

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON SELENIO Y/O ZINC EN EL
DESEMPEÑO REPRODUCTIVO EN OVEJAS MERINO

por

IRABUENA RICHARD Oscar Edgardo

Tesis presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Magister en Ciencias Agrarias opción
Ciencias Animales

MONTEVIDEO

URUGUAY

2017

Tesis aprobada por el tribunal integrado por la Ing. Agr. (Dra.) Cristina Cabrera, el Dr. (PhD) Alejandro Benech y el Dr. (MSc) Álvaro López, el 24 de noviembre de 2017. Autor: Lic. Oscar Irabuena. Director: Ing. Agr. (PhD) Daniel Fernández Abella.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por tanto apoyo recibido en estos años.

A Claudia por alentarme a seguir siempre.

A los amigos y compañeros de trabajo que formaron parte de esta etapa.

A la familia Bozzo de Brum, especialmente a Alberto por permitirme realizar este trabajo en el establecimiento “Paso del Sauce” y brindarme su apoyo incondicional.
Al personal del establecimiento de dicho establecimiento, por su colaboración.

A Paola Russo, por su contribución en la diagramación de la tesis.

A los profesores Alberto Nieto y Julio Batisttoni, con quienes comencé la actividad universitaria.

A la Dra. Mónica Cadenazzi, por el asesoramiento en el análisis de datos.

A Nelson Villegas, a quien siempre recuerdo.

Especialmente a mi tutor Daniel Fernández Abella, por la dedicación, por compartir sus conocimientos, por su paciencia y su amistad.

TABLA DE CONTNIDO

	Páginas
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	VII
SUMMARY.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 HIPÓTESIS.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 <u>Objetivo general</u>	3
1.2.2 <u>Objetivos específicos</u>	3
1.3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.3.1 <u>Oligoelementos</u>	4
1.3.2 <u>Selenio</u>	7
1.3.2.1 Generalidades.....	7
1.3.2.2 Metabolismo y actividad biológica.....	8
1.3.2.3 Disponibilidad.....	10
1.3.2.4 Selenio en la reproducción.....	12
1.3.2.5 Selenio en ovejas.....	14
1.3.2.6 Suplementación.....	16
1.3.2.7 Diagnóstico.....	16
1.3.3 <u>Zinc</u>	18
1.3.3.1 Generalidades.....	18
1.3.3.2 Metabolismo y actividad biológica.....	19
1.3.3.3 Disponibilidad.....	21
1.3.3.4 Zn y reproducción.....	22
1.3.3.5 Niveles séricos en rumiantes.....	24
1.3.3.6 Requerimientos.....	24
1.3.3.7 Deficiencia de Zn.....	25
1.3.3.8 Determinación en sangre.....	26

1.3.3.9	Diagnóstico.....	26
1.3.3.10	Formas de suplementar.....	27
1.3.3.11	Toxicidad.....	28
2.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	29
2.1	LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO	29
2.2	MANEJO DE LOS CARNEROS	29
2.3	ANÁLISIS DE SUELO, PASTURAS Y AGUA	30
2.4	OVEJAS.....	31
2.4.1	<u>Tratamientos</u>	32
2.4.2	<u>Análisis sanguíneos</u>	34
2.4.3	<u>Parámetros reproductivos</u>	34
2.4.4	<u>Análisis coprológicos</u>	35
2.4.5	<u>Peso al nacer y crecimiento de los corderos</u>	35
2.4.6	<u>Esquila</u>	36
2.4.7	<u>Diseño y tratamiento estadístico</u>	36
3.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	37
3.1	CARACTERÍSTICAS DEL ESTABLECIMIENTO.....	37
3.1.1	<u>Análisis de suelo, agua y pasturas</u>	37
3.1.1.1	Selenio en suelo.....	37
3.1.1.2	Selenio en agua.....	37
3.1.1.3	Selenio en pasturas	38
3.1.1.4	Zinc en suelo	39
3.1.1.5	Zinc en agua	40
3.1.1.6	Zinc en pasturas	40
3.1.2	<u>Ovejas</u>	41
3.1.2.1	Parásitos gastrointestinales.....	41
3.1.2.2	Glutación peroxidasa en sangre	42
3.1.2.3	Zinc en sangre	45
3.1.2.4	Preñez	48
3.1.2.5	Corderos	51
4.	<u>CONCLUSIONES</u>	56

5. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	57
6. <u>ANEXOS</u>	76
6.1. SUPLEMENTACIÓN CON SELENIO Y ZINC EN EL SERVICIO Y PREPARTO EN OVEJAS MERINO AUSTRALIANO.....	76
6.2. LISTA DE CUADROS	89
6.3. LISTA DE FIGURAS	89

RESUMEN

En ovejas adultas Merino Australiano pastoreando campo natural de basalto, se estudió el efecto de la suplementación con Selenio y/o Zinc, sobre la fertilidad, prolificidad y la producción de carne. Se diseñaron cuatro lotes de ovejas: Selenio (Se) que recibió 5mg/kg PV de selenito de sodio por vía subcutánea; Zinc (Zn) suplementado con un bolo intraruminal de liberación lenta de 72 g de óxido de zinc; Selenio-Zinc (Se-Zn), que recibió los dos productos antes mencionados y un grupo Control (C) al que se le administró un placebo. La suplementación se realizó 21 días antes del comienzo del servicio. Tres semanas previas al parto se formaron subgrupos en cada uno de los tratamientos antes mencionados, y a uno de éstos se le administró 5mg/kg PV de selenito de sodio. Los niveles en sangre de selenio (Glutación Peroxidasa), y zinc previos a la suplementación mostraron valores carenciales, luego de la misma alcanzaron niveles normales, los que se mantuvieron por 45 días para los grupos con selenio y 70 para los suplementados con bolos de zinc. Los grupos suplementados pre servicio mostraron mayor fertilidad que el grupo C, los grupos Se-Zn y Zn gestaron un 4 y 7% de mellizos respectivamente. Los grupos Se y Se-Zn, presentaron el mayor porcentaje de fertilidad respecto a los grupos C y Zn. El peso promedio de los corderos tanto al nacimiento, como al destete no mostraron diferencias entre los grupos. El grupo Zn, al destete produjo más kilogramos de carne por oveja servida que los otros grupos. La suplementación pre parto con selenio no mostró diferencia en el porcentaje de parición, peso al nacimiento y muertes perinatales. Al destete se observó una mayor producción de carne en el tratamiento subgrupo Zn suplementado con Se al parto. En conclusión la suplementación con selenio y/o zinc en ovejas Merino Australiano, pastoreando campo natural de basalto, tuvo un efecto positivo sobre la fertilidad, el porcentaje de corderos destetados y la producción de carne por oveja servida.

Palabras clave: Ovejas; oligoelementos; reproducción; producción.

SUMMARY

Effect of Selenium and/or Zinc Supplementation in the Reproductive Performance of Merino Sheep

The effects of Selenium and/or Zinc supplementation on fertility, prolificacy and meat production were studied on adult Australian Merino sheep grazing native basaltic grasslands. The ewes were divided into four groups: Selenium (Se) was administered 5mg/kg B.W. of sodium selenite by subcutaneous route; Zinc (Zn) was supplemented with 72g zinc oxide slow-release intra-ruminal boluses; Selenium-Zinc (Se-Zn) received both products and a Control group (C) was given a placebo. Supplementation was done 21 days before the beginning of service time. Three weeks before lambing, each of the treated groups was split into subgroups, one of which was administered sodium selenite at 5mg/kg B.W. The selenium (Glutathione Peroxidase) and zinc blood levels before supplementation showed deficiency values, reaching normal levels after supplementation which were maintained for 45 days by the selenium groups and 70 days by those supplemented with zinc boluses. The groups supplemented before mating showed greater fertility than group C; groups Se-Zn and Zn produced twin lambs, 4% and 7% respectively. Groups Se and Se-Zn, presented the highest fertility percentage in relation to groups C and Zn. The mean body weight of lambs both at birth and at weaning showed no differences between the groups. The Zn group produced at weaning, more sheep-meat kilograms per ewe served than the other groups. Pre-partum supplementation with selenium showed no differences in lambing, birth weight or perinatal death percentages. At weaning, treated subgroup Zn supplemented pre-partum with Se showed more meat production gain. In conclusion, in Australian Merino sheep grazing native basaltic grasslands, selenium and/or zinc supplementation had a positive impact on fertility, percentage of weaned lambs and sheep-meat production per sheep served.

Key words: sheep; trace elements; reproduction; production.

1. INTRODUCCIÓN

La República Oriental del Uruguay comprende una superficie de 176.000 km² en el límite Norte de Río de la Plata y en el margen Oeste del Río Uruguay. Se caracteriza por ser de clima templado sub- húmedo, con precipitaciones que varían de 980 mm en el sur a 1400 mm en el norte del país, con una muy alta variabilidad inter-estacional e interanual que ocasionan la ocurrencia de eventos extremos como son las sequías e inundaciones y con una temperatura media creciente de sur a norte que va desde 16 a 20 °C. Estas características climáticas llevan a que Uruguay forme parte de pastizales del Río de la Plata (región Pampeana), que se extienden por 70 millones de hectáreas en Uruguay, este de Argentina entre los grados 30 y 39 de latitud sur, y la mitad austral del Estado de Río Grande do Sul, constituyendo una de las áreas de praderas más grandes del mundo (Pérez Arrarte, 2007).

De hecho la mayor parte de la producción pecuaria del Uruguay se desarrolla sobre pasturas naturales, las cuales ocupan alrededor del 85% del área dedicada a la ganadería siendo ésta la principal actividad económica del Uruguay (Lattera y Rivas, 2005; Pérez Arrarte, 2007).

La economía de nuestro país depende en gran parte de la producción del sector agroindustrial. Este sector constituyó en los últimos 10 años, alrededor del 11% del Producto Bruto Interno del país (MGAP-DIEA, 2015). Dentro del sector agropecuario, la producción ovina representa uno de los rubros de mayor importancia, siendo la principal fuente de ingresos familiares para pequeños y medianos productores ganaderos (Salgado, 2014).

Un claro indicador de la eficiencia reproductiva ovina en el Uruguay, es el porcentaje de señalada, el mismo se ha mantenido entre un 60-70% promedio por más de una década, lo que está mostrando una importante deficiencia a este nivel (Salgado, 2014). La tasa de señalada depende de la fertilidad y prolificidad de las ovejas encarnadas así como de la supervivencia de los corderos nacidos, son por lo tanto estas variables las que deben incrementarse para mejorar la tasa de señalada.

Esto llevaría a la mayor producción de corderos, mantener y aumentar el stock ovino, y poder cubrir las demandas de los mercados mundiales (Salgado, 2014).

En muchas partes del mundo, la productividad animal se ve afectada por la disponibilidad de energía y proteína, las enfermedades infecciosas y parasitarias y la falta de adecuación genética de los animales. A medida que esas limitaciones se van rectificando las deficiencias y desbalances minerales se tornan más aparentes y relevantes (Underwood, 1981).

Existe información de países de cría ovina extensiva como Australia Nueva Zelanda y Chile, que muestran la importancia de los microelementos en la reproducción y producción ovina. Se reporta que la administración de selenio (Se) mejora la fertilidad de los carneros y de las ovejas, la supervivencia neonatal y el crecimiento de los corderos (Balicka-Ramisz *et al.*, 2006). Por su parte el zinc (Zn) mejora la producción espermática en borregos y el mantenimiento del cuerpo lúteo en las ovejas, fundamental para la ciclicidad y el desarrollo de la gestación (Forero, 2004). Estos microelementos además están asociados a aspectos reproductivos (Van Ryssen *et al.*, 1999), al sistema inmune (Lee *et al.*, 2002) y a la producción de lana (Hynd y Masters, 2002; Guiqin *et al.*, 2003), síntesis de vitaminas y hormonas, actividad enzimática, transporte de oxígeno, producción de energía, formación de colágeno y síntesis de tejidos (Gürdoğan *et al.*, 2006). Bajos niveles en sangre de microelementos, como resultado de una alimentación carencial, establecen un “círculo vicioso grave” al reducir el consumo voluntario (ingesta) (Hynd y Masters, 2002).

Cuando se produce un aporte mineral inadecuado o en proporciones incorrectas la función reproductiva es la más afectada, lo que conlleva a su vez, una disminución de la productividad y de la rentabilidad de las explotaciones (Tedó y Casas; 2005).

La información disponible en el Uruguay sobre el contenido de minerales en las pasturas es parcial y con una alta variabilidad de los valores publicados. No obstante, los microelementos como el zinc (Zn), el selenio (Se), el yodo (I) y el

cobalto (Co), asociados a los balances vitamínicos, presentan un contenido marginal en nuestras pasturas (Berretta, 1998; Pigurina *et al.*, 1998; Piaggio y Uriarte, 2005).

A nivel nacional prácticamente no existe información acerca de la suplementación con estos microelementos en ovinos y su efecto en los porcentajes de preñez, la supervivencia de los corderos y la producción de carne al destete. Es por esto que se planteó realizar este trabajo en la región norte del Uruguay donde se encuentra la mayor población de ovinos del país, así como por el tipo de suelos existentes (región basáltica).

1.1 HIPÓTESIS

La suplementación con selenio y/o zinc pre-encarnerada y con selenio preparto incrementaría los porcentajes de preñez, supervivencia en la etapa gestacional, y peri-parto, en ovejas Merino Australiano, en la región basáltica superficial del Uruguay.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Cuantificar las variaciones en la fecundidad y producción de carne, con la suplementación mineral de selenio y/o zinc de ovejas Merino Australiano, pastoreando campo natural de basalto superficial.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las variaciones del número de ovejas preñadas y gestaciones múltiples, suplementando con selenio y/o zinc en el período de pre-encarnerada.
- Evaluar la incidencia de la suplementación pre-parto con selenio sobre el peso al nacer de los corderos, la supervivencia neonatal y su crecimiento.
- Comparar perfiles metabólicos de animales con y sin suplementación.

1.3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.3.1 Oligoelementos

El termino micro, oligoelementos o elemento traza se refiere a los elementos que están presentes en pequeñas cantidades en la dieta y son necesarios en pequeñas cantidades para el organismo, y deben ser suministrados constantemente a los animales en forma adecuada para evitar deficiencias o excesos que puedan ocasionar problemas. El rol de los minerales en la producción animal es conocido desde épocas remotas, pero el conocimiento de cuales son y cómo actúan es relativamente reciente, remontándose los primeros trabajos a la tercera década del siglo pasado.

La mayoría de las deficiencias minerales que ocurren naturalmente en los herbívoros están asociadas con regiones específicas y directamente relacionadas con las características del suelo. Por otra parte, se han observado grandes variaciones en la concentración mineral de diferentes especies de plantas que crecen en un mismo suelo. A medida que las plantas maduran, el contenido mineral disminuye debido a un proceso natural de dilución y traslado de nutrientes a la raíz (McDowell y Arthington, 2005).

Muchos factores afectan los requerimientos minerales de los rumiantes, entre ellos el tipo y nivel de producción, la edad, el nivel y forma química de los elementos en el alimento, el consumo suplementario del mineral, la raza y la adaptación animal (Pittaluga, 2009).

Tan solo 15 elementos minerales han demostrado ser esenciales para el ganado ovino (NRC, 1985), considerándose como esenciales aquellos minerales que poseen actividad metabólica (McDonald *et al.*, 2002), se los puede dividir en macrominerales: calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, magnesio y azufre; y en microminerales o elementos trazas: hierro, yodo, cobre, cobalto, magnesio, zinc, molibdeno y selenio (Ammerman y Goodrich, 1983; NRC, 2005). Sin embargo, todos los minerales esenciales pueden ocasionar problemas a los animales cuando exceden el nivel máximo tolerable (NRC, 2005). (Figura 1).

Varios estudios han demostrado la interacción entre la nutrición y la reproducción en ovejas. Por ejemplo, se ha demostrado que la suplementación con oligoelementos mejora los parámetros de producción y reproducción (Griffiths *et al.*, 2007). Por lo tanto, un balance fino es esencial para procesos saludables, productivos y reproductivos (Chan *et al.*, 1998).

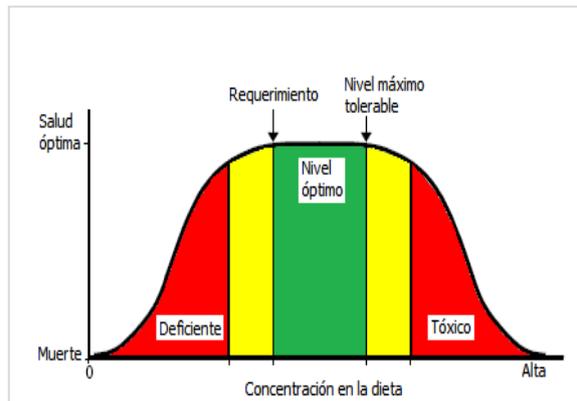


Figura 1- Relación entre la concentración de minerales esenciales en la dieta y salud óptima (NRC, 2005).

En la región Norte del Uruguay, con muy contadas excepciones, el aporte nutricional para el ganado ovino está representado casi exclusivamente por pasturas naturales y una baja proporción de especies mejoradas que se adaptan parcialmente a la baja fertilidad de nuestros suelos. Esto implica que aunque los animales se encuentren en praderas relativamente estables y que aportan la cantidad de materia seca necesaria para el mantenimiento de una carga aceptable, su aporte nutricional está determinado por la capacidad del suelo y de la planta para acumular y mantener los nutrientes necesarios para el correcto desarrollo de los animales. En consecuencia y desde la perspectiva de los suelos de basalto superficial en la región ovejera del Uruguay, el aporte de microminerales resulta deficiente tanto en el suelo como en la planta (Köhrle *et al.*, 2007). El contenido de microelementos en el suelo y su disponibilidad para las plantas, determinarán la concentración sanguínea del mineral en animales a pastoreo y por tanto las funciones fisiológicas que dependen de estos minerales en el animal se ven afectadas seriamente (Pastrana *et al.*, 1991).

Cuando se producen desbalances en los microminerales en la dieta de los ovinos, no son fácilmente detectables, pero sus implicaciones tanto productivas como reproductivas pueden considerarse económicamente importantes. Las demandas de microminerales en los animales varían constantemente y aumentan en forma significativa en estados de exigencias productivas y metabólicas como la preñez, la

lactancia, época reproductiva, madurez sexual, crecimiento y desarrollo. Como consecuencia, los ovinos presentan diferentes signos clínicos de deficiencia tales como retardado en el crecimiento y madurez, problemas reproductivos, baja producción de carne y leche, y debilidad general con mayor predisposición a sufrir enfermedades de diferente etiología (Fader y Marro, 2012).

Cuando se produce un aporte mineral inadecuado o en proporciones incorrectas en los ovinos la función reproductiva es la más afectada, lo que conlleva a su vez, una disminución de la productividad y de la rentabilidad de las explotaciones (Lopez Alonso *et al.*, 1997). Dichos autores citan que las necesidades del ganado ovino adulto se verán afectadas por factores ligados al animal como la edad, el estado productivo (mayores necesidades minerales en ovejas con gestación avanzada o en el período de lactación), el número de corderos, el peso vivo, el estado sanitario, las condiciones de estrés, la raza y el tipo de producción. Durante la gestación, tanto la madre como el feto son muy susceptibles a desequilibrios en micronutrientes en la dieta, (Gürdoğan *et al.*, 2006; Ghany-Hefnawy *et al.*, 2007).

En cuanto a los aportes, también influyen una serie de factores, como la disponibilidad y actividad de las diferentes fuentes aportadas, la interacción con otros minerales, el tipo de forraje o composición de la ración diaria, el tipo de suelo y los factores de manejo de la alimentación (Bell, 1997; Ungerfeld, 1998).

El manejo de la nutrición mineral de los ovinos de pastoreo puede ser un desafío. En lugar de intentar la suplementación durante todo el año de elementos deficientes, el momento y la entrega a los animales en pastoreo debe centrarse en las fases vulnerables del ciclo de vida, en particular el ciclo reproductivo y el crecimiento de los animales jóvenes. Por ejemplo, el tratamiento prematuro de ovejas con suplementos de Se y Zn, puede mejorar la fecundidad en términos de aumento del porcentaje de partos y disminución de la mortalidad perinatal. Para obtener el máximo beneficio de la descendencia, a veces el mejor enfoque es tratar a la madre y aprovechar el hecho de que algunos oligoelementos atraviesan la placenta, y también se secretan en la leche. Esto puede aumentar el estado del oligoelemento del feto en

desarrollo, el recién nacido y lactante joven por períodos variables hasta el destete (Grace, 2006).

