



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
CAMPUS II



**Desarrollo y parámetros reproductivos en carneros tratados con
diferentes dosis de Selenio**

TESIS

que para obtener el grado de
**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
TROPICAL**

presenta

ENRIQUE DE JESÚS HERNÁNDEZ CARRILLO F131026

Director de tesis

MPA. HÉCTOR SÁNCHEZ PINEDA

Codirector

DR. JORGE LUIS TÓRTORA PÉREZ

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

Febrero, 2021



Villaflores, Chiapas
03 de febrero de 2021
Oficio N° D/0029/2021

C. ENRIQUE DE JESÚS HERNÁNDEZ CARRILLO
MAESTRANTE EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS CAMPUS V
P R E S E N T E.

En atención a que usted ha presentado los votos aprobatorios del Honorable Jurado, designado para su evaluación de posgrado, de la tesis titulada: "**Desarrollo y parámetros reproductivos en carneros tratados con diferentes dosis de Selenio**", por este conducto le comunico que se le autoriza la impresión del documento, de acuerdo a los lineamientos vigentes de la Universidad.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR"

M. C. CARLOS ALBERTO VELÁZQUEZ SANABRIA
ENCARGADO DE LA DIRECCIÓN

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRONÓMICAS



AUTÓNOMA
DIRECCIÓN

C. c. p. Archivo

CAVS*MARH



Código: FO-113-09-05

Revisión: 0

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) Enrique de Jesús Hernández Carrillo, Autor (a) de la tesis bajo el título de "Desarrollo y parámetros reproductivos en carneros tratados con diferentes dosis de Selenio", presentada y aprobada en el año 2021 como requisito para obtener el título o grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL, autorizo a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), a que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para que contribuya a la divulgación del conocimiento científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (RIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBIUNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 08 días del mes de febrero del año 2021.

Enrique de Jesús Hernández Carrillo

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para cursar los estudios de Posgrado.

A mi familia y amigos por su apoyo indispensable.

Al Señor Rafael Hernández Rodríguez, dueño de la Unidad de Producción “Lomas de San Rafael” por el préstamo de las instalaciones, animales y demás facilidades otorgadas para realizar la investigación.

A mi director y asesores de tesis: El MPA. Héctor Sánchez Pineda, la MPA. María Eréndira Reyes García y la MPA. Marisela Peralta Lailson. Que me apoyaron, guiaron y facilitaron los equipos necesarios para la investigación.

Al Dr. Jorge Luis Tórtora Pérez quien fungió como mi codirector y me brindó su apoyo para validar la estancia que lamentablemente no se realizó por la contingencia sanitaria.

Al Dr. Francisco Antonio Cigarroa Vázquez por apoyarme, enseñarme y darme las herramientas necesarias para el análisis de mis datos.

A mis compañeros y profesores de la Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical por sus enseñanzas y observaciones para la mejora de esta investigación.

LISTA DE CONTENIDO

I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- REVISION DE LITERATURA	2
2.1.- La producción de ovinos en México	2
2.2.- Evaluación del semental	3
2.2.1.- Colecta de semen	4
2.2.1.1.- Preparación del macho	4
2.2.1.2.- Métodos de Colecta.....	4
2.2.1.2.1.- Vagina Artificial (VA)	4
2.2.1.2.2.- Electroeyaculación	5
2.2.2.- Manejo y valoración del semen	5
2.2.2.1.- Valoración Macroscópicas	6
2.2.2.1.1.- Volumen de semen	6
2.2.2.1.2.- pH	6
2.2.2.1.3.- Color y olor	6
2.2.2.2.- Valoración microscópica	7
2.2.2.2.1.- Motilidad de los espermatozoides.....	7
2.2.2.2.2.- Motilidad individual	7
2.2.2.2.3.- Concentración de espermatozoides	7
2.3.- Minerales en la producción ovina	9
2.4.- El selenio.....	9
2.4.1.- Metabolismo del selenio	9
2.4.1.1.- Digestión y absorción	9
2.4.1.2.- Excreción del selenio	10
2.4.1.3.- Mecanismo de acción en la intoxicación por selenio	10
2.4.2.- Deficiencia de selenio en suelos y forrajes de México	10
2.4.2.1.- Selenio en suelo y agua	11
2.4.2.2.- Selenio en forraje	11
2.4.2.- Consecuencias de la deficiencia de selenio en la producción ovina	12
2.4.3.- El selenio como antioxidante	12
2.4.3.1.- La enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px)	13
2.4.4.- El selenio y la inmunidad.....	14
2.4.5.- El selenio y la reproducción	14
2.4.6.- El selenio en el animal gestante y los recién nacidos	15

2.4.7.- Diagnóstico de la deficiencia de selenio	15
2.4.8.- Suplementación de selenio	16
2.4.9.- Toxicidad de selenio	16
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1.-Área de estudio.....	18
3.2.- Población objetivo.....	18
3.3.- Metodología	19
3.3.1.- Selección de los animales y distribución en los grupos	19
3.3.2.- Evaluación del desarrollo	19
3.3.3.- Recolección seminal	20
3.3.3.1.- Análisis de la calidad seminal	20
3.3.4.- Análisis de la fertilidad	21
3.3.5.- Análisis estadístico	21
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1.- Análisis del desarrollo	22
4.2.- Análisis de la calidad seminal	23
4.3.- Análisis de la fertilidad.....	25
V.- CONCLUSIÓN	26
VI.- LITERATURA CONSULTADA.....	27

Lista de cuadros

Cuadro 1.- Sistema de valoración de onda de movimiento (Evans y Maxwell, 1990).....	7
Cuadro 2.- Concentración del semen de carnero (Hafez y Hafez, 2004).....	8
Cuadro 3.- Promedio de las variables de desarrollo en corderos con y sin tratamientos de Se	22
Cuadro 4.- Promedio de las variables seminales por tratamiento de los ovinos	24
Cuadro 5.- Fertilidad en carneros con diferentes dosis de selenio inyectable.....	25

Lista de figuras

Figura 1.- Participación estatal del rebaño ovino (2019).	2
Figura 2.- Ubicación de Suchiapa, Chiapas.	18

I.- INTRODUCCIÓN

En el campo de la nutrición, las vitaminas y minerales están relacionadas con el desarrollo y la reproducción; tal es el caso del magnesio, el cobre, el yodo, el zinc, el selenio y la vitamina E, entre otros. Es primordial conocer las consecuencias de la deficiencia de los minerales. Porque incluso las fluctuaciones mínimas tienen un impacto significativo en la salud, en el rendimiento productivo y reproductivo (Hedao *et al.*, 2008).

En México existe deficiencia de selenio en suelos y en forrajes, por tener suelos de orígenes volcánicos y erosionados, además de que existen otros minerales (Azufre, Mercurio) que compiten por el uso de las plantas y que perjudican la absorción adecuada del selenio para el aporte de minerales a las ovejas, por la gran variabilidad de absorción (29-35%) y por las bacterias ruminales que captan el selenio para su propio metabolismo. Aunque la deficiencia de Selenio puede ocurrir en todas las especies animales, los rumiantes parecen ser más susceptibles a la enfermedad, con mayor severidad en pequeños rumiantes (Ramírez *et al.*, 2001). Actualmente se tienen varias opciones para proveer selenio a los animales, como selenio en forma orgánica e inorgánica, selenio oral o inyectable, diversas fuentes inorgánicas de selenio como selenito de sodio, selenato de potasio y selenato de bario, bolos de selenio.

El selenio es un oligoelemento dietético esencial y su deficiencia puede encadenar una alta mortalidad en corderos, de igual forma menores ganancias de peso, menor producción de leche y lana. También es requerido para el mantenimiento de fertilidad tanto en machos como en hembras. En los carneros por medio de la biosíntesis de testosterona, formación y el desarrollo normal de los espermatozoides. Y en hembras previene la formación de quistes ováricos, a la mortalidad embrionaria en las primeras 3 o 4 semanas y la retención placentaria. En hembras gestantes afecta su deficiencia redirigiendo sus niveles de selenio al producto y comprometiendo su salud. Así mismo, el selenio ayuda al metabolismo, inmunidad, protección contra el estrés oxidativo, disminuye la fragilidad de los eritrocitos, previniendo anemias y daño a la membrana del endotelio dando como resultado un edema general. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes dosis de selenio sobre el desarrollo, la calidad seminal y la fertilidad en carneros.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- La producción de ovinos en México

México es un país cuya ovinocultura se caracteriza por estar en manos de pequeños productores rurales, con ingresos limitados, escaso acceso a insumos y tecnologías modernas (De Lucas *et al.*, 2003, González *et al.*, 2010). Por fortuna, esta situación está cambiando, ya que cada vez es más frecuente el flujo de capital financiero a este rubro (Cuellar *et al.*, 2012a). Así mismo a pesar de que la producción ovina ocupa, por su impacto económico, uno de los últimos lugares en la industria pecuaria nacional, es reconocida como una actividad importante dentro del subsector ganadero por el alto valor que representa al constituir un componente beneficioso para la economía del campesino de escasos recursos y por la gran demanda de sus productos, especialmente entre la población urbana de las grandes ciudades, como la Ciudad de México y su área conurbana del Estado de México, Guadalajara y Monterrey (Cuellar *et al.*, 2012b).

La producción de ovinos en México en el año 2019, fue de 8,708,246 ovinos, de acuerdo a los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Teniendo en los primeros lugares de producción al estado de México, Hidalgo, Veracruz, Puebla, entre otros (Figura 1) (SIAP, 2020).

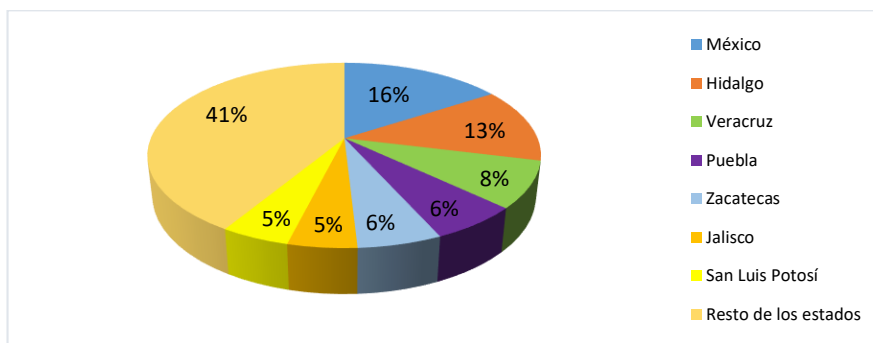


Figura 1.- Participación estatal del rebaño ovino (2019).

En la zona central de México, se producen carne y pieles con razas de lana como Suffolk, Hampshire, Rambouillet, Dorset y de pelo (Katahdin, Dorper y Pelibuey), la región sur-sureste se orienta principalmente a la producción de carne con razas de pelo (Pelibuey, Blackbelly, Katahdin y Dorper) y produce un poco de lana para uso artesanal con animales criollos en Oaxaca y Chiapas. La zona norte ahora se dedica a la producción de carne, no obstante, fue la principal proveedora de lana en épocas pasadas, por lo que aún se mantiene una población de animales de la raza Rambouillet, pero más recientemente se han introducido razas de pelo (Pelibuey, Katahdin y Dorper) (Velázquez, 2015).

La orientación actual de la ovinocultura mexicana es primordialmente hacia la producción de carne, obteniendo altos precios en pie y canal en comparación a otras especies pecuarias (Fraire, 2010). Existen varios aspectos que, en corto plazo, deben considerarse seriamente para hacer de la producción ovina en México una actividad rentable, competitiva y sustentable.

