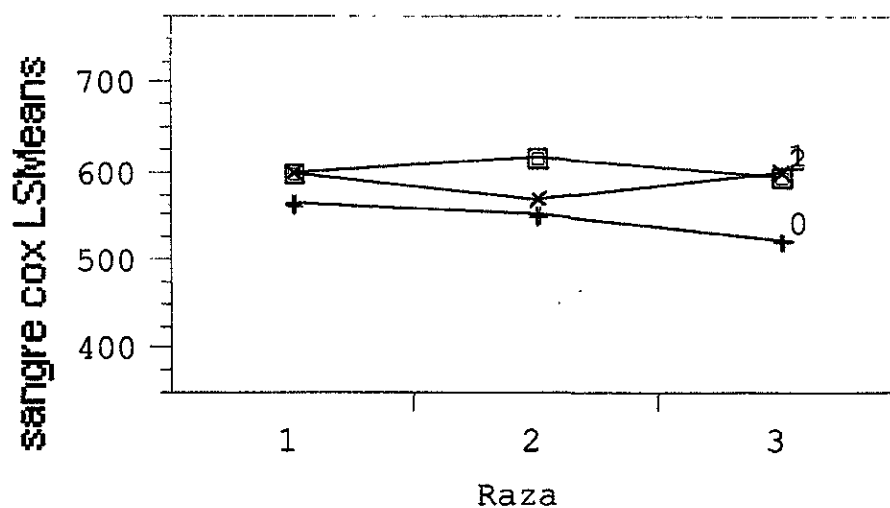
Comparaciones múltiples con ajuste de Bonferroni del contenido promedio de selenio en sangre para raza y concentración de selenio en los bolos.

% Se*	Raza**	F Exacta	G.I. num.	G.I. den.	Prob>F
0	1-2	0.8164	1	23	0.3756
	1-3	5.7365	1	23	0.0252
	2-3	3.4045	1	23	0.0779
1	1-2	0.8006	1	23	0.3802
	1-3	0.0191	1	23	0.8913
	2-3	0.9864	1	23	0.331
2	1-2	3.8774	1	23	0.0611
	1-3	0.0777	1	23	0.783
	2-3	2.3087	1	23	0.1423
Raza**	% Se*	F Exacta	G.I. num.	G.I. den.	Prob>F
1	0-1	3.7589	1	23	0.0649
	0-2	3.5081	1	23	0.0738
	1-2	0.0007	1	23	0.9788
2	0-1	3.4391	1	23	0.0765
	0-2	25.6967	1	23	0.0000*
	1-2	7.2161	1	23	0.0132
3	0-1	29.9059	1	23	0.0000*
	0-2	30.4753	1	23	0.0000*
	1-2	0.028	1	23	0.8685

* 0=0% de Se; 1=5% de Se; 2=10% de Se **1=Cruza; 2=Rambouillet; 3=Suffolk
 $\alpha=0.05$ α de cada prueba 0.002777

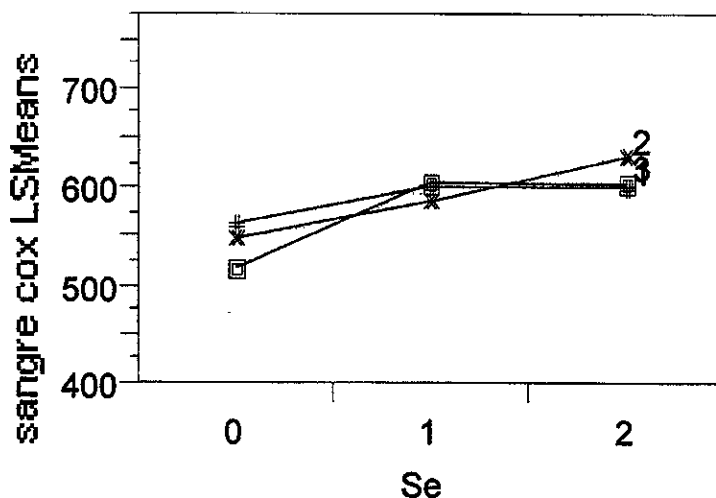
Gráfica 1

Contenido promedio de selenio en sangre por raza y concentración de selenio en bolos intrarruminales



0:0% selenio; 1:5% selenio; 2:10% selenio
 1:Cruza; 2:Rambouillet; 3:Suffolk

Gráfica 2
 Contenido promedio de selenio en sangre por
 concentración de selenio en bolos intrarruminales y raza.



1: Cruza; 2: Rambouillet; 3: Suffolk
 0: 0% selenio; 1: 5% selenio; 2: 10% selenio

Análisis dentro de ovinos:

El cuadro 7 presenta el análisis para el factor dentro de ovinos (tiempo) y sus interacciones con los factores entre ovinos (concentración de selenio en los comprimidos, raza y parto). El cuadro 8 presenta las medias y desviaciones estándar para la concentración de selenio en sangre transformada para cada tiempo.

Cuadro 7
 Efectos dentro de sujetos para los niveles de Se en sangre.

Factor	Wilks	F aprox.	G.l. num.	G.l. dem.	Prob>F
Tiempo		14.4259*	5	19	0.0000*
Tiempo*%Se	0.7116	0.7047	10	38	0.7142
Tiempo*Raza	0.6044	1.0897	10	38	0.3954
Tiempo*Parto		0.7521*	5	19	0.5948
Tiempo*%Se*Raza	0.633	0.4727	20	63.966	0.9679
Tiempo*%Se*Parto	0.8208	0.3944	10	38	0.9411
Tiempo*Raza*Parto	0.5426	1.3589	10	38	0.2363

* Esta F es exacta.

El único efecto significativo fue el tiempo. Para determinar en qué tiempos el contenido promedio de selenio en sangre es diferente, se realizó un análisis de perfiles (diferencias consecutivas) con ajuste de Bonferroni, con los siguientes resultados:

1) Se encontraron diferencias significativas entre los días 15 y 30, siendo mayores los niveles de selenio en sangre el día 15.

2) También se encontraron diferencias significativas entre los días 90 y 120, y fue en el día 90 que los niveles de selenio en sangre fueron mayores.

Los resultados se presentan en el cuadro 9. La gráfica 3 muestra de manera descriptiva que los niveles de selenio en sangre tienen un decremento del día 15 al 30, a partir de este día se estabiliza hasta el día 90, volviendo a decrecer para el día 120.

