

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE SELENIO SOBRE LAS
CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y REPRODUCTIVAS DE VAQUILLONAS
DE RAZA DE CARNE**

“Por”

Claudia BERRIEL

Diana GONZÁLEZ

Sofía MICHELENA

TESIS DE GRADO presentada como uno
de los requisitos para obtener el título de
Doctor en Ciencias Veterinarias
Orientación: Producción Animal
MODALIDAD Ensayo experimental

MONTEVIDEO

URUGUAY

2014

TESIS DE GRADO aprobado por:

Presidente de Mesa:

Dra. Lourdes Adrien

Segundo Miembro (Tutor):

Dr. José E. Blanc

Tercer Miembro:

Dra. Graciela Quintans

Co Tutor:

Dr. Juan Franco

Fecha:

Autores:

Claudia Beatriz Berriel Martínez

Diana María González Peña

María Sofía Michelena Abella

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor Dr. José. E. Blanc y Co-tutor Dr. Juan Franco por su apoyo y dedicación a nuestro trabajo.

A la empresa Gran Pedro S.A especialmente al Sr. Ramiro Irazoqui encargado del establecimiento por permitirnos realizar el ensayo experimental en el mismo.

Al Sr. Rodrigo Freitas administrador del establecimiento por brindarnos alojamiento y su colaboración en el trabajo de campo.

Al Dr. Marcelo Corti por su colaboración en el trabajo de campo.

Al Dr. Jorge Gil por su colaboración en los cálculos de índices reproductivos.

Al capataz del establecimiento Sr. Canziano y su familia por su colaboración en el trabajo de campo y su hospitalidad.

Al personal del establecimiento por su colaboración.

Al Dr. Fernando Vila por su colaboración en los análisis estadísticos.

A nuestras familias que son nuestros pilares por brindarnos apoyo, aliento y paciencia en todo momento permitiéndonos seguir en pie cuando parecía todo perdido.

A nuestros amigos y compañeros por su constante aliento.

TABLA DE CONTENIDO	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	6
1. RESUMEN.....	8
2. SUMMARY.....	9
3. INTRODUCCIÓN.....	10
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	13
4.1. MINERALES.....	13
4.1.1. Importancia de los minerales.....	13
4.2. SELENIO.....	14
4.2.1. Selenio y su importancia.....	14
4.2.2. Requerimiento de selenio.....	16
4.2.3. Absorción de selenio y efecto en el perfil metabólico.....	16
4.2.4. Efectos de la carencia en la reproducción y producción animal.....	17
4.2.4.1. Influencia en la fertilidad.....	18
4.2.4.2. Influencia en el crecimiento.....	19
4.2.4.3. Influencia en la inmunidad.....	20
4.2.5. Fuentes y métodos de suplementación.....	20
5. HIPÓTESIS.....	23
6. OBJETIVOS.....	23
6.1. Objetivos generales.....	23
6.2. Objetivos específicos.....	23
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
7.1. Ubicación del ensayo.....	24
7.2. Registro de precipitaciones (2011-2012).....	24
7.3. Duración.....	24
7.4. Tratamientos.....	24
7.5. Determinaciones.....	25
7.5.1 Perfiles minerales (Se, Ca, P, Mg, Cu, Zn).....	25
7.5.2. Evolución de peso vivo.....	25
7.5.3. Grados de madurez reproductiva (Pubertad).....	25
7.5.4. Diagnostico de preñez.....	25
7.5.5. Definición de parámetros de eficiencia reproductiva.....	25
7.6. Manejo.....	26
7.6.1. Animal.....	26
7.6.2. Alimentación.....	26

7.6.3. Sanidad.....	26
7.6.4. Inseminación Artificial.....	26
7.7. Análisis estadístico.....	27
8. RESULTADOS.....	29
8.1. Perfiles minerales.....	29
8.1.1. Actividad sanguínea de glutatión peroxidasa.....	29
8.1.2. Calcio.....	30
8.1.3. Fosforo inorgánico.....	31
8.1.4. Magnesio.....	32
8.1.5. Cobre.....	33
8.1.6. Zinc.....	34
8.2. Ganancia diaria y evolución del peso vivo.....	35
8.3. Fertilidad.....	36
9. DISCUSIÓN.....	38
9.1. Perfiles minerales.....	38
9.1.1. Actividad sanguínea de glutatión peroxidasa.....	38
9.1.2. Otros minerales.....	41
9.2. Ganancia de peso.....	41
9.3. Fertilidad.....	42
10. CONCLUSIONES.....	44
11. BIBLIOGRAFÍA.....	45
12. ANEXOS.....	51

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Leyenda	Página
Tabla N° 1: Medidas pluviométricas (mm ³) registradas en el establecimiento 201-2012).....	24
Tabla N° 2: Actividad sanguínea de GSH-Px (X ± DE) en vaquillonas tratadas con Selfos plus®, 1 Bolo, 2 Bolos y testigo durante 180 días y significación por Test de Anova y Prueba t de Student	30
Tabla N° 3: Ganancias diarias en -kg/día- registradas en el periodo de ensayo y significación por Test de Anova	35
Tabla 4: Relación entre el peso (Kg) y ciclicidad según tratamientos.....	36
Tabla N° 5: Porcentaje de concepción al primer servicio (PC 1° Serv.), porcentaje de preñez por inseminación artificial (PPIA) y porcentaje de preñez total (PPT).....	37
Figura 1: Esquema del protocolo de inseminación y del manejo reproductivo	27
Figura 2: Esquema de trabajo durante el ensayo (2011-2012).....	28
Figura 3: Actividad sanguínea de GSH-Px (Media) en vaquillonas a pastoreo suplementadas con Selfos plus® subcutáneo (- - -), 1 bolo (- . -) y 2 bolos (- . . -) intraruminal y no suplementadas (testigo (...)). Nivel de referencia (—). Los asteriscos indican diferencias significativas entre grupos (p<0.05).....	30
Figura 4: Niveles de Calcio en sangre (Media), en vaquillonas a pastoreo suplementadas con Selfos plus® subcutáneo (- - -), 1 bolo (- . -) y 2 bolos (- . . -) intraruminal y no suplementadas (testigo (...)). Valor mínimo de referencia (—), Valor máximo de referencia (— —). Los asteriscos indican diferencias significativas entre grupos (p<0.05).....	31
Figura 5: Niveles de Fosforo inorgánico en sangre (Media), en vaquillonas a pastoreo suplementadas con Selfos plus® subcutáneo (- - -), 1 bolo (- . -) y 2 bolos (- . . -) intraruminal y no suplementadas (testigo (...)). Nivel mínimo de referencia (—), Nivel máximo de referencia (— —).....	32
Figura 6: Niveles de Magnesio en plasma (Medias), en vaquillonas a pastoreo suplementadas con Selfos plus® subcutáneo (- - -), 1 bolo (- . -) y 2 bolos (- . . -) intraruminal y no suplementadas (testigo (...)). Nivel de referencia mínimo (—), Nivel de referencia máximo (— —). Los asteriscos indican diferencias significativas entre grupos (p<0.05).....	33
Figura 7: Niveles de cobre en plasma (Media), en vaquillonas a pastoreo suplementadas con Selfos plus® subcutáneo (- - -), 1 bolo (- . -) y 2 bolos (- . . -)	

intraruminal y no suplementadas (testigo (...)). Nivel de referencia (—). Los asteriscos indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$)..... 34