Estos aspectos incluyen el establecimiento de esquemas de cruzamientos, la competitividad, abatir los costos de producción y mejorar los parámetros productivos actuales (Cuellar *et al.*, 2012b). Así mismo, los costos de la alimentación de los ovinos constituyen un gran porcentaje de los costos de producción. Si la alimentación es deficiente, la explotación ovina no tendrá éxito (Koesiag, 2010). Para una producción rentable es necesario una alimentación adecuada y su manejo durante todo el año. Los productores deben conocer los requerimientos nutricionales de los animales durante las diferentes etapas de su vida. Los nutrientes generales que debe incluir, son energía (carbohidratos y grasas), proteína, vitaminas y minerales (Pugh, 2012).

2.2.- Evaluación del semental

La evaluación clínica reproductiva del carnero permite seleccionar e identificar reproductores potencialmente fértiles (Manazza, 2004). Con este examen se puede detectar la baja eficiencia reproductiva de los rebaños, además se considerará en esta eficiencia aspectos como época de empadre; peso vivo y condición de las hembras al servicio; nivel nutricional en los momentos claves del ciclo reproductivo (Balcázar y Porras, 2004). Este examen debe realizarse como mínimo una vez al año; el mejor momento es alrededor de 60 días antes del servicio, a efectos de detectar con suficiente tiempo afecciones recuperables, poder descartar a todos los que presenten problemas irreversibles (Manazza, 2004). El primer paso es recabar todos los antecedentes disponibles sobre el rebaño: especialmente los aspectos productivos más importantes vinculados a la reproducción, por ejemplo: cantidad de corderos nacidos; manejo sanitario; nutricional; origen genético de los carneros; necesidad de reponer los mismos, etc. El examen de la salud reproductiva de un macho consiste en realizar examen físico general y luego examen del aparato reproductor, para ello se recomienda apartar a los machos en un corral, separándolos por edad, peso, condición corporal, etc. (Balcázar y Porras, 2004).

Cuando el semental está separado en un corral, se observará de manera general el tamaño de los testículos, tamaño y estado corporal, aparato locomotor, aplomos y cualquier anomalía apreciable a distancia (observar a los animales en movimientos y en estática). Así se detectan problemas en las patas o en las manos y especialmente en miembros posteriores, problemas en columna vertebral (lordosis y xifosis), estas alteraciones a nivel de los miembros y columna son importantes por la función que cumplan en la monta (*op.cit.*). Se revisan; boca, ojos, cabeza, ganglios, testículos, epidídimo, prepucio, pene y pezuñas (Manazza, 2004).

2.2.1.- Colecta de semen

2.2.1.1.- Preparación del macho

Los machos pueden mostrar esterilidad transitoria como consecuencia de condiciones estresantes, por ejemplo, altas temperaturas o humedad, cambio de ambiente o de dieta, molestias por las moscas. Por ello, se recomiendan tratamientos adecuados, entre 6 y 8 semanas antes del comienzo de los programas de inseminación. Durante el programa de inseminación los machos no deben de tener lana o pelo largo en el prepucio porque esto dificulta la obtención del semen. El propio transporte puede proporcionar estrés, por lo cual se aconseja hacerlo con tiempo suficiente para que cuando comience el programa de inseminación estén acostumbrados al nuevo lugar. Los cambios de dieta deben de ser introducidos paulatinamente para evitar trastornos digestivos (Durán, 2008).

2.2.1.2.- Métodos de Colecta

2.2.1.2.1.- Vagina Artificial (VA)

El uso de la vagina artificial se ha convertido en uno de los mejores métodos para la colección de semen en ovinos por su rapidez y limpieza, por no ser estresante para el animal y por proporcionar un semen de alta calidad (Evans y Maxwell, 1990). La vagina artificial es una imitación de la vagina de la hembra que proporciona el estímulo térmico (temperatura) y mecánico (presión) para la erección del pene del macho y que son, igualmente, necesario para producción la eyaculación (Rojas y Meneses, 2002). La calidad de semen obtenido depende de la frecuencia de colección, pero, sobre todo, del estado del animal al momento de la colección (Evans y Maxwell, 1990).

La vagina artificial consiste en una parte externa rígida (tubo de aluminio o goma de 17 cm de largo por 5,5 cm de diámetro), en el cual se hace un orificio provisto de un tapón de rosca y una camisa interna de látex (Gibbons y Cueto, 2007). En todo momento habrá que verificar que la camisa interna de látex, este en buen estado y no tenga fisuras (Durán, 2008). A uno de los extremos de la vagina, se adosa una copa de vidrio para la colecta de semen. Se carga con agua a 70°C en sus 2/3 partes y se acondiciona mediante el agregado de aire hasta que la luz interior de la camisa de látex se estreche a un centímetro de diámetro. Al momento de la obtención de semen la temperatura interna de la vagina artificial debe ser de 36-38°C. La vagina debe estar limpia, seca y estéril; una misma vagina, sin limpiar, no debe de utilizarse para distintas recogidas de semen. Después de cada uso se debe lavar, enjuagar con agua destilada y secarla profundamente. El semen se debe recoger en un ambiente libre de polvo. Antes de su acopio, es necesario limpiar, cuidadosamente, el prepucio del macho, para evitar cualquier contaminación (*op.cit.*). Cuando el semental entre en el lugar de colecta puede que muestre un comportamiento cortés hacia la hembra, pero el operario debe de estar siempre prevenido para que el semental pueda, de inmediato, montar al maniquí. Cuando así ocurre, el pene erecto se debe dirigir al extremo abierto de la vagina artificial (Delgado, 2013). El operario debe tener buenos reflejos para no perder el semen recolectado (Paez, 2013).

El semen se coloca en baño de agua a 30°C, protegiéndolo de cambios bruscos de temperatura. La frecuencia de extracción seminal está condicionada a las características intrínsecas de cada macho (Gibbons y Cueto, 2007). En carneros adultos es habitual obtener 4-5 eyaculados diarios, obteniéndose volúmenes de 0.8 a 1.5 mL y consistencia cremosa, cremosa-lechosa (*op.cit.*). Con tal frecuencia, el volumen y la concentración del semen (y consecuentemente el número de espermatozoides por eyaculado) disminuye en los sucesivos eyaculados (Delgado, 2013). Sin embargo, un régimen de 3 a 5 recogidas diarias, con un periodo de 2 o 3 días de descanso, no reducirá sensiblemente la cantidad y calidad del semen (Durán, 2008).

2.2.1.2.2.- Electroeyaculación

Existen otras técnicas de colección de semen como la de electroeyaculación, que consiste en introducir un electrodo bipolar, a una longitud no mayor de 10 cm, en el recto del macho (Hafez y Hafez, 2004). Se trata de un estimulador por baterías que proporciona una salida de 10 a 15 voltios. Experimentalmente se han utilizado estimuladores automáticos (Durán, 2008). Para la recolección de semen, el macho se debe colocar en decúbito lateral, sobre una mesa o el suelo, siempre que esté limpio, se debe cortar los pelos o lana que rodea la vaina y el prepucio. La sonda se humedece o se lubrica con vaselina y se inserta en el recto a la profundidad de 10 cm, procurando no lesionar la mucosa (Paez, 2013).

Un operario debe presionar la sonda hacia el suelo de la pelvis, aplicándose luego cortos estímulos (3-8 segundos) a intervalos entre 15 y 20 segundos. Después de unos cuantos estímulos fluirá la secreción de las glándulas accesorias y luego el semen. Toda la operación dura entre 10 y 15 minutos, con considerables variaciones individuales (Hafez y Hafez, 2004).

2.2.2.- Manejo y valoración del semen

Después de obtener el semen y antes de usarlo se deben determinar, cuidadosamente, tanto la cantidad como la calidad del eyaculado. Para manejar el semen se precisa hacerlo con sumo cuidado para que no se afecte la viabilidad de los espermatozoides (Buitrago y Pérez, 2008). La evaluación espermática nos permite estimar la fertilidad potencial de cualquier semental y consiste en la evaluación, en el laboratorio, de parámetros espermáticos que son indicadores de la calidad del semen del reproductor de interés (Sorensen *et al.*, 1987). Estos parámetros pueden ser de carácter macroscópico (color, aspecto, volumen, pH) ya que pueden ser evaluados a simple vista de la muestra seminal; y microscópicos (motilidad masal, motilidad individual, concentración espermática, anormalidades, integridad de membrana, vitalidad) que deben ser evaluados utilizando un microscopio (Aisen, 2004).

2.2.2.1.- Valoración Macroscópicas

2.2.2.1.1.- Volumen de semen

El volumen del eyaculado se puede medir directamente en el tubo de recogido, si está calibrado, o con más seguridad utilizando una pipeta calibrada (Evans y Maxwell, 1990). El volumen del semen depende del método de recolección, la edad y estado del carnero, la habilidad del recolector y la frecuencia de obtención de muestras. Cuando la recolección se realiza con vagina artificial, normalmente se obtienen eyaculados de aproximadamente 1 mL (Gibbons *et al.*, 2004). Los volúmenes de eyaculados pueden admitirse como normales cuando sus rangos van de 0.5 mL a 2 mL y en carneros jóvenes de 0.5 a 0.7 mL. Cuando el semen se obtiene por electroeyaculación, el volumen que se obtiene depende mucho de la destreza del operario, así como también de la respuesta del semental (Vera, 2009). Se sabe, además, que las cópulas reiteradas a intervalos demasiado cortos disminuyen el volumen recolectado y, por el contrario, la excitación acentuada aumenta (Pérez y Pérez, 1985).

2.2.2.1.2.- pH

La cuantificación del grado de acidez o alcalinidad de una muestra de semen aporta información respecto a la calidad del mismo. El pH es también medida de la actividad metabólica de los espermatozoides. Conforme estos últimos envejecen, se produce ácido láctico como resultado de la glucólisis; la acumulación del ácido disminuye el pH, lo que a la vez reduce la motilidad de los espermatozoides. El pH del eyaculado del carnero se ubica en un rango de 5.9 a 7.3. El aumento de pH es indicador de contaminación con orina (Sorenses *et al.*, 1987).

2.2.2.1.3.- Color y olor

El color del semen es el primer factor que se valora y se debe hacer en el mismo tubo de recogida, inmediatamente de obtenido. La cantidad de espermatozoides presentes en el eyaculado hace que la muestra tome una coloración blanquecina-amarillenta cuando la muestra es de buena calidad. Cuando es de baja calidad, es similar a la leche acuosa. En este sentido puede admitirse una relación directa entre la intensidad del color y la riqueza espermática (Pérez y Pérez, 1985). El color rojizo indica la presencia de sangre, así como los colores grises o marrones indican contaminación o infección, debiéndose desechar el eyaculado y proceder a la revisión del macho (Gibbons *et al.*, 2004; Cueto *et al.*, 2016). Si hay presencia de orina, existirá un olor característico además de que la coloración será menos intensa. Esto es una posibilidad, bastante corriente, cuando se obtiene semen por electroeyaculación (Evans y Maxwell, 1990).

2.2.2.2.- Valoración microscópica

2.2.2.2.1.- Motilidad de los espermatozoides

La valoración por la onda de movimiento es el sistema más simple para determinar la movilidad del semen fresco (Evans y Maxwell, 1990). Esta se determina mediante microscopía óptica a 40 o 100 aumentos (40x o 100x) utilizando una pequeña gota de semen puro colocada sobre un portaobjeto temperado a 37 °C. La estimación de la motilidad de los espermatozoides se hace sobre la base de vigor o potencia de la onda según si está o no presente dicho movimiento. Normalmente se valora entre 0 y 5 puntos, aunque esta forma de valoración es subjetiva (Cuadro 1) (*op.cit.*).

Cuadro 1.- Sistema de valoración de onda de movimiento (Evans y Maxwell, 1990).