Cuadro 8
Medias y desviaciones estándar de los niveles de selenio en sangre para cada tiempo

TIEMPO	2	3	4	5	6	7
Media	643.66	574.32	604.83	603.87	579.71	539.01
Desv. est.	51.69	45.95	62.41	52.63	64.14	43.8

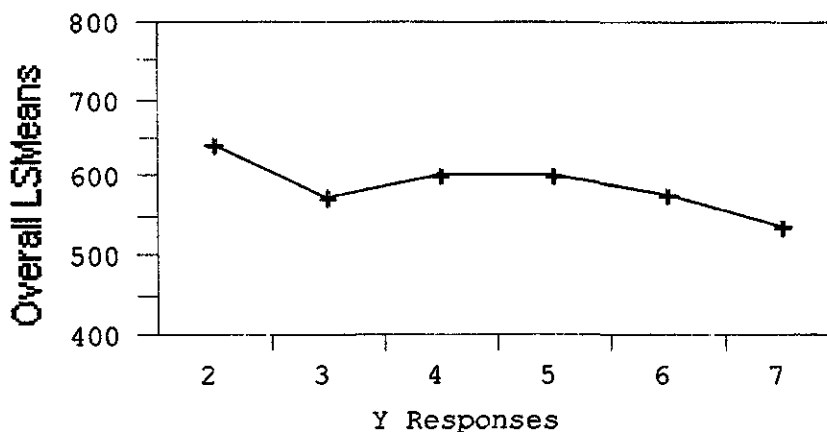
Cuadro 9
Análisis de perfiles con ajuste de Bonferroni para los niveles promedio de selenio en sangre entre tiempos.

Tiempos	F Exacta	G.I. num.	G.I. den.	Prob>F
2-3	27.2786	1	23	0.0000*
3-4	0.472	1	23	0.4989
4-5	0.0331	1	23	0.8571
5-6	0.1652	1	23	0.6881
6-7	9.6054	1	23	0.0051*

$\alpha=0.05$

α de cada prueba 0.01

Gráfica 3
Contenido promedio de selenio en sangre por tiempo



Tiempo de medición

*Tiempo:2=día 15;3=día 30;4=día 45;5=día 60;6=día 90;7=día 120

Análisis del contenido de selenio en heces

Para el contenido de selenio en heces fue necesario aplicar la siguiente transformación (Box-Cox):

$$(hces + 1)^{0.2} - 1/0.0244792$$

Análisis entre ovinos

El Cuadro 10 presenta los resultados para el análisis de los factores entre ovinos (concentración selenio en el bolo intrarruminal, raza, y parto).

Únicamente el contenido de selenio en el comprimido y la interacción contenido de selenio en el bolo y el parto resultaron significativas.

Cuadro 10
Análisis de los factores entre sujetos para los niveles de selenio en heces.

Fuente de variación	g.l.	F Exacta	Prob>F
Modelo	13	2.0312	0.0665
Constante	1	599.8054	0
% Se	2	3.7554	0.0388*
Raza	2	0.0544	0.9472
Parto	1	0.2182	0.6448
Se*Raza	4	1.6741	0.1902
Se*Parto	2	4.4861	0.0226*
Raza*Parto	2	0.1315	0.8775
Error	23		

Al investigar el comportamiento de la interacción se obtuvo lo siguiente:

1) Para las borregas que no parieron, se encontró diferencia estadísticamente significativa en el contenido promedio de selenio en heces entre las borregas que recibieron bolos con 0% y las que recibieron bolos con 10% de selenio. Los animales que no parieron y recibieron comprimidos intrarruminales del 10% mostraron niveles de selenio en heces superiores a las borregas que no parieron y fueron tratadas con comprimidos de placebo (0% de selenio).

2) Para las borregas que parieron, no se encontraron diferencias significativas en el contenido promedio de selenio en heces entre los grupos que recibieron 0%, 5% y 10% de selenio en los bolos intrarruminales.

3) Al analizar para cada nivel de concentración de selenio en los comprimidos intrarruminales si existían diferencias entre borregas que parieron y no, no se encontró ninguna diferencia significativa.

Los resultados se muestran en el cuadro 12. Las medias y desviaciones estándar del contenido promedio de selenio en heces transformado para la concentración de selenio en el bolo y

parto, se muestran en el cuadro 11. Las gráficas 4 y 5 describen el comportamiento de la interacción.

Cuadro 11
Medias y desviación estándar de los niveles de selenio en heces por raza y concentración de selenio en bolos

Se**	Parto*	Media	Desv. est.
0	0	31.02	28.87
1	0	35.09	31.4
2	0	44.1	26.67
0	1	30.17	30.18
1	1	38.17	30.27
2	1	34.07	29.35

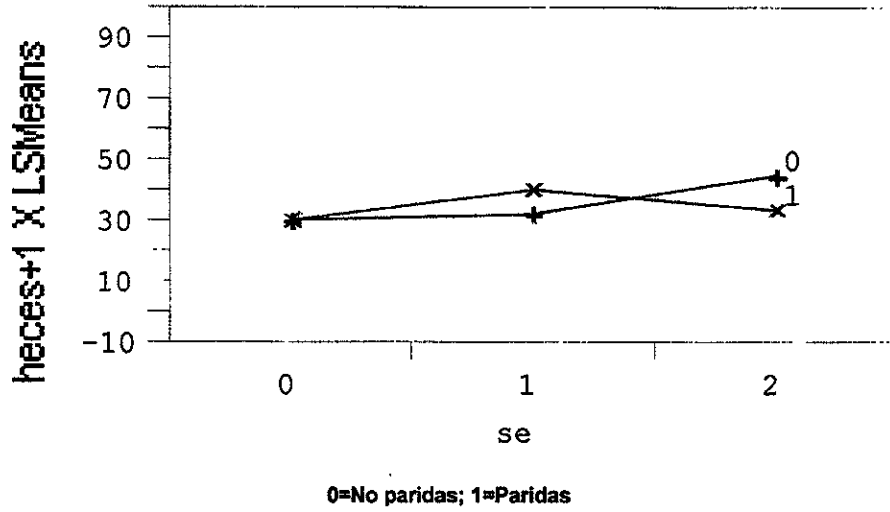
*0=No paridas; 1=Paridas **0=0% de Se; 1=5% de Se; 2=10% de Se