Figura 8: Niveles de zinc en plasma (Media), en vaquillonas a pastoreo suplementadas con Selfos plus® subcutáneo (- - -), 1 bolo (- . -) y 2 bolos (- . . -) intraruminal y no suplementadas (testigo (...)). Nivel de referencia (—)..... 34

Figura 9: Evolución de peso vivo (Media) durante el ensayo en Testigo (....), Selfos (— —) y Bolo (—)..... 35

Figura 10: Porcentaje de ciclicidad según tratamientos. Ciclando (barra negra), Anestro (barra gris)..... 36

1. RESUMEN

Se estudió el efecto de la administración de selenio por vía oral (bolos intraruminales) y parenteral sobre niveles sanguíneos de Se, ganancia de peso vivo, grado de madurez reproductiva (pubertad) y la tasa de preñez en vaquillonas de raza carnífera. Se utilizaron 363 vaquillonas cruce Hereford (50%) X A. Angus (50%), con una edad de 13 a 17 meses. Se dividieron al azar en tres tratamientos: testigo, administración parenteral de Selenio (Selfos Plus®) y administración de 1 Bolo intraruminal (Mégabric®). Al grupo Selfos se le administró tres dosis de selenio al inicio del ensayo con repetición a los 65 días y a los 81 de la segunda dosis de (Selfos Plus®) por vía subcutánea. Al grupo con bolos se les administró 1 bolo intraruminal de liberación lenta Mégabric® (NEOLAIT) al inicio del periodo de suplementación. Dentro de este tratamiento a un grupo de 13 animales se le administró 2 Bolos con el único objetivo de evaluar la respuesta de glutatión peroxidasa en sangre. Los animales se pesaron individualmente cada 30 días. La extracción de sangre se realizó en 13 animales elegidos al azar, de cada tratamiento al inicio, mitad y fin del período de suplementación. Al finalizar el período de suplementación se determinó el grado de madurez reproductiva por medio de la adaptación del método de Reproductive Tract Scoring System. En esta instancia se identificó los animales que estuvieron ciclando y en anestro, para la posterior inseminación de aquellos que se encontraban ciclando. El protocolo a aplicar consistió en: sincronización con una primer dosis al día 0 e inseminación a celo detectado durante 6 días. La segunda dosis se realizó a los 11 días del inicio con inseminación a celo visto durante los 6 días siguientes. Se detectó el retorno al celo durante 21 días siguientes a la última Inseminación artificial, posteriormente se realizó repaso con toro al 1% durante 1 mes. A los 40 días post servicio se realizó diagnóstico de gestación, mediante ultrasonografía transrectal a los animales que recibieron la primera y segunda prostaglandina. A los 60 a 90 días de retirado el toro se realizó diagnóstico de gestación mediante palpación transrectal.

La suplementación de selenio bajo la forma de la aplicación parenteral de Selfos (75.3 ± 26.6 vs 43.9 ± 23.8 U/g de Hb) y la administración de 2 Bolos (188 ± 129.45 vs 43.9 ± 23.8) intraruminales aumentó los valores sanguíneos de glutatión peroxidasa de vaquillonas de carne.

La administración parenteral de Selfos Plus® y oral en forma de 1 Bolos no lograron incrementar los valores de glutatión peroxidasa hasta los niveles recomendados (>130 U/g de Hb), a diferencia de lo que sucedió al administrar 2 Bolos el cual se mantuvo dentro de los niveles de referencia durante todo el ensayo.

No se observaron respuestas de ninguno de los tratamientos analizados en ganancia diaria (0.47 Kg/d), ciclicidad (68%) y preñez global (88%).

Palabras clave: vaquillonas de carne, minerales, selenio, perfiles minerales, peso, ciclicidad, preñez.

2. SUMMARY

We studied the effect of parenteral and oral administration of selenium supplementation (intra-ruminal boluses) on Se blood levels, live weight gain, reproductive maturity degree (puberty) and pregnancy rate in beef cattle heifers. Three hundred and sixty three cross heifers (50% Hereford X (50%) A. Angus, 13 to 17 months old) were used. They were randomly assigned to three treatments: Se control, parenteral administration (Selfos Plus®) and administration of 1 intra-ruminal bolus (Mégabric®). The Selfos group was administered three doses of selenium subcutaneously, at baseline and repeated at 65 days and at 81 days from the second dose (Selfos Plus®). The bolus group was administered 1 intra-ruminal slow-release bolus Mégabric® (NEOLAIT), at the beginning of the supplementation period. Within this treatment a group of 13 heifers was administered with 2 boluses with the sole purpose of evaluating the response of blood to glutathione peroxidase. The animals were weighed individually every 30 days. Blood collection was carried out in 13 animals randomly selected from each treatment at the beginning, middle and end of the supplementation period. At the end of the supplementation period the degree of reproductive maturity was determined by adapting the method of Reproductive Tract Scoring System. In this moment we identify heifers cycling or in anestrus for subsequent insemination of those, who were cycling. Insemination protocol consisted of applying: synchronization with a first dose on day 0 and insemination at detected estrus for 6 days. The second dose was performed at day 11 from the beginning with insemination at estrus seen during the next 6 days. Return to heat was detected for 21 days after the last artificial insemination. Subsequently bulls breed again (at 1%) during 1 month. On day 40 after service pregnancy diagnosis was performed by transrectal ultrasonography to animals who received the first and second prostaglandin. At 60 to 90 days from bull removal, pregnancy diagnosis was performed by transrectal palpation. Selenium supplementation in the form of parenteral application of Selfos (75.3 ± 26.6 vs. 43.9 ± 23.8 U/g Hb) and the administration of 2 intra-ruminal boluses (188 ± 43.9 vs. 129.45 ± 23.8) increased blood levels of glutathione peroxidase of beef heifers. Parenteral administration of Selfos Plus® and oral administration of 1 bolus were not able to increase the values of glutathione peroxidase to the recommended levels (>130 U/g of Hb), unlike what happened with the administration of 2 boluses which remained within recommended levels throughout the test. No responses were observed from any of the treatments analyzed in daily gain (0.47 kg/d), cyclicity (68%) and overall pregnancy (88%).

Keywords: beef heifers, minerals, selenium, mineral profiles, weight, cyclicity, pregnancy.

3. INTRODUCCIÓN

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 vayan rectificando las deficiencias y desbalances minerales se tornan más aparentes y relevantes (Underwood, 1981).

Las deficiencias de minerales en el ganado, han sido reportadas en casi todas las regiones del mundo y se consideran como minerales críticos para los rumiantes en pastoreo: el Calcio (Ca), Fósforo (P), Sodio (Na), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Yodo (I), Selenio (Se) y Zinc (Zn); otros como el Cu, Co, Hierro (Fe), Se, Zn y Molibdeno (Mo) disminuyen conforme avanza la edad del forraje (McDowell, 1996)

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 (Mc Dowell y Arthington, 2005 citado por Pittaluga, 2009).

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).

La importancia de los minerales y en particular la de los denominados microelementos, en la nutrición y la salud animal ha sido revalorada en las últimas décadas.