Valor	Clase	Descripción
5	Muy buena	Densa onda de movimientos muy rápidos. No se puede observar las células individuales. El 90% o más de los espermatozoides son activos.
4	Buena	Movimiento vigoroso, pero las ondas y los remolinos no son rápidos como los de valor 5. Alrededor de 70-85% de células activas.
3	Regular	Solo aparecen ondas de movimiento lento. Se pueden observar espermatozoides aislados. El 45-65% de las células son activas.
2	Pobre	No aparecen ondas, aunque se observan movimientos de espermatozoides. Solo viven el 20-40% de las células espermáticas y su movilidad es pobre.
1	Muy pobre	Muy pocos espermatozoides (alrededor del 10%) presentan signos de vida, pero con movimientos débiles.
0	Muertos	Ningún espermatozoide presenta movimiento.

2.2.2.2.2.- Motilidad individual

Este método se utiliza para muestras de semen que se han diluido, o que se han conservado, y por ello, pueden tener una motilidad reducida. Se utiliza el objetivo de 40X del microscopio. Se deposita una gota de semen sobre un portaobjeto limpio, templado (37°C) y se coloca un cubre objetos. El operario debe visualizar varios campos y valorar la proporción (porcentaje) de espermatozoides que son móviles, esto es los que se mueven hacia delante (Delgado, 2013).

2.2.2.2.3.- Concentración de espermatozoides

La determinación con exactitud de la concentración espermática es muy importante ya que la relación de dilución depende de ella. Esto es el número de espermatozoides por unidad de volumen (normalmente expresado en mL) (Cuadro 2). El semen de carnero de buena calidad contiene 3.5-6.0 mil millones (3.5-6.0x10⁹ de espermatozoides /mL) (Hafez y Hafez, 2004).

La concentración de espermatozoides puede ser valorada por ensayos basados en la consistencia o apariencia del semen, por el uso de un hemocitometro, colorímetro o contador electrónico de partículas (coulter). El método del hemocitometro es más lento, pero más seguro. El colorimétrico es rápido y seguro, aunque no todas las veces es esté disponible con facilidad. Los contadores electrónicos de partículas son caros y no adecuados para utilizar en campo (*op.cit.*).

Cuadro 2.- Concentración del semen de carnero (Hafez y Hafez, 2004).

Valor	N° de espermatozoides ($\times 10^7$) por mL.		
	Consistencia	Media	Valores extremos
5	Creмоса espesa	5.0	4.5-6.0
4	Creмоса	4.0	3.5-4.5
3	Creмоса tenue	3.0	2.5-3.5
2	Lechosa	2.0	1.0-2.5
1	Nebulosa	0.7	0.3-1.0
0	Clara (acuosa)	Insignificante	Insignificante

Nota: el semen, nebuloso o acuoso no debe utilizarse para IA.

2.2.2.2.4.- Morfología de los espermatozoides

Cada eyaculado contiene una serie de espermatozoides anormales, pero si la proporción de estos es muy alta entonces, es un semen de baja fertilidad. Los espermatozoides anormales se pueden detectar en frotis de semen teñidos, preparados sobre un porta-objetos (Delgado, 2013).

- Anormalidades primarias.

De origen testicular, se producen durante el proceso de la espermatogénesis. Entre los defectos primarios más comunes observados se encuentran: Cabeza: cabeza piriforme, cabezas anormales sueltas, macro o microcefalia, asimetría, inmaduras. Pieza media: Cola abaxial, doble, gruesa, gota citoplasmática. Cola: doble, enrollada (Gómez, 2013).

- Anormalidades secundarias.

Ocurren después de que el espermatozoide salió del testículo y en general son de menor importancia a menos que sean numerosos. Los principales defectos que pueden observarse son: Cabeza: desprendida, acrosoma degenerado, cabezas unidas, Pieza media: rota, Cola: enrollada, doblada, rota, desprendida (Gómez, 2013).

2.3.- Minerales en la producción ovina

Antes del siglo XX había muy poco interés en la nutrición mineral de los animales domésticos, pues era considerada de poca utilidad (McDowell y Arthington 2005). En la actualidad los minerales se consideran como el tercer grupo de nutrientes limitantes en la producción animal y su importancia radica en que son necesarios para la transformación de los alimentos en componentes del organismo o en productos animales como leche, carne, crías, piel, lana, entre otros (Arcesio, 2010). Constituyen aproximadamente entre el 4 a 5% del peso corporal de un animal (McDowell y Arthington, 2005; Gürsu y Aygün, 2014), y según su concentración tisular se clasifican en: a) macroelementos (>100 ppm), y b) microelementos (<100 ppm) (Botana *et al.*, 2002).

Se consideran como minerales críticos para los ovinos en pastoreo el calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na), cobalto (Co), cobre (Cu), yodo (I), selenio (Se) y zinc (Zn); otros como el Cu, Co, hierro (Fe), Se, Zn y molibdeno (Mo) disminuyen conforme avanza la edad del forraje. Por otra parte, los requerimientos de minerales para los rumiantes dependen del fin zootécnico, nivel de producción, edad de los animales, nivel y forma química del elemento, interrelación con otros minerales, raza y adaptación del animal a los suplementos (Bhausahab *et al.*, 2014). Así mismo, dependiendo de la región en donde se encuentren los ovinos, pueden presentarse deficiencias y exceso de minerales (Libien, 2014).

2.4.- El selenio

En 1818, el químico suizo Jons Jacob Berzelius descubrió el selenio, lo nombró Selene por la diosa griega de la luna. Ciento cuarenta y cinco años más tarde, Schwarz y Foltz identificaron que el selenio es un elemento esencial para la salud animal cuando descubrieron que pequeñas cantidades protegen contra la necrosis hepática en ratones deficientes de vitamina E (Brown y Arthur, 2001).

2.4.1.- Metabolismo del selenio

2.4.1.1.- Digestión y absorción

La digestibilidad y absorción del selenio en los rumiantes es muy baja. Esta baja digestibilidad se atribuye a que en el rumen el selenio se transforma a formas poco asimilables. Aunque la deficiencia ha sido señalada en todas las especies, los rumiantes parecen ser más sensibles al padecimiento y en particular la situación parece ser más grave para los pequeños rumiantes (ovinos y caprinos) (Ramírez *et al.*, 2001; Ramírez *et al.*, 2004).

Esta mayor susceptibilidad de los rumiantes se atribuye al ambiente del retículo y rumen, que genera formas no solubles en particular seleniuros (Carbajal *et al.*, 2013). Lo anterior explica la menor absorción de Se en rumiantes que en los animales monogástricos, 29-35 % en rumiantes y de 77 a 85 % en monogástricos, cuando es administrado como selenito por vía oral; siendo el duodeno, el principal sitio de absorción del elemento (Sarabia, 2004).

Cuando el Selenio se administra en forma de seleniato, se absorbe principalmente en el duodeno, entra al organismo y se reduce a selenito, uniéndose a las proteínas del plasma; así es llevado por la corriente sanguínea al hígado y al bazo, en donde es reducido a Selenio elemental, por la glucosa, que lo lleva a todos los tejidos excepto a los grasos. La pérdida ocurre por medio de los pulmones, orina y excremento, la eliminación es considerable y se ejecuta de manera relativamente rápida, a pesar de todo, cuando el consumo es alto, tiende a acumularse y causa lesiones en los tejidos (Villanueva, 2011; Carbajal *et al.*, 2013).

2.4.1.2.- Excreción del selenio

Se ha observado que las heces son la principal vía de excreción del selenio cuando este es suministrado vía oral; pero si el selenio es administrado parenteralmente, la mayor parte de la dosis es excretada en la orina y en menor proporción con las heces; los rumiantes retienen de 20 a 25% del selenio suministrado (Church, 1988).

2.4.1.3.- Mecanismo de acción en la intoxicación por selenio

Los mecanismos bioquímicos de una selenosis siguen siendo inciertos. Es probable que el selenio ejerza su efecto tóxico mediante inhibición enzimática de los sistemas de óxido-reducción del organismo. Cuando el selenio se administra en forma de selenato, entra al organismo y se reduce a selenito; así es llevado por la corriente sanguínea al hígado y al bazo en donde es reducido a selenio elemental. El selenio elemental no es tóxico. Cuando el organismo no puede reducir el selenito por deficiencia de glucosa o exceso del mineral, se produce el ataque a las células destruyéndolas (Hasanuzzaman *et al.*, 2010).

El selenio puede actuar también como un pro-oxidante. La actividad pro-oxidante es el antónimo de la actividad antioxidante; el selenito de sodio, y algunos otros compuestos inorgánicos de selenio, tales como, el dióxido de Se y las diselénidas tienen tal actividad para catalizar la oxidación de los tioles, tales como el glutatión, con una concomitante producción del superóxido y otras especies reactivas de oxígeno. Esta reacción catalítica del Se inorgánico con los tioles, probablemente explique la toxicidad del Se en las células de los principales órganos productores de glutatión, como es el caso del hígado. La influencia pro-oxidante del selenito de sodio en los animales pecuarios, es de particular interés, cuando se considera la vida útil de la leche, la carne y el huevo producidos. La propiedad pro-oxidante del Se también puede aumentar la multiplicación de algunos virus patógenos (Mahan, 2001; Surai *et al.*, 2008).

2.4.2.- Deficiencia de selenio en suelos y forrajes de México

Existen diversos factores que afectan la concentración de los minerales en los forrajes, como el tipo de suelo (ácidos), la presencia de otros elementos competitivos (calcio, azufre, cobre y arsénico), presencia de contaminantes, las sucesivas fertilizaciones, las especies forrajeras presentes, el clima, la estación del año y la edad de las plantas. Estos factores pueden modificar y anular la posibilidad de que los animales cubran sus necesidades en micro-minerales durante el año (Zarczynska *et al.*, 2013).

Los suelos volcánicos prácticamente no contienen selenio, las plantas que crecen en este tipo de suelo sufren la deficiencia y la deficiencia ocurrirá en aquellos animales que se alimentan de ellas (Ramírez *et al.*, 2001). La zona norte de la república mexicana es selenífera y la zona del altiplano hacia las costas es selenodeficiente (op.cit.).

Se consideran niveles insuficientes en el suelo cantidades menores a 0.5 mg/kg. o cantidades en las plantas menores a 0.1 ng/kg (Pugh, 2012). Y como es de esperarse, se han establecido claras correlaciones entre la presencia del selenio en el suelo, las plantas y los tejidos animales, por eso es fundamental su suplementación en los animales (Ramírez *et al.*, 2004).

2.4.2.1.- Selenio en suelo y agua

Los minerales que el animal consume provienen principalmente del alimento y de suplementos elaborados con ingredientes de origen geológico o industrial. El aporte mineral del agua puede o no contribuir significativamente a los requerimientos del animal mientras que la ingestión accidental o no del suelo, aporta cantidades apreciables de elementos minerales tales como Cu, Mn, Se, etc. (Underwood y Suttle, 1999).

El contenido de selenio en los suelos varía ampliamente, en consecuencia, esta alta variación se refleja en los pastos donde ellos crecen, lo cual depende, en gran medida, de su origen geológico y de las condiciones estacionales, observándose que el contenido de Se en el suelo es bajo en primavera y cuando llueve con intensidad; también el pH del suelo es otro factor que influye de forma importante en la disponibilidad del selenio para las plantas (Blood y Randostits, 1992). El total del selenio en el suelo no refleja una estrecha disponibilidad del elemento para la planta, por lo que los forrajes con menos de 0.1 ppm de selenio en base seca pueden provocar síntomas de deficiencia; si la concentración del elemento es menor a 0.0005 ppm, los animales pueden sufrir deficiencia de selenio y morir.