Cuadro 12
Comparación múltiple del contenido promedio de selenio en heces con ajuste de Bonferroni para parto y concentración de selenio en bolos

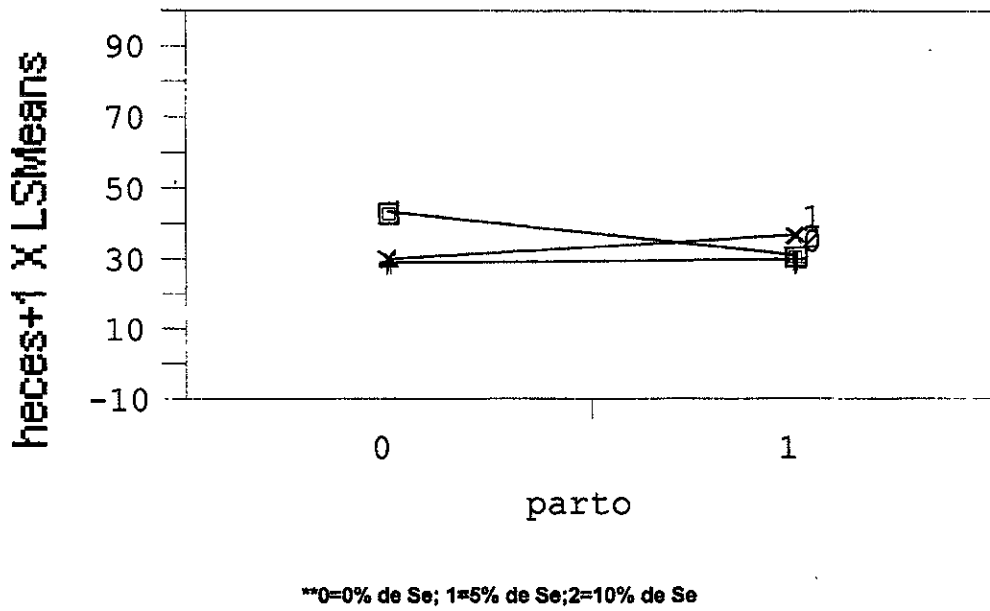
Parto*	% Se**	F Exacta	G.I. num.	G.I. den.	Prob>F
0	0-1	0.1688	1	23	0.685
	0-2	15.0221	1	23	0.0008*
	1-2	7.3164	1	23	0.0126
1	0-1	2.9878	1	23	0.0973
	0-2	0.5129	1	23	0.4811
	1-2	2.5519	1	23	0.1238
% Se	Parto	F Exacta	G.I. num.	G.I. den.	Prob>F
0	0-1	0.01	1	23	0.9212
1	0-1	2.2627	1	23	0.1461
2	0-1	7.1233	1	23	0.0137

*0=No paridas; 1=Paridas **0=0% de Se; 1=5% de Se; 2=10% de Se
 $\alpha=0.05$ α de cada prueba 0.0055

Gráfica 4
 Contenido promedio de selenio en heces para la
 concentración de selenio en bolos intrarruminales y parto



Gráfica 5
 Contenido promedio de selenio en heces para parto
 y concentración de selenio en bolos intrarruminales



Análisis dentro de ovinos

El cuadro 13 presenta los resultados para el factor dentro de ovinos (tiempo) para los niveles de selenio en heces y sus interacciones con los factores entre ovinos (concentración de selenio en los comprimidos intrarruminales, raza, parto).

Como puede observarse, resultó significativo el efecto del tiempo y la interacción de la raza con el tiempo. Al analizar el comportamiento de esta interacción se encontró que el contenido de selenio en heces de la raza Rambouillet y Suffolk variaba a través del tiempo. (Cuadro 14)

Posteriormente mediante un análisis de perfiles con ajuste de Bonferroni, se determinó a qué tiempos se debía esta diferencia significativa y se encontró que entre los días 60 y 90 (tiempos 5 y 6) y los días 90 y 120 (tiempo 6 y 7). Los resultados se muestran en el cuadro 15.

Cuadro 13

Análisis de factores dentro de sujetos para los niveles de Se en heces.

Factor	Wilks	F aprox.	G.I. num.	G.I. den.	Prob>F
Tiempo		72.094*	5	19	<0.0001*
Tiempo*%Se	0.7184	0.6833	10	38	0.7329
Tiempo*Raza	0.3873	2.3063	10	38	0.0312*
Tiempo*Parto		0.8766*	5	19	0.5153
Tiempo*%Se*Raza	0.4199	0.9562	20	63.966	0.5234
Tiempo*%Se*Parto	0.548	1.333	10	38	0.2487
Tiempo*Raza*Parto	0.5555	1.2985	10	38	0.2662

* Esta F es exacta.

Cuadro 14

Comparaciones múltiples con ajuste de Bonferroni del contenido promedio de selenio en heces para la interacción tiempo y raza

Raza*	F Exacta	G.I. num.	G.I. den.	Prob>F
1-2	1.6172	5	19	0.2035
1-3	1.9985	5	19	0.1251
2-3	3.915	5	19	0.0131*

*1=Cruza; 2=Rambouillet; 3=Suffolk

$\alpha=0.05$

α de cada prueba 0.01667

Cuadro 15
Análisis de perfiles con ajuste de Bonferroni para la
concentración promedio de selenio en heces.

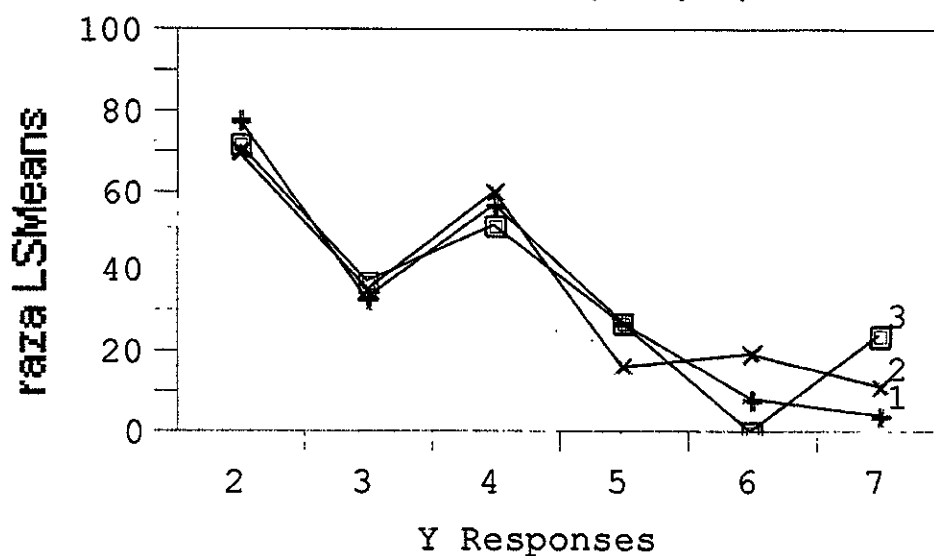
Tiempos	F Exacta	G.I. num.	G.I. den.	Prob>F
2-3	0.5152	2	23	0.6041
3-4	0.3251	2	23	0.7257
4-5	3.5777	2	23	0.0444
5-6	5.4498	2	23	0.0116*
6-7	5.2141	2	23	0.0136*