Cuando la suplementación se justifica, debe adaptarse a la especie, la política agrícola, las instalaciones y el presupuesto. Una consideración clave es la duración de la eficacia de los productos de suplemento disponibles. Esto varía de 1 a 12 meses o más, dependiendo de la forma química del oligoelemento, su presentación física y su vía de administración. En términos generales, las medidas pueden clasificarse como de corta duración con absorción rápida y rápida utilización, o de acción prolongada con absorción más lenta que proporciona una suplementación prolongada, algunos se formulan para crear un depósito subcutáneo o intramuscular que se disipa lentamente y proporciona liberación prolongada. Otros son bolos para administración oral que descansan en el retículo ruminal y se disuelven con el tiempo liberando en forma controlada el producto (Grace, 2006).

La información disponible en el país sobre el contenido de minerales en las pasturas es parcial y con una alta variabilidad de los valores publicados. No obstante, los microelementos como Zn, Se, I y Co, asociados a los balances vitamínicos, presentan un contenido marginal en nuestras pasturas (Berretta, 1998; Pigurina *et al.*, 1998; Ungerfeld, 1998; Piaggio y Uriarte, 2005).

1.3.2 Selenio

1.3.2.1 Generalidades

El Se, se distribuye de forma desigual en la corteza terrestre (constituye aproximadamente 0,09 ppm de la misma), los suelos que son derivados de rocas volcánicas (Basalto), tienen un tenor pobre en selenio debido a la volatilización que sufriera este elemento durante la etapa ígnea. En otros casos aunque el selenio elemental puede estar presente en el suelo de manera adecuada, ciertos factores como el pH ácido, la lixiviación de los suelos, las cosechas intensas, la textura del suelo poroso y arenoso, y un sistema de ventilación incompleta debido a la congestión, pueden transformar este selenio elemental en complejos insolubles y/o sodio selenito

con hidróxido de hierro, lo que inhibe la absorción por las plantas (Ungerfeld, 1998; Ramírez, 2004).

La variación de la concentración de selenio en el vegetal está influenciada por el estado vegetativo de las pasturas y la época del año, ya que está comprobado que el contenido del mismo en las pasturas de primavera es generalmente bajo (Surai, 2006).

El selenio es un elemento traza, y es uno de los elementos minerales esenciales para el ganado ovino (NRC, 1985), es necesario para la síntesis de vitaminas y hormonas, actividad enzimática, formación de colágeno, síntesis de tejidos, transporte de oxígeno, producción de energía y otros procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento, reproducción y salud (Gürdoğan *et al.*, 2006). Es un elemento indispensable para el funcionamiento normal del sistema inmune, músculos, corazón, hígado, riñones, páncreas, testículos, plasma, glóbulos rojos y otros órganos como la tiroides, es también muy importante para mantener la integridad de las membranas celulares (Villanueva, 2011).

Aunque, tanto los efectos clínicos como los efectos metabólicos del Se y de la vitamina E son similares, las funciones de proteger las membranas celulares de los tejidos, por los procesos oxidativos, son independientes (Minson, 1990). Selenio se requiere para la formación de la enzima glutatión peroxidasa presente en la hemoglobina del glóbulo rojo (GSH-Px), que destruye los peróxidos potencialmente tóxicos, y la vitamina E, se utiliza para eliminar los peróxidos que escaparon a la destrucción por Se (Minson, 1990).

1.3.2.2 Metabolismo y actividad biológica

El forraje es una de las fuentes de Selenio, como la selenometionina, se libera en el rumen y no puede absorberse en dicho órgano en una cantidad apreciable, en el abomaso la absorción es limitada, de allí pasa para absorberse principalmente en el intestino delgado (Surai, 2006). La digestibilidad en rumiantes es muy baja

comparada con otros animales, alrededor del 29% en ovejas, esto se debe a que en el rumen se reduce a una forma poco asimilable (Surai, 2006).

Después de la absorción intestinal, el Selenio es llevado al hígado y vertido nuevamente a la circulación sanguínea, se distribuye en los diferentes órganos del cuerpo y se almacena principalmente en los tejidos que contienen proteínas. Posterior al proceso de absorción y distribución a los tejidos, el Selenio es incorporado en la estructura de la enzima antioxidante Glutación Peroxidasa (GSH-Px), (Krishnamurti *et al.* 1989).

La actividad biológica más importante del Se es a través de la enzima GSH-Px, que presenta un peso molecular de 80.000 Dalton, comprendiendo cuatro subunidades que contiene cuatro átomos de Se por mol y representa además el 75% del Se sanguíneo en los ovinos, estando contenido en el interior de los glóbulos rojos a los que se incorpora durante la eritropoyesis (Hill *et al.*, 1992).

Dicha enzima citosólica protege las células germinales, las proteínas y las membranas de orgánulos del estrés oxidativo (Ursini *et al.*, 1999). Según Burk y Hill (1993) la GSH-Px es la enzima responsable de la regulación de la hidroxidroxidasa intra y extra celular.

Al profundizar en el estudio de los mecanismos patogénicos de las deficiencias de Se, se observa una patología oxidativa como causante de los disturbios metabólicos, esto se debe a la incapacidad de la GSH-Px para destruir peróxidos que se producen durante el habitual metabolismo aerobio. Los mecanismos antioxidativos pueden clasificarse dentro de dos grandes grupos; los enzimáticos y los no enzimáticos. El grupo de enzimas que catalizan las reacciones de los radicales libres está integrado por la superóxido-dismutasa, la catalasa y la glutación peroxidasa; todas ellas actúan acelerando las reacciones por las cuales los radicales libres se reducen rápidamente a agua. Los peróxidos se reducen mediante la reacción general catalizada por la GSH-Px, en la cual el glutación reducido (GSH) actúa como donante de hidrógeno; a continuación el glutación oxidado se reduce de nuevo, es decir, es regenerado por reacciones subsiguientes, mediante una reacción en la que

participan la glutatión reductasa y un donante de hidrógeno (NADPH+H⁺). Si la carga de oxidantes supera las defensas antioxidantes locales y generales, estos compuestos altamente reactivos lesionan los tejidos al fijarse a los componentes estructurales básicos de las células como son los lípidos, desencadenando una peroxidación lipídica responsable de cambios estructurales y rotura de la bicapa lipídica de las membranas celulares (Muiño *et al.*, 2008). Estas alteraciones orgánicas, relacionadas con disturbios oxidativos, adquieren gran importancia en animales con deficiencia de selenio en la dieta, asociados o no a bajas concentraciones de vitamina E en la misma, especialmente en situaciones donde existe una intensa actividad metabólica que hace que los mecanismos de defensa celulares se desborden y aparezcan numerosos efectos tóxicos. Existen claras evidencias de que los animales presentan mayores necesidades de Se durante la etapa reproductiva, puesto que en las rutas metabólicas de los organismos en desarrollo, con un alto número de mitosis, se originan gran cantidad de radicales libres como productos intermedios (Lopez Alonso *et al.*, 1997).

1.3.2.3 Disponibilidad

El Se, se distribuye de forma desigual en la corteza terrestre, los suelos que son derivados de rocas volcánicas (Basalto), tienen un tenor pobre en selenio debido a la volatilización que sufriera este elemento durante la etapa ígnea, caso contrario el de las tierras arables que derivan de rocas sedimentarias, que son ricas en este mineral. Aunque el selenio elemental puede estar presente en el suelo de manera adecuada, ciertos factores como el pH ácido, la lixiviación de los suelos, las cosechas intensas, la textura del suelo poroso y arenoso, y un sistema de ventilación incompleta debido a la congestión, pueden transformar este selenio elemental en complejos insolubles y/o sodio selenito con hidróxido de hierro, lo que inhibe la absorción por las plantas (Ungerfeld, 1998).

El contenido de selenio en el suelo y su disponibilidad para las plantas, determinarán la concentración sanguínea del mineral en animales a pastoreo (Langlands *et al.*, 1981).

Davis *et al.*, (2006), reportaron que la concentración de selenio en los ovinos es afectada por el nivel de dicho mineral en la dieta, por su parte Smith *et al.*, (1974) reportan que un incremento en el consumo de selenio en la ración produce un aumento en la actividad sanguínea de GSH-Px.

Se han encontrado deficiencias de selenio en suelos y pasturas y por lo tanto en concentraciones sanguíneas del ganado en países como EE.UU. (Van Metre y Callan, 2001), Australia (Tinggi, 2003) y Nueva Zelanda (Watkinson, 1983).

La información disponible en nuestro país sobre el contenido de minerales en las pasturas es parcial y con una alta variabilidad de los valores. Los microelementos como el zinc, el selenio, el yodo y el cobalto, asociados a los balances vitamínicos, presentan un contenido marginal en las pasturas (Berretta, 1998; Pigurina *et al.*, 1998; Ungerfeld, 1998; Piaggio y Uriarte, 2005).

McDowell y Conrad, (1977) colocan a Uruguay dentro del grupo de países donde ocurren deficiencias de Se.

La variación de la concentración de selenio en el vegetal estaría influenciada por el estado vegetativo de los pastos y la época del año, ya que está comprobado que el contenido del mineral en las pasturas de primavera es generalmente bajo (Ceballos *et al.*, 1998).

Diversos resultados demuestran que la composición de la dieta influye en la disponibilidad y la absorción del selenio por el rumiante. La dieta concentrada se absorbe y se retiene mejor a diferencia de una dieta rica en forraje (Koenig *et al.*, 1997). Según Cristaldi *et al.* (2005) y Mynhardt *et al.* (2006), existen procesos provocados por ciertas bacterias del rumen que causan formas de menor disponibilidad del selenio.

En un estado deficitario de Selenio se aumenta su absorción, y el exceso del mineral en dieta, es excretado por heces y orina (Yu y Beynen, 2001; Surai, 2006).

Masters *et al.* (1992) han demostrado que el excesivo consumo de suplementos en ovejas pastando puede llevar a una acumulación de elementos que si bien son esenciales también son potencialmente tóxicos. Un desbalance en el consumo de minerales puede tener efectos nocivos. Tanto el selenio y el cobre son elementos esenciales pero pueden alcanzar niveles tóxicos (Underwood, 1981; Masters *et al.*, 1992).

1.3.2.4 Selenio en la reproducción

Desde antes del inicio de la pubertad en la mayoría de los animales, el comportamiento reproductivo está influido por varios factores dentro de los cuales la nutrición juega un papel muy importante y a su vez complejo. Los requerimientos de energía absoluta para soportar el crecimiento y diferenciación folicular, la ovulación y la preñez son extremadamente bajas (<3 MJ de energía metabolizable/día), comparada con los requerimientos para mantenimiento y producción (60-250 MJ/día). Sin embargo, un inadecuado aporte energético por corto tiempo, o un desbalance entre el consumo y el gasto energético pueden tener un significativo efecto negativo sobre el reinicio de la actividad ovárica post-parto, las tasa de concepción y durante la etapa reproductiva. En estas etapas los animales presentan mayores necesidades de selenio puesto que en las rutas metabólicas de los organismos en desarrollo, con un alto número de células en mitosis, se originan gran cantidad de radicales libres como productos intermediarios, que deben ser destruidos por medio de la GSH-Px. Si esto no ocurre se producen alteraciones en las membranas celulares que hacen que dichas rutas metabólicas se perturben fácilmente, y ocurran disturbios bioquímicos cuya consecuencia es la incapacidad del animal para mantener la función reproductiva (Sugino *et al.*, 1998; Sugino *et al.*, 2000).

Las hormonas generalmente no actúan directamente en la maquinaria celular sino que deben unirse a receptores específicos. La ubicación de los receptores en la célula blanco está relacionada con la naturaleza química de las hormonas y su capacidad para atravesar la membrana celular. Para moléculas hidrosoluble

(proteínas, péptidos y catecolaminas), los receptores se encuentran en la membrana celular, mientras que para moléculas liposolubles los receptores se encuentran dentro de la célula (Lehninger, *et al.*, 1997). La reacción hormona-receptor determina la acción hormonal. La cantidad de receptores ocupados por la hormona es el componente fundamental que rige la magnitud de la acción de la hormona en la célula blanco. Estas moléculas receptoras de las superficies de las células, pueden ser inactivadas por el oxígeno y la formación de radicales libres durante la peroxidación lipídica. En roedores, por ejemplo, la involución del cuerpo lúteo ha sido relacionada con un incremento de la producción de este tipo de radicales por parte del ovario, principalmente superóxido (O_2^-), y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2). En consecuencia, estas moléculas pueden generar daño en las membranas plasmáticas de las células luteales, provocando entre otras alteraciones, pérdida de los receptores para las gonadotropinas, disminución de la formación de adenosin-monofosfato cíclico (AMPC), disminución de la capacidad esteroidogénica del cuerpo lúteo durante la involución. El aporte de Se exógeno, como correctivo a la deficiencia que presentan los forrajes, disminuye significativamente la probabilidad de presentación de este tipo de problemas, puesto que niveles altos del oligoelemento en sangre estimula la activación de la enzima en los sitios que sufran agresión oxidativa y permite la resolución de estos daños en forma eficaz (O'Callaghan y Boland, 1999).

Balicka-Ramis *et al.*, (2006) han reportado la importancia de los microelementos en la reproducción y producción ovina, y reportaron que la administración de selenio mejora la fertilidad de los carneros y de las ovejas, la supervivencia neonatal y el crecimiento de los corderos.

Existen claras evidencias que los animales presentan mayores necesidades de selenio durante la etapa reproductiva, puesto que en las rutas metabólicas de los organismos en desarrollo, con un alto número de mitosis, se originan gran cantidad de radicales libres como productos intermedios (Zachara *et al.*, 1989; Lopez Alonso *et al.*, 1997).

Según Gutteridge (1994) el estrés se produce a nivel celular cuando los metabolitos reactivos de oxígeno se generan más rápido de lo que pueden ser eliminados por los mecanismos de defensa antioxidante.

Salewski y Seegers (1994) reportaron que la suplementación de selenio mejora los resultados de la inseminación y causa una disminución de la infertilidad.

1.3.2.5 Selenio en ovejas

Se ha demostrado que algunas enzimas antioxidantes se producen en el cuerpo lúteo de ovejas, estas enzimas son susceptibles a grandes cambios en la actividad, durante la gestación temprana, lo que sugiere que el cuerpo lúteo de oveja puede rescatarse de la luteólisis, aumentando la actividad de la enzima antioxidante, Inhibiendo así los procesos apoptóticos (Al-Gubory *et al.*, 2004).

La performance reproductiva de las ovejas puede ser disminuida por insuficiencias de Selenio asociada a la mortalidad embrionaria tres a cuatro semanas luego de la concepción (Underwood y Suttle, 1999).

Pilarczyk *et al.* (2004) encontró que la administración de selenito de sodio en ovejas mejora los índices reproductivos como la fertilidad y prolificidad. A su vez existen reportes que el suministro de selenio y vitamina E preparto aumenta la concentración de éstos en calostro y leche materna (Cuesta *et al.*, 1995).

En ovejas preñadas deficientes en vitamina E y/o Selenio se ve afectada la supervivencia del embrión (Anke *et al.*, 1989), se incrementa la incidencia de las muertes perinatales, corderos débiles quienes solo sobreviven por unos pocos días, y el crecimiento post natal (Hamliri *et al.*, 1990).

Gabryszuk y Klewicz (2002) reportaron problemas relacionados al Se en ovinos como por ejemplo: reducción de la fertilidad, abortos, retención de placentas y debilitamiento de corderos recién nacidos. La enfermedad del músculo blanco afecta a los corderos y borregos, la falta de desarrollo causada por falta de Se afecta a los corderos y la infertilidad causada por Se afecta a las ovejas.

La administración de Se parenteral o intraruminal ha mostrado incrementos en las tasas de parto en ovejas, ya que también se han mostrado incrementos en la fertilidad, contracciones uterinas y mayor número de espermatozoides adheridos a la zona pelúcida, este último efecto quizás debido a una mayor motilidad espermática (Segerson y Ganapathy, 1980, Hemingway, 2003).

El Se, se trasmite fácilmente de la placenta al feto, a pesar de estar presente en bajas concentraciones, lo hace principalmente en forma de selenoaminoácidos, encontrados distribuidos en los diferentes tejidos del feto, principalmente en el hígado, lo que sugiere el posible papel de almacenamiento que tendría este órgano en la movilización del Se en la vida post fetal (Koller *et al.*, 1984).

Por otra parte, McArdle y Ashworth (1999) informaron que el valor de selenio es bajo para el tejido placentario, por lo tanto, el crecimiento fetal y el desarrollo, dependería de la dieta y la madre. Del mismo modo, Ghany-Hefnawy *et al.* (2007) concluyeron que debido al fuerte vínculo entre la madre y el feto respecto al metabolismo del Se, en los ovinos y caprinos, el nivel de éste en el feto, está en relación directa con el estatus de la madre.

Gürdoğan *et al.* (2006) encontraron que la concentración de selenio en suero disminuyó con el avance de la preñez en ovejas.

La concentración de Se en sangre de corderos al nacer varía con el tratamiento nutricional recibido por su madre, las concentraciones fueron generalmente menores y declinaron durante la lactación, y el peso vivo al nacer, a mitad de lactación y al destete fue significativamente más alto en corderos nacidos únicos y de madres suplementadas con Se. Por otra parte, hasta las seis semanas de edad los corderos dependen directamente del aporte de Se que reciben a través de la leche de las ovejas y ésta suele ser deficiente en Se, encontrando el animal una imposibilidad de combatir los efectos de los radicales libres generados durante ese período donde existe un intenso metabolismo (Langlands *et al.*, 1991a).

1.3.2.6 Suplementación

Cuando se implementa una estrategia para prevenir deficiencias en los microelementos, es importante saber cuál es el mejor momento para la suplementación y la eficacia del producto a utilizar. En el caso del Se, las ovejas deben ser suplementadas tres semanas previo a la encarnerada y tres semanas previo al parto con 5mg, y sus corderos/as con 2mg de Selenito de Sodio al descole; o solamente 50mg de Selenito de Bario cuatro semanas previo a la encarnerada para asegurarse un buen porcentaje de pariciones, reducir la mortalidad de corderos y prevenir la enfermedad del músculo blanco (Langlands *et al.*, 1991b).

Investigaciones australianas y neozelandesas han mostrado que los bloques de sal no son efectivos para el aporte de minerales a las ovejas por la falla en algunos animales al consumir el bloque y por la gran variabilidad en el consumo (White *et al.*, 1992).

Para asegurar un aporte adecuado o controlar problemas de deficiencia de Se en los ovinos, se utiliza la suplementación con sales inorgánicas o compuestos orgánicos de Se. El selenito de sodio es el producto más utilizado, ya sea en conjunto con fertilizantes, esparcido sobre la pradera, por vía oral junto a una mezcla mineral, como bolos intraruminales o también por vía parenteral (McDowell, 1992).

El excesivo consumo de suplementos en ovejas pastando puede llevar a una acumulación de elementos que son esenciales pero potencialmente tóxicos o a un desbalance en el consumo de minerales. Para Se, el nivel máximo tolerable en la dieta es de 5mg/kg (NRC, 2005), éste elemento han resultado en toxicosis, además puede interferir con el uso de otros elementos e inducir deficiencias o toxicidades por causar un desbalance (Underwood, 1981).

1.3.2.7 Diagnóstico

La concentración de Se en el hígado es el mejor indicador del estado mineral endógeno del animal (Humann-Ziehank *et al.*, 2008). Sin embargo, el análisis de

sangre es más frecuentemente utilizado, ya que las muestras de sangre son fáciles de tomar y también se considera un procedimiento no invasivo (Kincaid, 2000)

La determinación de selenio en sangre se puede realizar en forma directa o indirecta a través de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px). La GSH-Px representa el 75% del Se sanguíneo en los ovinos. El hecho de que exista una fuerte correlación entre Selenio sanguíneo y GSH-Px, ($r = 0,96$), y que su determinación en sangre sea rápida y sencilla, hace que esta enzima se utilice como una de las medidas indirectas más importantes en el diagnóstico de procesos carenciales de Se (Ceballos *et al.*, 1999; Marti *et al.* 2007).