La relación entre su deficiente o excesivo aporte con la presentación de cuadros de enfermedad explica parte de este interés, por lo que se ha renovado el interés por estudiar su fisiología, biotransformación, biodisponibilidad, patogenia de la deficiencia y, o la intoxicación y fuentes y métodos de suplementación (Hefnawy y Pérez, 2008).

La importancia del selenio (Se) como elemento esencial en la fisiología animal quedó demostrada en 1957, al indicarse que su deficiencia, en asociación con la vitamina E, producía la enfermedad conocida como del “músculo blanco”.

Posteriormente, se descubrieron en muchos países áreas deficientes en Se, donde se encontraban afectados el crecimiento, salud y fertilidad del ganado, con lo cual el metabolismo del Se y su relación con la vitamina E pasó a ser un importante campo de investigación (Underwood, 1981).

El Se es un mineral esencial para el crecimiento, reproducción y prevención de enfermedades en todos los animales. Su función primaria es la protección de las membranas celulares y proteínas de los productos dañinos que se producen como consecuencia del metabolismo normal de los animales, a través de su participación como componente de la enzima denominada glutatión peroxidasa. Esta enzima es

importante para proteger la integridad de las membranas celulares, cuya rotura afecta las funciones celulares y consecuentemente la salud animal (Gates and Johnson, 1991).

Las funciones metabólicas del Se están fuertemente relacionadas con la vitamina E; ambos elementos protegen las membranas celulares contra la degeneración y muerte de los tejidos y son necesarios para obtener respuestas inmunes adecuadas en el ganado (Mc Dowell y Arthington, 2005 citado por Pittaluga., 2009).

La deficiencia severa de Se en los terneros causa una degeneración muscular que puede llevarlos a la muerte. En casos menos severos ó subclínicos, se afecta el sistema inmunológico con pobres respuestas a las vacunaciones y mayor susceptibilidad a las infecciones. En las vacas el efecto de una ingesta sub-óptima crónica de Se produce: descenso en las tasas de concepción, retención de placenta, abortos, mastitis, debilidad, terneros muertos al nacer y ocasionalmente caída de vacas luego del parto (Noon et al., 2004).

En vaquillonas selenio deficiente a pastoreo, la suplementación parenteral con dicho mineral produjo una mayor ganancia de peso vivo. La carencia de Se determina baja fertilidad en los machos y en el hombre afectados, presentando semen de baja calidad, con bajas cuentas espermáticas e incremento de anomalías (Hefnawy y Pérez, 2008).

En la alimentación humana las principales fuentes de Se son el huevo, las carnes rojas (en especial la de cerdo) y algunos peces como el atún. Cuando la producción animal ocurre en condiciones de bajo aporte del elemento, su carencia llega a convertirse en un problema de salud pública, con casos graves de cardiomiopatías, insuficiencia tiroidea y baja fertilidad. Estudios relacionados se han llevado a cabo en China y en el Reino Unido, donde también la deficiencia se ha relacionado a situaciones de cáncer y trastornos de la respuesta inmune en asociación con el virus del SIDA (Hefnawy y Pérez, 2008).

Antecedentes y justificación

Desde hace más de 60 años, se dispone de información nacional sobre nutrición mineral de rumiantes en pastoreo, ya sea sobre el contenido de los distintos minerales en pasturas y tejidos animales o respuestas productivas de los animales a la suplementación mineral. Actualmente, se han establecido las deficiencias de algunos elementos como el fósforo, lo que ha llevado a un uso considerable de la suplementación con sales minerales. Sin embargo no está claro en que regiones, tipos de suelo, pasturas, etc., se encuentran más estas deficiencias, en qué momento del año se tornan más críticas para cada categoría y cuáles son los niveles óptimos de suplementación en cada caso (Ungerfeld, 1998).

En nuestro país, la preocupación por las carencias minerales se inicia en la década del 30, con trabajos en esta temática realizados con discontinuidad hasta el presente, sin que exista un consenso acerca de la importancia de la suplementación mineral y menos

aún la aplicación sistemática a nivel productivo, en las situaciones en que debe ser recomendada (Pittaluga, 2009).

El Selenio se encuentra en pequeñas cantidades (ppm) en todos los suelos del Uruguay, además los suelos arcillosos tienen más selenio en contraposición con los arenosos (Podestá et al., 1976; Barros Vidal, 1987; Uriarte et al., 2000; Maneiro et al., 2011).

Podestá et al., (1976) hallaron valores entre 0.045 y 0.090 ppm en una pastura mezcla de trébol blanco y trébol subterráneo. Ninguna de las muestras citadas alcanzaría a cubrir los requerimientos de Se indicados por (NRC, 1975 – 1976 citado por Ungerfeld, 1998), que se ubican entre las 0.10 y 0.20 ppm para los vacunos (Pittaluga, 2009). Sobre lo analizado por Mc Dowell y Conrad, (1977); Ungerfeld, (1998) coloca al Uruguay dentro del grupo de países donde ocurren deficiencias de Se.

De acuerdo a Higgs (2004), la deficiencia de Se se ha observado en áreas con precipitación anual superior a los 410 mm y particularmente en los suelos más livianos, situación que se da en muchas zonas de Uruguay.

Muffarrege (1999) considera para la Argentina que la suplementación con Se en bovinos para carne sería una técnica con buenas perspectivas, siendo necesario continuar las investigaciones para confirmar resultados y definir las áreas del país donde este elemento es más relevante.

Barcellos et al., (2003) citado por Pittaluga, (2009) para Río Grande do Sul, afirman que raras veces la carencia del elemento es tan severa como para provocar la enfermedad del músculo blanco, pero que ocurren deficiencias subclínicas.

Los requerimientos de Se para el ganado de carne dependen de la cantidad de vitamina E en la dieta; el nivel de Selenio sugerido para el ganado de carne en general es de 0.1 mg Se/kg MS; siendo 2 mg Se /kg MS de la ración el límite máximo tolerable (NRC, 1996).

La suplementación con Selenio puede hacerse agregándolo a una mezcla de minerales con la ración de los vacunos en forma de un núcleo mineral, ya que las cantidades diarias a suministrar por animal son muy pequeñas, unos 1.5 mg de Selenito de Sodio. Considerando la importancia de los distintos minerales y la posibilidad de que su contenido sea deficitario en las condiciones de pastoreo de los campos uruguayos, se señala los siguientes minerales que pueden ser limitantes. Dentro de los macro nutrientes, serían el Fósforo y el Sodio y entre los micronutrientes el Cobalto, el Cobre, el Yodo, el Selenio y el Zinc (Ungerfeld, 1998).

En función de los datos de perfiles minerales sanguíneos de un rodeo comercial (lugar donde se realizó el ensayo experimental), de nuestro país, que se ha venido identificando problemas de carencia de Se, se consideró de interés el estudio de distintos tipos de suplementación, ya que la carencia de este mineral podría afectar la producción y reproducción de vaquillonas de razas carniceras.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 Minerales

4.1.1 Importancia de los minerales

Los elementos minerales constituyen solamente de un 4 a un 6 % del cuerpo del animal vertebrado, pero debido a las diversas funciones que cumplen en el organismo, son muy importantes en el campo de la bioquímica nutricional (Bavera, 2006).