$\alpha=0.05$

α de cada prueba 0.01

En el cuadro 16 se presenta el contenido promedio de selenio en heces transformado, por raza y días de medición. y en la gráfica 6 se describe el comportamiento promedio de las razas a través de las 6 mediciones en el tiempo.

Gráfica 6
Contenido promedio de selenio en heces por raza y tiempo



Tiempo de medición
*Tiempo: 2=día 15; 3=día 30; 4=día 45; 5=día 60; 6=día 90; 7=día 120
**Raza: 1=Cruza; 2=Rambouillet; 3=Suffolk

Cuadro 16
Medias y desviaciones estándar de los niveles
de selenio en heces por raza y tiempo

Raza*	Tiempo**	Media	Desv. est.
1	2	77.65	9.89
1	3	29.24	25.89
1	4	58.01	14.9
1	5	24.55	19.59
1	6	7.3	15.16
1	7	13.74	20.6
2	2	71.16	14.88
2	3	36.45	24.47
2	4	62.57	14.22
2	5	15.66	15.19
2	6	10.03	18.71
2	7	18.3	21.14
3	2	72.93	11.62
3	3	42.63	25.03
3	4	52.18	12.19
3	5	29.31	17.89
3	6	0	0
3	7	26.87	19.8

*1=Cruza; 2=Rambouillet; 3=Suffolk

**2=día 15; 3=día 30; 4=día 45; 5=día 60; 6=día 90; 7=día 120

DISCUSION

En los últimos años la producción ovina se controla para obtener una mayor eficiencia económica. Esto se logra obteniendo ovinos de mayor valor económico al menor costo posible de los alimentos de los mismos. Pero la eficiencia de esta conversión depende de la suplementación de los nutrientes necesarios a las ovejas. Entre los principales nutrientes para los ovinos están: el agua, carbohidratos, proteína, minerales y vitaminas.²⁹

Costa, en 1996 menciona que el selenio es un mineral esencial para los animales. Su uso profiláctico es común y su suplementación incorrecta en la dieta resulta un problema, ya que puede ser administrado en forma deficiente o bien su exceso producir toxicidad.⁴

El papel biológico del selenio es como antioxidante y se le considera como un factor importante para el crecimiento y la fertilidad. Los requerimientos mínimos en el ganado varían dependiendo de la forma como se ingiera, del contenido de selenio en las praderas y de su relación con la vitamina E. En borregos el requerimiento dietético va desde 0.05 a 2.00 ppm.²⁹

Church (1988) y Blood (1989) determinan que la deficiencia de selenio afecta sobre todo a corderos en desarrollo y hembras gestantes, produciendo la enfermedad del músculo blanco entre otros trastornos, y consideran que la prevención depende del suministro de selenio y la relación que éste tiene con la vitamina E, la cual también protege al cuerpo del impacto oxidativo. En combinación selenio y Vitamina E previenen la enfermedad del músculo blanco.^{1,2}

Blood (1989) sugiere que las enfermedades producidas por la deficiencia de selenio pueden ser prevenidas en ovinos con la administración de este mineral antes o durante la gestación, ya que el selenio puede cruzar por la placenta de la madre al feto o bien en posparto por medio de la leche que el cordero come.¹

La forma como se previene la deficiencia de selenio es mediante su suplementación, ya sea por medio de inyecciones intramusculares o subcutáneas, en forma oral adicionado en sales minerales reforzadas con selenio sódico, o bien, con comprimidos intrarruminales los cuales son de bajo costo y son efectivos por varios años, dependiendo de su contenido de selenio.^{5, 7,8,12,21,26}

El uso de comprimidos intrarruminales es una práctica de manejo fácil de realizar y la cual garantiza un suministro constante de selenio a los animales, con lo cual se previenen enfermedades por deficiencia de este mineral. En México este manejo es poco usado y aún menos estudiado, de aquí la importancia de este trabajo, cuyos beneficios repercutirán primeramente en mantener los niveles de selenio adecuados en los ovinos y por otra parte en evitar pérdidas económicas anuales, según estudios realizados por Donald, *et. al.* (1993) y Langlands, *et. al.* (1994) tiene un efecto positivo en la ganancia de peso en corderos y aumenta su sobrevivencia. Aumenta la fertilidad y la respuesta inmune, aumenta la actividad de la glutatión peroxidasa en muchos tejidos.^{6,14}

Niveles de selenio en sangre.

En un estudio realizado por Langlands, *et al.* (1994), se suministraron comprimidos intrarruminales con un contenido de selenio de 2, 4, 6, 8 y 10% a borregas, y se determinó que los comprimidos de 2% fueron apenas efectivos por 5 meses, mientras que los bolos de 10% mantuvieron concentraciones altas del elemento en sangre. Después de los 5 meses de su aplicación los bolos de 6, 8 y 10% no mostraron diferencia significativa, manteniendo niveles de selenio constantes en sangre. En el presente estudio en el cual se probaron bolos con 0, 5 y 10% de selenio, la concentración de selenio en sangre se mantiene constante del día 30 hasta el día 90 del experimento, presentando un descenso significativo al día 120 después de administrado el comprimido a las borregas. Debido a que el experimento finalizó a los cuatro meses no se puede determinar si los niveles de selenio en sangre se estabilizan nuevamente.