2.4.2.2.- Selenio en forraje

Aunque el selenio no está considerado como un elemento esencial en la nutrición de las plantas, el consumo de plantas y productos vegetales es la principal fuente de Se para los animales y los seres humanos, en ausencia de cualquier suplementación especial (Ihnat, 1989). El nivel de Se en las plantas depende principalmente del contenido de selenio soluble (contenido de Se disponible en la planta) del suelo.

Según Mortimer (1999), el contenido de Se en el forraje puede clasificarse como adecuado, marginalmente deficiente y deficiente cuando contiene aproximadamente 0.20, 0.10 a 0.19 y <0.10 mg de Se kg⁻¹ de MS. La concentración máxima tolerable de Se en el forraje es de alrededor de 2 mg kg⁻¹ MS, el cual fue, posteriormente, aumentado a 5 mg kg⁻¹ MS (NRC, 2005).

2.4.2.- Consecuencias de la deficiencia de selenio en la producción ovina

Aunque la deficiencia ha sido señalada en todas las especies, los rumiantes parecen ser más sensibles al padecimiento y en particular la situación parece ser más grave para los ovinos y caprinos (Ramírez *et al.*, 2005). Esta mayor susceptibilidad se atribuye al ambiente retículo-rumen, que genera formas insolubles (Se elemental y selenurs) y una pérdida significativa del elemento resultante de su uso por microorganismos ruminales, incorporándose a las proteínas bacterianas con la formación de selenoaminoácidos (Harrison y Conrad, 1984).

Whanger (2002) informó que la flora ruminal de las ovejas adultas había alcanzado una concentración promedio de 46 veces mayor de selenio que la concentración en la dieta que consumían. Esto explicaría la menor absorción de Se en rumiantes, que en monogástricos registran del 77 al 85% y en rumiantes del 29-35%, cuando es administrado por vía oral; siendo el principal sitio de absorción del elemento es el duodeno (Sarabia, 2004). La carencia de selenio afecta seriamente la eficiencia productiva y la salud de los animales, incluso eleva la mortalidad en las crías, cuando la deficiencia es grave, como consecuencia de lesiones degenerativas en el miocardio (Ramírez *et al.*, 2001). Entre las anomalías mejor documentadas se señalan menores ganancias de peso, menor producción de leche y lana (Beckett y Arthur, 2005; Oblitas *et al.*, 2000).

También se incrementa la fragilidad eritrocítica provocando anemia y daño en los endotelios resultante en anasarca, por la menor actividad de GSH-Px (Hefnawy y Tórtora, 2008). Así mismo, el daño a las estructuras membranales se considera también la base del cuadro clínico con que inicialmente se reconoce a la deficiencia de selenio; “la enfermedad del músculo blanco” (DMP) o “distrofia muscular nutricional” (MND) con cambios degenerativos en músculo esquelético y en animales jóvenes en miocardio (Gabryszuk y Klewicz, 2002). La enfermedad existe en dos formas: la aguda, que afecta al músculo cardíaco, y la subaguda, que afecta principalmente a los músculos esqueléticos. Los signos clínicos de la DMP aguda incluyen taquicardia, arritmia, disnea en reposo y cianosis y el 60% de los casos, conduce a la muerte súbita. En la DMP subaguda los animales afectados tienen dificultad para ponerse de pie y mantenerse parados. También a los animales jóvenes afectados por hiposelenosis son más susceptibles a enfermedades respiratorias. e infecciones gástricas. (Aleman, 2008).

2.4.3.- El selenio como antioxidante

En la fisiología tanto humana como animal, a través del proceso metabólico normal llamado oxidación se degradan los carbohidratos, las grasas y las proteínas de los alimentos, lo cual producen dióxido de carbono, agua y energía. La energía producida en este proceso se utiliza en varias funciones corporales (trabajo, aumento de peso, producción de leche, formación de gametos, etc.). Sin embargo, la oxidación de los componentes de la estructura corporal (membranas celulares) y funcional (enzimas y sustancias intracelulares) es muy dañina (Uttam *et al.*, 2016).

El organismo cuenta con un mecanismo de defensa para protegerse de los daños inducidos por la oxidación; esta protección es proporcionada por un mecanismo con actividad antioxidante. El agua se produce mediante el proceso de reducción de la molécula de oxígeno. El proceso de reducción secuencial de oxígeno a agua conduce a la formación de las siguientes sustancias reactivas: especies de oxígeno reactivas (reactive oxygen species, ROS) anión superóxido (es tanto ion como radical), peróxido (peróxido de hidrógeno, peróxidos orgánicos) y radical hidroxilo (el más reactivo de todos ellos). Además de los ROS, el desdoblamiento de las proteínas resulta en la formación de radicales libres de nitrógeno (NFR). Por ejemplo, el óxido nítrico (NO) es un NFR producido durante la reacción de transformación del aminoácido arginina y oxígeno para formar citrulina. El óxido nítrico y el producto de esta reacción con el anión superóxido O₂⁻, llamado peroxinitrito (ONOO⁻), ambos pueden causar daño celular en dos formas diferentes. Ambos, los ROS y los NFR, son poderosos agentes oxidantes. Si los ROS y los NFR no se destruyen, dañan las células vivas, notablemente sus proteínas, lípidos y ácidos nucleicos (ADN). Los ácidos grasos insaturados, que son el componente principal de todas las membranas celulares, son particularmente susceptibles a estos compuestos. Su oxidación por los ROS da como resultado la formación de hidroperóxidos lipídicos (peróxidos orgánicos), que son muy dañinos (daño oxidativo). Las membranas, particularmente en riesgo de tal daño, incluyen, a las mitocondrias de las células de la sangre y tubo gastrointestinal (Behne y Kyriakopoulos, 2001).

La actividad biológica más importante del selenio es a través de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px) (Thompson, 2004), la cual en cooperación con la vitamina E y algunos otros agentes antioxidantes son capaces de reducir los efectos destructivos sobre las células vivas de reacciones peroxidativas. La vitamina E previene la formación de peróxidos grasos por secuestro de radicales libres antes de que ellos inicien la peroxidación grasa. El Selenio, como parte esencial de la enzima GSH-Px, reduce los peróxidos ya formados para reducir los alcoholes reactivos; sin embargo, el porcentaje de Se total varía grandemente de un tejido a otro y de una especie animal a otra, así, por ejemplo, en eritrocitos humanos, únicamente el 10 % del Se está presente en la GSH-Px, comparado al 75 % en ovinos y 100 % en ratas (Persson, 1995).

2.4.3.1.- La enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px)

Varias de las selenoproteínas son enzimas antioxidantes que participan en mantener el equilibrio óxido reductivo de las células (Zeng *et al.*, 2013). La familia de las enzimas GSH-Px (selenoproteínas) ayudan a prevenir la formación de ROS y NFR. En la deficiencia de Se, disminuciones marcadas en la actividad de la enzima GSH-Px, y otras enzimas dependientes del Se, contribuyen a disminuir las defensas contra el daño oxidativo (Burk, 1990). La GSH-Px representa el 75% del selenio sanguíneo, está contenida en el interior de los glóbulos rojos a los que se incorpora durante la eritropoyesis (Hill *et al.*, 1992). El hecho de que exista una fuerte correlación entre el

contenido de selenio sanguíneo y la GSH-Px, y que su determinación en sangre sea rápida y sencilla, hace que esta enzima se haya perfilado en la actualidad como una de las medidas indirectas más importantes en el diagnóstico de procesos carenciales de selenio (Mackintosh *et al.*, 1989).

La GSH-Px se reconoce generalmente por su función antioxidante. Hay, sin embargo, diferentes formas de esta enzima, las cuales funcionan en diferentes sitios (citosólica, plasmática, hidropéroxido fosfolípido, intestinal y pulmonar), cada una quizá con especificidad al sistema antioxidante necesitado según el sitio de que se trate. El hidropéroxido fosfolípido GSH-Px parece estar envuelto con actividad antioxidante a nivel de la membrana celular; mientras la GSH-Px citoplasmática se asocia con actividad antioxidante dentro del citoplasma celular. La distribución de los tipos GSH-Px difiere por tejido y por especie, consecuentemente los síntomas clínicos de deficiencia de las especies animales podrían reflejar diferentes distribuciones de los sistemas antioxidantes GSH-Px en estas especies (Persson, 1995).

2.4.4.- El selenio y la inmunidad

El selenio también actúa como catalizador de la hormona activa tiroidea y es necesario para el funcionamiento del sistema inmune (Boggero y Castro, 2005). Esta aumenta los niveles de anticuerpos, mejorando la actividad fagocítica de los neutrófilos, granulocitos y macrófagos. Así mismo cuando es estimulado aumenta el recuento de linfocitos T (Hoffman, 2007, Kamada *et al.*, 2007).

Las células T son particularmente sensibles a la deficiencia de selenio porque su membrana celular contiene lípidos que se oxidan más fácilmente que la membrana que tienen los linfocitos B (Arthur *et al.*, 2003). También el selenio influye en los mecanismos de la inmunidad humoral, aumentando los niveles de la inmunoglobulina tipo M (Maggini *et al.*, 2007).

2.4.5.- El selenio y la reproducción

También la deficiencia de selenio produce una baja eficiencia reproductiva, con reducción en la fertilidad, la prolificidad y la calidad seminal (Beckett y Arthur, 2005; Oblitas *et al.*, 2000).

Diversos estudios reportan que una deficiencia de selenio está asociada con problemas de inhibición de la secreción de testosterona y esto ocasiona una pérdida de la integridad estructural de la cola del espermatozoide, con la consecuente pérdida de la motilidad (Matheus y López, 2008). Estas anomalías se han asociado a la menor actividad de una glutatiónperoxidasa, que se llama espermático GSH-Px, presente en el núcleo del espermatozoide el único lugar donde existe esta selenoproteína, que presuntamente participaría en la distribución de las proteínas asociadas al ADN (Beckett y Arthur, 2005) y esta enzima es importante para la maduración del espermatozoide (Behne y Kyriakopoulos, 2001). De igual manera la deficiencia de selenio disminuye el número de espermatozoides en el eyaculado (Hefnawy y Tórtora, 2008).

Se ha señalado que la fertilidad y la prolificidad de las ovejas puede ser mejorada con la suplementación de Se (Segerson y Ganapathy, 1980). Y ayuda a prevenir la formación de quistes ováricos, la mortalidad embrionaria en las primeras 3 o 4 semanas y la retención placentaria (Hemingway, 2003; Palmieri y Szarek, 2011). Así mismo, a problemas de parto resultantes por la tensión reducida de la capa muscular del útero (Moeini *et al.*, 2009). Sin embargo, Gabryszuk y Klewec (2002), indican que la administración de Se o de Se con vitamina E no tuvo efecto sobre el ciclo estral, ni en la fertilidad de las ovejas.

Aunque existen resultados contradictorios de la suplementación con Se sobre la fertilidad y la productividad, se podrían justificar que estos dependen de la gravedad de la deficiencia, las condiciones de suplementación y la aparente capacidad del sistema para priorizar la síntesis enzimática (Hefnawy y Tórtora, 2010).

2.4.6.- El selenio en el animal gestante y los recién nacidos

El momento crítico en el que el selenio es fundamental en la vida del animal; es al final de la gestación y durante la lactancia (*op.cit.*). Esto se debe a que hay una reducción marcada de los niveles de selenio plasmático materno, a medida en que avanza la gestación y los productos aumentan de tamaño y de peso (Beckett y Arthur, 2005; Abd El-Ghany *et al.*, 2008).

Las hembras gestantes transfieren este elemento al producto (transferencia placentaria) y a la descendencia al nacimiento (calostro y leche) (Hefnawy y Tórtora, 2010). Así mismo en rumiantes, la transferencia placentaria del selenio ocurre incluso en hembras con deficiencia, estos animales sacrifican su propia condición para proporcionar este mineral al feto (Rock, 1998; Abd El-Ghany *et al.*, 2008).