El cuadro 1, proporciona los rangos de referencias para diagnosticar deficiencias de selenio en los rumiantes domésticos. Dichos rangos han sido determinados por la Investigación de Laboratorios Veterinarios (Stormont, Belfast, Reino Unido) para aplicar a vacas y ovejas, y son los niveles que se consideran normales en Irlanda del Norte. Proporciona una correlación aproximada de selenio en sangre entera mg/l con Glutation peroxidasa usando el kit diagnóstico de Ransel (Randox Laboratories, 1996).

Cuadro 1 - Rangos de referencia para diagnosticar deficiencia de selenio en rumiantes.

Estado Animal	Se en Sangre mg/L	GPX U/gHb
Deficiente	<0,05	<60
Bajo/Marginal	0,051 – 0,083	61 – 100
Marginal	0,084 - 0110	101 – 130
Adecuado	>0,11	>130

Fuente: Randox Laboratories, 1996. Valores tomados en las condiciones de pastoreo de los animales en Nueva Zelanda.

1.3.3 Zinc

1.3.3.1 Generalidades

El zinc es un microelemento (oligomineral) esencial que funciona en el cuerpo animal como activador de más de doscientas sistemas enzimáticos que están involucrados en el metabolismo de las proteínas, hidratos de carbono, ácidos nucleicos, lípidos y en la estabilidad de las membranas biológicas (Corbellini *et al.*, 1997).

El zinc es un elemento cuya esencialidad fue descubierta cuando se inició la inclusión de pasta de soya en las dietas de los cerdos en sustitución de la harina de pescado, dado que las fuentes de proteína de origen animal contienen más zinc que las vegetales.

La función primaria del Zn en el cuerpo parece estar relacionada a su asociación con las enzimas, ya sea como parte de la molécula o como activador. Las cantidades sustanciales de Zn firmemente ligado estabilizan las estructuras de RNA, ADN y ribosomas Zn La utilización de aminoácidos en la síntesis de proteína es afectada bajo deficiencia de zinc (McDowell y Arthington, 2005).

El Zn tiene muchas interacciones significantes con las hormonas. Tiene un papel en la producción, el almacenamiento y la secreción de hormonas individuales, así como también en la efectividad de los sitios receptores y la respuesta de órganos terminales. Entre los efectos más notables de deficiencia de Zn en la producción y secreción de hormonas están los relacionados con la testosterona, la insulina y los corticosteroides adrenales. La espermatogénesis y el desarrollo de los órganos sexuales primarios y secundarios en el macho y todas las fases del proceso reproductivo en la hembra desde el estro hasta el parto y la lactancia pueden ser adversamente afectados por la deficiencia de Zn (McDowell y Arthington, 2005).

Cuando el elemento es carencial todos los sistemas corporales sufren la deficiencia de Zn, particularmente cuando las células se encuentran en una etapa

activa de división, crecimiento y síntesis. Por estas razones, el crecimiento y reproducción son especialmente afectados por la carencia de Zn (Underwood, 1981).

Según Jing *et al.* (2008) una deficiencia de zinc, ocurre con más frecuencia en el animal joven, ya que los requerimientos se reducen con la edad. Sin embargo, la absorción de zinc decrece con la edad, y los animales adultos pueden desarrollar carencias. Los síntomas de deficiencia de zinc, aparecen luego de tres semanas de consumir una dieta deficiente. Del mismo modo, la carencia desaparece rápidamente con una suplementación rica en Zn durante tres a cuatro semanas.

La mayoría de las deficiencias minerales que ocurren naturalmente en los herbívoros, están asociadas con regiones específicas y directamente relacionadas con las características del suelo. Actualmente, se considera que una carencia marginal de Zn, en lanares en pastoreo, es más generalizada de lo que se creía previamente, caracterizada por crecimiento, fertilidad y niveles séricos de Zn por debajo de lo normal, sin manifestación de otros signos clínicos (Underwood, 1981).

1.3.3.2 Metabolismo y actividad biológica

El Zn es absorbido principalmente en el intestino delgado (Hampton *et al.*, 1976). Se considera que la eficacia de absorción está ajustada a las necesidades del organismo (Miller *et al.*, 2003; Spears, 2003). Debido a que el principal factor de interferencia en la absorción del Zn dietario en todas las especies es el ácido fítico, y este es inactivado por la flora ruminal el coeficiente de absorción del Zn en rumiantes es alto, del 30 al 45 %. Cuando el cordero es lactante y no posee un rumen funcional sufre las interferencias propias de los monogástricos, que reducen la absorción del Zn (Xu *et al.*, 1997).

Las fuentes de Zn podría condicionar su absorción, Kincaid *et al.* (1997) compararon Zn-lisina y Zn-metionina con óxido de Zn, y evaluando las variaciones de zincemia y reserva hepática encontraron mayor disponibilidad con las fuentes orgánicas que con el óxido.

Cao *et al.* (2000) no encontraron diferencias entre el sulfato de Zn y diferentes fuentes orgánicas en corderos. A pesar de lo expuesto existen informes a favor del empleo de fuentes orgánicas.

Existen numerosos informes de mejores resultados cuando la suplementación se hace con fuentes orgánicas de zinc, disminuyendo la incidencia de mastitis y laminitis, (Tomlinson *et al.*, 2004), mejorando la resistencia de la pezuña (Kessler *et al.*, 2003), mejorando la producción lechera (Mufarrege, 1999) y elevando el índice de preñez (Ahola *et al.*, 2004).

Estas diferencias entre autores y las razones por las cuales suelen hallarse ventajas en el uso de fuentes orgánicas no está aclarado, pero podría tratarse de diferencias en el metabolismo ruminal y tisular de estas fuentes más que en variaciones de su coeficiente de absorción (Spears *et al.*, 2004).

Según Cousins *et al.* (2006) una vez captado el Zn por la superficie apical del enterocito es transferido a la sangre por la membrana basolateral por un transportador específico (ZnT1), cuya expresión aumenta ante estados de carencia de Zn. Jackson, 1989 describe que en sangre viaja principalmente unido a albúmina (85%) y el resto unido a una α 2-macroglobulina (14 %) y a aminoácidos (1%). Su captación por los tejidos ocurriría por distintos transportadores cuya expresión sería también regulada por el balance celular de Zn. Llama la atención que el mecanismo de incorporación a los tejidos involucre una numerosa y compleja variedad de sistemas, que van desde cotransportes con proteínas y aminoácidos como cisteína e histidina, transportadores asociados a la transferencia de hierro y una amplia variedad de transportadores específicos (Tapiero y Tew, 2003).

El Zn no es depositado en un órgano en particular. Los huesos y los músculos poseen las mayores concentraciones, seguidos por el hígado y la piel. Cuando el aporte por la dieta sobrepasa los requerimientos el Zn se acumula en estos tejidos, mientras que durante un balance negativo sus concentraciones van descendiendo (Tapiero y Tew., 2003; Wright y Spears, 2004).

1.3.3.3 Disponibilidad

Niveles bajos de Zn en los suelos, las plantas y los tejidos animales han sido reportados en muchas regiones del mundo, se estima que forma parte de la corteza terrestre en un 0,0005-0,02% (Alloway, 1995).

En general se asume que las leguminosas tienen mayores concentraciones que las gramíneas, y que a medida que las plantas maduran, decrece su contenido en Zn, (Pechin, 1999). Según Underwood (1981) revelaron que el contenido de Zn para las leguminosas era entre 20 y 60 ppm y para las gramíneas entre 10 a 30 ppm.

Estudios comparativos entre diferentes especies de pasturas naturales presentes en Uruguay, realizados por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), revelaron que aunque las diferencias no eran significativas las gramíneas tienden a tener un contenido de Zn ligeramente menor que las leguminosas y otras especies. Sin embargo no encontraron diferencias entre especies de pasturas naturales estivales e invernales en cuanto a su contenido de Zn. El contenido de Zn en pasturas naturales uruguayas es de 24,2 ppm en la materia seca, (Ungerfeld, 1998).

La evidencia existente indica que la concentración de minerales en el forraje cambia con el tipo de suelo y la contaminación, con las prácticas de fertilización, especies forrajeras sembradas, la edad de la planta, la composición botánica de la pradera, el clima y época del año; estos cambios evitan al animal satisfacer sus necesidades de minerales durante todo el año. Hay una variación estacional, generalmente una reducción de la concentración durante la primavera, en el contenido de Zn en las plantas. La concentración de Zn varía considerablemente entre las especies de plantas y también entre especies morfológicamente similares que crecen en el mismo suelo (Ungerfeld, 1998).

Según Pechin (1999) el rango óptimo de pH del suelo para la absorción de Zn por parte de las forrajeras está entre 5 y 7. A medida que el pH del suelo se incrementa, disminuye la disponibilidad del Zn para la planta.

La naturaleza del suelo determina la concentración de zinc en el mismo, pudiéndose clasificar de la siguiente manera (Cuadro 2):

Cuadro 2 - Nivel de zinc en suelos.

Nivel en el suelo	Zn (mg/Kg)
Muy bajo	< 1,6
Bajo	1,6 - 3,0
Medios	3,1 – 4,0
Optimo	4,0 – 8,0
Arriba del optimo	> 8,0

Fuente: División de Agricultura Investigación y Extensión de la Universidad de Arkansas.

Sager y Bustillo (1996) describen que la deficiencia de zinc en los rumiantes podría estar inducida también por excesos de sulfatos en agua y posiblemente por molibdeno en pasto.

1.3.3.4 Zn y reproducción

Todas las fases del proceso reproductivo en las hembras pueden verse afectados por la deficiencia de Zn. En los rumiantes se ha reportado alteración en los niveles hormonales, mortalidad embrionaria, malformaciones fetales, disminución del porcentaje de parición, menor peso al nacimiento y al destete, entre otros (Apgar, 1985). El Zn también desempeña un papel clave en el mantenimiento de la integridad de los epitelios de los órganos reproductores, lo cual es necesario para la implantación embrionaria (Hostetler *et al.*, 2003; Robinson *et al.*, 2006), además, concentraciones adecuadas de Zn en el suero y en las dietas, son vitales para la involución uterina, la reparación tisular, el parto y, en particular, el retorno al estro (Apgar, 1985). Bajo un déficit de Zn, la implantación del embrión no tiene lugar, y esto será responsable del bajo éxito reproductivo (McDowell *et al.*, 1997).

En Australia, Egan (1972) reportó en ovinos efectos positivos con la suplementación con zinc logrando un incremento en el porcentaje de parición del 20% en ovejas pastoreando campos con contenidos del mineral entre 16 y 29 ppm. Masters y Fels (1980), encontraron similares resultados en ovejas sobre pasturas que

contenían niveles muy bajos de Zn como 13 ppm, además observaron un incremento en el peso de los corderos al destete en 2,1kg, cuando eran suplementadas con zinc.

Tanto en los machos como en las hembras, el zinc es un componente esencial de las enzimas envueltas en la esteroidogénesis y en la síntesis de testosterona. Por esta razón las deficiencias del mineral pueden provocar retardo en el crecimiento testicular, reducción en la secreción de gonadotropina hipofisaria, disminución en la secreción de andrógenos, producción de óvulos no viables o fallas en la ovulación y maduración de oocitos, retardo en el inicio de la pubertad y anomalías fetales (Forero, 2004; McDowell y Arthington, 2005).

Los efectos significativos de la deficiencia en este mineral ocurren en casos marginales donde los signos clínicos pueden no ser expresados. La importancia práctica de la deficiencia de Zn en la reproducción a nivel de campo se desconoce (McDowell y Arthington, 2005).

El zinc es necesario para la expresión o represión de genes, de tal manera que el potencial genético de los animales con carencias de este elemento no se puede expresar completamente. La deficiencia provoca, hipogonadismo en hembras y machos, fetos deformes y fetos momificados (Apgar, 1985). En general, se ha demostrado que todas las etapas de la reproducción pueden ser afectadas por la deficiencia de Zn (Apgar, 1992).

Se ha descrito en vacas repetidoras, que los niveles bajos de zinc pueden ocasionar un descenso de la progesterona eficaz (que se elimina por orina) y un incremento de la progesterona no eficaz (obtenida al restar progesterona eficaz de progesterona plasmática) ya que participa en su transporte por el torrente sanguíneo. Además, por otra parte, puede provocar un incremento de la insulina sérica al promover su cristalización y almacenamiento en los islotes de Langerhans, originando hipoglucemia y subsecuentes desórdenes metabólicos del tipo de muerte embrionaria y repetición de celos. Problemas renales pueden verse unidos a deficiencias de zinc en plasma, con las repercusiones reproductivas que han sido descritas (Marai *et al.*, 1992a; Marai *et al.*, 1992b).

La suplementación con zinc en mujeres embarazadas produce un aumento del crecimiento del hueso del feto (Merialdi *et al.*, 2004). Sin embargo esta suplementación no promueve el desarrollo intrauterino (Osendarp *et al.*, 2003)

En los machos los efectos son también muy relevantes. Pitts *et al.* (1966) mostraron que la deficiencia de Zn en terneros causa una disminución del crecimiento testicular. En ovinos, se observó que se afecta la producción de testosterona por las células de Leydig, determinando en borregos la reducción en el desarrollo y función de los tubos seminíferos (Fernández Abella, 1993). En carneros una deficiencia severa produjo atrofia de los túbulos seminíferos e interrupción de la espermatogénesis (Underwood y Somers, 1969).

1.3.3.5 Niveles séricos en rumiantes

McDowell (1992) sostiene que en rumiantes, los valores de Zn plasmático por debajo de 0,6 µg/mL pueden considerarse deficientes, entre 0,6 y 0,8 como marginales y entre 0,8 y 1,2 µg/mL como normales.

1.3.3.6 Requerimientos

El Zn se presenta como catión divalente, no participa en las reacciones de oxidación- reducción en los sistemas biológicos. Tiende a formar enlaces coordinados relativamente estables, con ligandos electronegativos como el nitrógeno, oxígeno y azufre, brindando rigidez a los dominios estructurales de algunas proteínas Zn dependientes y enzimas. Protege a los grupos sulfhídricos de las proteínas de membrana del daño oxidativo. Presenta un rol fundamental en la síntesis de los ácidos nucleicos y de las proteínas, en la replicación y la diferenciación celular y en la reproducción (Pechin, 1999).

Según NRC, (1996) las necesidades mínimas sugeridas para ovejas gestantes y lactantes es la misma que para los machos, 20-33 ppm de Zn por día, siendo los requerimientos para el crecimiento, desarrollo y gestación mayores que los necesarios para el crecimiento corporal y el apetito (Pechin, 1999; Ghasemzadeh-Hasankolai *et al.*, 2012).

1.3.3.7 Deficiencia de Zn

Un animal expuesto a un balance negativo de Zn comienza a movilizarlo desde diferentes tejidos, caracterizando la primera fase de carencia llamada depleción. Posteriormente descienden los niveles en plasma, caracterizando la etapa de deficiencia. Cuando el aporte de Zn a los tejidos es crítico comienzan a fallar las metaloenzimas específicas y las funciones dependientes de Zn, caracterizando la etapa de disfunción. Producto de esta última aparecen las consecuencias subclínicas y luego clínicas de la enfermedad (Underwood y Suttle, 1999), Figura 2.

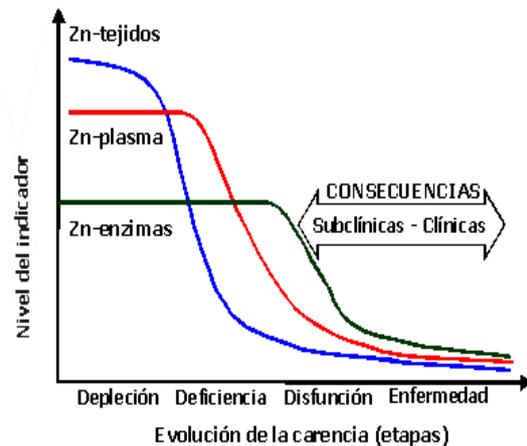


Figura 2 - Etapas de la deficiencia de Zn (Underwood y Suttle, 1999).

Según Pechin (1999) a medida que la deficiencia de Zn progresa, declina su concentración más marcadamente en páncreas, pelo y órganos sexuales, siendo los signos clínicos de la misma: disminución en el consumo de alimento, retardo o cesación del crecimiento, piel engrosada, escamosa y agrietada, pérdida de pelo y lana, fallas reproductivas en machos y hembras, anomalías esqueléticas, dificultad de reparación de heridas.

La deficiencia de este en las ovejas afecta a todas las fases reproductivas, desde el estro hasta el parto, incluso en la lactación (NRC, 1985; Tedó y Casas 2005). Una carencia leve en ovejas gestantes reduce el número de corderos nacidos vivos y puede llegar a inducir toxemia de gestación secundaria a la anorexia. Por lo tanto la suplementación con Zn permitirá aumentar la fecundidad, el número de corderos nacidos vivos y la supervivencia de los corderos. Las consecuencias de la

carencia de Zn no están aún bien definidas, pero aquellas que se conocen y valoraron demuestran que se trata de una deficiencia de alto riesgo productivo. Es necesario en este sentido enfatizar los riesgos de menores ganancias de peso, fallas inmunológicas, menor performance reproductiva y la mayor predisposición a enfermedades podales (Underwood y Suttle 1999, Tedó y Casas, 2005).

1.3.3.8 Determinación en sangre

La evaluación de concentraciones de Zn en tejidos sería de utilidad, pero resulta poco práctica por su muestreo invasivo (Puschner *et al.*, 2004), salvo emplear muestras de pelo o lana, pero que sin embargo no han ofrecido resultados contundentes (Wright y Spears, 2004). La evaluación de enzimas específicas puede resultar poco precisa o demasiado tardía (Wright y Spears, 2004). Esperar por evidencias clínicas sólo asegura que ya existieron daños subclínicos de la carencia (Underwood y Suttle, 1999). Ante esta situación la evaluación de la concentración plasmática de Zn (zincemia) sigue siendo la elección más común para evaluar el estatus de una majada, especialmente en condiciones prácticas ya que su muestreo es sencillo y no invasivo, aunque posee limitaciones. Por un lado la zincemia es inestable, descendiendo en respuesta a infecciones o estrés (Chirace *et al.*, 1994). Por otro lado es un marcador indirecto de la carencia, ya que su descenso no implica una disfunción sino simplemente una caída en los valores circulantes a los cuales hay que tratar de asociar con el riesgo de disfunciones.

1.3.3.9 Diagnóstico

Para la dosificación de Zn en sangre, la muestra debe ser obtenida en lo posible de sangre venosa, y en un momento estandarizado del día (Pechin, 1999).

Espectrometría de absorción atómica (AAS): los átomos libres producidos a partir de una muestra, en un atomizador (llama u horno de grafito calentado eléctricamente) pueden absorber radiación de su longitud de onda específica de resonancia generada por una fuente externa, por ejemplo un cátodo hueco o una lámpara de descarga sin electrodos. Si la luz de esta longitud de onda específica pasa

a través del atomizador que contiene el vapor atómico del elemento, parte de la luz será absorbida, y el grado de absorción será proporcional a la densidad de átomos en el paso de la luz (Whitehouse *et al.*, 1982).

Espectrometría de absorción atómica de llama (FAAS): esta técnica utiliza como fuente de atomización la llama, la solución de la muestra se aspira vía un nebulizador dentro de la llama aire/acetileno donde se evapora el solvente y los sólidos remanentes se separan en átomos. La FAAS es la técnica más utilizada para el análisis de metales pesados, debido a su simplicidad y alto rendimiento de las muestras (Kastenmayer, 1997).

1.3.3.10 Formas de suplementar

La forma más común de suplementación es: óxido de Zn (ZnO), sulfato de Zn (ZnSO₄) grado alimentario, Zn metionina, Zn lisina. La comparación de la disponibilidad de estas fuentes de Zn según estudios de Underwood y Suttle (1999) fue: ZnSO₄> Zn Metionina> ZnO> Zn lisina.