Las razas de ovinos productoras de lana requieren más selenio ya que parte de éste lo almacenan en la lana. Quizá esta sea la razón por la cual se encontró para los niveles de selenio en sangre un efecto significativo en la interacción del porcentaje de inclusión de selenio en los bolos y Raza (%Se*Raza).

La raza de ovinos Rambouillet presentó diferencia significativa de los animales tratados con bolos con 10% de selenio con respecto a los animales tratados con bolos del 0% de selenio, lo que indica que bolos con 10% de selenio mantienen concentraciones altas del mineral en sangre para esta raza por lo menos los 120 días que duró el experimento con respecto a los animales control pero no se encontraron diferencias con los de 5% de selenio.

Los animales de la raza Suffolk que participaron en el experimento y que fueron tratados con bolos que no contenían selenio (0% de Se) mostraron diferencia con respecto a los niveles de selenio de los ovinos tratados con bolos del 5% y 10%, presentando una baja concentración del mineral en sangre. La concentración de selenio en sangre entre los animales tratados con comprimidos del 5% y del 10% no presentó diferencia significativa, por lo cual se piensa que bolos del 10% en la raza Suffolk no liberan más selenio que los comprimidos del 5%, o bien el selenio liberado por aquél no es absorbido y por lo tanto no es aprovechado por los animales.

Estudios realizados por Blood¹ (1989) indican que la administración de selenio en la oveja antes de la monta, dos semanas antes del parto y durante el destete previene las enfermedades por deficiencia de selenio en la borrega y en el cordero. En el presente estudio no se encontró diferencia significativa en la concentración de selenio en sangre entre las ovejas que parieron y las que no presentaron parto.

Niveles de selenio en heces.

La excreción de selenio ocurre por medio de las heces, orina y respiración y depende en gran parte de la vía de administración. Así, el selenio inyectado se excreta principalmente por orina, en menor cantidad por heces donde la concentración es constante y la pérdida respiratoria es similar a la fecal. Al administrarlo por vía oral se excreta en mayor cantidad por heces (Church, et. al. (1987), Church, (1988) y Lean, (1987)), y a medida que aumenta el consumo se estabiliza la pérdida fecal, la pérdida urinaria aumenta a niveles moderados de suplementación y luego desciende y la pérdida respiratoria aumenta en forma constante.^{2,3,16}

Una concentración de selenio alta en heces indicaría que los animales no lo están absorbiendo y por lo tanto no se está aprovechando.

Los resultados de este estudio con respecto a los niveles de selenio en heces no indicaron una liberación constante del mineral, ya que se presentaron incrementos y decrementos de la concentración significativos durante los 120 días que duró el experimento, además de mostrar una interacción entre tiempo*raza significativa, es decir, la concentración de selenio varió en el tiempo dependiendo de la raza.

El análisis de la interacción del tiempo con la raza, determinó que el paralelismo de la concentración promedio de selenio en heces entre las razas Rambouillet y Suffolk se pierde en los días 60, 90 y 120 del estudio. Así, la concentración promedio de selenio en heces en el día 60 fue mayor en las borregas de la raza Suffolk ($\bar{X} = 29.31$) que en las borregas de la raza Rambouillet ($\bar{X} = 15.06$). Para el día 90, los animales de la raza Rambouillet presenta una concentración promedio de selenio en heces superior en relación a los animales de la raza Suffolk, ($\bar{X} = 10.03$ y $\bar{X} = 0$ respectivamente). Y en el día 120 del estudio la concentración promedio de selenio en heces de las borregas de la raza Suffolk ($\bar{X} = 26.87$) fué superior a la mostrada por la borregas de la raza Rambouillet ($\bar{X} = 18.3$).

Esta pérdida del paralelismo en la concentración promedio de selenio en heces entre estas dos razas (Suffolk y Rambouillet) a través del tiempo, se puede atribuir a que los ovinos productores de lana tienden a acumular selenio en el vellón, y quizá esta acumulación no es constante y eliminan el selenio no utilizado por heces.

Respecto a la interacción del contenido de selenio incluido en el bolo y el parto (Se*parto), para la concentración promedio de selenio únicamente se encontró que existía diferencia significativa entre los bolos que contenían 0% y 10% de selenio entre las ovejas que no parieron, esto podría atribuirse a que el selenio administrado en los bolos del 10% se está excretando por

* Los promedios corresponden a los niveles de selenio en heces transformados

heces y los animales no lo están absorbiendo, mientras que las ovejas que parieron si lo absorben y cubren sus requerimientos de selenio durante la gestación.

En los animales paridos no se presentó diferencia significativa entre las concentraciones de selenio en heces de las ovejas tratadas con bolos intrarruminales del 0%, 5% y 10%.

No se presentaron diferencias significativas al analizar para cada nivel de concentración selenio en los bolos diferencias entre animales no paridos y paridos, con esto se puede pensar que los requerimientos de selenio entre borregas gestantes y no gestantes son similares.

CONCLUSIONES

La deficiencia de selenio en ovinos produce pérdidas económicas, las cuales pueden evitarse al suministrar este mineral a los animales.

El suministro de selenio por medio de comprimidos intrarruminales resulta una práctica fácil y económica, cuya duración, según resultados de otros estudios, depende principalmente de su contenido de selenio, llegando a cubrir los requerimientos en algunos casos hasta por 4 años, tiempo que dura la vida comercial de los ovinos. En este estudio el experimento duró solamente 120 días por lo que no se determinó la vida media del bolo para liberar selenio en una dosis que cubra los requerimientos del animal.

Los comprimidos del 10% produjeron niveles de selenio altos en sangre en relación con los de 0% en la raza Rambouillet. Y los animales de la raza Suffolk no presentaron diferencia entre los bolos del 5% y 10%, por lo que los comprimidos de 10%, no liberaron más selenio que los de 5% o bien el selenio no fue absorbido. Los animales de la raza Suffolk tratados con bolos control presentaron bajos niveles del mineral en relación con los tratados con bolos de 5% y 10%. Por lo que se recomienda aplicar bolos con un contenido de selenio del 10% en ovinos de la raza Rambouillet y comprimidos con un contenido de selenio del 5% a borregos de la raza Suffolk.

Las concentraciones de selenio en sangre varían a través del tiempo. Se mantuvieron constantes del día 30 al 90, y después caen. El estudio no permitió observar si este decremento es constante o se estabilizan nuevamente, por ello se recomienda para estudios posteriores ampliar el tiempo de experimentación.