2.4.7.- Diagnóstico de la deficiencia de selenio

La concentración de selenio en los tejidos del animal, particularmente el hígado, ha sido usada para conocer el estado de selenio de los animales, con menores variaciones que su medida en sangre (Hefnawy y Tórtora, 2010). Sin embargo, existe una alta correlación entre la actividad de GSH-Px y el nivel de selenio en sangre, por lo que esta enzima también se puede utilizar como indicador de deficiencias (Oblitas *et al.*, 2000).

También se puede determinar este mineral en el suelo y en el forraje para diagnosticar su deficiencia y conocer el estado de disponibilidad en una región en particular (Hefnawy y Tórtora, 2010). El diagnóstico de estos trastornos se basa en la evaluación clínica de los animales y de sus registros productivos, en la medición del contenido de minerales en los tejidos (sangre, hígado, riñón, etc.), en los alimentos y en los ensayos de relación entre dosis y respuesta (Botana *et al.*, 2002). Así mismo hay que saber diferenciar entre la disponibilidad del selenio en ovejas y corderos, porque puede estar influenciadas por los requerimientos de los órganos, la movilización del elemento, los requerimientos en diferentes estados fisiológicos y edades, y la aparente jerarquía en su contribución a los distintos órganos (Hefnawy y Tórtora, 2010).

Por otro lado, se debe considerar que los corderos tienen una actividad digestiva similar a los no rumiantes, en los que la utilización de selenio de la dieta es mayor (Hefnawy y Tórtora, 2010).

2.4.8.- Suplementación de selenio

Se puede prevenir la deficiencia de selenio en las regiones y poblaciones de animales diagnosticados, por medio de la suplementando de este mineral (*op.cit.*). Una manera de proveer minerales es la inclusión de los mismos en la dieta (en los concentrados), esta es la modalidad más utilizada en las explotaciones intensivas (industrias avícola, porcina o vacuna) donde existe un control estricto de la ración. Por otra parte, en las explotaciones extensivas (bovinos, ovinos y caprinos en régimen de pastoreo) se maneja muy poco la ración, y por eso se han desarrollado alternativas como las inyecciones parenterales y los dispositivos intrarruminales de liberación controlada (Botana *et al.*, 2002).

Las fuentes de selenio incluyen sales inorgánicas (selenatos y selenitos) y selenometionina o formas menos purificadas como selenolevadura. En la dieta, se puede utilizar cualquiera de estas formas, pero en forma inyectable o en bolo, solo las sales inorgánicas pueden alcanzar concentraciones adecuadas en cantidades suplementadas (Revilla *et al.*, 2008). Los requerimientos de selenio para ovinos, según NRC (1985), eran de 0.05 a 0.1 mg/kg de MS de la dieta, pero en 2007 cambiaron a un rango de 0.1 a 0.3 mg/kg de la dieta (NRC, 2007) en función de la forma y nivel de producción.

2.4.9.- Toxicidad de selenio

Originalmente la problemática del selenio fue analizada por los efectos tóxicos del metal, antes de que se definiera su importancia como un microelemento imprescindible para la vida animal. La toxicidad por selenio es una amenaza seria en los suelos de las regiones seleníferas (Allan *et al.*, 1999; Driscoll y Copeland, 2003). La intoxicación aguda por selenio (selenosis aguda) se produce por sobredosificación oral o parenteral y se caracteriza por muerte súbita. En caso de supervivencia se observan anorexia, ataxia, letargia, dolor abdominal y muerte en 1 a 2 días postexposición (Botana *et al.*, 2002; McDowell y Arthington, 2005). Esta intoxicación es más común con el selenito de sodio, ya que al ser más soluble se absorbe rápidamente. La dosis letal 50 (DL50) parenteral para el selenito de sodio es de 0.45 mg de Se/kg en ovinos (Botana *et al.*, 2002; Elsheikh *et al.*, 2014). No hay tratamiento específico conocido para tratar los casos agudos de intoxicación y los animales afectados mueren incluso antes de que se haya establecido el diagnóstico (Hefnawy y Tórtora, 2008). Si es crónico, se observa pérdida de vitalidad, crecimiento anormal y posterior pérdida de pezuñas y cuernos, caída de pelo, atrofia y cirrosis hepática, nefritis (McDonald *et al.*, 2011; Shimada, 2009).

La forma más efectiva de evitar la presentación de selenosis en los animales es diagnosticar adecuadamente el problema, identificar la fuente de intoxicación y procurar evitar el pastoreo de los animales en potreros con plantas seleníferas o intentar eliminar estas plantas. Y cuando la selenosis es consecuencia de tratamientos de suplementación, se debe calcular correctamente la dosificación de los suplementos. También la fertilización de los campos con azufre puede mejorar la relación azufre/selenio en el suelo y reducir la captación del selenio por los vegetales. Así mismo el incremento de proteína en la dieta o en la mezcla de alimentos con niveles elevados de selenio, ayudan a diluir las concentraciones tóxicas (Hefnawy y Tórtora, 2008).

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.-Área de estudio

La investigación se realizó en la unidad de producción (U.P.) “Lomas de San Rafael”. Que se encuentra ubicada en el municipio de Suchiapa (Figura 2), Chiapas, México, con las coordenadas; 16° 40' 0" latitud norte y 93° 04' 53" longitud oeste y a una altitud de 695 metros sobre el nivel del mar. El municipio de Suchiapa, colinda al norte con Tuxtla Gutiérrez, al este con Chiapa de Corzo, al sur con Villaflores y al Oeste con el Municipio de Ocozocoautla de Espinoza. El clima es cálido sub-húmedo con lluvias periódicas, la temperatura media anual en la cabecera municipal es de 24.4°C, con una precipitación pluvial de 956 mm anuales.

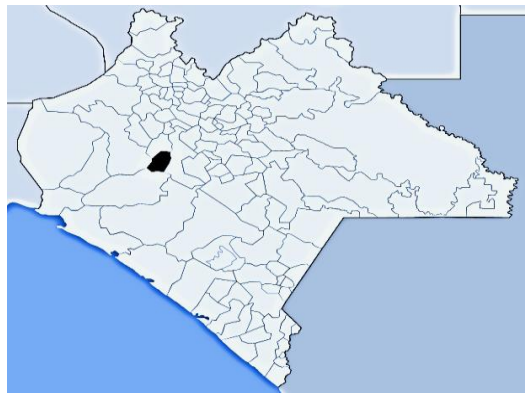


Figura 2.- Ubicación de Suchiapa, Chiapas.

3.2.- Población objetivo

La población ovina del rancho “Lomas de San Rafael” está conformada por 1215 animales aproximadamente, se distribuye de la siguiente manera: 600 borregas adultas, 100 hembras en último tercio de la gestación y en lactancia, 200 hembras primaras, 260 borregos jóvenes, 4 sementales y 50 corderos aproximadamente. La alimentación es a base de un concentrado elaborado con maíz, soya y sales minerales, dependiendo de las necesidades nutricionales de los animales. Las hembras adultas pastorean 8 horas al día, aproximadamente y el agua es al libre acceso. En el manejo reproductivo del rebaño, las hembras adultas entran en empadre durante 40 días con un semental previamente asignado, concluido el empadre se espera 20 días para realizar el diagnóstico de gestación, las hembras gestantes se separan del resto y las hembras vacías son nuevamente utilizadas en los empadres hasta que termine su ciclo reproductivo. En el control de enfermedades, se realiza la desparasitación selectiva mensual. A las hembras se les aplica Selenio, al parir, al término de la lactancia y al empadrear. A los corderos se les aplica al nacimiento y al destete.

3.3.- Metodología

3.3.1.- Selección de los animales y distribución en los grupos

La investigación inicio en el mes de abril del 2019, y terminó en el mes de febrero del 2020. Los animales que se utilizaron para realizar esta investigación, fueron 12 corderos de dos meses de edad, recién destetados de la raza Blackbelly de la unidad de producción. Para la selección de los animales se descartó aquellos que tenían un peso menor a 12 kg y animales de un mes y/o tres meses de edad.

Los grupos de animales fueron llevados a corrales donde se les proporcionaron los cuidados normales de animales de engorda de esa unidad de producción. Fueron estabulados, con una alimentación realizada en la U.P. a base de maíz, soya y sales minerales; teniendo un 13.44% de proteína cruda y 4.35% kcal, de la misma manera agua *ad libitum*.

Posteriormente se organizaron tres grupos de tratamiento, integrando tres ovinos en cada uno, y se les colocó una cinta de color dependiendo del tratamiento de selenio correspondiente; el tratamiento 1 (T1): control (sin selenio) (cinta blanca; n=3), el tratamiento 2 (T2): se aplicó 0.1 mg/kg de selenio (cinta verde; n=3) y, por último, el tratamiento 3 (T3): con 0.3 mg/kg de PV vía subcutánea de selenio (cinta rosa; n=3). Se les aplicó selenio desde el mes de abril del 2019, cuando se destetaron los animales, repitiendo mensualmente cada dosis hasta el mes de febrero del 2020.

3.3.2.- Evaluación del desarrollo

Se evaluaron las siguientes variables:

1. El peso vivo (PV) fue evaluado cada quince días, utilizando una báscula digital con capacidad máxima de 100 kg de peso.
2. La ganancia diaria de peso (GDP), se evaluó cada quince días utilizando una báscula digital. Y utilizando la siguiente formula:

$$GDP = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{15 \text{ días}}$$

3. La circunferencia escrotal (CE) fue de manera mensual. En esta se utilizó una cinta métrica, y se realizó siguiendo la metodología de Huanca *et al.*, 2015. Que consiste en medir el lado más ancho del escroto, sin realizar pliegues.

3.3.3.- Recolección seminal

Para realizar el análisis seminal de los tratamientos se recolectaron dos eyaculados por cada animal, cada quince días hasta el término de la investigación, evaluando las características macroscópicas y microscópicas de todos los eyaculados. Las muestras de semen se obtuvieron por medio de un electroeyaculador (Bailey). Este método es ampliamente utilizado por ser rápido, además de que no necesita entrenar a los animales para colectar el semen (Arieta *et al.*, 2014). Aunque se ha indicado que la electroeyaculación podría disminuir la calidad seminal (Salomon y Marrant, 1963), trabajos recientes indican que la adecuada utilización de protocolos de extracción seminal y equipos de electroeyaculación de buena calidad, mantendrían los rangos de calidad seminal dentro de los parámetros adecuados (Ledesma *et al.*, 2015 y Jiménez *et al.*, 2015). La técnica consiste en poner a cada semental en decúbito lateral, posteriormente se limpia la zona del prepucio con toallas antibacteriales y se introduce un electroeyaculador por ciclos de 3 a 5 segundos con 3 segundos de descanso por ciclo. Para colectar el eyaculado se utilizó un cono y un tubo recolector a uno de sus extremos, el tubo recolector estuvo protegido con una funda protectora para cubrirla de la luz solar (Condori, 2014).