Los minerales son sales y óxidos de los diferentes elementos químicos que en su conjunto forman las cenizas de los animales. En la actualidad se consideran que por lo menos 25 elementos tienen alguna clase de acción en la vida de los animales; 17 de estos 25 afectan la producción de los vacunos (Mufarrege, 1999).

En líneas generales, el desarrollo de una deficiencia mineral puede ser dividido en cuatro fases o etapas: depresión, deficiencia marginal, disfunción y enfermedad (Underwood y Suttle, 1999).

Keen y Graham (1989) dividen a los minerales importantes para el organismo en macrominerales y microminerales. La separación entre macro y microminerales está dada por el porcentaje del magnesio (Mg), siendo los microelementos los que están por debajo del magnesio y los macroelementos los que están por encima.

Los macroelementos son: Calcio, Fósforo, Magnesio, Potasio, Sodio y Azufre, los requerimientos se expresan en % de la dieta.

Los microelementos son: Cobalto, Cobre, Yodo, Hierro, Manganeseo, Selenio y Zinc, los requerimientos se expresan en partes por millón (ppm) en la dieta (Pittaluga, 2009).

Los microelementos son parte esencial del sistema enzimático hormonal y forman parte de distintas proteínas, en cambio los macroelementos se distribuyen en mayor proporción en los tejidos de sostén, como ser los huesos formados en su mayoría por calcio, magnesio y fósforo (Mufarrege, 1999).

La relación suelo - planta - animal es uno de los factores que determina que tanto el forraje como los animales que lo aprovechan, contengan en su composición orgánica una concentración determinada de minerales, la que en algunos casos, puede ser deficitaria o excesiva según la cantidad acumulada (Forero, 2004).

Los animales en pastoreo consumen un alimento que comúnmente no aporta los minerales esenciales en concentraciones adecuadas para su requerimiento. El consumo de los animales no suplementados depende de la composición y consumo total de forrajes, contenido mineral del agua de bebida y de la ingestión y composición del suelo. A su vez esto depende de otros factores tales como el clima, época del año, especie forrajera, selectividad de los animales, etc. (Orcasberro, 1997).

En general, todas las vitaminas y minerales esenciales son necesarios para la reproducción debido a su papel en el metabolismo celular, el mantenimiento y crecimiento de los animales. La disponibilidad de nutrientes para la reproducción es de particular interés en las vacas primíparas, que también tienen un requerimiento de nutrientes para el crecimiento (Hurley, 1989 citado por Heufemann, 2011).

4.2 Selenio

4.2.1 Selenio y su importancia

El Selenio (Se) es un elemento de origen volcánico. Acompaña al azufre y se encuentra en los terrenos arcillosos. Es un subproducto de la fabricación industrial del azufre y del ácido sulfúrico.

En el orden de abundancia de los elementos, ocupa el sexagésimo noveno lugar, es pues un elemento bastante escaso ya que su contenido en la corteza terrestre es de 0,09 ppm (Acosta, 2007).

La vitamina E y el Se son los antioxidantes más importantes del organismo. La vitamina E es un antioxidante liposoluble componente integral de las membranas celulares mientras que el Se es un componente de la enzima glutatión peroxidasa que al ser hidrosoluble se localiza en el citosol celular. Al tener funciones similares, dietas con altos niveles de vitamina E disminuyen los requerimientos de Se y viceversa pero debido a la diferencia en la solubilidad y por lo tanto en la localización en la célula ambos nutrientes son necesarios para el buen funcionamiento del sistema antioxidante (Smith et al., 1997).

El sistema antioxidante intenta mantener bajo los niveles de radicales libres. Los radicales libres son compuestos altamente reactivos que se producen en los procesos metabólicos normales, son extremadamente tóxicos para las células del organismo pudiendo reaccionar con ácidos nucleicos causando mutaciones, con enzimas desactivándolas, con ácidos grasos causando desestabilidad de la membrana, etc. Cuando la velocidad de producción de los radicales libres supera la velocidad de inactivación se produce un estrés oxidativo. El estrés oxidativo ha sido asociado con la etiología de ciertos desórdenes productivos y reproductivos (Miller et al., 1993).

La función de la GSH-Px consiste en intervenir en la cascada de reacciones que catalizan la formación de prostaglandinas, leukotrienos, prostaciclina y tromboxanos a partir del ácido araquidónico, se relaciona con el normal funcionamiento del sistema inmunológico y con la integridad funcional del tracto reproductivo tanto en machos como en hembras (Ceballos et al., 1999).

El selenio no tiene un órgano de depósito definido o de fácil acceso y cuando se produce una deficiencia, el organismo tiene dificultades para compensar rápidamente los efectos de la carencia (Mufarrije, 1999).

El contenido de Se del forraje depende de la concentración y disponibilidad de este elemento en el suelo y de la composición botánica del tapiz. Los animales alimentados con pasturas a base de leguminosas son más propensos a padecer carencias de Se debido a que las leguminosas tienden a contener menos Se que las gramíneas, además las fertilizaciones con superfosfato tienden a reducir las concentraciones de Se en las plantas (Underwood y Suttle, 1999).

El contenido de Se de los granos de cereales es muy variable y depende de la concentración de este elemento en el suelo. Por otro lado, la mayoría de los subproductos de origen animal (ej. harina de pescado) con excepción de los productos lácteos generalmente poseen altas concentraciones de Se (NRC, 2001).

Los menores niveles se encuentran en suelos en formación y en suelos livianos. En suelos deficientes las diferencias entre plantas desaparecen (Underwood, 1981).

Existen factores que reducen la disponibilidad de selenio en el suelo para las plantas, como es el caso del pH del suelo, que cuando es alcalino favorece la absorción de selenio por las plantas (Han, 2000).

En los períodos con altas precipitaciones el contenido de Se de las pasturas tiende a disminuir debido a la pérdida de Se del suelo por lixiviación y a la dilución del contenido de Se en las plantas que crecen rápidamente (Underwood y Suttle, 1999).

Las diversas especies vegetales presentan una gran variabilidad en su capacidad para absorber y retener el selenio de los terrenos que presentan diversas cantidades y compuestos del mismo (Bavera, 1987).

La importancia de la especie queda perfectamente explicada por la existencia de plantas llamadas acumuladoras, convertidoras o indicadoras que aparecen en zonas seleníferas. Cuando existen plantas acumuladoras éstas desempeñan un papel doble en la incidencia de selenosis. Absorben del suelo selenio que aparece en forma relativamente no utilizable para otras especies vegetales y al morir lo devuelven al suelo en forma más orgánica que son utilizables por otras especies (Underwood y Suttle, 1999).

Tal es el caso de *astragalus* sp, especie acumuladora de Se que puede llegar a acumular niveles superiores a 300 mg Se/Kg Ms, considerado tóxico (N.R.C, 1989).

Se ha establecido que un mayor crecimiento de forrajes en primavera favorece una disminución en el contenido de selenio (Wittwer et al., 2002). Por otra parte, el crecimiento del forraje en primavera presenta un aumento en el contenido de ácidos grasos poliinsaturados, nitrógeno, oxalatos y potasio, siendo éstos algunos factores que pueden inducir un aumento en el requerimiento de antioxidantes, entre ellos el Se. El aumento en la demanda de Se va a contribuir a acrecentar la deficiencia del mineral en primavera, y por ende la disminución en la actividad de glutatión peroxidasa (Ceballos et al., 1998).