La concentración de selenio en heces está influenciada por el contenido de selenio incluido en el bolo pero varía dependiendo de si la oveja está gestante o no. En las borregas que no tuvieron parto y fueron tratadas con bolos del 0% y 10% se encontró una diferencia significativa en el contenido promedio de selenio en heces, al no estar gestantes los animales que recibieron bolos del 10% de selenio lo desperdician.

Los niveles de selenio en heces cambian en el tiempo y la eliminación de selenio no es constante, además de no ser la misma para todas las razas de ovinos.

La concentración de selenio en heces varía a través del tiempo de una manera diferente para la raza Suffolk y Rambouillet.

El análisis de varianza multivariado (MANOVA), resulta una herramienta de mucha utilidad para analizar experimentos de mediciones repetidas sin requerir el cumplimiento del supuesto de esfericidad, el cual en muchos estudios no se cumple. En este estudio nos permitió realizar el análisis de los niveles de selenio en sangre y heces en función de factores como el contenido de selenio incluido en los bolos, la raza de los ovinos y el efecto de parto y su comportamiento a través del tiempo. Se recomienda un mayor número de periodos en el tiempo más haya de los 120 días, aunque entre ellos haya un mayor espaciamiento.

En los ovinos Cruza (Rambouillet*Suffolk) se recomienda no aplicar ningún bolo, al parecer son capaces de mantener niveles adecuados del mineral en sangre y no eliminar grandes cantidades por heces. El suministro de comprimidos con un contenido de selenio de 5% o bien del 10% repercutirá en pérdidas económicas.

A los animales de la raza Rambouillet, se sugiere administrar los comprimidos con un contenido de selenio del 10%, esto mantiene una concentración de selenio en sangre adecuada y la pérdida del mineral por heces varía a través del tiempo, además en los animales no gestantes se presenta una pérdida por heces, pero hay un aprovechamiento del selenio por parte de las ovejas gestantes.

Para las borregas de la raza Suffolk, se recomienda dar comprimidos que contengan 5% de selenio, con lo que se mantienen los niveles de selenio adecuados en sangre y la eliminación por heces no es significativa para ovejas gestantes ni para los animales no gestantes por lo que ambos animales están aprovechando el selenio liberado por el bolo. Se presenta una pérdida de selenio por heces que cambia en el tiempo.

Las ovejas que parieron no eliminan cantidades de selenio significativas en heces, al aplicar comprimidos con un contenido de selenio de 0%, 5% y 10%, lo que implica un aprovechamiento del selenio por parte de la oveja y como consecuencia del cordero.

No se puede saber si el comprimido liberará selenio por un tiempo largo, ni tampoco si esta liberación mantendrá los niveles adecuados de selenio en la sangre de las ovejas más allá del día 120, por lo que se recomienda un mayor número de periodos en el tiempo y que entre ellos haya un mayor espaciamiento.

LITERATURA CITADA

- 1) Blood, D.C. and Radostits. 1989. Veterinary Medicine. A textbook of the Diseases of cattle, sheep, pig, goats and horses. *Bailliere Tindall*, 7ª. Ed. London.
- 2) Church, D.C. 1988. The Ruminant Animal. Digestive physiology and Nutrition. *D.C. Church*, Englewood Cliff, New Jersey, USA.
- 3) Church, D.C. and Pond, W.G. 1987. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. *Limusa*. México, D. F.
- 4) Costa, N. 1996. Nutrition Lecture Notes-semester 1. *Murdoch University Press*, Perth.
- 5) Dangla, L.R.A. 1994. Determinación de los niveles de selenio e IgG séricas en ovejas adultas con y sin tratamiento de Se durante la gestación, parto y lactancia y en sus corderos durante el parto y lactancia en una explotación del Valle de Toluca, Estado de México. Tesis de maestría. CIESA., *Fac. De Med. Vet. y Zoot. Universidad Autónoma del Estado de México*. Toluca, México.
- 6) Donald, G. E., Langlands, J.P., Bowles, J.E., Smith, A.J. and Burke, G. L. 1993. Selenium supplements for grazing sheep. 3. *Anim. Feed Sci. Technol.* 40: 295-308.
- 7) Gerloff, J. G. 1992. Effect of selenium supplementation of dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, 70:393-394.
- 8) Henry, P.R., Echeverria, M.G., Ammerman, C. B. and Rao, P.V.1988. Estimation of the relative biological availability of inorganic selenium sources for ruminants using tissue uptake of selenium. *J. Anim. Sci.*, C6: 2309-2312.
- 9) Hungerford, T.G. 1990. Diseases of livestock. *McGraw-Hill Book Company*.9th ed. Sydney, Australia.
- 10) Huynh, H. and Feldt, L.S.:1970. Conditions under which mean square ratios in repeated measurements designs have exact F-distributions. *Journal of the American Statistical Association*, 65:1582-1589.
- 11) IPCS: International Programme of Chemical Safety Environmental Health. Selenium. Criteria 58, *World Health Organization Geneva*, URSS. 1987.
- 12) Knight, D. A. And Tyznik, W. J. 1990. The effect of dietary selenium on humoral immunocompetence of ponies. *J. Anim. Sci.*, 68:1311-1317.
- 13) Kosrud, G.O., Meldrum, J.B., Salisbury, C.D., Houlaman, B.J. Saschenbrecher, P.W. and Titiger, F. 1985. Trace elements levels in liver and kidney from cattle, swine and poultry slaughtered in Canada. *Can. J. Comp. Med.*, 49: 159-163.
- 14) Langlands, J.P., Donald, G. E., Bowles, J.E. and Smith, A.J. 1990. Selenium supplement for grazing sheep. 1. A compararison between soluble salts and other forms of supplement. *Anim. Feed Sci. Technol.* 28: 1-13.