3.3.3.1.- Análisis de la calidad seminal

Se evaluaron las siguientes variables seminales:

- 1) El volumen del eyaculado (Vol.) para esto se utilizó un tubo de ensayo graduado en unidades de 0.1 mL hasta 15 mL (López y Canqui, 2009). La lectura fue por observación directa del tubo colector aprovechando su transparencia (Hafez y Hafez, 2004).
- 2) La motilidad masal (M.M.) se realizó al instante de ser recolectado cada eyaculado. Se colocó una alícuota de cada eyaculado en un portaobjetos y se observó en un microscopio con el objetivo de 10X. Se observó y se le dio un valor en una escala, de 0 a 5 (0, mínimo; 5, máximo) al vigor del movimiento de las ondas y la visualización individual de los espermatozoides (Evans y Maxwell, 1990; Baril *et al.*, 1993).
- 3) La motilidad progresiva (M.P.) se realizó con la ayuda de una dilución 1 en 100, que fueron 9.9 mL de solución salina y 0.1 mL de cada eyaculado. Posteriormente se observó una pequeña gota en el microscopio con el objetivo de 10X. En esta evaluación se observó y se le dio un porcentaje para el movimiento progresivo de los espermatozoides (Benítez *et al.*, 2018).
- 4) Para la determinación de la concentración espermática por mL (Conc. Esp. mL), se utilizó una cámara de Neubauer y una dilución en 1-200 (1 mL de solución salina y 1 mL del semen diluido) previamente realizado en la evaluación de motilidad progresiva (Carrillo y Hernández 2016).

Posteriormente se observó al microscopio con el objetivo de 40X. Y se contaron las cabezas de los espermatozoides ubicados adentro de cinco recuadros, en los dos compartimientos. Posteriormente el promedio de los espermatozoides contados de los dos compartimientos, multiplicado por 10^7 ; fue el número de espermatozoides por mL.

5) Para evaluar la concentración espermática por eyaculado (Conc. Esp. Ey.), se multiplicó la concentración espermática por mL por el volumen de cada eyaculado.

6) Para evaluar el porcentaje de acrosoma íntegro, se realizó frotis con la dilución 1-100 previamente realizada y la tinción Spermac Stain®. Estos se observaron con el objetivo 100X y aceite de inmersión, observando los espermatozoides y el acrosoma teñido con una tonalidad azul, diferenciando los acrosomas dañados, ausentes e íntegro. Para obtener el porcentaje se contaron 100 espermatozoides y se categorizaron en acrosoma íntegro y daño acrosomal (Mancheno y Díaz, 2018).

7) El porcentaje de espermatozoides vivos se obtuvo realizando frotis con la tinción de Eosina-Nigrosina en conjunto con el semen diluido de cada muestra. Así mismo se realizó el conteo de espermatozoides vivos y muertos, con un microscopio y con el objetivo de 40X. Los espermatozoides vivos se observaron de un color claro en toda su estructura, y en los espermatozoides muertos se observó una coloración oscura uniforme, y se contaron 100 espermatozoides en total (Cabrera *et al.*, 2011).

8) Para evaluar el porcentaje de espermatozoides normales, se realizaron frotis con la dilución 1-100 previamente preparada y la tinción Spermac Stain®. De igual forma se observaron con el objetivo 100X y aceite de inmersión. Para la evaluación de los espermatozoides normales, se realizó un conteo de 100 espermatozoides, categorizándolos en normales, con anormalidades primarias y secundarias (Soler *et al.*, 2005; Durán, 2008).

3.3.4.- Análisis de la fertilidad

Se realizó un empadre a corral de 60 días, seleccionando a un semental de cada tratamiento y eligiendo a los animales con mejor calidad seminal de cada grupo. Se utilizaron 20 hembras adultas por semental. Y se determinó la gestación por ultrasonografía vía transrectal, obteniendo el porcentaje de fertilidad de cada tratamiento.

3.3.5.- Análisis estadístico

La siguiente investigación se evaluó utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS University (Herrera y Barreras, 2001). Las características seminales con distribución normal y continua, se analizaron mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) en un diseño completamente al azar. Las características seminales dadas en porcentajes, se elevaron al Arcoseno y posteriormente se realizó su ANOVA correspondiente. En ambos casos se utilizó la prueba de hipótesis Tukey (0.05). La fertilidad se evaluó por medio de pruebas de Chi cuadrada, en tablas de contingencia de 3x2.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- Análisis del desarrollo

En el análisis de las variables de desarrollo se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro 3). La variable PV no registró diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre los diferentes tratamientos de selenio. Estos resultados concuerdan con Duvos *et al.* (2017); que realizaron un estudio suplementando selenio, vía parenteral en carneros de la raza merino australiano, no encontrando diferencias ($P>0.05$) en animales suplementados (44.07 kg) y no suplementados (44 kg).

Para la variable GDP no hubo diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos. Así mismo Miguel *et al.* (2019), utilizando corderos F1 (Dorper x Blackbelly) para evaluar el efecto de diferentes fuentes de selenio y el grupo testigo; obtuvieron los mismos resultados, no habiendo diferencias ($P>0.05$) estadísticas entre los tratamientos. La presente investigación difiere con lo quienes comentan Oblitas *et al.* (2000), citado por Hefnawy y Tórtora, (2010), quienes comentan que uno de los efectos de la deficiencia de selenio en la producción se encuentran que los animales registran menores ganancia de peso.

En la variable CE no se encontró diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$). Y los resultados obtenidos son similares a los registrados por Carrillo *et al.* (2018), quienes no obtuvieron diferencias estadísticas ($P>0.05$) utilizando animales de la raza Hampshire y Suffolk, dosificando través de bolos intrarruminales con selenio (33.17 cm) y sin selenio (32.98 cm). De igual forma con Duvos *et al.* (2017), quienes no encontraron diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre ovinos suplementados (28.14 cm) y no suplementados (28.29 cm). De igual manera con Mahmoud *et al.* (2013a), quienes no observaron efecto ($P>0.05$) del selenio combinado con vitamina E en el peso vivo, la ganancia de peso y en la circunferencia escrotal de sementales ovinos.

Cuadro 3.- Promedio de las variables de desarrollo en corderos con y sin tratamientos de Se

Variables	Tratamientos		
	T1	T2	T3
PV (kg)	43.82±10 ^a	43.26±10 ^a	41.62±10 ^a
GDP (gr)	174±25 ^a	151±25 ^a	146±30 ^a
CE (cm)	29.95±4.64 ^a	29.73±4.73 ^a	27.65±3.82 ^a

T1= Sin selenio, T2= 0.1 mg/kg y T3= 0.3 mg/kg.

PV= Peso vivo, GDP= Ganancia diaria de peso, CE= Circunferencia escrotal.

^{a.a} Valores con misma literal en la misma fila, son iguales ($P>0.05$).

4.2.- Análisis de la calidad seminal

Como resultados de la evaluación seminal de los tratamientos evaluados, se obtuvieron los siguientes datos (Cuadro 4). En la variable volumen (Vol) se observó diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), en el tratamiento de 0.3 mg/kg de selenio y el tratamiento testigo (sin selenio), mientras que el tratamiento de 0.1 mg/kg de selenio no obtuvo diferencias ($P > 0.05$) con el tratamiento testigo. Los promedios registrados se encuentran dentro del rango establecido por Hafez, 1996; quien establece un rango de 0.5 a 2 mL del eyaculado ovino. De igual forma la investigación se asemeja a lo observado por Mahmoud *et al.* (2009), quienes encontraron diferencias estadísticas en el volumen del eyaculado de animales tratados con selenio (0.97 mL) y en animales sin selenio (0.84 mL). Y así mismo, los resultados encontrados difieren con los datos de Carrillo *et al.*, (2018), quienes utilizando bolos intraruminales suplementados con selenio (0.87 mL), no registraron diferencias ($P > 0.05$) con el grupo testigo (0.91 mL).

En la variable motilidad masal (MM) se puede observar un mayor promedio en el T3, en comparación con el grupo testigo (T1), sin embargo, no hubo diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Duvos *et al.* (2017), en animales suplementados con selenio vía subcutánea (2.54), no registrando diferencias con el grupo testigo (2.50). Con lo que respecta a la motilidad progresiva (MP) se puede observar la similitud en los promedios obtenidos en los tratamientos evaluados, no habiendo diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre ellos. Los promedios registrados en esta investigación son similares a los encontrados por Baiomy *et al.* (2009), quienes no encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en animales con diferentes tratamientos de selenio (0.2ppm y 0.5ppm), promediando 82.5% y 86.67% respectivamente.

En la variable concentración /mL no se encontró diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos establecidos. Puede deberse a que otros autores han informado que la adición de Se inorgánico en las dietas de carneros y toros no mejoró la calidad seminal (Baiomy *et al.*, 2009). De igual manera, Lovecamp *et al.* (2013) encontró que la suplementación de este mineral no generó cambios en la calidad y cantidad de los eyaculados frescos de cerdos. Los resultados obtenidos en la investigación concuerdan con Carrillo *et al.* (2018), quienes utilizando bolos intraruminales suplementados con selenio (185 esp/mL), en comparación con el grupo testigo, (182 esp/mL) no encontraron diferencias estadísticas. Y así mismo con Duvos *et al.* (2017), en animales suplementados con selenio vía subcutánea (259 esp/mL), no registrando diferencias con el grupo testigo (262 esp/mL).

Cuadro 4.- Promedio de las variables seminales por tratamiento de los ovinos

Variables	Tratamientos		
	T1	T2	T3
Vol (mL)	0.68±0.1 ^b	0.79±0.1 ^{ab}	0.91±0.12 ^a
MM (1-5)	2.51±0.3 ^a	2.56±0.3 ^a	2.86±0.4 ^a
MP (%)	60.18±12 ^a	51.35±12 ^a	62.88±12 ^a
Concentración /mL (x10⁷)	137.56±59 ^a	120.44±58 ^a	132.5±52 ^a
Concentración /Eyaculado (x10⁷)	93.54±35 ^a	95.15±35 ^a	120.58±40 ^a
Acrosoma Integro (%)	86.53±12 ^a	87.63±10 ^a	87.59±13 ^a
Espermatozoides Vivos (%)	81.26±10 ^a	80.90±10 ^a	80.90±10 ^a
Espermatozoides Normales (%)	84.2±10 ^a	84.73±10 ^a	84.61±10 ^a

T1= Sin selenio, T2= 0.1 mg/kg y T3= 0.3 mg/kg.

VOL= Volumen, MM= Motilidad masal, MP= Motilidad progresiva.

^{a,b} Valores con distinta literal en la misma fila, son diferentes (P<0.05).

Para la variable concentración /Eyaculado se puede observar que los tratamientos a los que se les aplicó selenio, mostraron una cantidad mayor de espermatozoides que el grupo testigo (T1), Pero no manifestó diferencias estadísticas significativas (P>0.05). Esto puede deberse a que Ahsan *et al.* (2014), menciona que la calidad del semen mejora, probablemente mediante la formación de selenoproteínas en el tejido testicular, que realiza una mayor estimulación de la espermatogénesis. Por lo contrario, estos resultados difieren con lo encontrado por Mahmoud *et al.* (2013b), quienes tuvieron diferencias estadísticas (P<0.05) con ovinos de la raza Ossimi suplementados vía intramuscular con selenio (106 esp/eyaculado) y animales sin selenio (314 esp/eyaculado).

Para la variable: Porcentaje de espermatozoides vivos, se puede observar que los diferentes tratamientos promediaron de forma similar, no habiendo diferencias (P>0.05) entre ellos. Los resultados de la siguiente investigación son diferentes con los datos registrados por Carrillo *et al.* (2018), en animales suplementados con bolos intraruminales con selenio (92.18%) y animales no suplementados (93.94%). Así mismo con lo encontrado por Mahmoud *et al.* (2018), quienes encontraron en animales suplementados un 58.05% de espermatozoides vivos y en animales sin suplementación un 72.75%. El porcentaje de espermatozoides normales se comportó de la misma manera, no habiendo diferencias (P>0.05) entre los tratamientos analizados. Esto difiere con lo establecido por Marín *et al.* (2000), que comprueban que la morfología espermática está relacionada con la suplementación de selenio.