Independientemente del nivel de Se en la dieta la disponibilidad de este mineral puede verse afectada por otros factores tales como ambiente ruminal, suplementación con grasa, calcio y azufre dietético, elementos trazas (ej. cobre, hierro, zinc, cobalto, etc.) y factores genéticos del animal (Gerloff, 1992).

4.2.2 Requerimientos de selenio

Los requerimientos de selenio dependen de la ingesta de vitamina E dado que ambos actúan como antioxidantes (Underwood y Suttle, 1999).

Los niveles séricos de selenio, considerados como adecuados son de 0.08 a 0.3 ppm, considerándose como deficiencia marginal entre 0.026 ppm a 0.079 ppm (Gill et al., 2004).

La metodología que tiene más consenso para determinar la concentración en sangre de selenio es a partir de la medición de la enzima glutatión peroxidasa siendo el límite de 130 U/g Hb indicando una deficiencia marginal (Ceballos et al., 1999).

En comparación, los totales en sangre de GSH-Px son deficientes cuando son menores de 100 U/g de Hb, marginales de 100-130 U/g Hb y adecuados por encima de 130 U/g de Hb (Randox, 1990).

La dosis de selenio que resulta en toxicidad aguda para rumiantes: para dosis inyectadas (dosis media letal (LD₅₀) (-0.15-1.9 mg Kg⁻¹ PV y para selenio inorgánico oral de 1.9-8.3 mg Kg⁻¹ PV (Underwood y Suttle, 1999).

4.2.3 Absorción de selenio y efecto en el perfil metabólico

Una concentración de Se adecuada en los primeros días de vida refleja la transferencia materna del mineral durante la gestación. En el feto se ha comprobado que el hígado almacena el Se transferido por la madre; así, este órgano tiene una reserva que puede ser movilizada rápidamente permitiendo una actividad enzimática alta en las primeras semanas de vida.

Una vez producida la depleción de la reserva de Se almacenada durante la gestación y después del destete, las terneras de recría y las vaquillonas dependen únicamente del forraje y otros suplementos nutricionales para satisfacer su requerimiento de minerales. Por lo anterior, si la suplementación con Se en este período no es adecuada disminuye su concentración en la sangre trayendo como consecuencia una actividad sanguínea de GSH-Px disminuida (Ceballos et al., 1998).

Poco se conoce sobre los mecanismos de absorción de selenio y sobre los mecanismos de control homeostático que tiene el animal sobre dicha absorción. El selenato comparte mecanismos de absorción con el molibdato y el sulfato y por ello puede presentar antagonismo con esos aniones en rumiantes y no rumiantes (Underwood y Suttle, 1999).

Además presenta otras interrelaciones biológicas con micronutrientes, tales como: Cu, Zn, vitamina E y C. La vitamina C promueve la absorción intestinal de selenio e incrementa su incorporación en la glutatión peroxidasa, y el Zn afecta la distribución tisular del selenio (Combs y Combs, 1986).

La absorción de selenato es a través de un sistema de transporte activo (requiere energía) (Weiss, 2005).

La mayoría de los compuestos hidrosolubles (selenito, selenatos y órganos compuestos) están listos para ser absorbidos en un 80-90 % en el tracto gastrointestinal de los monogástricos. En los rumiantes este valor se ve reducido a un 30-35% debido a la reducción del selenito o selenio elemental por la acción de la microflora ruminal (Eliseche, 2005).

El duodeno es el sitio principal de absorción de selenio y no existe absorción por el rumen o el abomaso. Una vez absorbido es llevado principalmente por el plasma donde ocurre una transformación clínica previo a que sea ligado por proteínas del plasma. El selenio entonces llega a ser parte de la porción proteica de muchos tejidos animales (McDowell et al., 1984).

El selenio es incorporado a la glutatión peroxidasa del eritrocito solo durante la eritropoyesis, el incremento de la actividad enzimática de la sangre no se produce durante 4 a 6 semanas de la administración de selenio (Radostits et al., 2002).

La actividad de la glutatión peroxidasa en hematíes aumenta logarítmicamente en relación al consumo de selenio, hasta que alcanza una meseta de saturación (Underwood y Suttle, 1999).

La glutatión peroxidasa plasmática asciende rápidamente y continua su incremento curvilíneo con el incremento de selenio en la dieta, porque no depende de la incorporación de selenio dentro de los eritrocitos (Radostits et al., 2002).

La sangre entera se ha considerado mejor predictora de la concentración de selenio que el suero; porque la mayor cantidad de selenio se incorpora en el glóbulo rojo durante la hematopoyesis.

Por lo cual una respuesta más completa a la suplementación con selenio requiere un periodo de tiempo igual a la vida media del glóbulo rojo 90 a 120 días (Waidner et al., 1998).

Su excreción es a través de las heces principalmente, aunque también por orina y respiración (Wichtel, 1998).

4.2.4 Efectos de la carencia en la reproducción y producción animal

Se ha demostrado que tanto el selenio y la vitamina E previenen el daño celular, y una deficiencia de selenio y / o vitamina E tiene efectos perjudiciales sobre el crecimiento, la salud y la fertilidad (Underwood y Suttle, 1999).

Los procesos metabólicos generan continuamente sustancias conocidas como metabolitos oxigenados reactivos (MOR) que son perjudiciales para las células cuando su producción supera la capacidad de inactivación en un proceso conocido como estrés oxidativo. La eliminación de los MOR, se realiza mediante la acción que ejercen una serie de sustancias conocidas como antioxidantes.

El aumento de MOR en el organismo, predispone la presentación de enfermedades como el edema de la ubre, fiebre de la leche, retención de placenta, mastitis e infertilidad, enfermedad de los músculos blancos, además de alteraciones en el funcionamiento del sistema inmune (Capote, 2010).

4.2.4.1 Influencia en la fertilidad

En cuanto a la fertilidad una deficiencia de selenio puede ocasionar, alteraciones reproductivas en animales adultos como retención placentaria; infertilidad; abortos, nacimientos prematuros, debilidad o muerte al nacimiento; quistes ováricos; metritis; bajas tasas de concepción, celos silentes o erráticos y pobre fertilización (López et al., 1997., Wichtel, 1998., Oblitas et al., 2000., Radostits et al., 2002).

La deficiencia de Se puede producir una disminución en la capacidad de defensa antioxidante en el organismo, alterando en consecuencia diferentes vías metabólicas, entre ellas la esteroidogénesis (Ratto et al., 2008).

El Se no sólo está relacionado con la formación de hormonas esteroides sino también con el adecuado funcionamiento del cuerpo lúteo (Kamada y Ikumo, 1997). Factores considerados como determinantes en la adecuada respuesta a tratamientos de superovulación (Monniaux et al., 1983).

Asimismo, se ha señalado que el balance nutricional de Se en bovinos puede estar influenciando la fertilización de ovocitos. Ha sido reportado que la adición de antioxidantes a los medios para cultivos in vitro mejora la posibilidad de desarrollo normal del embrión y con ello el índice de fecundación (Ratto et al., 2008).