- 15) Langlands, J.P., Donald, G. E., Bowles, J.E. and Smith, A.J. 1994. Selenium supplement for grazing sheep. 4. The use of intraruminal comprimidos containing elevated quantities of selenium. *Anim. Feed Sci. Technol.* 46: 109-118.
- 16) Lean, I. 1987. Nutrition of Dairy Cattle. *University of Sydney Post Graduate Foundation in Veterinary Science*. Australia.
- 17) Listell, R.C., Henry, P.R. and Ammerman, C.B. 1998. Statistical Analysis of Repeated Measures Data Using SAS Procedures. *J. Anim. Sci.*, 76:1216-1231.
- 18) MacPherson, A. and Chalmers, J.B. 1984. Methods of selenium supplementation of ruminants. *Vet. Rec.*, 24: 544-547.
- 19) Mahin, N., Lamahd, N., Coulibaly, H. And Chadli, N. 1985. A preliminary study on selenium content of forrages and local by-products in the Tadla Area (Morocco) in connection with ovine nutritional myopathy. *Ann. Rech. Vet.*, 16:403-405.
- 20) Maxwell, S.E. and Delaney, H.D. (1990). Designing Experiments and Analysing Data. A Model Comparison Perspective. *Wadsworth Publishing Company*. Belmont, California.
- 21) McDowell. 1984. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. *Departamento de Ciencia Animal, Centro de Agricultura Tropical, Universidad de Florida Gainesville y la Agencia de E. U. Para el Desarrollo Internacional*.
- 22) McMurray, C.H., Davidson, W.B. and Blanchflower, W.J. 1987. The distribution of selenium in the tissue of lambs following intramuscular administration of different levels of sodium selenite. *Br. Vet.J.*, 143: 51-58.
- 23) Mendez, R.I., Posadas, A., Mundo, E., Marín, S. 1994. Análisis de experimentos con observaciones repetidas. Un ejemplo farmacológico. Monografía 4:13. IIMAS, UNAM.
- 24) Millar, K.R. and Meads, W.J. 1987. Blood selenium levels in sheep transferred from selenium topped to selenium deficient pasture and vice versa. *N. Zel. J. AGE. Res.*, 30: 177-181.
- 25) Milliken, G.A. and Johnson, D. E. 1992. Analysis of Messy Data. I.: Designed Experiments. *Chapman & Hall*, NewYork. USA
- 26) MIMS IVS Manual.1996. Kyodo Printing Co.,8th ed. Singapore.
- 27) Montgomery, D.C. 1997. Design and Analysis of experiments. 4ª. Ed. *John wiley & Sons*. NewYork. USA.
- 28) Montgomery, D.C. and Peck, E.A. 1982. Introduction to Lineal Regression Analysis. *John wiley & Sons*. NewYork. USA.
- 29) National Resource Council (NRC) Tables, 1988.
- 30) O'Brien, R.G. and Kister. K.M. 1985. MANOVA Method for Analyzing Repeated Measures Designs: An Extensive Primer. *Psychological Bulletin*, 97:316-333.

- 31) Ordoñez, R.J.A. 1989. Determinación de los niveles de selenio, cobre y cobalto en suero, lana y heces de corderos Corriedale y en el suelo y forraje de una explotación ovina del Municipio de San Felipe del progreso, Edo. De México. Tesis de Lic. *Fac. de Med. Vet. Y Zoot. Universidad Autónoma del Edo de México*, Toluca, México.
- 32) Shamberger, R.J. 1983. Biochemistry of selenium. *Plenum Press*, USA.
- 33) Spears, W. J., Harvey, R.W. and Segerson, E.C. 1986. Effects of marginal selenium deficiency and winter protein supplementation on growth, reproduction and selenium status of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 63:585-593.
- 34) Thompson, R.G., Fraber, A.J., Harrop, B.M., Kirk, J.A., Bullians, J. And Cordest, D.O. 1981. Glutathione peroxidase activity and selenium concentration in bovine blood and liver as indicators of dietary selenium intake. *N. Zel. Vet.*, 29: 3-6
- 35) Torres, H.G. 1998. Situación actual de los Recursos Genéticos ovinos en México. Memorias del 3er. Foro de Análisis de los Recursos Genéticos: ganadería ovina, caprina, porcina, avícola, apícola, equina y de lidia. SAGAR. México, D:F.
- 36) Uilrey, D.E. 1987. Biochemical and physiological indicators of selenium status in animals. *J. Anim. Sci.*, 65:1712-1724.
- 37) Van Ryssen, J.B.J., Miller, W.J., Gentry, R.P. and Neathery. M.W. 1987. Effect of added dietary cobalt on metabolism and distribution of radioactive selenium and stable minerals. *J. Dairy Sci.*, 70: 639-644.
- 38) Velázquez, O.V., Montes de Oca. R., Diaz, Z.S. y Valladares, C.B. 1996. Los elementos minerales en la producción animal de los rumiantes. Memorias del Curso Internacional teórico-practico de Actualización en el Diagnóstico de las Enfermedades más frecuentes en Bovinos. *Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM*. 143-156.
- 39) Wheatley, L.E. and Beck, N.F.G. 1988. The influence of season and husbandry on the selenium status of sheep in a deficient area. *Br. Vet. J.*, 144: 246-251.

ANEXO

Datos originales del contenido de selenio en sangre para cada tiempo y tratamiento .