4.3.- Análisis de la fertilidad

Cerri *et al.* (2009) han demostrado que tanto la deficiencia de selenio como la presencia en exceso de especies reactivas de oxígeno (oxidantes) afectan negativamente la fertilidad. En los tratamientos a base de selenio de esta investigación se observó mejores valores de fertilidad (Cuadro 5)., debido a que se mejoró la cantidad de espermatozoides por eyaculados, y a la integridad de los ovocitos de las hembras (Das *et al.*, 2006), pero no se registraron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$). Esto puede deberse al excelente manejo y buena suplementación que se proporciona en esa U.P.

Cuadro 5.- Fertilidad en carneros con diferentes dosis de selenio inyectable

Tratamientos	Hembras en empadre		
	Hembras gestantes	Hembras no gestantes	Porcentaje de fertilidad
T1	19	1	95 ^a
T2	20	0	100 ^a
T3	20	0	100 ^a

T1=Sin selenio, T2= 0.1 mg/kg y T3= 0.3 mg/kg

^{a.a}Valores iguales entre filas, no hay diferencia estadística ($P> 0.05$).

V.- CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que la aplicación del selenio administrado vía subcutánea no mejoró el desarrollo, la calidad seminal y la fertilidad en carneros. Sin embargo, se presentó un incremento significativo en la producción del eyaculado en el tratamiento de 0.3 mg/kg de selenio.

Se debe considerar que el selenio es indispensable para cumplir otras funciones y mejorar la homeostasis del organismo, por lo que no debe ser descartada su aplicación en las diferentes etapas productivas de los ovinos.

VI.- LITERATURA CONSULTADA

- Abd El-Ghany, H., E. López, R. Revilla, A. Ramírez, y J. Tórtora. 2008. Effect of pre- and postpartum selenium supplementation in sheep. *J. Anim. Vet. Adv.* 7, (1) 61–67.
- Ahsan U, Z. Kamran, I. Raza, S. Ahmad, W. Babar, H. Riaz y Z. Iqbal. 2014. Role of selenium in male reproduction-A review. *Anim. Reprod. Sci.* (146): 55-62.
- Aisen, E. G. 2004. Reproducción ovina y caprina, 1 Ed. Intermédica, Buenos Aires, Argentina, 216 p.
- Aleman M. 2008. A review of equine muscle disorders. *Neuromuscul. Disord.*, 18: 277-287.
- Allan, C. B., M. Lacourciere, y C. Stadtman. 1999. Responsiveness of selenoproteins to dietary selenium. *Annu. Rev. Nutr.* v. 19: 1-16.
- Arcesio, S.C. 2010. Suplementación de minerales en la producción bovina. *Redvet*, 11 (9).
- Arieta, R., J. Fernández y J. Menchaca. 2014. Métodos de extracción de semen bovino. *Revista Veterinaria*, 15:109-120.
- Arthur, J. R., C. Mckenzie y J. Beckett. 2003. Selenium in the immune system. *J. Nutr.*, 133: 1457-1459.
- Baiomy A., E. Mohamed y A. Mottelib. 2009. Effect of dietary selenium and vitamina E supplementation on productive and reproductive performance in rams. *BS. VET. MED.* 9(1): 39-43.
- Balcázar, J., S., y A. Porras. 2004. Manual de Practicas en Manejo Reproductivo de Ovinos y Caprinos. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Baril G, P. Chemineau, Y. Cognie, Y. Guérin, B. Leboeuf, P. Orgeur y C. Vallet. 1993. Manuel de formation pour l'insémination artificielle chez les ovins et les caprins. Monnaie. Organisation des Nations Unies pour L'alimentation et L'agriculture. Monnaie, France: FAO.
- Beckett, J. y J. Arthur. 2005. Selenium and endocrine systems. *J. Endocrinol.* 184: 455–465.
- Behne, D. y A. Kyriakopoulos. 2001. Mammalian selenium-containing proteins. *Annu. Rev. Nutr.* v. 21: 453-473.
- Benítez E., H. Chamba, E. Sánchez, F. Luzón y J. Sanchez. 2018. Evaluación comparativa de dos métodos de recuperación espermática de epidídimos bovinos post-mortem. *Abanico Veterinario*, 8(1): 59-74.
- Bhausahab, S., P. Tiwari, T. Sahu, K. Naik y K. Gendley. 2014. Trace mineral status of soil, feed and animal in Chhattisgarh state (India). *International Journal of Advanced Research*, 2(5): 443-444.
- Blood, C. y M. Radostits. 1992. Medicina Veterinaria Vol. II, Septima Ed. Mc Graw-Hill, México.

- Boggero, C. y R. Castro. 2005. Carencia de Selenio (Se) y Vitamina E. Arch. Zootec. 34:113-120.
- Botana, M., M. Fabina y T. Martín. 2002. Farmacología y terapéutica veterinaria. Edt. McGraw-Hill/Interamericana, España.
- Brown, M. y R. Arthur. 2001. Selenium, selenoprotein and human health: a review. Public Health Nutrition. 4 (2B): 593 – 599.
- Buitrago, M. y L. Pérez. 2008. Comparación de dos diluyentes para la criopreservación de semen ovino. [Tesis de licenciatura]. Facultad de medicina veterinaria. Universidad de la Salle, Bogotá D.C.
- Burk, F. 1990. Protection against free radical injury by selenoenzymes. Pharmacol. and Therapy. 45:383-385.
- Cabrera, P., A. Ayulo y C. Pantoja. 2011. Efecto del dilutor TRIS y Citrato con yema de huevo de codorniz sobre la viabilidad espermática en semen ovino congelado en pajillas. Rev. De investigaciones Veterinarias del Perú. 22(2): 105-113.
- Carbajal, M., Q. Aquí y C. Díaz. 2013. Uso de selenio en ovinos. Abanico Veterinario. 3: 44-54.
- Carrillo, D. y D. Hernández. 2016. Caracterización seminal de individuos ovinos criollos colombianos de pelo en el departamento de Sucre. Rev. Colombiana Ciencia Animal. 8(2): 1997-203.
- Carrillo, O., A. Domínguez, M. Huerta, G. Jaramillo, S. Díaz, F. Vázquez, N. Pescador y A. Revilla. 2018. Actividad de GSX-Px, concentración de selenio y calidad del eyaculado en sementales ovinos suplementados con selenio durante la época reproductiva. Agrociencia. (52): 827-839.
- Cerri R. L., H. Rutigliano., F. Lima, D. Araújo y J. Santos. 2009. Effect of source of supplemental selenium on uterine health and embryo quality in high-producing dairy cows. Theriogenology 71:1127-1137.
- Church, D. 1988. El rumiante, Fisiología Digestiva y Nutrición. Acribia, España.
- Condori, Ch. H. 2014. Efecto del suplemento oral de vitaminas y mineralres en las características seminales de carneros corriedal. [Tesis de Licenciatura]. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Cuéllar, J., J. Tórtora, A. Trejo y P. Román. 2012a. La producción caprina mexicana. Particularidades y complejidades. 1ª. Edc. Edt. Ariadna. México.
- Cuéllar, J., J. Tórtora, A. Trejo y P. Román. 2012b. La producción ovina mexicana. Particularidades y complejidades. 1ª. Edc. Edt. Ariadna. México.
- Cueto, M., A., Gibbons, M. Macarena y J. Fernandez. 2016. Manual de Obtención, Procesamiento y Conservación del Semen Ovino, 2a. Edc., Edt. INTA.

- Das S., R. Chattopadhyay, S. Ghosh, K. Goswami, N. Chakravarty y K. Chaudhury. 2006. Reactive oxygen species level in follicular fluid-embryo quality marker in IVF. *Hum. Reprod.* 21(9): 2403-2407.
- De Lucas, J., L. Zarco, E. González, J. Tórtora, A. Villa y C. Vásquez. 2003. Crecimiento predestete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. *Vet. Méx.* 34:1-21.
- Delgado, B., 2013. Evaluación espermática de semen de ovino tratado por la técnica de gradiente de densidad. [Tesis de licenciatura]. Facultad de ciencias biológicas escuela académico profesional de biología. Universidad Ricardo palma. Lima Perú.
- Driscoll, M. y R. Copeland. 2003. Mechanism and regulation of selenoprotein synthesis. *Ann. Rev. Nutr.* 23: 17-40.
- Durán, F. 2008. Manual de explotación y reproducción en ovejas y borregos. 1º Ed. Edt. grupo latinos. Bogotá Colombia. 742p.
- Duvos, I., F. Fernández y J. LLuberas. 2017. Selección de Carneros Merino Australiano, para su utilización en programas de reproducción, suplementando con selenio e incorporando nuevas metodologías en el análisis del semen [tesis doctorado]. Uruguay, Montevideo: Universidad de la república.
- Elsheikh, H., J. Al-Hassan, E. Mohamed y M. Abudabos. 2014. Effect of injectable sodium selenite on the level of stress biomarkers in male aardi goats Indian. *Journal of Animal Research*, 48 (3).
- Evans G. y C. Maxwell. 1990. Conservación de semen congelado. In: *Inseminación Artificial en Ovejas y Cabras*. Zaragoza, España: Edit. Acribia.
- Fraire, S. 2010. Selenio y Vitamina E en la fertilidad de ovejas Pelibuey sincronizadas con progesterona (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados.
- Gabryszuk, M. y J. Klewec. 2002. Effect of injecting 2-and 3-year-old ewes with selenium and selenium–vitamin-E on reproduction and rearing of lambs. *Small Rumin. Res.* 43: 127–132.
- Gibbons A, M. Cueto, M. Wolff, J. Arrigo y J. García. 2004. Obtención, procesamiento y conservación del semen ovino. Comunicación técnica PA 200. INTA. EEA Bariloche, Chile.
- Gibbons, A. y M. Cueto. 2007. *Inseminación Artificial con Semen Freso en Ovinos*, Edt. INTA, No. 51.
- Gómez, C. 2013. Evaluación de la efectividad de un electroeyaculador experimental comparado a uno de marca comercial en ovinos. [Tesis de licenciatura]. Universidad central del Ecuador, Ecuador.
- González, R., G. Torres y J. Arece. 2010. Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos Pelibuey en un sistema de pariciones aceleradas con tres épocas de empadres al año. *Zoot. Trop.* 28:51-56.