Hay claras evidencias de 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 intermediarios. Cuando estos peróxidos no son destruidos por medio de la GSH-Px se producen alteraciones en las membranas celulares que hacen que dichas rutas metabólicas se desregulen fácilmente y ocurran gran cantidad de disturbios metabólicos, cuya consecuencia final será la incapacidad del animal del mantenimiento de la función reproductiva (López et al., 1997).

La deficiencia de Se puede producir la retención de placenta dado que habría una baja actividad antioxidante producida por la disminución de la actividad de GSH-Px, alterándose una serie de reacciones bioquímicas que conllevan a la formación de diferentes tipos de hormonas que intervienen en el proceso normal del parto y expulsión de la placenta. En el contenido de Se del placentoma también se han observado diferencias entre vacas con y sin retención de placenta. La concentración de Se en las

carúnculas y cotiledones de vacas con retención de placenta es menor que la encontrada en vacas que no retuvieron la placenta (Capote, 2010).

El selenio se ha demostrado que tiene función en el transporte de los espermatozoides, fertilización y las contracciones uterinas durante el estro, en particular en animales superovuladas (Black et al., 2004).

También muestra una gran influencia en la fertilidad del macho afectando la calidad del semen, se encontró que el plasma seminal contiene elevadas cantidades de GSH-Px, cuya función es proteger a la membrana del espermatozoide del ataque peroxidativo; además, en la cola del gameto masculino hay un selenopectido que hace que ante una deficiencia de selenio se produzca una fractura en mitad de la cola del espermatozoide (Radostits et al., 2002).

4.2.4.2 influencia en el crecimiento

En el ganado bovino la distrofia muscular enzoótica, afecta sobre todo a terneros durante los primeros meses de vida, siendo los individuos de aptitud cárnica los más predispuestos, ya que, en comparación con los de razas lecheras, los primeros presentan un crecimiento más rápido y, consecuentemente, también un mayor desarrollo de las fibras musculares. Histológicamente esta patología cursará con degeneración hialina y calcificación de las fibras musculares y clínicamente se manifestará como un fallo de la musculatura para atender a sus demandas funcionales (López et al, 1997).

Las infecciones reducen el crecimiento, la eficiencia de conversión de los alimentos, la producción de leche además de aumentar los costos en tratamientos (Reinoso y Soto, 2009).

Oblitas et al., (2000), sugieren que los efectos adversos en los animales Se-deficientes a pastoreo pueden ser producidos por una alteración del metabolismo de las hormonas tiroideas y no por una alteración en las concentraciones periféricas de la hormona del crecimiento. Al respecto, se ha descrito que la iodotironina-5-deiodinasa tipo I, es una enzima Se-dependiente responsable de la deiodinización de la tiroxina (T4), convirtiéndola en su forma más activa Triyodotironina (T3); antecedente que podría señalar un menor crecimiento en animales selenodeficientes.

Las iodotironina-5-deiodinasa tipo I, están involucradas en función de la tiroides; la falta de la actividad de estas enzimas puede dar inmunosupresión, o incluso pobre expresión comportamiento del estro, en vacas selenio-deficientes (Black y French, 2004).

Según la bibliografía, las mayores respuestas se obtienen cuando existen signos clínicos de deficiencia. Además se debe tener en cuenta que en animales con buenos pesos y en buen estado corporal las respuestas son menores. Por otro lado las mayores respuestas se obtienen en animales en crecimiento y en vacas de cría lactando en campos no fertilizados (Pittaluga, 2009).

Los efectos protectores del selenio-GSH-Px frente a daños oxidativos también se ponen de manifiesto en animales sometidos a situaciones estresantes, como el transporte, el calor, el frío, los cambios bruscos de alimentación, el hacinamiento, etc. También describe el efecto protector del selenio-vitamina E (α -tocoferol) sobre el estrés que supone el destete en terneros (López et al., 1997).

4.2.4.3 influencia en la inmunidad

En numerosas especies estudiadas la deficiencia de selenio aparece asociada a una reducción de la función inmune. En vacas deficitarias en este oligoelemento se ha descrito una reducción de la actividad GSH-Px en las células fagocitarias, y también una disminución de la capacidad bactericida de los neutrófilos frente a distintos agentes etiológicos como *Candida albicans*, *Corynebacterium pseudotuberculosis*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (Lopez et al, 1997).

Los neutrófilos son el mecanismo primario de las defensas inmunes inespecíficas. La velocidad con la cual estas células pueden ser movilizadas al sitio de infección y la eficiencia con que matan a los patógenos son eventos de importancia crítica en la protección del organismo. La vitamina E y el selenio juegan roles esenciales en estos eventos y la deficiencia de cualquiera de estos nutrientes conduce a un debilitamiento de la función neutofílica y por lo tanto a un aumento en la incidencia de infecciones (Reinoso y Soto, 2009).

La consecuencia más importante de la reducción de la actividad inmune, en animales con bajos niveles de selenio, la constituye el aumento en la incidencia de patologías mamarias. Ello no debe sorprendernos si tenemos en cuenta que durante el período de lactación, y sobre todo en la fase inicial de la misma, las células de la glándula mamaria están sometidas a una intensa actividad metabólica. Estudios histopatológicos revelan que en el tejido linfóide de animales deficientes en selenio tiene lugar un aumento de vacuolización de los epitelios celulares, siendo esta pérdida de integridad de la membrana la responsable de su alteración funcional (López et al., 1997).

4.2.5 Fuentes y métodos de suplementación

Los compuestos que se pueden emplear como fuente para la suplementación con Se en los casos de deficiencia, han sido divididos en tres grupos: Se elemental, sales inorgánicas y sales orgánicas de Se (Ekermans y Schneider, 1982)

La suplementación puede lograrse mediante el uso de tres fuentes del mineral, el Se elemental que es prácticamente inabsorbible, lo que conlleva a que no tenga ningún tipo de utilización práctica en la alimentación para bovinos lecheros y seguramente para ningún otro tipo de rumiantes. Entre las sales inorgánicas de Se se consideran los selenitos y selenatos, además de otro grupo de compuestos análogos como selenometionina, selenocisteína, selenocistina y selenopurina. El selenito de sodio ha sido una fuente de Se empleada con mucha frecuencia, además es posible administrarlo por diferentes vías (oral, parenteral). Finalmente, las formas orgánicas de Se que son compuestos preparados a partir de estructuras orgánicas, son los que

poseen mayor actividad por unidad de Se que aquellos que forman parte de las sales inorgánicas (Capote, 2010).

La superior disponibilidad de fuentes orgánicas de selenio (levadura enriquecida con selenio) respecto a las inorgánicas (selenito y selenatos) ha sido demostrada en cerdos y rumiantes. La levadura enriquecida con selenio puede elevar las concentraciones de este elemento en suero, leche y la mayor parte de tejido de los cerdos, mucho más que la misma adición de selenio en forma de selenito; además el contenido de selenio en las crías también fue superior (Underwood y Suttle, 1999).

El selenito de sodio constituye 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 (Oblitas et al., 2000).