			SANGRE						
SE	RAZA	PARTO	TIEMPO 1	TIEMPO 2	TIEMPO 3	TIEMPO 4	TIEMPO 5	TIEMPO 6	TIEMPO 7
.00	2.00	.00	49.71	82.02	97.99	166.49	119.13	122.45	68.75
.00	2.00	.00	201.39	186.64	74.13	124.04	154.01	54.97	64.07
.00	2.00	.00	136.67	83.69	81.59	131.58	86.77	97.73	94.31
.00	2.00	1.00	122.56	158.59	51.94	76.26	100.69	61.97	51.88
.00	1.00	.00	94.20	181.50	85.99	120.66	120.06	127.87	36.17
.00	1.00	.00	121.66	197.58	103.52	137.76	222.44	55.41	76.59
.00	1.00	.00	108.45	242.64	100.50	165.24	113.95	81.94	83.70
.00	3.00	1.00	129.92	158.90	85.62	33.42	48.11	64.31	63.44
.00	3.00	.00	75.53	98.26	80.96	99.15	79.47	31.53	38.64
.00	3.00	.00	111.73	232.95	47.50	113.64	73.44	55.81	76.90
1.00	2.00	1.00	109.66	141.15	112.66	108.32	78.74	124.37	41.11
1.00	2.00	1.00	89.48	381.61	154.14	119.12	138.97	121.38	95.24
1.00	2.00	1.00	227.17	202.76	144.84	152.57	89.53	240.22	80.08
1.00	2.00	1.00	54.60	99.78	114.23	99.99	184.66	102.11	52.89
1.00	2.00	1.00	42.85	310.86	77.25	144.72	237.48	100.22	103.88
1.00	1.00	.00	21.03	160.19	65.35	173.47	238.74	108.82	88.02
1.00	1.00	1.00	298.81	353.87	151.02	56.01	122.15	130.92	110.76
1.00	1.00	.00	118.99	128.16	113.69	209.65	171.89	140.41	102.87
1.00	1.00	.00	257.86	326.23	233.59	47.48	117.70	122.29	83.45
1.00	1.00	1.00	78.36	298.94	119.62	514.37	133.42	104.95	83.82
1.00	3.00	1.00	83.81	150.45	180.77	124.28	110.35	48.33	66.43
1.00	3.00	.00	119.71	442.33	168.07	107.57	124.23	161.37	93.05
1.00	3.00	.00	93.15	134.80	102.25	265.40	112.86	145.64	95.02
1.00	3.00	1.00	222.08	140.70	129.74	154.53	302.55	223.02	184.39
2.00	1.00	.00	116.15	190.33	165.50	155.45	246.45	278.38	71.94
2.00	1.00	1.00	75.57	140.66	90.24	139.14	163.46	148.67	94.43
2.00	1.00	.00	172.14	202.00	118.32	198.17	227.25	123.47	82.00
2.00	1.00	1.00	125.99	189.16	86.57	152.07	234.19	72.61	62.58
2.00	1.00	1.00	135.88	441.00	153.65	112.03	103.32	72.00	71.61
2.00	3.00	.00	59.10	268.50	100.13	295.99	337.48	144.27	107.11
2.00	3.00	.00	242.65	197.55	82.80	173.68	141.25	112.72	201.10
2.00	3.00	.00	185.13	192.09	134.24	163.96	147.21	103.99	89.89
2.00	3.00	1.00	42.03	256.76	98.78	99.33	104.38	261.43	103.88
2.00	2.00	1.00	192.54	225.06	219.58	222.09	249.95	255.46	83.56
2.00	2.00	1.00	42.23	212.70	94.80	180.19	142.12	169.95	115.89
2.00	2.00	1.00	149.97	233.37	91.00	288.22	146.26	153.63	90.65
2.00	2.00	.00	51.64	143.84	230.50	248.90	119.68	287.37	121.08

Se: 0=0%; 1=5%; 2=10%

Raza: 1=Cruza; 2=Rambouillet; 3=Suffolk

Parto: 0=No pario; 1=Pario

Datos originales del contenido de selenio en heces para cada tiempo y tratamiento .

			HECES						
SE	RAZA	PARTO	TIEMPO 1	TIEMPO 2	TIEMPO 3	TIEMPO 4	TIEMPO 5	TIEMPO 6	TIEMPO 7
.00	2.00	.00	.00	162.73	77.82	31.47	.00	1.89	26.13
.00	2.00	.00	.00	21.41	.00	282.63	23.34	48.33	46.55
.00	2.00	.00	.00	69.51	.52	57.94	1.91	.00	.00
.00	2.00	1.00	15.78	133.42	83.18	49.63	.00	.00	.00
.00	1.00	.00	.00	143.95	113.52	25.88	16.65	.00	.00
.00	1.00	.00	73.53	316.37	.00	63.94	9.96	.00	.00
.00	1.00	.00	.00	151.99	2.29	34.46	5.32	.00	59.08
.00	3.00	1.00	19.68	202.24	6.73	65.64	21.43	.00	.00
.00	3.00	.00	52.47	216.32	.00	19.12	.77	.00	.00
.00	3.00	.00	20.32	209.80	.00	121.09	9.22	.00	44.87
1.00	2.00	1.00	60.47	223.36	.00	178.91	.00	.00	.00
1.00	2.00	1.00	1.46	128.72	16.20	113.13	10.68	7.01	18.02
1.00	2.00	1.00	.00	146.99	71.79	107.36	10.77	.00	2.47
1.00	2.00	1.00	.00	122.41	32.10	322.89	4.40	.00	.00
1.00	2.00	1.00	.00	432.53	46.33	53.81	.00	.00	.00
1.00	1.00	.00	.00	305.75	.00	161.53	44.70	.00	24.68
1.00	1.00	1.00	3.22	261.16	64.48	145.18	49.98	.00	.00
1.00	1.00	.00	12.62	258.18	26.99	71.19	.00	.00	.00
1.00	1.00	.00	.00	360.26	.00	40.91	1.76	49.38	3.65
1.00	1.00	1.00	.00	119.80	25.54	374.75	51.29	6.61	.00
1.00	3.00	1.00	27.11	119.80	25.54	374.75	51.29	6.61	.00
1.00	3.00	.00	24.99	169.69	39.37	61.58	51.79	.00	.00
1.00	3.00	.00	33.77	163.32	138.12	19.37	.00	.00	11.24
1.00	3.00	1.00	9.29	246.44	115.05	21.72	26.09	.00	22.81
2.00	1.00	.00	.00	119.98	116.13	68.45	48.94	.00	.00
2.00	1.00	1.00	31.69	214.01	7.06	116.05	.00	.00	7.85
2.00	1.00	.00	81.86	203.41	90.37	119.82	2.48	.00	61.16
2.00	1.00	1.00	.00	99.60	.00	43.80	.00	.00	.00
2.00	1.00	1.00	14.44	272.57	12.99	62.49	14.67	10.63	.00
2.00	3.00	.00	30.00	222.39	54.46	81.81	40.74	.00	8.82
2.00	3.00	.00	62.80	147.39	75.25	73.58	3.25	.00	80.09
2.00	3.00	.00	14.61	297.98	134.75	85.20	34.85	.00	12.95
2.00	3.00	1.00	.00	64.96	54.58	98.78	5.76	.00	18.20
2.00	2.00	1.00	19.18	277.17	38.57	128.82	18.85	.00	50.86
2.00	2.00	1.00	.00	216.49	123.66	61.95	4.50	.00	.00
2.00	2.00	1.00	9.45	217.30	2.43	110.74	.00	.00	45.99
2.00	2.00	.00	32.28	155.17	78.45	95.22	27.50	57.73	2.38

Se: 0=0%; 1=5%; 2=10%

Raza: 1=Cruza; 2=Rambouillet; 3=Suffolk

Parto: 0=No pario; 1=Pario