- Gürsu, G. y T. Aygün. 2014. Serum Calcium, Potassium, Phosphorus and Cobalt Levels of Awassi Ewes Maintained at Village Conditions during Lactation Period. Elsevier. APCBEE Procedia. 8: 6-7.
- Hafez E. y B. Hafez. 2004. Reproducción e inseminación artificial en animales. 1ª. Ed. México: McGraw-Hill Inteamericana.
- Hafez, E. 1996. Reproducción e Inseminación Artificial de Animales. 1º ed. México: Interamericana-McGraw Hill.
- Harrison, H. y R. Conrad. 1984. Effect of selenium intake on selenium utilization by the non-lactating dairy cow. J. Dairy Sci. 67: 219–223.
- Hasanuzzaman, M., A. Hossain, y M. Fujita. 2010. Selenium in higher plants: Physiological role, antioxidant metabolism and abiotic stress tolerance. J. of Plant Sci. 5:354-375.
- Hedao, M., K. Khllare, D. Meshram, K. Sahatpure y G. Patil. 2008. Study of some serum trace minerals in cyclic and non-cyclic surti buffaloes. Veterinary Word, 1(3): 71-72.
- Hefnawy, A. y J. Tórtora. 2008. “Selenio y salud animal” importancia, deficiencia, suplementación y toxicidad. Arq. Ciênc. Vet. Zool. Unipar., 11(2): 153-165.
- Hefnawy, A. y J. Tórtora. 2010. The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. Small Ruminant Research 89: 185-192.
- Hemingway, G. 2003. The influences of dietary intakes and supplementation with selenium and vitamin E on reproduction disease and reproductive efficiency in cattle and sheep. Vet. Res. Comm., 27: 159-174.
- Herrera, J. y A. Barreras. 2001. Manual de procedimientos: Analisis estadísticos de experimentos pecuarios (utilizando el programa SAS). 2a. ed. México: Colegio de Postgraduados.
- Hill, I., K. Wyeth y F. Death. 1992. Blood selenium concentrations and glutathione peroxidase levels of unsupplemented and supplemented alpacas in New Zealand. In: Trace Elements: Roles, risks and remedies. Proceedings of the New Zealand Trace Elements Group Conference, New Zealand: 135-140.
- Hoffman, R. 2007. Mechanisms by which selenium influences immune responses. Arch. Immunol. Ther. Exp. 55: 289-297.
- Huanca, W., S. Coronado y B. Galloway. 2015. Efecto de la manipulación de la Temperatura Escrotal sobre las características clínicas, seminales y endocrinas en Carneros, Revista, Inv. Vet. Perú; 26(4):604-6013.
- Ilnat, M. 1989. Plants and agricultural materials In: Ilnat, M. (Ed.). Occurrence and Distribution of Selenium. CRC Press, Boca Raton, FL: 33-107.
- Jiménez, P., O. García, A. Vidal, A. Maroto, M. Iniesta, M. Ramón, E. del Olmo, R. Fernández, J. Grade y A. Soler. 2015. Effects of vitrification on ram spermatozoa using free-egg yolk extenders. Cryobiology. 71:85-90.

- Kamada H., I. Nonaka, Ueda y M. Murai. 2007. Selenium addition to colostrum increases immunoglobulin G absorption by newborn calves. *J. Dairy Sci.*, 90: 5665-5670.
- Koesiag, H. 2010. Ovinos. Manual para la Educación Agropecuaria. SEP-Trillas. México.
- Ledesma, A., J. Manes, G. Ríos, J. AllerM, A. Cesari, R. Alberio y F. Hozbor. 2015. Effect of seminal plasma on post-thaw quality and functionality of corriedale ram sperm obtained by electroejaculation and artificial vagina. *Reproduction in Domestic Animals*, 50: 386-392.
- Libien, Y. 2014. Efecto de la adición de Selenio Orgánico en la dieta de ovinos en finalización sobre la vida de anaquel de la carne (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de México.
- López, R. y V. Canqui. 2009. Composición bioquímica del Plasma seminal en ovinos (*Ovis aries*) reproductores de la raza Suffolk y Corriedale en el CEHM. *Revista científica de Investigación en ovinos*.
- Lovercamp K, K. Stewart, X. Lin y W. Flowers. 2013. Efecto del selenio de la dieta sobre la calidad de los espermatozoides porcinos. *Anim Reprod Sci* http://www.3tres3.com/abstracts/efecto-del-selenio-de-la-dieta-sobre-la-calidad-de-los-espermatozoides_32235/
- Maggini S., S. Wintergerst, S. Beveridge y H. Horning. 2007. Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and celular and humoral immune responses. *Br. J. Nutr.*, 98: 29-35.
- Mahan, C. 2001. Selenium and Vitamin E in Swine Nutrition In: A. J. Lewis and L. L. Southern (Eds.). *Swine Nutrition, Second Edition*, CRC Press, New York: 282-314.
- Mahmoud, B. 2013a. Sexual behaviour, testosterone concentration, semen characteristics and testes size of Ossimi rams as affected by age and scrotal circumference. *Egyptian J. Anim. Prod.* (50): 53-58.
- Mahmoud, B, M. Abdel-Raheem y A. Hussein. 2013b. Effect of combination of vitamin E and selenium injections on reproductive performance and blood parameters of Ossimi rams. *Small Rum. Res.* (113):103-108.
- Mahmoud, I., A. EL-Darawany, I. Abou-Fandoud y H. Mohamed. 2009. Reproductive and physiological traits of Egyptian Suffolk rams as affected by selenium dietary supplementation ando housing heat radition effects during Winter of the sub-tropical environment of Egypt. *Arch. Tierz.* 52(4): 402-409.
- Makintosh, G., J. Gill y K. Turner. 1989. Selenium supplementation of young red deer (*Cervus elephus*), *N. Z. Vet. J.* 37:143-145.
- Manazza, J. 2004. Examen Clínico-Reproductivo del Carnero, *Rev. INTA Balcarce.* 32(04): 22-28.

- Mancheno, S. y A. Díaz. 2018. Efecto del método de extracción del semen en la calidad espermática de toros Sahiwal. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 22(2):47-53.
- Marín, J., C. Mahan y L. Pate. 2000. Effect of dietary selenium and vitamin E on spermatogenic development in boars. *J. Anim. Sci.* (78): 1537–1543.
- Matheus, N. y López, A. 2008. Asociación entre la concentración sérica de testosterona y la actividad de la enzima glutatión peroxidasa en testículos de ratones en diferentes edades. *Rev. Científica. FCV-LUZ*. 18(3):305-311.
- McDonald, P., A. Edwards, F. Greenhalgh, A. Morgan, A. Sinclair y G. Wilkinson 2011. *Animal nutrition*. 7ª. Edc. Edt. Pearson Prentic Hall. England.
- McDowell, R., D. Arthington. 2005. *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. Universidad de Florida. USA: 6-47.
- Miguel, T., H. Avendaño, M. Hernández, J. Aquino, M. Rodríguez y R. Salinas. 2019. Efecto del selenio orgánico e inorgánico en el comportamiento productivo de corderos en engorda. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 6(2):150-170.
- Moeini, M., H. Karami y E. Mikaeili. 2009. Effect of selenium and vitamin E supplementation during the late pregnancy on reproductive indices and milk production in heifers. *Anim. Reprod. Sci.*, 114: 109–114.
- Mortimer, G., A. Dargatz y R. Corah. 1999. *Forage Analyses from Cow-Calf Herds in 23 States*. USDAAPHIS:VS, Centers for Epidemiology and Animal Health. Fort Collins, CO.
- NRC. US National Research Council. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. Committee on the Nutrient Requirements of Small Ruminants, National Research Council (USA), National Academies Press, Washington, D.C. 384.
- NRC. US National Research Council. 2005. *Mineral Tolarence of Animals: Second Revised Edition*. Committee on Minerals and Toxic Substances in Diets and Water for Animals, National Research Council, National Academy of Science, National Academies Press, Washington, DC. 510.
- Oblitas, F., A. Contreras, H. Böhmwald y F. Wittwer. 2000. Efecto de la suplementación con selenio sobre la actividad sanguínea de glutatión peroxidasa (GSH-PX) y ganancia de peso en bovinos selenio deficientes mantenidos a pastoreo. *Arch. Med. Vet.* 32(1): 55–62.
- Páez, B. 2013. *Colecta Y Evaluación De Semen, Universidad Nacional Abierta Y A Distancia Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente Cead. Tunja*.
- Palmieri, H. y J. Szarek. 2011. Effect of maternal selenium supplementation on pregnancy in humans and livestock. *J. Elem.*, 16(1): 143-156.
- Pérez y F. Pérez. 1985. *Reproducción Animal: Inseminación Artificial y Trasplante de Embriones*. Barcelona, España. Edit. Científico Médica.

- Persson-Moschos, M., W. Huang, S. Srikumar, B. Akesson y S. Lindeberg. 1995. Selenoprotein P in serum as a biochemical marker of selenium status. *Analyst*. 120: 833-836.
- Pugh, G. 2012. Nutritional requirements of sheep. *The Merck Veterinary Manual*.
- Ramírez, E., J. Tórtora, A. Aguirre y M. Hernández. 2001. Diagnosis of selenium status in grazing dairy goats on the Mexican Plateau. *Small Rumin. Res.* 41.
- Ramírez, E., E. Hernández, M. Hernández y J. Tórtora. 2004. Effect of parenteral supplement with sodium selenite on lamb mortality and hematic values of selenium. *Agrociencia*, 38(1): 43–51.
- Ramírez, E., J. Tórtora, M. Huerta, M. Hernández, R. López y M. Crosby. 2005. Effect of selenium–vitamin E injection in selenium-deficient dairy goats and kids on the Mexican plateau. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 57(1): 77–84.
- Revilla, A., E. Ramírez, R. López, M. Hernández, J. Tórtora, E. García y R. Cruz. 2008. Supplement of selenium with intraruminal bolus of sodium selenite in sheep. *Agrociencia*, 42(6): 629–635.
- Rock, M. 1998. The effect of level and chemical form of dietary selenium on maternal transfer of selenium, and concentrations of thyroid hormones and immunoglobulins in sheep (MSc. Thesis). Washington State University.
- Rojas, O. y R. Meneses. 2002. Ganadería y pradera, inseminación Artificial en caprinos.
- Sarabia, M. 2004. Desarrollo de un bolo intraruminal de liberación prolongada con Se orgánico de levaduras para bovinos productores de leche (Tesis Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Salomon, S. y Marrant, A. 1963. A comparison of two methods of artificial breeding in sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture Animal Husbandry*, 3: 72-77.
- Segerson, C. y N. Ganapathy. 1980. Fertilization of ova in selenium/vitamin E treated ewes maintained on two planes of nutrition. *J. Anim. Sci.* 51(2): 386.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020. Inventario 2019 ovino. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/564337/Inventario_2019_ovino.pdf.
- Shimada, A. 2009. *Nutrición Animal*. 2ª. Edc. Edt. Trillas. México.
- Soler, J., S. Estes, R. Fernández y J. Garde. 2005. Characteristics of Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*) spermatozoa cryopreserved after storage at 5°C in the epididymis for several days. *Theriogenology*. 64(7):1503-1513.
- Sorenses, M., H. Hintz, J. Legates, J. Loosli, L. Maynard, R. Warner y E. Warwick. 1987. *Ganadería: Guía para la reproducción, nutrición. Cría y mejora del ganado*. Primera. México: McGraw-Hill. Vol. I: 286.

- Surai, F., I. Fisinin y T. Papazyan. 2008. Selenium deficiency in Europe: causes and consequences. In: P. F. Surai and J. A. Taylor-Pickard (Eds.). Current advances in selenium research and applications. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands: 13-44.
- Thompson, C. D. 2004. Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status. A review. Eur. J. Clin. Nutr. 58: 391-402.
- Underwood, J. y F. Suttle. 1999. Mineral nutrition of Livestock. 3ª. Edc. CAB Internacional, Ucrania.
- Uttam, S., F. Abioye, D. Hancock y L. Sonon. 2016. Selenium in Animal Nutrition: Deficiencies in soils and forages, requirements, supplementation and toxicity. Int. J. of App. Agric. Sci. 2: 112-125.
- Velázquez, G. 2015. Efecto de la adición de Selenio Orgánico en la dieta de Ovinos en finalización sobre las características Fisicoquímicas, Bioquímicas y Microbiológicas de la Carne. (Tesis doctoral). Universidad Autónoma del Estado de México.
- Vera, M. 2009. Caracterización de la función sexual de carneros de la raza Highlander y Suffolk. [Tesis de licenciatura].
- Villanueva, J. 2011. Nutrición del ganado: Selenio Premezclas Minerales, Zapopan, Jalisco, México.
- Whanger, D. 2002. Selenocompounds in plants and animals and their biological significance. J. Am. Coll. Nutr., 21: 223–232.
- Zarczynska, K., S. Przemyslaw, J. Radwinska y W. Rekawek. 2013. Effects of Selenium on Animal Health, J. Elem. S.: 329-340.
- Zeng, H., J. Cao y Jr. Combs. 2013. Selenium in Bone Health: Roles in antioxidant protection and cell proliferation. Nutrients 5: 97-110.