Se pueden dividir los métodos de suministro mineral al ganado en pastoreo en directos e indirectos. El método indirecto para combatir la carencia de minerales presenta ciertos problemas debido a la complejidad de las interrelaciones entre el suelo, la pastura y los minerales; a dificultades causadas por las condiciones climáticas indeseables y a los altos costos (Bavera, 1987).

La aplicación de métodos indirectos para aumentar el consumo de selenio por los animales mediante tratamientos del suelo o la pulverización del prado con soluciones de selenio, no es una práctica habitual ya que el selenio añadido se absorbe mal por las plantas especialmente en suelos ácidos, y los efectos residuales son a corto plazo. Además los valores pueden ser muy altos inmediatamente después de la aplicación y representan un riesgo de intoxicación (Underwood y Suttle, 1999).

Los procedimientos de administración directa de minerales a los animales pueden ser, mediante su incorporación al agua de bebida, ración, mediante el empleo de bloques minerales para lamer, mezcla y soluciones de minerales, gránulos pesados e inyecciones parenterales (Underwood, 1981).

En explotaciones extensivas la mejor manera de suplementar los minerales consiste en la provisión de sales para lamer, la dosificación oral de animales, el tratamiento de los suministros de agua, las inyecciones de compuestos orgánicos de los minerales precisos que se absorben con lentitud, o la administración de gránulos pesados o compuestos de minerales que son retenidos en el conducto gastrointestinal. El consumo voluntario de estas sales para lamer suele ser suficiente para prevenir la deficiencia o intoxicación en un rebaño, aunque no se tiene la certeza de que todos los animales lamerán suficiente sal en todo momento (Underwood, 1981).

La administración oral de soluciones o pastas minerales a los animales tiene la ventaja de que todos reciben cantidades conocidas de los minerales que precisan a intervalos regulares. Este tipo de tratamiento no resulta conveniente cuando son elevados los costos de mano de obra y los animales tienen que ser conducidos a sitios alejados y ser manipulados con frecuencia tan solo para que reciban este tratamiento (Underwood, 1981).

El uso de bolos de liberación prolongada es una alternativa de suplemento y puede ofrecer ventajas que permiten satisfacer los requerimientos mediante la liberación constante del elemento por largos periodos luego de una sola aplicación. El retículo-rumen proporciona un sitio donde los dispositivos de liberación controlada pueden retener y liberar su contenido directamente en el tracto digestivo del animal. Idealmente, un dispositivo intraruminal de liberación controlada debe liberar el bioactivo a un ritmo que es constante, ajustable e independiente del medio ambiente del rumen. Una liberación a ritmo constante previene pérdidas por sub o sobre-dosificación (McLellan 2007 citado por Heufemann, 2011).

Los dispositivos intraruminales que liberan el principio activo de forma pasiva tienden a ser más simples y más baratos. Es una manera rentable de proporcionar los suplementos solos o en combinación con otros nutrientes (Vandamme y Ellis, 2004).

Deben ser hechos de materiales que sean seguros para el animal, y para el posterior consumo humano (McLellan 2007 citado por Heufemann, 2011).

MacPherson y Chalmers, (1984) han utilizado bolos intraruminales de liberación gradual, comparándolos con otros métodos como la inyección subcutánea (8 ml selenato de bario) y adición de Se en el agua de bebida. Todos los métodos fueron efectivos en aumentar las concentraciones de GSH-Px en la sangre. Los bolos intraruminales mantuvieron las concentraciones de GSH-Px altas por cuatro a seis meses, hasta un año inclusive. Al usarse la inyección subcutánea, los resultados fueron similares, manteniéndose niveles elevados de Se hasta el final del estudio. La incorporación de Se en el agua igualmente aumentó la concentración de GSH Px, manteniéndola elevada por algo más de tres meses.

Rogers y Gately, 1992 citado por Retamal (1999), anotan que en bovinos adultos se emplean entre 2 y 4 bolos por animal, los cuales liberan entre 3,3 y 6,6 mg de Se/día, lo que corresponde a los requerimientos diarios de vacas lecheras para mantener un adecuado estado metabólico de Se en el organismo.

Campbell et al., (1990) encontraron que el uso de bolos intraruminales de Se es un método seguro eficaz e inocuo para usarse en suplementación y además asegura una adecuada transferencia de Se al feto y calostro.

5. HIPÓTESIS

La carencia de selenio afecta los parámetros reproductivos y productivos en bovinos de carne.

6. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVOS GENERALES

Determinar el efecto de la administración de selenio por vía oral (bolos intraruminales) y parenteral sobre resultados productivos y reproductivos en vaquillonas de raza carniceras.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Determinación del efecto del tipo de suplementación sobre:

- 1- Niveles sanguíneos de Se, Ca, P, Mg, Zn y Cu.
- 2- Ganancia de peso vivo.
- 3- Grado de madurez reproductiva (pubertad).
- 4- Tasa de preñez.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Ubicación del ensayo:

El ensayo se realizó en un establecimiento comercial, orientación agrícola-ganadera, paraje Puntas de Valentín, 15ª sección policial, del departamento de Salto. El tipo de suelos en el establecimiento está compuesto por basalto superficial, en el cual un 43% de la superficie corresponden al grupo 12.22, un 21% al grupo 11.0b y un 16% al grupo 1.21.

7.2. Registro de precipitaciones (2011-2012)

Durante el período de 210 días en que se realizó el trabajo de campo se registraron 734 mm de precipitaciones en el establecimiento, registrándose en el mes de febrero las mayores precipitaciones (Tabla 1).

Tabla 1: Medidas pluviométricas (mm) registradas en el establecimiento (2011-2012).

	Dic.	Ene	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.
Lluvias predio (mm3)	35	110	291	136	42	30	30	60
Promedio (1999-2007)*	125	120	116	191	174	111	126	53

*EEFAS: Estación Experimental Facultad de Agronomía de Salto.

7.3. Duración:

El ensayo experimental comenzó el 21-12-2011 y finalizó el 17/07/2012.

Período experimental: 210 días

Período de suplementación de selenio: 150 días

7.4. Tratamientos:

Las vaquillonas fueron bloqueadas por peso vivo y asignadas al azar a tres tratamientos:

- Tratamiento 1 (Testigo) n=121: sin dosificación de selenio
- Tratamiento 2 (Bolo) n=121: administración de 1 Bolo intraruminal de liberación lenta Mégabric® (NEOLAIT) cuya composición es la siguiente: Cu 16500mg, Zn 13500mg, Mn 8800mg, I 250 mg, Co 240mg, Se 240 mg, Vitamina A 500.000UI, Vitamina D3 100.000Ui, Vitamina E 1000mg. Dos bolos garantizan un aporte de oligoelementos durante 8 meses liberando cada uno 1 mg/día. Como anexo a este tratamiento y con el único objetivo de evaluar la respuesta de los valores de glutatión peroxidasa en sangre se administraron 2 Bolos a un lote de 13 animales, en esta instancia no se evaluó ciclicidad, preñez y peso ya que el número de animales utilizados no era representativo.
- Tratamiento 3 (Selfos) n=121: Administración de selenio por vía subcutánea a razón de 1 cc/50 kg de peso vivo, al inicio del ensayo con repetición a los 65 días

y a los 81 de la segunda dosis de Selfos Plus® (Agro Insumos S.A) cuya composición es la siguiente: Selenito 0.347 g, Glicero Fosfato de sodio 30 g, Vitamina A 1.200.000 UI, Vitamina D 600.000UI, Vitamina E 2500 UI), excipientes 100 ml.