Existen varias formas de suplementar, pero el método a elegir dependerá de la especie y de la forma de alimentación de los animales a suplementar. La vía oral es una de las más utilizadas, requiere repeticiones diarias lo que la hace inviable para el uso en gran escala. Se han utilizado preparaciones con vidrio soluble como vehículo para prevención y cura de deficiencias de Cu, Se y Co, el Zn también podría vehiculizarse de esta forma, (Khandaker y Telfer, 1990). Otra forma es mezclar los suplementos con la dieta completa o proveyéndolos en forma separada, en bateas, en el caso de alimentación pastoril (Pechin, 1999).

Otros dispositivos disponibles son los bolos ruminales que liberan Zn, los cuales pueden utilizarse tanto para el tratamiento de la deficiencia de Zn en ovinos como para el eczema facial (Khandaker y Telfer, 1990).

Los bolos Time Capsule® liberan Zn a una velocidad controlada en el rumen, durante 6 semanas, tanto en corderos como ovejas. Los bolos para animales adultos contienen 72 g de óxido de Zn y liberan 28 mg Zn/ kg peso vivo por día. No tienen

partes plásticas ni metálicas y no dejan ningún residuo luego de finalizar la liberación del Zn (AgResearch, New Zealand).

1.3.3.11 Toxicidad

El máximo nivel tolerable fijado para ovinos por NRC, (2005) es de 300 ppm. Los casos de intoxicación reportados provienen de contaminaciones industriales y errores muy groseros de formulación en los suplementos (Pechin, 1999).

Los minerales (Zn y Se) pueden usarse para estimar si el hábitat otorga o no los requerimientos necesarios para el desarrollo de los animales y mantención de sus funciones fisiológicas siempre y cuando hayan permanecido en el mismo hábitat un período de tiempo prolongado (Suttle 2010).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización del ensayo

El trabajo de campo se desarrolló en el período enero-diciembre de 2012, en un establecimiento ganadero, típicamente ovejero de la región Norte del Uruguay, ubicado sobre la ruta nacional N°4, a 120 Km de la ciudad de Salto. Correspondiendo al paraje “Paso del Sauce” departamento de Salto, (31° 33' latitud sur, 56°54'W). Es un establecimiento dedicado a la cría de ovinos Merino Fino, de 967 ha, con suelos de Basalto Superficial, índice CONEAT promedio de 42 (unidad Cuchilla de Hiedo-Paso de los Toros, fundamentalmente Litosoles Subeustricos, suelos del grupo 1.10b en un 89% del área, del grupo 12.12b en un 7% y del grupo BO3.1 en un 4%). Estos suelos son de uso netamente pastoril (MGAP–PRENADER, 2015).

2.2 Manejo de los carneros

El día 31 de enero a un grupo de 75 carneros de raza Merino Australiano se le realizó un estudio de aptitud reproductiva (medida de circunferencia escrotal, condición corporal, edad), extracción y determinación de la calidad del semen, (pruebas macro y microscópicas, color, volumen, movilidad masal y concentración respectivamente; Fernández Abella, 2015) (Anexo 2). Se seleccionaron 21 animales para el ensayo, cada uno identificados mediante caravanas numeradas, homogéneos en cuanto a condición corporal (Jefferies, 1961), edad (6 dientes: 3 años), circunferencia escrotal (34-36 cm) y calidad espermática.

Se determinó la condición corporal según la escala de Jefferies (1961) y para medir la circunferencia escrotal se utilizó una cinta métrica (exactitud $\pm 0,1$ cm), la edad se estimó por la dentición (Fernández Abella, 2015).

A la totalidad de los carneros utilizados en el ensayo se realizó el conteo de huevos por gramo de materia fecal (HPG) utilizando la técnica de Mc Master (Thienpont *et al.*, 1986), para estimar la carga parasitaria de nematodos gastrointestinales en dos oportunidades, día 0 y 60.

El manejo realizado contra parásitos gastrointestinales fue la dosificación al inicio del ensayo con 10mg/kg vía oral de Closantel (Saguicid C-L 10%®, Laboratorio Dispert, Montevideo, Uruguay). Los carneros pastorearon en un mismo potrero de campo natural.

El experimento se enmarcó en el proyecto CSIC-Sector Productivo “Efecto de la suplementación con selenio y/o zinc durante el servicio y parto en el desempeño reproductivo de ovejas Merino Australiano”. Todos los procedimientos fueron evaluados y aprobados por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (CHEA) – UdelaR.

En la Figura 3 se presenta el cronograma de actividades realizadas.

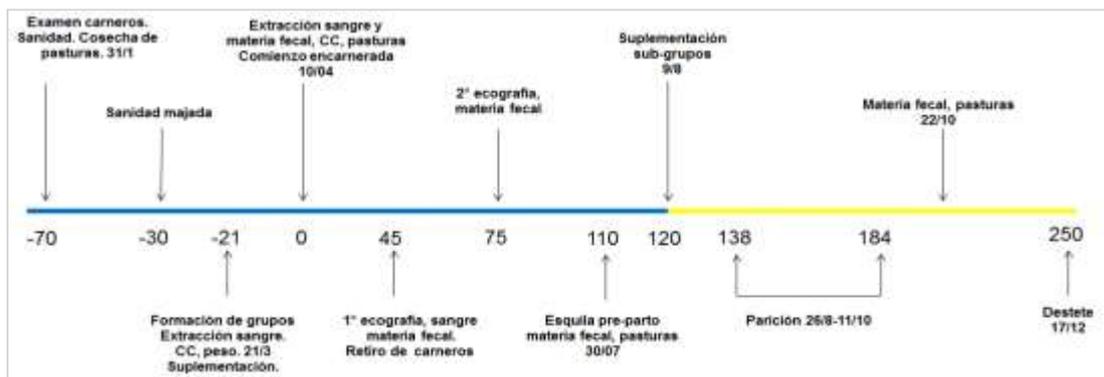


Figura 3 - Cronograma de trabajo.

Suelo: en los potreros donde pastorearon las ovejas se tomaron muestras de suelo. Se utilizó el muestreo aleatorio simple, donde cualquier punto del área bajo estudio posee igual posibilidad de ser seleccionado, siempre considerando que se determinen al azar (Jones, 1975). Se tomaron 5 muestras compuestas de 1,0 Kg cada una, de cada potrero, compuestas por 15 submuestras tomadas con pala, a una profundidad de entre 0-20 cm, cada una de 0,5 Kg que fueron mezcladas en un recipiente para tener las muestras compuestas. Se las colocó dentro de una bolsa de nailon, se identificó, una submuestra fue enviada para realizar el análisis de zinc al laboratorio de suelos del INIA La Estanzuela, y en la otra se realizó el análisis de selenio en Laboratorio Ecotech. Para el caso del zinc se

utilizó la técnica de absorción atómica con horno de grafito (AAS), y para selenio la digestión ácida asistida por microondas de sedimentos (EPA 3051A) Carter (1993).

Agua: se colectaron muestras de agua de las fuentes donde consumían las ovejas, Río Arapey Chico, Cañada, Tajamar y Molino. Se tomaron muestras de 1 litro en cinco puntos diferentes de cada una de las fuentes antes mencionada, en recipientes de vidrio estériles, se mezclaron y se separó una muestra de un litro. Las muestras fueron tomadas a más de un metro de la costa (excepto en el molino). Se rotuló, se conservó refrigerada y se envió al laboratorio de suelos del INIA La Estanzuela para la determinación de zinc, utilizando la técnica de absorción atómica con horno de grafito (AAS), y se determinó selenio mediante la técnica de espectrometría de emisión de plasma acoplada por inducción (ICP-OES), EPA 6010D.

Pasturas: se realizaron muestreos de las pasturas en los potreros donde pastoreaban las ovejas, las mismas se efectuaron a la mitad de cada estación del año (31/1; 10/4; 30/7; 22/10) se utilizó el muestreo aleatorio simple, (Jones, 1975). La cosecha se realizó a mano a ras del suelo, en cada ocasión se tomaron 15 muestras de 0,5 Kg cada una y fueron colocadas en un recipiente, mezcladas y de allí se sacó 1,0 Kg que fueron las muestras que se secaron a 60 °C en estufa de aire forzado durante 48 horas (Van Soest, 1994). Se determinó materia seca (AOAC, 1960), selenio en el Laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía (Espectrometría de Absorción Atómica Electrotérmica (HG) con EAA Analyst Spectrometer 300, Perkin Elmer) y zinc en el laboratorio de suelos del INIA La Estanzuela (Absorción Atómica en horno de grafito).

2.4 Ovejas

El día 9 de febrero, de una majada de 1100 animales Merino Australiano fino, se seleccionaron 694 ovejas aptas para la reproducción, luego de evaluar la dentición, estado de las patas y ubres. Se identificaron mediante caravanas numeradas y fueron desparasitadas con 1mL/10Kg de peso vivo, de ZOLVIX® (Monepantel 2,5%, Laboratorio Novartis).

El 21 de marzo se pesaron los animales, utilizando una balanza marca Toledo con 0,1 kg de precisión. Se determinó la condición corporal (escala de 1 a 5; Jefferies, 1961). En base a estos datos se conformaron los 4 grupos experimentales: selenio (Se), zinc (Zn), selenio y zinc (Se-Zn) y control (C); homogéneos en condición corporal ($3,2 \pm 0,1$ unidades), peso corporal ($38,6 \pm 0,3$ Kg) y edad (dentición; 4 a 6 dientes), (Cuadro 3). Los grupos experimentales estuvieron expuestos a iguales medidas de manejo sanitario, permanecieron en los mismos potreros y pastorearon sobre campo Natural.

Cuadro 3 - Característica de las ovejas según tratamiento.

Grupo	Se	Se-Zn	Zn	Control	p Valor
n =	177	171	173	175	
Dientes	4-6	4-6	4-6	4-6	0,23
C.C.	3,1	3,1	3,2	3,3	0,14
Peso (Kg)	38,4	38,8	38,6	38,5	0,28

2.4.1 Tratamientos

En base al objetivo planteado, la majada de cría de raza Merino australiano seleccionada de 694 animales se dividió en cuatro grupos experimentales (Cuadro 4):

Cuadro 4 - Suplementación pre-encarnerada:

Grupo	Tratamiento
Se	5 mg Se (selenito de sodio s.c.), n= 177
Zn	72 g Oxido de Zn (bolo intra ruminal), n= 171
Se-Zn	5mg Se y 72 g Oxido de Zn, n= 173
Control	Sin Se y Zn (Placebo), n= 175

s.c.: Vía subcutánea; Placebo: suero fisiológico.

Al iniciar el servicio se realizó nuevamente la condición corporal, para evaluar posibles diferencias en su dinámica que pudieran afectar la fertilidad de los animales.

La suplementación se realizó tres semanas previas al comienzo del servicio. La administración de Se se realizó vía subcutánea, se utilizó un producto comercial (Selfos® Plus, Laboratorios Codenor; Cuadro 5), a una dosis de 5 mg/kPV animal

de selenito de sodio. Previamente en el año 2009, se suplementaron grupos de ovejas con los elementos que constituyen el producto por separado y sus combinaciones posibles, observándose que existía diferencia significativa ($p < 0,05$) en el porcentaje de preñez a favor del grupo suplementado con selenito de sodio. La suplementación con Zn se realizó colocando un bolo intraruminal por oveja, de ZnO para animales adultos, de 72 g, los cuales liberan 28 mg Zn/ kg peso vivo por día. La colocación se llevó a cabo de acuerdo al instructivo proporcionado por el fabricante (The Time Capsule, AgResearch, New Zealand).

Cuadro 5 - Composición de Selfos® Plus.

Fórmula	Cantidades
Selenito de Sodio	0,347 g
Vitamina A (Retinol Palmitato)	1200000 U.I
Vitamina D2 (Ergocalciferol)	600000 U.I
Vitamina E (DL- α -Tocoferol Acetato)	2500 U.I
Glicerofosfato de Sodio	30 g
Excipientes c.s.p.	100 mL
Selenito de Sodio	0,347 g

De las ovejas que finalmente quedaron preñadas, tres semanas previas al parto cada grupo fue subdividido en dos y a uno de los subgrupos se les administró Se de la misma forma que el tratamiento anterior (5 mg de selenito de sodio por oveja s.c.), (Cuadro 6).

Cuadro 6 - Suplementación pre-parto.

Grupo	Pre-encarnerada	Pre-parto
Se	5 mg Se	Se 5mg (n= 54)
		Control (n= 101)*
Se-Zn	5 mg Se y 72 g Zn	Se 5mg (n= 49)
		Control (n= 107)*
Zn	72 g Zn	Se 5mg (n= 54)
		Control (n= 98)*
Control	Sin Se y Zn *	Se 5mg (n=48)
		Control (n= 92)*

* Placebo: suero fisiológico.

2.4.2 Análisis sanguíneos

Se colectó muestras de sangre (10 mL) por venopunción de la yugular (Rubianes *et al.*, 1998; Fthenakis *et al.*, 2012) a todas las ovejas de cada tratamiento en los días -21 (21/3); 0 (10/4) y 75 (23/6), considerándose día 0 al comienzo de la encarcerada. Una parte de la misma (5 mL) se trató con anticoagulante (EDTA) para la determinación de Selenio, (Marti *et al.*, 2007), y los otros 5 mL se centrifugaron a 2500 rpm, durante 10 minutos para obtener suero para la determinación de zinc y perfil metabólico (Payne *et al.*, 1970) y conservadas en freezer a -20°C hasta el momento de su uso.

La determinación de selenio en sangre se realizó mediante la dosificación de la actividad de la glutatión peroxidasa presente en el glóbulo rojo de la sangre (GSH-Px), según Ceballos *et al.* (1999), utilizando reactivo comercial de Randox Laboratories, UK.

La determinación de zinc en suero se realizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (AAS), (Magyar, 1982).

Hemoglobina y hematocrito, se utilizó equipo automatizado ABX pentra 80.

Para la determinación de: glicemia, se utilizó método enzimático (glucosa oxidasa). Urea, método cinético enzimático de la glutamato deshidrogenada. Proteínas totales, método colorimétrico de Biuret. Calcio, método colorimétrico del azul de metil timol (en todas ellas se utilizó reactivos de laboratorios Wiener, Rosario, Argentina). Fósforo se utilizó el método del fosfomolibdato, método UV (Laboratorio Human). Todas las técnicas fueron descritas por Todd-Sandford-Davidsohn, 1988, y validadas para rumiantes por Kaneko *et al.*, (1997).

2.4.3 Parámetros reproductivos

El servicio se realizó por monta directa con una dotación de 3% de carneros seleccionados según lo descrito anteriormente (Fernández Abella, 2015).

La fertilidad, carga fetal y pérdidas reproductivas se determinaron mediante ultrasonografía, utilizando ecógrafo Wed 9618, con sondas rectal y convexa de 5,0 y 7,5 MHz a los días 45 y 75 del comienzo del servicio respectivamente.

Entre los días 138 y 184 se controló la parición durante las 24 horas del día. Al parto se registró la fecha, sexo y peso del cordero al nacer. Se registró el tipo de parto (normal, distócico o asistido) y muertes neonatales. Se identificaron los corderos mediante caravanas numeradas, y se identificaron las madres mediante números pintados en el costillar.

2.4.4 Análisis coprológicos

Se estudió la presencia de parásitos gastrointestinales extrayendo muestra de materia fecal directamente del recto, colocándolas en una bolsa de polietileno, se identificaron y se llevaron al laboratorio de Rumiantes del CENUR- Salto, refrigeradas. La estimación de la carga parasitaria se realizó determinando para cada muestra los huevos por gramo (HPG) a través de la técnica de Mc Masters, con una sensibilidad de 50 HPG (Thienpont *et al.*, 1986).

A los efectos de conocer los géneros de nematodos que se encontraron involucrados se realizó lombritest (O'Sullivan y Donald, 1970), e identificación de las larvas (Niec, 1968).

Se determinó carga parasitaria, en las siguientes fechas: 19/3; 9/4; 24/5; 23/6; 18/7 y 22/10, cuando la cantidad promedio de huevos por gramo superó los 400 se dosificó (Fernández Abella *et al.*, 2006). En todos los casos se utilizó como antiparasitario Zolvix® (Monepantel al 2,5%), 1mL/10Kg PV.

2.4.5 Peso al nacer y crecimiento de los corderos

Todos los corderos nacidos vivos o muertos fueron pesados con una balanza marca Walmur (+ 0,050 kg). En todos los corderos vivos se permitió que amamantaran antes, según lo indican Coates y Penning (2000). El 17 de diciembre (día 250), se realizó el destete, se registró nuevamente el peso de los corderos

mediante una balanza marca Walmur (+ 0,05 kg), se estimó el peso ajustado según fecha de nacimiento, para poder establecer comparaciones entre tratamientos.

2.4.6 Esquila

Se realizó esquila preparto al día 90 pos encarnerada (Montossi *et al.*, 2002), se utilizó sistema Tally Hi, y se colocaron capas a las ovejas durante 15 días.

2.4.7 Diseño y tratamiento estadístico

El diseño experimental utilizado fue un Diseño Completamente Aleatorio, 694 ovejas homogéneas (edad, CC, peso), manejo sanitario y alimenticio fue igual para todas durante todo el ensayo.

Tratamientos: 4 grupos (Se; Se-Zn; Zn y Control)

Dada la homogeneidad del material experimental se asignaron los tratamientos aleatoriamente a cada oveja.

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde: y_{ij} = observación del tratamiento “i” en la repetición “j”; μ = media general; τ_i = efecto relativo del tratamiento i-esimo; ε_{ij} = error experimental.

Para la descripción de las variables según tratamiento se utilizaron Anavas comparando efectos relativos de los tratamientos, considerando un modelo mixto, donde los tratamientos fueron los efectos fijos y las ovejas efectos aleatorios.

La variable preñez y el número de corderos nacidos y destetados fueron analizados según un modelo generalizado, ajustándose una distribución binomial. Las medias fueron comparadas con el test de Tukey ($\alpha=5\%$) siempre que fue necesario. Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS, (Montgomery, 2001).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Características del establecimiento

3.1.1 Análisis de suelo, agua y pasturas

3.1.1.1 Selenio en suelo

Los valores obtenidos para las 5 muestras analizadas fueron menores a 0,01 mg/kg de suelo, que es el límite de detección de la técnica utilizada. Los suelos en los que las concentraciones de Se tienen contenidos menores que 0,05 mg/kg son consideradas áreas donde ocurre la deficiencia de Se (NRC, 1996). El suelo del establecimiento tiene deficiencia de este elemento, la zona de estudio está situada en la unidad Cuchilla de Haedo-Paso de los Toros, con suelos de basalto superficial y cristalino, esto concuerda con lo enunciado por Higgs (2004), de que los suelos de origen volcánico presentan bajos niveles de Se, así como lo descrito por McDowell y Conrad (1977) donde coloca a Uruguay dentro de los países donde existe deficiencia de Se en suelo.

El 21% de la superficie del Uruguay está ubicada sobre suelo de Basalto, donde se cría el 45% de la población ovina del país y más específicamente allí se cría el 70% de la población de la raza Merino Australiano (Montossi *et al.*, 2007).

3.1.1.2 Selenio en agua

El contenido de selenio en el agua no representa una proporción importante del total de selenio ingerido por los ovinos (Koller y Exon, 1986). Según la NRC (2005) el valor considerado como adecuado de selenio en agua para rumiantes es entre 0,1 y 0,5 µg/l.

Los niveles de selenio en agua obtenidos en nuestro estudio no pudieron ser cuantificados debido a que el valor estuvo por debajo de 0,1 µg/l que es el valor de detección de la técnica.

3.1.1.3 Selenio en pasturas

En el Cuadro 7 se muestra la concentración de selenio en las pasturas del establecimiento Paso del Sauce, los resultados obtenidos se encuentran del rango requerido para ovejas gestantes que es de 0,3 a 0,6 mg/kg de dieta (NRC, 2001), excepto en el otoño, siendo estadísticamente diferente a las de las otras estaciones ($p < 0,05$).

Cuadro 7 - Valor de selenio en pasturas según estación del año.

Estación del año	mg Se/kg MF
Verano (31/1)	0,4219 ^a
Otoño (10/4)	0,2735 ^b
Invierno (30/7)	0,4267 ^a
Primavera (22/10)	0,4831 ^a

Letras diferentes ($p < 0,05$)

La referencia nacional de contenido de Se en pasturas, corresponde a pasturas sembradas. Podestá *et al.* (1977) encontraron valores entre 0,045 y 0,09 mg/Kg MF en una pastura mezcla de tréboles blanco y subterráneo (Ungerfeld, 1998).

Lalman (2004) señala que la mayoría de los forrajes están por debajo de niveles recomendados para la alimentación ovina. Según lo analizado por McDowell y Conrad (1977), citado por Ungerfeld (1998) coloca al Uruguay dentro del grupo de países donde ocurren deficiencias de Se. Esto también coincide con lo descrito por Andrews *et al.* (1968) donde se describen regiones en Nueva Zelandia, donde las pasturas que se encuentran sobre suelos de basalto que son deficientes en selenio.

Según Underwood (1981) en suelos deficientes las diferencias entre plantas desaparecen y el estatus nutricional de los animales puede predecirse con confianza conociendo los niveles en el suelo o en la pastura. Sin embargo, de todo el selenio que está presente en el suelo, sólo se absorbe una parte por las plantas, Rosemary (1990) informó que las concentraciones de Se en los forrajes usualmente son un buen indicador de cómo se debe clasificar un área deficiente en selenio.

Los requerimientos mínimos de Selenio tienen cierta variación de acuerdo a la forma en que es ingerido el Selenio y a otros factores de la dieta. Es conocido también que consumos altos de sulfatos reducen la disponibilidad del Selenio para los animales, de tal manera que los requerimientos de Selenio serán mayores cuando exista un alto consumo de sulfatos que cuando este sea bajo (McDowell et al., 1984).

3.1.1.4 Zinc en suelo

El análisis de zinc en suelo de los potreros donde pastorearon las ovejas mostró niveles entre 0,52 y 0,74 mg/kg. (Cuadro 8).

Valores por debajo de 1,6 mg de zinc /kg de suelo es considerado como muy bajo (Parra y Espinoza, 2007), y según Navarro y Navarro (2000), en los suelos de basalto el Zn disponible para las plantas se encuentra por debajo de las 1,0 mg/kg suelo, lo que coincide con lo hallado en nuestro trabajo.

Cuadro 8 - Valor de zinc en suelo del establecimiento Paso del Sauce.

Muestra de suelo	mg Zn/kg suelo
1	0,73
2	0,69
3	0,74
4	0,66
5	0,52

Las deficiencias de zinc que ocurren naturalmente en los herbívoros están asociadas con regiones específicas y directamente relacionadas con las características del suelo. Actualmente, se considera que una carencia marginal de Zn, sin manifestación de signos clínicos en lanares en pastoreo sobre suelos carenciales, es más generalizada de lo que se creía, (Underwood, 1981).

Si bien los ovinos consumen suelo, este tipo de suelo no aportaría para cubrir las necesidades básicas de los mismos, esto concuerda con lo descrito por Grace (2006), que no observó cambios en la concentración de oligoelementos en sangre como resultado de la ingestión de suelo en zonas carenciales.

3.1.1.5 Zinc en agua

De todas las fuentes de agua que cuenta el establecimiento se analizó la concentración de zinc (Cuadro 9).

Cuadro 9 - Zinc en agua de las distintas fuentes del establecimiento.

Fuentes de agua	mg Zn/L
Río Arapey Chico	< 0,5
Cañada	< 0,5
Tajamar	< 0,5
Molino	< 0,5

Se ha reportado como valor adecuado en el agua de consumo para animales entre 0,6 y 0,7 mg/L (Eisler, 1993). Todas las fuentes de agua disponibles en el establecimiento presentaron valores por debajo, 0,5 mg/L que es el límite de detección de la técnica utilizada.

3.1.1.6 Zinc en pasturas

Se analizó zinc en las muestras de pasturas cosechadas, los valores obtenidos se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 10 - Valores de zinc en pasturas según época del año.

Estación del año	mg Zn/kg MS
Verano (31/1)	14,3
Otoño (10/4)	12,4
Invierno (30/7)	15,1
Primavera (22/10)	10,5

Según Mufarrege (2000), el valor adecuado de zinc para las pasturas es de 20 mg/Kg MS, según McDowell (1992) valores por debajo de dicho valor se consideran como netamente deficientes, de acuerdo a ello los valores obtenidos en el establecimiento son en durante todo el año deficientes. Los valores de zinc obtenidos en las estaciones del año no concuerda con lo descrito por Ungerfeld (1998) quien sostiene que la concentración de Zn varía considerablemente con la edad de la planta, el clima y época del año. Generalmente se observa un aumento en

la concentración de zinc en las plantas en otoño e invierno, un posterior descenso en primavera y un mínimo en verano.

Por otra parte Metson *et al.* (1979) y Towers y Grace (1983), no notaron influencias claras en el contenido de zinc en las pasturas en las diferentes estaciones del año, esto coincide con lo encontrado en este experimento.

Orcasberro y Alonso (1990) basados en resultados de 434 muestras de varios autores, reportaron un resumen de la literatura agrupados por región geográfica, las pasturas sobre Cristalino presentaron valores de zinc de 12 mg/Kg MS, y sobre Basalto de 18 mg/Kg MS, lo cual no difiere mucho con los valores hallados en el establecimiento Paso del Sauce (Cuadro 10).

Con los valores encontrados en las pasturas del establecimiento los animales no satisfacen sus necesidades de este mineral durante todo el año.

3.1.2 Ovejas

3.1.2.1 Parásitos gastrointestinales

En el Cuadro 8 se muestra los resultados obtenidos para cada una de las determinaciones de carga de parásitos gastrointestinales en la majada. El aumento de los HPG registrado al día 195 coincide con lo expresado por Nari y Cardozo (1987) donde mencionan que en ovejas de cría el incremento en la eliminación de los huevos de nematodos gastrointestinales en materia fecal alcanza el valor máximo entre la 6^o y 8^o semana posparto aproximadamente, y se atribuye al fenómeno denominado “Alza de Lactación”.

En el lombritest realizado el día 12 de marzo el resultado que se obtuvo fue: 81% *Haemonchus* spp, 12% *Trichostrongylus* y 7% *Ostertagia*. Las temperaturas registradas en el mes de febrero proporcionaron un verano con condiciones climáticas posiblemente favorables para el desarrollo de *Haemonchus* spp. (Fiel, 2005).

La importancia de mantener baja la carga parasitaria es fundamental para no comprometer la actividad reproductiva y evitar que las ovejas expresen su mayor potencial reproductivo. Cuando la cantidad promedio de huevos por gramo superó los 400 los animales fueron dosificados (Fernández Abella *et al.* 2008).

Cuadro 11 - Carga de parásitos gastrointestinales en la majada (HPG).

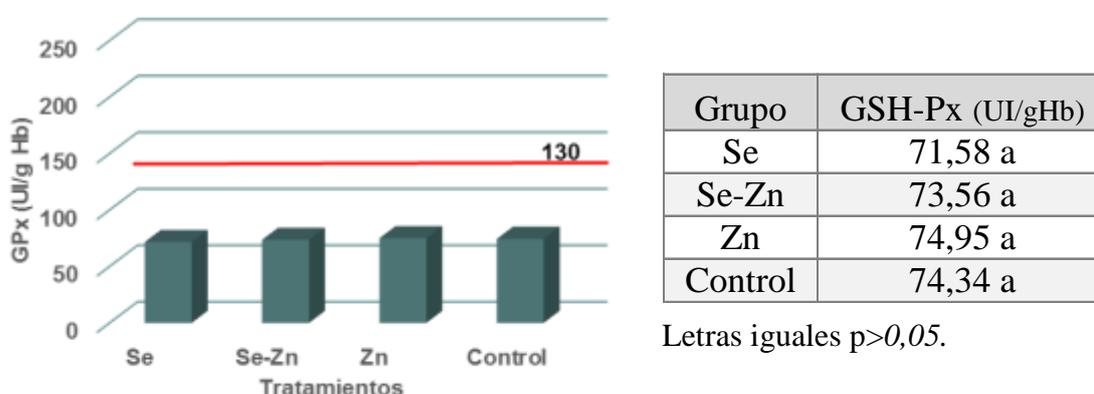
Fecha	Días Muestreo	Mínimo	Máximo	Promedio
21/3	-30	150	310	230 *
10/4	0	0	50	< 50
25/5	45	0	100	60
25/6	75	256	615	480 *
30/7	110	270	640	450 *
22/10	195	700	1640	1170 *

*Dosificación con Monepantel al 2,5%.

3.1.2.2 Glutación peroxidasa en sangre

Los valores de GSH-Px en sangre de las ovejas, previo a la suplementación, día -21 del calendario, fueron carenciales (Figura 4), correspondiendo a valores de marginal bajo según Randox Laboratories (1996). Entre los cuatro grupos de tratamientos no hubo diferencia significativa ($p>0,05$), lo que confirma que se trata de una majada homogénea considerando este parámetro.

Estos valores muestran desbalances metabólicos de Se, sin la presentación de signos clínicos relacionados con la deficiencia de este elemento. La deficiencia de Se es debida a un bajo contenido del mineral en las pasturas, puesto que las ovejas no recibieron ningún suplemento.



Letras iguales $p>0,05$.

Figura 4 - Concentración sanguínea basal de GSH-Px según tratamiento.

Como se ha descrito por Langlands *et al.* (1981); Gissel-Nielsen *et al.* (1984) el contenido y disponibilidad de Se en el suelo determinará su concentración en el forraje y éste a su vez regula la concentración sanguínea y tisular de Se en el animal a pastoreo. Los resultados encontrados en el contenido de selenio en el suelo (menor a 0,1 mg/kg) y en las pasturas del establecimiento (Cuadro 7), mostraron valores considerados como marginales para el ganado ovino (NRC, 2001), esto se ve también en los valores encontrados para GSH-Px, considerándose como valor adecuado superior a 130 UI/gHb Randox Laboratories (1996).

Al día cero del cronograma los grupos suplementados con Se (Se y Se-Zn) lograron valores adecuados (231,14 y 186,66 UI/gHb respectivamente), presentando diferencia significativa ($p < 0,05$) con los grupos no suplementados, (73,48 y 74,31 para los grupos Zn y Control) Figura 5.

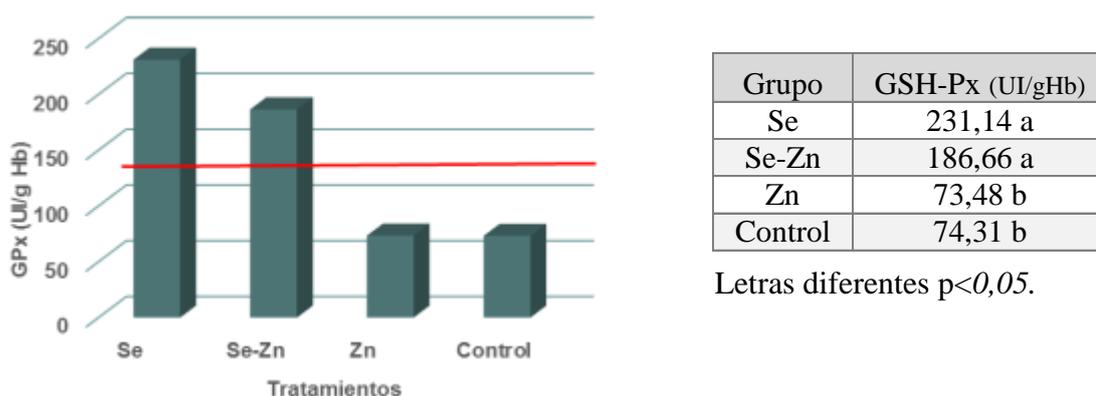


Figura 5 - Concentración sanguínea de GSH-Px, 21 días post suplementación.

La suplementación mediante inyección subcutánea de selenito de sodio, produjo un aumento de la actividad sanguínea de GSH-Px en las ovejas de los grupos Se y Se-Zn, alcanzándose valores adecuados para dichos grupos al día 45. No hubo diferencia significativa entre ambos grupos ($p > 0,05$), encontrándose diferencia ($p < 0,05$) con los grupos Zinc y control. McDowell (1992) describen que el aumento en la actividad sanguínea de GSH-Px ocurre en un lapso de 1 a 4 semanas, ya que el aumento de la concentración orgánica de Se no conduce a la síntesis inmediata de la enzima, sino que está asociada a su incorporación a los eritrocitos en el proceso de eritropoyesis según Knight y Sunde (1988).

Este aumento en la actividad de la GSH-Px en las ovejas tratadas, nos indica que la dosis empleada fue adecuada para superar la deficiencia de Se. En las ovejas control y tratadas sólo con zinc no se observó dicho incremento, a pesar de estar expuestas al mismo manejo sanitario y alimenticio, comprobando así que el aumento significativo de la actividad de GSH-Px obtenida en los grupos tratados estuvo determinada por la suplementación con selenito de sodio.

Los resultados obtenidos en este experimento coinciden también con lo descrito por Milad *et al.* (2001), donde la concentración de la glutatión peroxidasa en sangre de los ovinos se incrementó a niveles normales tres semanas después de ser suplementadas con selenio, y con Mendoza (2008) quien reporto un aumento ($p < 0,05$) de la actividad de la GSH-PX en sangre, en ovejas suplementadas con selenio respecto a las no suplementadas.

Al día 45 del cronograma, el valor de GSH-Px en los grupos suplementados con Se se mantuvieron en niveles superiores ($p < 0,05$) a los grupos no suplementados. Correspondiendo a valores del rango marginal para el grupo Se (119,43 UI/gHb) y marginal bajo para el grupo Se-Zn (98,94 UI/gHb) Figura 6.

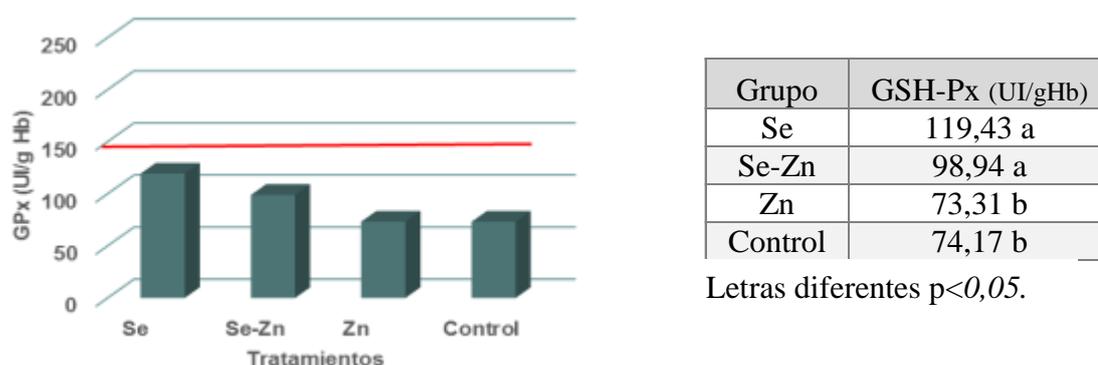


Figura 6- Concentración sanguínea de GSH-Px 45 días post suplementación.

Acorde a la vida media de los eritrocitos, la actividad de GSH-Px medida en sangre refleja el balance nutricional de Se de los últimos 2 meses, período en el cual las ovejas sólo recibieron una dosis de selenio y luego pastorearon campo natural. En ese período el selenio administrado fue metabolizado y al no mantenerse el aporte y tener una dieta carencial en dicho elemento, comenzó a descender el nivel sanguíneo, cayendo a valores por debajo de lo adecuado al cabo de dos meses. Según

Lopez Alonso *et al.* (1997); Gabryszu y klewicz (2002) en la etapa de concepción, gestación pre y posparto, la deficiencia de Se reviste la mayor importancia sanitaria-productiva asociado al estrés oxidativo en ovejas.

La baja concentración de Se en los suelos encontrada, así como la ingestión de forrajes deficientes en este elemento en las pasturas durante todo el año induce la carencia del elemento en los animales, que se manifiesta si no se mantiene la suplementación cada 60 días. Esto coincide con las recomendaciones para sitios carenciales de la NRC (1985). Las ovejas se adaptan a las cantidades mínimas de Se en el ecosistema, como se refleja en las bajas concentraciones séricas del elemento, sin manifestar signos clínicos de dicha deficiencia.

En la región, Mufarrege (1999) considera para la Argentina que la suplementación con Se parecería ser una técnica que tiene buenas perspectivas, pero que de acuerdo con Ruksan (1985), es necesario continuar las investigaciones para confirmar resultados y definir las áreas del país donde este oligoelemento es más relevante.

Por otra parte Barcellos *et al.* (2003), afirman que para Río Grande do Sul, raras veces la carencia del elemento es tan severa como para provocar la enfermedad del músculo blanco, pero que ocurren deficiencias subclínicas que frecuentemente afectan la eficiencia de producción, reproducción y salud de los animales.

3.1.2.3 Zinc en sangre

Como se observa en la Figura 7, la media para los valores de zinc en sangre de todos los grupos de ovejas, previo a la suplementación, correspondiente al día -21 del calendario, fueron carenciales encontrándose valores por debajo de 0,8 ug/ml, no encontrándose diferencia significativa ($p>0,05$), entre los grupos.

A pesar del desbalance metabólicos de zinc encontrado en las ovejas éstas no presentaban signos clínicos relacionados con la deficiencia de este elemento ocurrida en forma natural, esto concuerda con lo descrito por McDowell (1992).

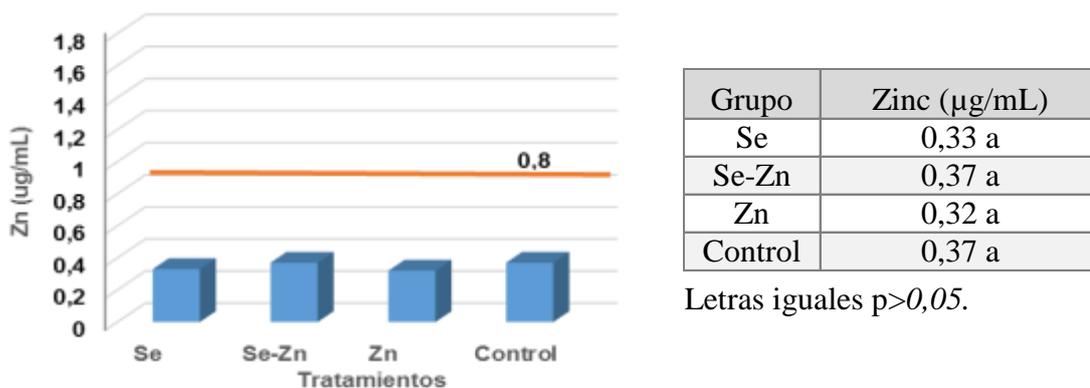


Figura 7 - Concentración sanguínea basal de zinc según tratamiento.

Para detectar deficiencias de zinc en los rumiantes lo recomendable es combinar el análisis del elemento en suero y en el alimento que consumen. McDowell (1992), sostiene que en los rumiantes los valores de zinc en suero por debajo de 0,6 mg/ml pueden considerarse como deficientes, entre 0,6 y 0,8 como marginales y entre 0,8 y 1,2 como normales, pero deben combinarse con determinación de zinc en forrajes. Los resultados encontrados en este experimento mostraron valores deficientes para ambos (Figura 7).

A los 21 días pos suplementación los valores de zinc en sangre para las ovejas de los grupos Se-Zn y Zn fueron de 1,81 y 1,85 µg/mL respectivamente y significativamente diferente ($p < 0,05$) respecto a los grupos Se y Control (Tabla 8).

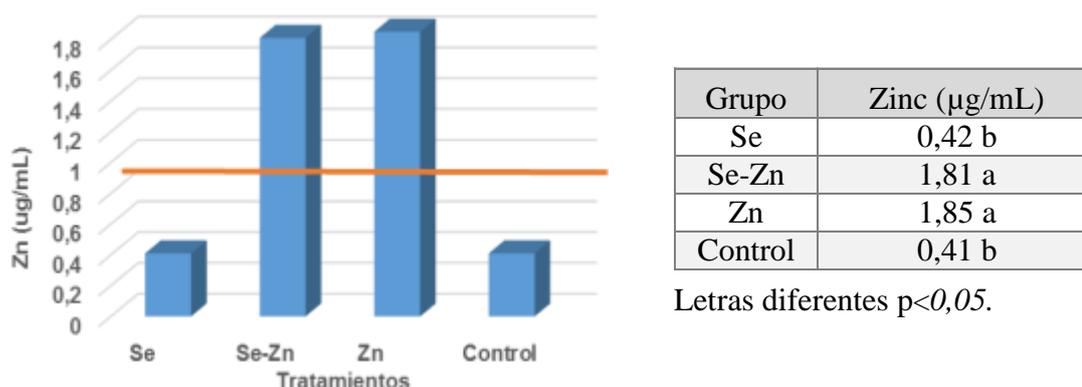


Figura 8 - Concentración sanguínea de zinc, 21 días pos suplementación.

La suplementación se realizó con bolos de liberación lenta lo que permite mantener niveles de zinc en el tracto digestivo durante 60 días aproximadamente.

El porcentaje de zinc dietario absorbido dependerá de la cantidad de zinc de la dieta y de los requerimientos del animal, que a su vez son determinados por el status previo del animal, su estado fisiológico y el tipo y nivel de producción. Menard y Cousin (1983), encontraron que la velocidad de absorción del zinc por parte del intestino delgado era el doble en ratas deficientes que en aquellas que eran suficientes, y esto se debe a un aumento en el número de receptores que podían capturar el elemento libre o unido a ligandos de bajo peso molecular, y conservar durante un período de tiempo su capacidad de absorción aumentada. Esto concuerda con lo encontrado en el experimento donde las ovejas previo a la suplementación estaban en un estatus carencial, a los 21 días de ser suplementadas mostraron valores superiores a los normales debido a esa capacidad de absorción aumentada.

Según White *et al.* (1992), un excelente criterio práctico para confirmar el diagnóstico de la deficiencia de zinc, es la respuesta al tratamiento en referencia a la suplementación, y la respuesta a los problemas específicos relacionados con la deficiencia.

Al día 45 pos suplementación (Figura 9), la media de los valores de zinc para los grupos suplementados presentaron valores dentro del rango normal 1,22 y 1,02 $\mu\text{g}/\text{mL}$ siendo significativamente ($p < 0,05$) respecto de los grupos no suplementados, 0,42 y 0,40 $\mu\text{g}/\text{mL}$ para grupo Se y Control respectivamente.

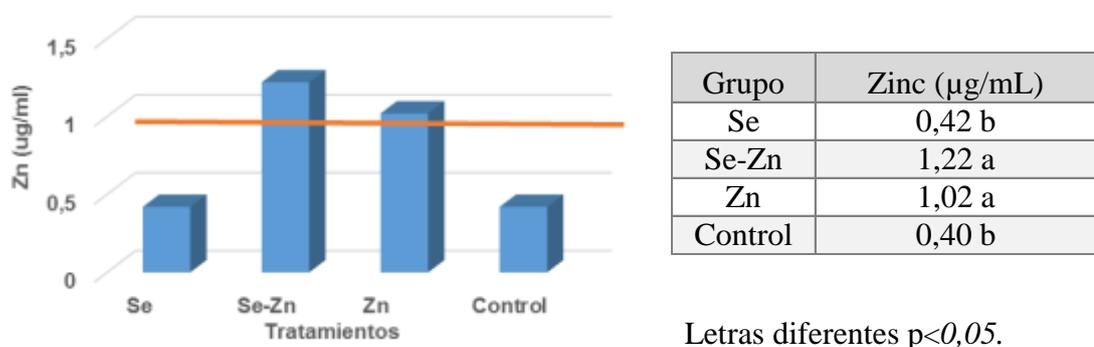


Figura 9 - Concentración sanguínea de zinc, 45 días pos suplementación.

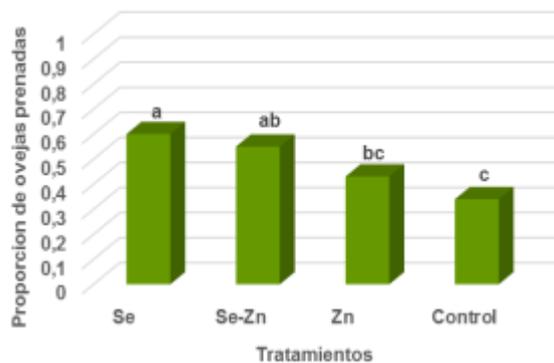
Las ovejas que fueron utilizadas en este experimento, no habían ingerido suplemento alguno, lo que se pudo confirmar en sus valores basales. Luego del agregado de los bolos los valores sanguíneos de zinc aumentaron notoriamente, lo que se pudo observar en la determinación realizada el día 21.

Los niveles de zinc en sangre en el día 45 pos suplementación, descendieron respecto al valor anterior, pero se mantuvieron dentro del rango de valores normales. Estos resultados, concuerdan con lo encontrado por Kincaid y Cronrath (1979), al suplementar con zinc terneros deficientes, quienes indican que la capacidad de unión del zinc al plasma se reducía a medida que transcurría el tiempo y los valores sanguíneos descendían.

Debido al carencial encontrado en suelo y forrajes del establecimiento, el descenso de los valores encontrados concuerdan con lo descrito por Suttle (2010); quien postula que la homeostasis del Zn es controlada a nivel de la absorción intestinal y no se reconoce un exclusivo órgano de reserva, distribuyéndose ampliamente en los tejidos del hígado, riñón, músculo, corazón y bazo. Los tejidos no tienen la capacidad de mantener una zinquemia en niveles fisiológicos en el largo plazo, cuando la carencia en la ingesta es sostenida.

3.1.2.4 Preñez

En la Figura 10, se muestran agrupados por tratamiento los porcentajes de preñez alcanzados a los 45 días de comenzada la encarnerada. Se observó que el grupo suplementado con Se presentó el mayor número de ovejas preñadas (60,5%), y el grupo control el menor valor (33,7%). Los grupos suplementados con Se presentaron diferencias significativas con el grupo control, el grupo Se-Zn no mostró diferencia significativa con los grupos Se y Zn respectivamente y la diferencia entre los grupos Zn y control no fue significativa. Las ovejas suplementadas con selenio fueron las que lograron mayor porcentaje de preñez en los primeros 15 días de servicios.



Grupo	n	Preñada eco 1
Se	177	60,5% a
Se-Zn	171	54,4% ab
Zn	173	42,8% bc
Control	175	33,7% c

Letras diferentes $p < 0,05$.

Figura 10 - Porcentaje de preñez a los 45 días de encarnerada según tratamiento.

Esto concuerda con lo observado por Agarwal *et al.* (2005), que describe que la acción antioxidante de la GSH-Px, se refleja en el proceso mismo de la ovulación, protegiendo al oocito del daño oxidativo generado por los procesos intrínsecos de la ruptura folicular y de la acción de enzimas proteolíticas presentes en el lumen del cuerno uterino. En casos de deficiencia de selenio se pueden observar incremento en el porcentaje de abortos y muerte embrionaria temprana, número de natimueertos, así como incremento en la presentación de ovarios quísticos, celos silentes o erráticos.

En el mismo sentido, McDowell *et al.* (1997) trabajando con ovejas que pastorearon pastizales con bajos niveles de selenio y otras suplementadas con selenio aumentó la tasa de concepción del 49 al 76%, y encontraron diferencias significativas cuando compararon las pérdidas embrionarias a los 30 días de gestación; entre las ovejas gestantes no tratadas y las suplementadas con selenio.

Hemingway, 2003, suplementando ovejas con selenio logro incrementos en la fertilidad, debido al mayor número de espermatozoides adheridos a la pelúcida, como consecuencia de un número mayor de las contracciones uterinas que produce una mayor motilidad del esperma.

En ovejas Merino, Koyuncu y Yerlikaya (2007) demostraron que el selenio aumenta el porcentaje de ovejas en celo y la prolificidad de las mismas.

Respecto al Zn, MacDonald (2000) mostró que la presencia a nivel celular es esencial, por ejemplo en las gónadas, donde la división y crecimiento se produce de manera continua. En consecuencia, una deficiencia de Zn podría afectar seriamente los eventos reproductivos en la mayoría de las especies, por ejemplo, en las hembras, podría afectarlas en cualquier fase de los procesos reproductivos: estró, gestación o lactancia.

Según Robinson *et al.* (2006) el Zn juega un papel clave en el mantenimiento del epitelio de los órganos reproductores de la hembra, que es necesario para la implantación embrionaria.

Al final de la encarnada los porcentajes de preñez que se lograron por grupo de suplementación destacan la diferencia existente entre los tres grupos suplementados y el testigo. Este comportamiento se explica básicamente por la suplementación que recibieron las ovejas de dichos grupos, lo que les permitió preñarse y mantener el embrión hasta este momento.

Como se puede observar las ovejas suplementadas con selenio lograron el mayor porcentaje de preñez (96,2%), seguido de los grupos Se-Zn y Zn (94,2% para ambos) $p > 0,05$, y 85,6% para el grupo testigo siendo este porcentaje significativamente diferente a los anteriores.

En la Figura 11, se muestran agrupados por tratamiento los porcentajes de preñez alcanzados en la encarnada. No se encontró diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los grupos suplementados, pero sí de éstos con el grupo control. Los grupos suplementados presentaron valores de 10,6 % para el caso del grupo Se, y de 8,6% para los grupos Se-Zn y Zn superior al grupo control. El porcentaje de preñez del grupo control, corresponde con los valores obtenidos en el establecimiento en los últimos 5 años

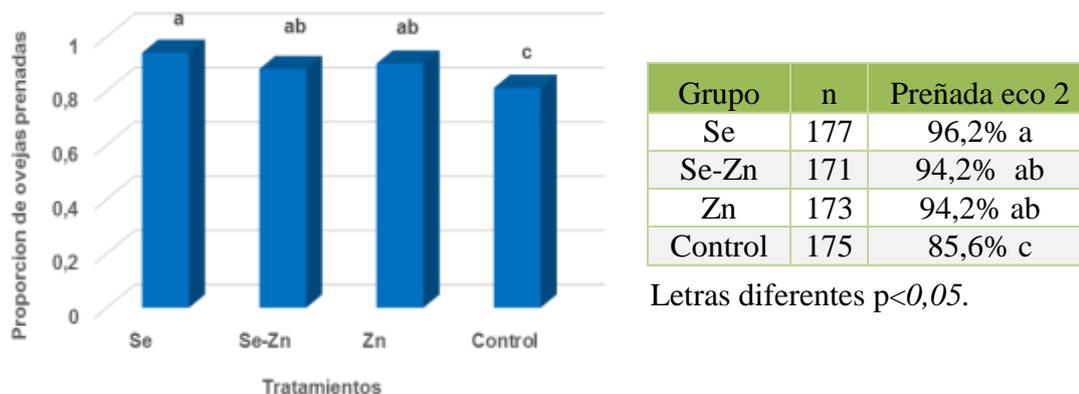


Figura 11 - Porcentaje de preñez obtenido en la encarnerada según tratamiento.

Las gestaciones múltiples (mellizos), que se observaron mediante la ultrasonografía, se dieron en el 4% de las ovejas del grupo Se-Zn (7 ovejas), y 7% en el grupo Zn (12 ovejas), sólo 2 ovejas del grupo Se-Zn con gestación de mellizos parieron los mismos y 5 del grupo Zn, y al momento del destete una sola oveja en cada grupo pudo criar a ambos. El establecimiento registra anualmente muy bajo porcentaje de mellizos (1 al 2%), con las suplementaciones realizadas no se logró aumentar dicho porcentaje al momento del destete. Bancharo y Quintans (2005) explican que en Merino Australiano se observa una capacidad disminuida de criar más de un cordero.

3.1.2.5 Corderos

En el Cuadro 12, se observa el porcentaje de corderos nacidos vivos del total de ovejas diagnosticadas como gestantes en las ecografías. Los grupos Se y Se-Zn son los que logran mayores valores ($p < 0,05$), siendo el grupo Zn el que registró el menor valor.

Cuadro 12 - Porcentaje de corderos nacidos y destetados según tratamiento

Variable	Se	Se-Zn	Zn	Control
Corderos nacidos %	93 a	93 a	77 c	84 b
Muertes hasta destete %	14 a	22 b	11 a	14 a
% de destete	76 a	63 ab	62 ab	58 c

Letras diferentes $p < 0,05$.

Estos resultados no concuerdan con lo descrito por Smith y Akinbamijo (2000), donde señalan que la deficiencia de zinc afecta la gestación. Por otra parte si se

comparan el grupo Se-Zn y el grupo Zn, los porcentajes de nacimientos son significativamente diferentes a pesar de presentar valores de zinc en suero similares en las determinaciones realizadas. No se ha encontrado en la reportes en la bibliografía de ensayos donde se suplementen ovejas de acuerdo al protocolo utilizado con estos dos oligoelementos, y se haya estudiado la sinergia del metabolismo de los mismos, lo que pudiera explicar los resultados obtenidos. Los mecanismos de acción por la que estos micronutrientes afectan la reproducción de los ovinos, según Wilkins y Wilkins (2002) y Zatta y Frank (2007) no está bien entendidos principalmente debido a la complejidad en el modo de acción y a la relación de las metalobiomoléculas y de las neurohormonales.

La mortalidad de corderos en el período analizado se encuentra en torno al 10%, coincidiendo con lo encontrado en la bibliografía para los rangos de peso óptimo, excepto para el grupo Se-Zn que fue del 22% siendo significativamente diferente ($p < 0,05$) al resto de los grupos.

Dada las características de la majada y del ensayo, se podría inferir que otros factores podrían también estar influenciando en este grupo, entre ellos el comportamiento materno, en el caso de la oveja la conducta maternal se relaciona con la presentación del parto así como los cambios a nivel fisiológico que este provoca (principalmente hormonales y estímulos que el cordero provoca en su pasaje por el canal de parto) (Gómez, 2010), además existen otros factores que estarían afectando el comportamiento materno: tipo de parto, experiencias anteriores, clima.

Cuadro 13 - Peso corderos al nacer al destete y producción total de carne.

Variable	Se	Se-Zn	Zn	Control
Peso nacimiento Kg	4,440 ab	4,490 ab	4,520 a	4,370 b
Peso destete Kg	17,190 a	17,260 a	17,550 a	17,180 a
Producción total de carne Kg	17,190 b	17,540 ab	18,150 a	17,180 b

Letras diferentes $p < 0,05$.

En el Cuadro 13, se observan los promedios de los pesos al nacer de los corderos hijos de madres que pertenecían a los diferentes grupos. Los corderos más

pesados se obtuvieron con el tratamiento de Zn, seguido por Se-Zn y Se y finalmente por el grupo control, entre grupo Zn y Control ($p < 0,05$).

Los pesos promedios de los corderos al nacimiento se encuentran dentro de lo definido como peso óptimo para la raza Merino por Fernández Abella (1995), que es de 4,540 Kg con un rango entre 4,200-4,800Kg.

La característica que afectan significativamente a la sobrevida según Fernández Abella (1985a), es el peso vivo al nacimiento, para el presente ensayo no se observaron problemas con bajo peso en general todos los grupos estuvieron dentro del rango óptimo con una variación de peso que no estuvo por fuera del rango para la raza. Respecto al sexo no se encontró diferencias en la mortalidad de corderos, estos resultados están de acuerdo con los datos obtenidos por Fernández Abella (1985b) en similares condiciones (Basalto superficial). Es importante aclarar que si bien la asistencia al parto no fue significativa en un 3% de los casos fue necesaria y esto puede repercutir en la sobrevida de los corderos.

Al destete no se observó diferencia en el promedio de peso de los corderos entre los grupos, esto concuerda con lo hallado por Ganzábal y Echevarría (2005), que describen que los factores que afectan significativamente el peso al destete son: el biotipo materno, edad de la oveja y tipo de parto.

La determinación del peso al destete se corrigió de acuerdo a la edad de los corderos, ésta variable no fue significativa al destete ya que hay factores que afectan al animal en las primeras semanas o meses de vida y que posteriormente a medida que el cordero crece se van diluyendo. El ambiente donde pastorearon las ovejas y se desarrollaron los corderos fue similar para todos.

La producción total de carne por oveja fue mayor para el caso del grupo suplementado con Zn (18,150 Kg) seguidos de los grupos Se-Zn (17,540); Se (17,190) y Control (17,180), siendo significativamente diferente para los grupos que contenían Zn respecto a los grupos Se y Control.

Durante la gestación tanto la madre como el feto son muy susceptibles a desequilibrios de micronutrientes de la dieta (Gürdogan *et al.*, 2006; Ghany-Hefnawy *et al.*, 2007). Se sabe que el déficit de zinc durante la gestación en humanos, tiene una repercusión negativa en el sistema endócrino, condicionando, entre otras manifestaciones clínicas, un fallo en el crecimiento (Milner, 1990) y que la administración de suplementos de zinc logra mejorar la tasa de crecimiento pos nacimientos en estos pacientes (Cheruvanky *et al.*, 1982).

Los estudios en animales en etapa pos natal, deficientes en Zn han demostrado que uno de los mecanismos implicados en el retardo del crecimiento y bajo peso es la baja concentración de los niveles circulantes de IGF-I, observando cómo se incrementan cuando el zinc es aportado.

Según Ahola *et al.* (2004) los kilogramos de la progenie destetada por hembra expuesta a suplementación con oligoelementos puede verse afectada tanto por el suplemento mineral traza como por la fuente, esto podría explicar en parte los resultados obtenidos en este experimento.

Respecto a la parición se observó que el 58% de las ovejas preñadas del grupo Se, parieron dentro de los primeros 20 días de iniciada la misma, el grupo Se-Zn tuvo un comportamiento similar dentro de los primeros 40 días con un marcado descenso al día 50, algo similar con un pico al día 30 se observó en el grupo Zn; sin embargo en el grupo testigo el 53% de las ovejas parieron entre el día 40 y 50. Esto coincide con lo observado en la primer ultrasonografía donde las ovejas del grupo Se presentaron mayor porcentaje de preñez.

La suplementación con selenio logra concentrar la parición al principio de la misma y la totalidad de la parición ocurre dentro de los 40 días, evitando de esta manera el fenómeno denominado ill- thrift que se da en los corderos más livianos de cola de parición, que fue descrito por Scott *et al.* (1976).

Al estudiar el peso de los corderos al nacimiento respecto a la suplementación pre parto con selenio, no se encontró diferencia significativa ($p>0,05$) cuando se

consideraron los efectos de tratamientos, suplementación con selenio e interacción entre ellos, la media para todos los grupos fue de 4,450 Kg con un CV de 10,7%.

Sin embargo la producción total de carne por oveja mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) cuando se estudia el efecto tratamiento, grupo Zn versus el resto de los tratamientos, y la interacción de la suplementación con selenio pre parto en el grupo Zn, respecto a los otros grupos (Cuadro 14).

Cuadro 14 - Producción total de carne según tratamiento y suplementación pre-parto con selenio.

Grupos	Pre encarnerada	Pre parto	Producción total de carne Kg/oveja
Se:	5 mg Se	Se 5mg	16,84 b
		Sin Se	17,36 b
Se-Zn:	5 mg Se y 72 g Zn	Se 5mg	17,66 b
		Sin Se	17,47 b
Zn:	72 g Zn	Se 5mg	18,88 a
		Sin Se	17,73 ab
Control:	Sin Se y Sin Zn	Se 5mg	17,43 b
		Sin Se	17,06 b

Letras diferentes $p < 0,05$.

En tres momentos del ensayo (días -21; 0 y 45) se realizó estudio de perfil metabólico en sangre de todas las ovejas. Para todos los parámetros estudiados se obtuvieron valores considerados normales para la especie ovina y la raza Merino Australiano, no se observó diferencia entre los diferentes tratamientos.

4. CONCLUSIONES

- Bajo nuestras condiciones de trabajo con una majada comercial Merino Australiano, similar a las existentes en la zona de basalto con buen manejo sanitario; se lograron resultados que permiten formular las siguientes conclusiones:
 - La concentración de selenio y zinc en sangre en las ovejas del establecimiento Paso del Sauce, ubicado en el Norte del Uruguay son carenciales.
 - Suelo, agua y pasturas presentan valores carenciales para zinc.
 - Suelo, agua y para las pasturas de otoño los valores de selenio fueron carenciales.
 - Con el protocolo de suplementación utilizado, se logró valores sanguíneos adecuados de los elementos en estudio.
 - La administración de Se y/o Zn no afectó la tasa ovulatoria, (predio 5 - 8%).
 - Existieron preñeces múltiples en las ovejas que recibieron Zn.
 - Perfil metabólico, principalmente hemoglobina y hematocrito, a medida que avanzó la gestación se mantuvo en valores normales, debido a la sanidad de las ovejas durante todo el período de preñez.

- La suplementación pre-encarnerada con selenio mejoró:
 - El porcentaje de preñez.
 - El porcentaje de corderos destetados.
 - Cola de parición evitando ill-thrift en animales más livianos.
 - Suplementación pre parto con Se en el grupo Zinc produjo más Kg de carne por oveja.

- Se obtuvieron resultados que mejoran la productividad ovina en la región basáltica del Uruguay.

5. **BIBLIOGRAFÍA**

- Agarwal A, Gupta S, Sharma RK. 2005. Role of oxidative stress in female reproduction. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 3: 28-48
- Ahola JK, Baker DS, Burns PD, Mortimer RG, Enns RM, Whittier JC, Geary TW, Engle TE. 2004. Effect of copper, zinc, and manganese supplementation and source on reproduction, mineral status, and performance in grazing beef cattle over a two-year period. *Journal Animal Science*, 82 (8): 2375-83.
- Al-Gubory KH, Bolifraud P, Germain G, Nicole A, Ceballos-Bicot I. 2004. Antioxidant enzymatic defence systems in sheep corpus luteum throughout pregnancy. *Reproduction*, 128: 767-774.
- Alloway BJ. 1995. En: Alloway BJ. (Eds.). *Heavy metals in soils*. London: Blackie Academic & Professionals. (2^a ed.). 368.
- Ammerman CB, Goodrich RD. 1983. Advances in mineral nutrition in ruminants. *Journal of Animal Science*, 57 (Sup 2): 519-533.
- Andrews ED, Hartley WJ, Grant AB. 1968. Selenium-responsive diseases in animals in New Zealand. *New Zealand Journal Veterinary Medicine*, 16: 3-17.
- Anke M, Angelow L, Groppe B, Arnhold W, Gruhn K. 1989. The effect of selenium deficiency on reproduction and milk performance of goats. *Archive Animal Nutrition Berlin*, 39: 483-490.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 1960. *Official methods of international analysis*. 9th Ed., AOAC. Washington USA. 832.
- Apgar J. 1992. Zinc and reproduction: an update. *Journal Nutritional Biochemistry*, 2: 266.
- Apgar J. 1985. Zinc and reproduction. *Annual Reviews of Nutrition*, 5: 43-68.
- Balicka-Ramisz A, Pilarczyk B, Ramisz A, Wiczorek M. 2006. Effect of selenium administration on blood serum Se content and on selected reproductive characteristics of sheep. *ArchivTierzucht*, 49: 176-180.
- Banchemo G, Quintans G. 2005. Alternativas nutricionales y de manejo para aumentar la señalada de la majada en sistemas ganaderos extensivos. En:

- Jornada Anual de Producción Animal (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Treinta y Tres. INIA. 28-33.
- Barcellos JOJ, Wunsch C, Prates ER, Ospina H. 2003. Suplementação mineral de bovinos de corte em ambientes subtropicais. Porto Alegre: UFRGS. 19-51.
- Bell B. 1997. Selenium, Zinc. En: Suttle N. (Eds.). Mineral Nutrition of Livestock. London: CABI. (4th Edition). 377-458.
- Berretta E. 1998. Contenido de minerales en pasturas naturales de basalto. I Especies nativas. En: Seminario de actualización en tecnologías para Basalto. Serie Técnica N° 102. Tacuarembó. INIA. 99-111.
- Burk RF, Hill KE. 1993. Regulation of selenoproteins. Annual Review Nutrition, 13: 65-81.
- Cao J, Henry PR, Guo R, Holwerda RA, Toth JP, Littell RC, Miles RD, Ammerman CB. 2000. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. Journal Animal Science, 78 (8): 2039-54.
- Carter MR. 1993. Soil Sampling and Methods of Analysis. In: M.R. Carter. (Eds.). Soil Sampling and Methods of Analysis. Florida. Lewis Publishers, Boca Raton. (Second Edition). 823.
- Ceballos A, Wittwer FG, Contreras PA, Quiroz E, Böhmwald H. 1999. Actividad de glutatión peroxidasa en bovinos lecheros a pastoreo correlacionada con la concentración sanguínea y plasmática de selenio. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 34: 2331-2338.
- Ceballos A, Wittwer FG, Contreras PA, Bohmwald H. 1998. Actividad sanguínea de glutatión peroxidasa en rebaños lecheros a pastoreo: variación según edad y época del año. Archivos de Medicina Veterinaria, 30 (1): 13-22.
- Chan S, Gerson B, Subramaniam S. 1998. The role of copper, molybdenum, selenium, and zinc in nutrition and health. Clinics in Laboratory Medicine, 18: 673-685.
- Cheruvanky T, Castro-Magana M, Chen, SY, Collipp PJ, Ghavami-Maibodi Z. 1982. Effect of growth hormone on hair, serum, and urine zinc in growth hormone-deficient children. American Journal Clinical Nutrition, 35 (4): 668-70.

- Chirace NK, Hutcheson DP, Thompson GB and Spears JW. 1994. Recovery rates and plasma zinc and copper concentrations of steer calves fed organic and inorganic zinc and manganese source with or without injectable copper and challenged with infectious bovine rhinotracheitis virus. *Journal Animal Science*, 72: 212-219.
- Coates DB, Penning P. 2000. Measuring animal performances. In: 't Mannetje L, Jones RM. (Eds.). *Field and laboratory methods for grassland and animal production research*. Wallingford: CABI Publishing. 353-402.
- Corbellini CN, Mangoni AR, Mattos AC, Auzmendi J. 1997. Efectos de la suplementación con óxido de zinc o metionina-zinc en vacas lecheras marginalmente deficientes. *Revista Médica Veterinaria*, 78: 439-447.
- Cousins RJ, Liuzzi JP, Lichten LA. 2006. Mammalian zinc transport, trafficking, and signals. *Journal Biological Chemistry*, 281 (34): 24085-24089.
- Cristaldi LA, McDowell LR, Buergelt CD, Davis PA, Wilkinson NS, Martin FG. 2005. Tolerance of inorganic selenium in wether sheep. *Small Ruminant Research*, 56: 205-213.
- Cuesta PA, McDowell LR, Kunkle WE. 1995. Effects of high-dose prepartum injections of Se and vitamin E on milk and serum concentrations in ewes. *Small Ruminant Research*, 18: 99-103.
- Davis PA, McDowell LR, Wilkinson NS, Buergelt CD, Van Alstyne R, Weldon RN, Marshall TT. 2006. Tolerance of inorganic selenium by range-type ewes during gestation and lactation. *American Society of Animal Science*, 84: 660-668.
- Egan AR. 1972. Reproductive responses to supplemental zinc and manganese in grazing Dorset Horn ewes. *Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 12: 131-135.
- Eisler R. 1993. *Zinc Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review*. [En línea]. Laurel (MD): U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS), 26-79. Consultado el 15 de setiembre de 2015. Disponible en: http://www.pwrc.usgs.gov/eisler/CHR_26_Zinc.pdf

- Fader OW, Marro O. 2012. Efecto de los minerales en la nutrición y salud animal en la región central de la provincia de Córdoba. [En línea] Boletín de divulgación INTA, EEA Manfredi, Argentina. Consultado 20 de diciembre de 2015. Disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-los-minerales-en-la-nutricion-y-salud-animal-en-la-region-central-de-cordoba>.
- Fernández Abella D. 2015. Tecnologías reproductivas bovinas y ovinas. En: Fernández Abella D. (Eds.). Tecnologías reproductivas bovinas y ovinas. Montevideo, Uruguay: Hemisferio Sur. 200.
- Fernández Abella D, Formoso D, Aguerre JJ, Hernández Z, Buzoni G, Galli C, Varela JP, Fernández S. 2008. Efecto del tipo y la oferta de forraje y la carga parasitaria previo al servicio sobre la tasa ovulatoria y fecundidad de oveja Corriedale. Producción Ovina, (20): 31-40.
- Fernández Abella D, Castells D, Piaggio I L, Deleón N. 2006. Estudio de la mortalidad embrionaria y fetal en ovinos. Efecto de distintas cargas parasitarias sobre las pérdidas embrionarias y la fecundidad. Producción Ovina, (18): 25-31.
- Fernández Abella D. 1995. Temas de reproducción ovina e inseminación artificial en bovinos y ovinos. En: Fernández Abella D. (Eds.). Temas de reproducción ovina e inseminación artificial en bovinos y ovinos. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República. 206.
- Fernández Abella D. 1993. Principios de Fisiología Reproductiva Ovina. En: Fernández Abella D. (Eds.). Principios de Fisiología Reproductiva Ovina. Montevideo, Uruguay: Hemisferio Sur y Universidad de la República. 254.
- Fernández Abella D. 1985a. Mortalidad neonatal de corderos. III. Efecto de la edad de la madre y el peso al nacer del cordero. Avances en Alimentación y Mejora Animal, 26: 355-363.
- Fernández Abella D. 1985b. Mortalidad neonatal de corderos. I. Causas de la mortalidad neonatal. En: Fernández Abella D. (Eds.). Mortalidad neonatal de corderos. I. Causas de la mortalidad neonatal. Montevideo, Uruguay: Hemisferio Sur. 311-316.

- Fiel C. 2005. Parásitos gastrointestinales de los bovinos: epidemiología y control. En: Jornadas de Buiatría (XXXIII, junio de 2005, Paysandú, Uruguay). XXXIII Jornadas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. Centro médico veterinario de Paysandú. 143-150.
- Forero LE. 2004. Fallas reproductivas asociadas a deficiencias de microminerales, caso colombiano. [En línea]. Consultado 14 de agosto de 2015. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/12deficiencias_micorminerales_colombia.pdf
- Fthenakis G, Arsenos G, Brozos C, Fragkou I, Giadinis N, Giannenas I, Mavrogianni S, Papadopoulos E, Valasi I. 2012. Health management of ewes during pregnancy. *Animal Reproduction Science*, 130: 198–212.
- Gabryszuk M, Klewicz J. 2002. Effect of injecting 2- and 3-year-old ewes with selenium and selenium-vitamin E on reproduction and rearing of lambs. *Small Ruminant Research*, (43):127-132.
- Ganzábal A, Echevarría MN. 2005. Análisis comparativo del comportamiento reproductivo y habilidad materna de ovejas cruza. En: Seminario de Reproducción Ovina. (2005, INIA Treinta y Tres y Tacuarembó, Uruguay). Serie de Difusión 401. Treinta y Tres, Uruguay. INIA. 33-42.
- Ghany-Hefnawy AE, López-Arellano R, Revilla-Vázquez A, Ramírez-Bribiesca E, Tórtora-Pérez J. 2007. The relationship between fetal and maternal selenium concentrations in sheep and goats. *Small Ruminant Research*, (73): 174-180.
- Ghasemzadeh-Hasankolai M, Batavani R, Baghaban Eslaminejad M, Sedigh-Gilani M. 2012. Effect of Zinc Ions on Differentiation of BoneMarrow-DerivedMesenchymal Stem Cells to Male Germ Cells and Some Germ Cell-Specific Gene Expression in Rams. *Biological Trace Element Research*, 150 (13): 137-146.
- Gissel-Nielsen G, Gupta UC, Lamand M, Westermack T. 1984. Selenium in soils and plants, and its importance in livestock and human nutrition. *Advances in Agronomy*, 37: 397-460.
- Gómez J. 2010. Manejo del comportamiento materno para aumentar la sobrevivencia de los corderos recién nacidos. AMCO. [En línea]. Fecha de consulta 10 de

agosto de 2016. Disponible en:

<http://www.asmexcriadoresdeovinos.org/sistema/pdf/produccion/manejodelcomportamientomaterno.pdf>.

- Grace ND. 2006. Effect of ingestion of soil on the iodine, copper, cobalt (vitamin B12), and selenium status of grazing sheep. *New Zealand Veterinary Journal*, (54): 44-46.
- Griffiths LM, Loeffler SH, Socha MT, Tomlinson DJ, Johnson AB. 2007. Effects of supplementing complexed zinc, manganese, copper and cobalt on lactation and reproductive performance of intensively grazed lactating dairy cattle on the South Island of New Zealand. *Animal Feed Science and Technology*, (137): 69-83.
- Guiqin W, Yanhui W, Yan R, Jinghui W, Gui W. 2003. Investigation report of cobalt deficiency in grazing sheep. *Journal Agricultural Research*, (25): 203-207.
- Gürdoğan F, Yildiz A, Balikci E. 2006. Investigation of serum Cu, Zn, Fe and Se concentrations during pregnancy (60, 100 and 150 days) and after parturition (45 days) in single and twin pregnant sheep. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, (30): 61-64.
- Gutteridge JM. 1994. Antioxidants, nutritional supplements and life-threatening diseases. *British Journal of Biomedical Science* 51. 288-295.
- Hamliri A, Johnson DW, Kessabi M, Olson WG. 1990. The evaluation of selenium status of sheep from the major production areas of Morocco, *Annals. Research Veterinary*, 21: 137-142.
- Hampton DL, Miller WJ, Neathery M W, Kincaid RL, Blackmon DM, Gentry RP. 1976. Absorption of zinc from small and large intestine of calves. *Journal Dairy Science*, 59 (11): 1963-6.
- Hemingway RG. 2003. The influences of dietary intakes and supplementation with selenium and vitamin E on reproduction diseases and reproductive efficiency in cattle and sheep. *Veterinary Research Communications*, (27): 159-174.
- Higgs T. 2004. Trace elements deficiencies in sheep and cattle. [En línea] Government of Western Australia. Department of Agriculture.

Farmnote N° 8. Consultado 12 de junio de 2014. Disponible en: <http://www.doc88.com/p-017901608233.html>.

- Hill FI, Wyeth TK, Death AF. 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.
- Hostetler CE, Kincaid RL, Mirando MA. 2003. The role of essential trace elements in embryonic and fetal development in livestock. *The Veterinary Journal*, (166): 125-139.
- Humann-Ziehank E, Ganter M, Hennig-Pauka I, Binder A. 2008. Trace mineral status and liver and blood parameters in sheep without mineral supply compared to local roe deer (*Capreolus capreolus*) populations. *Small Ruminant Research*, (75): 185-191.
- Hynd PI, Masters DG. 2002. Nutrition and Wool Growth. In: M. Freer, H. Dove. (Eds.). *Sheep Nutrition*. Wallingford, UK: CABI. 165-187.
- Jackson MJ. 1989. Physiology of zinc: general aspects. In: Mills CF. (Eds.). *Zinc in human biology*. London: Springer Verlag. 1-14.
- Jefferies BC. 1961. Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agriculture*, 32: 19-21.
- Jing MY, Sun JY, Wang JF. 2008. The Effect of Peripheral Administration of Zinc on Food Intake in Rats Fed Znadequate or Zn-deficient Diets. *Biological Trace Elements Research*, 124 (2): 144-56.
- Jones RM. 1975. Técnicas de muestreo de pastos. In: Refresher Course of Management on Improved Tropical Pastures, St. Lucía, Australia. Proceedings. Australian Institute of Agricultural Science. 81.
- Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML. 2008. Blood analyte reference values in small and some laboratory animals. In: Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML. (Eds.). *Clinical biochemistry of domestic animals*. Burlington, USA: Elsevier. 889-895.
- Kastenmayer P. 1997. Análisis de minerales y elementos trazas en alimentos. En: Moron C, Zacarías I, de Pablo S. (Eds). *Producción y manejo de datos de*

- composición química de alimentos en nutrición. Santiago de Chile: FAO, INTA-Universidad de Chile. 271-294.
- Kessler JI, Morel PA, Dufey A, Gutzwiller A, Stern H. 2003. Effect of organic zinc sources on performance, zinc status and carcass, meat and claw quality in fattening bulls. *Livestock Production Science*, (81): 161–171.
- Khandaker ZH, Telfer SB. 1990. Treatment of zinc deficiency in sheep by zinc containing boluses. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 3 (1): 53-59.
- Kincaid RL. 2000. Assessment of trace mineral status of ruminants: A review. *Journal of Animal Science*, 77: 1-10.
- Kincaid RL, Chew BP, Cronrath JD. 1997. Zinc oxide and amino acids as sources of dietary zinc for calves: effects on uptake and immunity. *Journal Dairy Science*, 80 (7): 1381-1388.
- Kincaid RL, Cronrath JD. 1979. Effect of dietary zinc upon tissue zinc and percent unsaturated plasma zinc binding capacity. *Journal Dairy Science*, 62: 572-576.
- Knight SA, Sunde RA. 1988. Effect of selenium repletion on glutathione peroxidase protein level in rat liver. *Journal Nutrition*, 118: 853-858.
- Koenig KM, Rode LM, Cohen RD, Buckley WT. 1997. Effects of diet and chemical form of selenium on selenium metabolism in sheep. *Journal Animal Science*, 75: 817-827.
- Köhrle J, Jakob F, Contempné B, Dumont JE. 2007. Selenium, the thyroid, and the endocrine system. *Endocrine Review*, 26: 944-984.
- Koller LD, Exon JH. 1986. The two faces of selenium-deficiency and toxicity--are similar in animals and man. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 50 (3): 297-306.
- Koller LD, Whitbeck GA, South PJ. 1984. Transplacental transfer and colostrum concentrations of selenium in beef cattle. *The American Journal of Veterinary Research*, 45 (12): 2507–2510.
- Koyuncu M, Yerlikaya H. 2007. Effect of selenium-vitamin E injections of ewes on reproduction and growth of their lambs. *South African Journal of Animal Science*, 37: 233-236.

- Krishnamurti CR, Ramberg CF, Shariff MA. 1989. Kinetic modeling of selenium metabolism in non-pregnant ewes. *Journal Nutrition*, 119: 1146-1155.
- Lalman D. 2004. Vitamin and Mineral Nutrition of Grazing Cattle. [En línea] OSU Publication E-861. Oklahoma State University Extension Service. Consultado 15 de febrero de 2016. Disponible en: <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2032/E-861web.pdf>
- Langlands JP, Donald GE, Bowles JE, Smith AJ. 1991a. Subclinical selenium insufficiency. The selenium status and productivity of lambs born to ewes supplemented with selenium. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, (31): 37-43.
- Langlands JP, Donald GE, Bowles JE, Smith AJ. 1991b. Subclinical selenium insufficiency. The response in reproductive performance of grazing ewes supplemented with selenium. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, (31): 31-35.
- Langlands JP, Bowles JE, Smith AJ, Donald GE. 1981. Selenium concentration in the blood of ruminants grazing northern New South Wales. II. Relationship with geological, pedological and other variables. *Australian Journal of Agricultural Research*, (32): 523-533.
- Laterra P, Rivas M. 2005. Bases y herramientas para la conservación in situ y el manejo integrado de los recursos naturales en los Campos y Pampas del Cono Sur. *Agrociencia Uruguay*, 9 (1-2): 169-178.
- Lee J, Knowles SO, Judson GJ. 2002. Trace-elements and vitamin nutrition of grazing sheep. In: Freer M, Dove H. (Eds.). *Sheep nutrition*. Wembley: CABI. 285-311.
- Lehninger AL, Nelson SE, Cox MM. 1997. Integration and hormonal regulation of mammalian metabolism. In: Lehninger AL, Nelson SE, Cox MM. *Principles of Biochemistry*. New York, USA: Worth Publishers (Second Edition). 736-738.

- Lopez Alonso M, Miranda M, Hernández J, Castillo C, Benedito JL. 1997. Glutación peroxidasa (GSH-Px) en las patologías asociadas a deficiencias de selenio en rumiantes. *Archivo Médico Veterinario*, 29 (2): 171-180.
- MacDonald RS. 2000. The role of zinc in growth and cell proliferation. *Journal of Nutrition*, 130 (5): 1500-1508.
- Magyarn B. 1982. *Guide-Lines to Planning Atomic Spectrometric Analysis*. Akadémiai Kiadó, Budapest. Search PubMed, 145.
- Marai IF, Daader AA, El-Darawany AA. 1992a. Some physiological aspects of repeat breeding in Holstein Friesians and its improvement under Egyptian environment. *Veterinary Medicine*, 30: 199-209.
- Marai IF, El-Darawany AA, Nasr AS. 1992b. Typical repeat breeding and its improvement in buffaloes. *Veterinary Medicine*, 30: 305-314.
- Marti E, Mara L, Marti JI, Muiño Blanco T, Cebrián Pérez JA. 2007. Seasonal variations in antioxidant enzyme activity in ram seminal plasma. *Theriogenology*, 67 (9): 1446-1454.
- Masters DG, White CL, Peter DW, Purser DB, Roe SP, Barnes MJ. 1992. A multi element supplement for grazing sheep. II. Accumulation of trace element in sheep fed different levels of supplement. *Australian Journal of Agriculture Research*, 43: 809-817.
- Masters DG, Fels HE. 1980. Effect of zinc supplementation on the reproductive performance of grazing Merino ewes. *Biological Trace Element*, 2: 281-290.
- McArdle HJ, Ashworth CJ. 1999. Micronutrients in fetal growth and development. *British Medical Bulletin*, 55: 499-510.
- McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA. 2002. *Animal Nutrition*. In: Pearson Education Ltd./Prentice Hall (Eds.). *Animal Nutrition*. Essex, UK: Prentice Hall Pearson. (6th edition). 286.
- McDowell LR, Arthington JD. 2005. *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. En: Academy of Sciences-National Research Council (Eds.). *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. Gainesville, IFAS, USA: Universidad de la Florida. (2^a Ed).

- McDowell LR, Valle G, Rojas LX, Velásquez-Pereira J. 1997. Importancia de la suplementación mineral completa en la reproducción de vacas. En: XXXIII Reunión nacional de investigación pecuaria, XXIII Simposium de ganadería tropical: Interacción nutrición-reproducción en ganado bovino. (1997, Veracruz, México). 31-47.
- McDowell, LR. 1992. Minerals in animal and human nutrition. In: Pechin GH. (Eds.). El Zinc en la Nutrición de los Rumiantes. San Diego, California, USA: Academic Press. 50-79.
- McDowell LR, Conrad JH, Ellis GL, Loosli JK. 1984. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones tropicales. In: McDowell LR, Conrad JH, Ellis GL, Loosli, JK. (Eds.). 1984. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones tropicales. Boletín. Gainesville, Florida: Universidad de Florida. Boletín. 42-46.
- McDowell LR, Conrad JH. 1977. Trace mineral nutrition in Latin America. World Animal Review, 24: 24-33.
- Menard MP, Cousins RJ. 1983. Zinc transport by brush border membrane vesicles from rat intestine. Journal Nutrition, 113: 1434-1442.
- Mendoza E. 2008. Suplementación de Selenio y Vitamina E en Borregos Primerizas y sus Efectos en Variables reproductivas en Período de Anestro Estacional. Tesis Maestría en Ciencias. Montecillo, Ecuador. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas de Ecuador. 78 p.
- Merialdi M, Caulfield LE, Zavaleta N, Figueroa A, Costigan KA, Dominici F, Dipietro JA. 2004. Randomized controlled trial of prenatal zinc supplementation and fetal bone growth. American Journal Clinical Nutrition, 79 (5): 826-830.
- Metson AJ, Gibson EJ, Hunt JL, Saunders WM. 1979. Seasonal variations in chemical composition of pasture. New Zeland Journal Agriculture Research, 22: 309-318.
- MGAP-DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca; Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2015. [En línea]. En: Anuario Estadístico

- Agropecuario 2015. Montevideo. Consultado 24 Agosto de 2016. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2015,O.es,0>: MGAP-PRENADER (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, Dirección General de Recursos Naturales). 2015. [En línea]. Consultado el 15 de febrero de 2016. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/unidad-ejecutora/direccion-general-de-recursos-naturales/suelos/coneat/consulta-coneat>
- Milad KO, Rácz A, Sipulová V, Bajová G, Kovác. 2001. Effect of vitamin E and selenium on blood glutathione peroxidase activity and some immunological in sheep. *Veterinary Medicine Czech*, 46: 1-5.
- Miller WJ, Blackmon DM, Gentry RP, Pate FM. 2003. Zinc absorption, metabolism, and endogenous excretion in zinc-deficient and normal calves over an extended time. *Journal Dairy Science*, 74 (10): 3535-43.
- Milner JA. 1990. Trace minerals in the nutrition of children. *Journal Pediatric*, (117): 145-155.
- Minson DJ. 1990. Forage in ruminant nutrition. In: Harcourt Brace Jovanovich Publishers. (Eds.). San Diego, California, USA: Academic Press Inc. 483.
- Montgomery D.C. 2001. Design and Analysis of Experiments. In: Arizona State University. (Eds.). Arizona: John Wiley & Sons, Inc. (Fifth Edition). 104.
- Montossi F, De Barbieri I, Ciappesoni G, De Mattos D, Maderos A, Luzardo S, Soares de Lima J, De los Campos G, Nolla M, San Julián R, Grattarola M, Pérez Jones J, Donagaray F, Fros A. 2007. Los productos logrados en los primeros 8 años (1998 - 2006) de existencia del Proyecto Merino Fino del Uruguay: Una visión con perspectiva histórica. En: *Productos obtenidos en el Proyecto Merino Fino 1998- 2006*. INIA Tacuarembó. Boletín de Divulgación N° 90. 17-36.
- Montossi F, San Julián R, De Barbieri I, Berretta EJ, Risso DF, Mederos A, Dighiero A, De Mattos D, Zamit W, Martínez H, Levratto J, Frugoni JC, Lima G, Costales J, Cuadro R. 2002. Alternativas tecnológicas de alimentación y manejo para mejorar la eficiencia reproductiva ovina en sistemas ganaderos. En: *Seminario de actualización técnica: Cría y recría ovina y vacuna*. INIA Tacuarembó. Serie Actividades de Difusión: 288. 33-46.

- Mufarrege DJ. 2000. El contenido de zinc en pasturas naturales en la Provincia de Corrientes y en la región del NEA. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes. Noticias y Comentarios. Nº 341: 1-3.
- Mufarrege DJ. 1999. Los minerales en la alimentación de vacunos de carne en la Argentina. [En línea]. Estación Experimental Agropecuaria INTA Mercedes, Corrientes. Trabajo de Divulgación Técnica. 26-29 Consultado 28 de enero de 2017. Disponible en <https://es.scribd.com/document/23408574/Minerales99en-vacunos>
- Muñoz T, Perez R, Cebrian JA. 2008. Seminal plasma proteins and sperm resistance to stress. *Reproduction in Domestic Animals*, 43: 18-31.
- Mynhardt H, Van Ryssen JBJ, Coertze RJ. 2006. The effect of the heat processing of soybean seed on the metabolism of its selenium in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 128: 122-134.
- Nari A, Cardozo H. 1987. Enfermedades causadas por parásitos internos. En: Bonino J; Durán del Campo A; Mari JJ. (Eds.). *Enfermedades de los lanares*. Montevideo: Hemisferio Sur. (v 1). 1-55.
- Navarro G. y Navarro S. 2000. *Química agrícola*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 375-398.
- Niec R. 1968. Cultivo e identificación de larvas infectantes de nematodos gastrointestinales del bovino y ovino. Buenos Aires Editorial Instituto Salesiano de Artes Gráficas, 28p.
- NRC (National Research Council). 2005. Mineral Tolerance of Animals. In: *Sciences National Research Council (Eds.)*. Washington DC, USA: The National Academies Press. (2nd Edition). 510.
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition. In: *National Research Council. (Eds.)*. Washington DC, USA: The National Academies Press. 381.
- NRC (National Research Council). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. In: *National Research Council. (Eds.)*. Washington DC, USA: The National Academy Press. (7th Edition). 401.

- NRC (National Research Council). 1985. Nutrient requirements of sheep. In: National Research Council. (Eds.). Washington, DC USA: The National Academy Press. (Sixth Revised Edition). 99
- O'Callaghan DO, Boland MP. 1999. Nutritional effects on ovulation, embryo development and the establishment of pregnancy in ruminants. *Animal Science*, 68: 299-314.
- O'Sullivan BM, Donald AD. 1970. A field study of nematode parasite populations in the lactating ewe. *Parasitology*, 61: 301-315.
- Orcasberro R, Alonso T. 1990. Mineral nutrition and reproductive performance of beef cattle in Uruguay. Research Project. First Research Coordination Meeting on "Development of Feed Supplementation Strategies for Improving Ruminant Productivity on Small-Holder Farms in Latin America through the Use of Radioimmunoassay Techniques". Santiago, Chile, May 14-18. Mimeo. 8 p.
- Osendarp SJ, West C.E, Black R.E. 2003. The need for maternal zinc supplementation in developing countries: an unresolved issue. *Journal Nutrition*, 133 (3): 817S-827S.
- Parra JP, Espinosa LF. 2007. Acumulación de Pb, Cd y Zn en sedimentos asociados a *rhizophora mangle*, en el río Sevilla, Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Natural*, 31 (120): 347-354.
- Pastrana R, McDowell LR, Conrad J.H, Wilkinson NS. 1991. Macromineral status of sheep in the Paramo region of Colombia. *Small Ruminant Research*, 5: 9-21.
- Payne JM, Dew SM, Manston R, Faulks M. 1970. The use of metabolic profile test in dairy herds. *The Veterinary Record*, 87: 150-158.
- Pechin GH. 1999. El Zinc en la Nutrición de los Rumiantes. 50-79. [En línea]. Fecha de consulta: 14 de agosto de 2015. Disponible en: <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/revet/n01a06pechin.pdf>.
- Pérez Arrarte C. 2007. Plantaciones forestales e impactos sobre el ciclo del agua. Un análisis a partir del desarrollo de las plantaciones forestales en Uruguay. En: Fonseca E. (Eds.). Montevideo, Uruguay: Grupo Guayubirá. 1-56.

- Piaggio L, Uriarte G. 2005. Nutrición mineral de los ovinos en pastoreo en el Uruguay. *Producción Ovina*, 17: 5-20.
- Pigurina G, Soares De Lima JM, Berretta E. 1998. Contenido de minerales en pasturas naturales de Basalto (especies nativas). Trabajos presentados. En: Seminario de actualización en tecnologías para Basalto (Tacuarembó). Serie Técnica N°102. Tacuarembó. INIA Tacuarembó. 113-122.
- Pilarczyk B, Balicka-Ramisz A, Ramisz A, Vovk S, Major D, Jastrzębski G, Cisek A. 2004. Effect on selenium supplementation on serum Se levels and selected of performance parameters in cows, pigs and sheep. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis Zootechnica*, 235: 53-58.
- Pittaluga O. 2009. Rol de los minerales en la producción de bovinos para carne en Uruguay. *Boletín Divulgación N° 96*. Montevideo, Uruguay. INIA Montevideo. 25.
- Pitts WJ, Miller WJ, Fosgate OT, Morton JD, Clifton CM. 1966. Effect of zinc deficiency and restricted feeding from two to five months of age on reproduction in Holstein bulls. *Journal Dairy Science*, 49: 995-1000.
- Podestá M, Tórtora JL, Moyna P, Izaguirre P, Arrillaga B, Altamirano J. 1977. Seneciosis en bovinos: Su comprobación en el Uruguay. *Veterinaria Montevideo*, 64: 97-112.
- Puschner B, Choi Y, Tegzes J, Thurmond MC. 2004. Influence of age, sex, and production class on liver zinc concentration in calves. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 16 (4): 278-82
- Ramírez M. 2004. Indicadores de estado: factores biológicos que limitan la calidad agrícola de los suelos. En: Primer Taller Nacional sobre indicadores de calidad de suelo. Palmira, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Radox Laboratories. Ransel 1996. Glutación peroxidasa. Informe técnico. Crumlin, UK. Radox Laboratories Ltd.
- Robinson JJ, Ashworth CJ, Rooke JA, Mitchell LM, McEvoy TG. 2006. Nutrition and fertility in ruminant livestock. *Animal Feed Science and Technology*, 126: 259-276.

- Rosemary HN. 1990. Selenium. In: Alloway BJ. (Eds.). Heavy Metals in Soils. London, UK: Blackie Glasgow and London. 237-260.
- Rubianes E, Castro T, Kmaid S. 1998. Estrous response after a short progesterone priming in seasonally anestrous goats. *Theriogenology*, 49: 356.
- Ruksan BE. 1985. Mapa de microelementos en forrajeras de Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal*. 4: 89-98.
- Sager RL, Bustillo JM. 1996. Deficiencia de Zn en novillos de invernada. *Revista Argentina de Producción Animal*, 15 (3- 4): 779-781.
- Salewski A, Seegers N. 1994. Effect of a selenium supplement on milk yield, health and fertility. *Milchpraxis*, 32 (4): 196-197.
- Salgado C. 2014. El Mercado de carne ovina. [En línea]. *Lana Noticias*, (166): 21-23. Montevideo, Uruguay. Secretariado uruguayo de la lana. Consultado 10 marzo 2015. Disponible en: <http://www.sul.org.uy/verPDF/Lana-Noticias-nro.166-Febrero-2014.pdf/21-23/Mercado%20de%20carne%20ovina>
- Scott JDJ, Rattray PV, Smeaton DC. 1976. Environmental factors associated with summer-autumn growth rates of cattle and sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 36: 103-119.
- Segerson EC, Ganapathy SN. 1980. Fertilization of ova in selenium/vitamin E-treated ewes maintained on two planes of nutrition. *Journal of Animal Science*, 51: 386-394.
- Smith OB, Akinbamijo OO. 2000. Micronutrients and reproduction in farm animals. *Animal Reproduction Science*, 60 (61): 549-560.
- Smith PJ, Tappel AL, Chow CK. 1974. Glutathione peroxidase activity as a function of dietary selenomethionine. *Nature*, 247: 392-393.
- Spears JW, Schlegelb P, Seala MC, Lloyd KE. 2004. Bioavailability of zinc from zinc sulfate and different organic zinc sources and their effects on ruminal volatile fatty acid proportions. *Livestock Production Science*, 90: 211-217.
- Spears JW. 2003. Trace mineral bioavailability in ruminants. *Journal Nutrition*, 133 (5 Suppl 1): 1506S-9S.
- Sugino N, Nakata M, Kashida S, Karube A, Takiguchi S, Kato H. 2000. Decreased superoxide dismutase expression and increased concentrations of lipid peroxide

- and prostaglandin F₂alpha in the decidua of failed pregnancy. *Molecular Human Reproduction*, 6 (7): 642-647.
- Sugino N, Hirosawa-Takamaori M, Zhong L, Telleria CM, Shiota K, Gibori G. 1998. Hormonal regulation of copper-Zinc superoxido dismutasa and manganese superoxido dismutasa messenger ribonucleic acid in the rat corpus luteum: Induction by prolactin and placental lactogens. *Biology of Reproduction*, (59): 599-605.
- Surai PF. 2006. Selenium in ruminant nutrition. In: Peter F. Surai (Eds.) *Selenium in nutrition and health*. Nottingham U.K.: Nottingham University Press, 974.
- Suttle N. 2010. Mineral Nutrition of Livestock. In: CABI (Eds.). *Inglaterra: MPG Books Groups*. (4th Edition). 54-167.
- Tapiero H, Tew K. 2003. Trace elements in human physiology and pathology: zinc and metallothioneins. *Biomedical Pharmacother*, 57 (9): 399-411.
- Tedó G, Casas J. 2005. Importancia de los aportes de microminerales en la dieta de ganado ovino. [En línea] TEGASA – Departamento Técnico Rumiantes. Consultado: 20 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.tegasa.es/noticias/importancia-de-los-aportes-de-microminerales-en-la-dieta-del-ganado-ovino.html>
- Thienpont D, Rochette F, Vanparijs O. 1986. Diagnosing helminthiasis by coprological examination. 2da ed. Beerse, Janssen Research Foundation. 205.
- Tinggi U. 2003. Essentiality and toxicity of selenium and its status in Australia: a review. *Toxicology Letters*, 137: 103-110.
- Todd-Sanford-Davidsohn. 1988. Diagnóstico y tratamiento clínicos por el laboratorio. En: Henry JB. (Eds.). *Barcelona, España: Salvat*. (8° Ed.). 774.
- Tomlinson DJ, Mülling CH, Fakler TM. 2004. Invited review: formation of keratins in the bovine claw: roles of hormones, minerals, and vitamins in functional claw integrity. *Journal Dairy Science*, 87 (4): 797-809.
- Towers NR, Grace ND. 1983. Zinc. En: Grace ND. (Eds.). *The mineral requirements of grazing ruminants*. New Zealand. New Zealand Society of Animal Production. (Occasional Publication N° 9). 84-91.

- Underwood EJ, Suttle NF. 1999. The Mineral Nutrition of Livestock. In: CAB International. (Eds.). London, UK: CABI Publishing. 477-512.
- Underwood E. 1981. Los minerales en la nutrición del ganado. Zaragoza, España: Editorial Acribia. (Segunda Edición). 210.
- Underwood EJ, Somers M. 1969. Studies of zinc nutrition in sheep. I. The relation of zinc to growth, testicular development, and spermatogenesis in young rams. Australian Journal Agriculture Research, 20: 889-897.
- Ungerfeld R. 2002. Reproducción en los animales domésticos. Montevideo: Melibea. (Tomo 2). 293.
- Ungerfeld E. 1998. Factores que afectan el contenido de minerales en pasturas naturales y el estado nutricional de vacunos y ovinos en Uruguay. Revisión Bibliográfica. Edición preliminar. INIA Tacuarembó. 230
- Ursini F, Heim S, Kiess M, Maiorino M, Roveri A, Wissing J, Flohe L. 1999. Dual function of the selenoprotein PHGPx during sperm maturation. Science, 277: 225-228.
- Van Metre DC, Callan RJ. 2001. Selenium and vitamin E. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 1: 373-402.
- Van Ryssen JBJ, Coertze RJ, De Villiers JF. 1999. Supplementation of selenium to sheep grazing kikuyu or ryegrass: I. Selenium status of unsupplemented sheep and animal performance upon supplementation. South African Journal of Animal Science, 29 (3): 137-144.
- Van Soest PJ. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. In: Comstock Publishing Associates. (Eds.). Ithaca, USA: Cornell University Press. 476.
- Villanueva CGJ. 2011. Nutrición del ganado: Selenio. [En línea] Sitio Argentino de Producción Animal. Consultado: 20 de setiembre de 2017. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar
- Watkinson JH. 1983. Prevention of selenium deficiency in grazing animals by annual topdressing of pasture with sodium selenite. New Zealand Veterinary Journal, 31: 78-85.

- White CL, Masters DG, Peter DW, Purser DB, Roe SP, Barnes MJ. 1992. A multi element supplement for grazing sheep. I. Intake, mineral status and production responses. *Australian Journal of Agriculture Research*, 43: 795-808.
- Whitehouse RC, Prasad AS, Rabbani PI, Cossack ZT. 1982. Zinc in plasma, neutrophils, lymphocytes, and erythrocytes as determined by flameless atomic absorption spectrophotometry. *Clinical Chemistry*, 28: 475-480.
- Wilkins PC, Wilkins RG. 2002. *Inorganic Chemistry in Biology*. In: Oxford University Press. (Eds.). New York, USA: Oxford University Press. 92.
- Wright CL, Spears JW. 2004. Effect of zinc source and dietary level on zinc metabolism in Holstein calves. *Journal Dairy Science*, 87 (4): 1085-91.
- Xu C, Wensing T, Beynen AC. 1997. The effects of dietary soybean versus skim milk protein on plasma and hepatic concentrations of zinc in veal calves. *Journal Dairy Science*, 80 (9): 2156-61.
- Yu S, Beynen AC. 2001. The lowering effect of high copper intake on selenium retention in weanling rats depends on the selenium concentration of the diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 9: 29-37.
- Zachara BA, Borowska AK, Zamorski R, Kaptur M. 1989. Blood selenium status, glutathione peroxidase, and creatine kinase activities in ewes during pregnancy and lactation and in lambs. In: *The 6th International Trace Element Symposium, Leipzig, Alemania*. 1005-1012.
- Zatta P, Frank A. 2007 Copper deficiency and neurological disorders in man and animals. *Brain Research Reviews*, 54: 19-33.