7.5. Determinaciones:

7.5.1. Perfiles minerales (Se, Ca, P, Mg, Zn, Cu)

La extracción de sangre se realizó en 13 animales elegidos al azar, de cada tratamiento al inicio, mitad y fin del período de suplementación. Dichas muestras se obtuvieron con agujas 18G por venopunción yugular, estas se colocaron en tubos con heparina y luego fueron enviadas refrigeradas al laboratorio (DILAVE).

La determinación de Se se realizó indirectamente midiendo la actividad de la enzima Glutación Peroxidasa, por el método de Paglia y Valentine (1977). Se utilizó un multianalizador automático para bioquímica (Vitzlab Selectra 2).

7.5.2. Evolución del peso vivo:

Se pesaron individualmente los animales de cada tratamiento, cada treinta días, sin encierro previo, en horas de la tarde (13:00 a 18:00) con balanza electrónica.

7.5.3. Grado de madurez reproductiva (pubertad):

Al finalizar el período de suplementación se determinó el grado de madurez reproductiva por medio de la adaptación del método de Reproductive Tract Scoring System (Andersen et al, 1991). Este método estima la madurez sexual mediante la palpación rectal de los cuernos uterinos y los ovarios. Se utilizó un score de tres grados: Grado 1= anestro (cuernos uterinos pequeños, sin tono ni presencia de estructuras ováricas.

Grado 2= anestro superficial (cuernos uterinos bien desarrollados (> 30mm de diámetro), presencia de tono uterino y folículos, sin presencia de cuerpo lúteo.

Grado 3= ciclando (cuernos uterinos bien desarrollados (> 30mm de diámetro) con presencia de cuerpo lúteo. En esta instancia se identificó los animales que estuvieron ciclando y en anestro, para la posterior inseminación de aquellos que se encontraban ciclando.

7.5.4. Diagnóstico de preñez:

Se realizó a los 40 días post servicio mediante ultrasonografía transrectal, (ecógrafo Aloka-SSD-500®, tiempo real modo B, equipado con un transductor lineal de 5 MHz), y una confirmatoria a partir de 60 a 90 días mediante palpación transrectal.

7.5.5. Definición de parámetros de eficiencia reproductiva

Porcentaje de concepción al primer servicio (PC1°Serv.): animales que concibieron al primer servicio dividido por el total de animales inseminados y multiplicado por cien.

Porcentaje de preñez por inseminación artificial (PPIA): total de animales preñados a la inseminación artificial dividido por el total de animales inseminados y multiplicado por cien.

Porcentaje de preñez total (PPT): total de animales preñados (IA +Toro) dividido el total de animales ofrecidos y multiplicado por cien.

7.6. Manejo

7.6.1. Animales:

De un rodeo de 2300 vaquillonas cruza Hereford (50%) X A. Angus (50%), se utilizaron 363 con una edad de 13 a 17 meses pertenecientes al “lote de cola” (menor peso vivo). Los animales del ensayo fueron identificados individualmente con doble caravana.

7.6.2. Alimentación:

Todos los animales fueron manejados en forma conjunta, bajos las mismas condiciones de alimentación durante el período experimental, sobre praderas de *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* y *Festuca arundinacea*.

7.6.3. Sanidad:

Los animales se inmunizaron 60 y 30 días previo al inicio del ensayo contra *Clostridium spp* (fortres 8®, Lab. Pfizer, 5ml/animal), *Bacillus anthracis* (Lab. Coopers, 2ml/animal) y Leptospirosis y Campylobacter (StayBreed VL5® Lab. Pfizer), Se dosificaron contra Fasciola hepática (Triclabendazol, Triclamax®, Lab. Nutritec 8,5 mg/kg P.V) y Nemátodos gastrointestinales y pulmonares con Doramectina, (Dectomax®, Lab. Pfizer). Durante el ensayo se realizó exámenes coprológicos para control de endoparásitos.

7.6.4. Inseminación artificial:

El protocolo a aplicar consistió en: sincronización con una primer dosis de D-Cloprostenol (Ciclar®, Zoovet). 150 µg/animal al día 0 e inseminación a celo detectado durante 6 días. La segunda dosis se realizó a los 11 días del inicio con inseminación a celo visto durante los 6 días siguientes. Se detectó el retorno al celo durante 21 días siguientes a la última IA. Luego se realizó repaso con toro al 1 % durante un mes. La técnica de inseminación artificial fue por el método recto vaginal con depósito seminal en la última porción del cérvix (Cavestany, 1995).

Se utilizó un único inseminador de idoneidad conocida y el semen a utilizar fue de un solo toro con fertilidad evaluada.

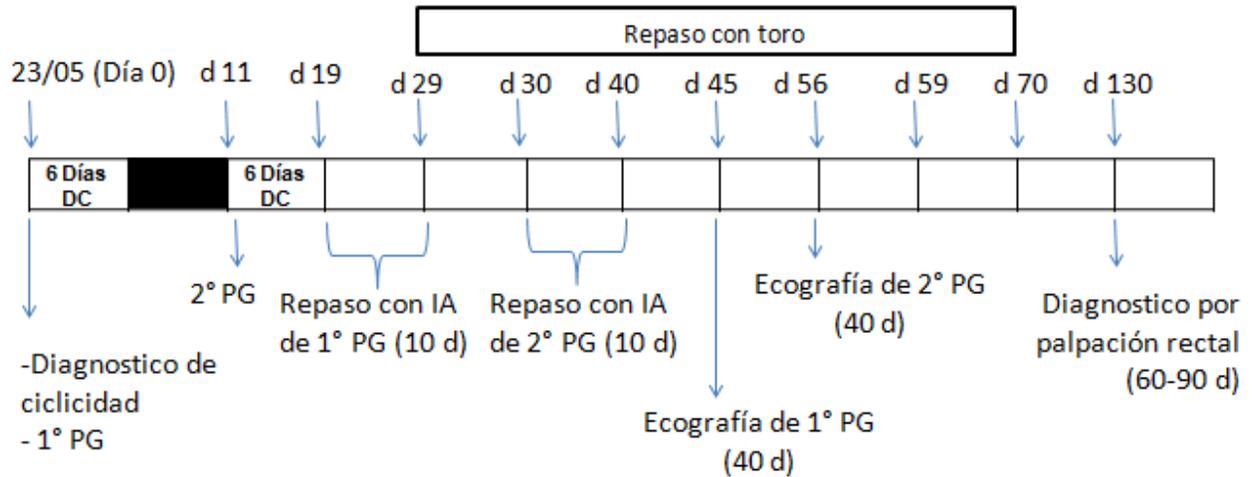


Figura 1: Esquema del protocolo de inseminación y del manejo reproductivo.

7.7. Análisis Estadístico:

Las variables como peso, ganancia diaria y niveles sanguíneos de selenio (variables cuantitativas) se las analizó mediante análisis de varianza (anova) y Prueba t de Student para comparar medias entre tratamientos.

Las variables “ciclicidad” y “preñez” (variables cualitativas) se realizaron mediante análisis de frecuencias Chi cuadrado (X^2).

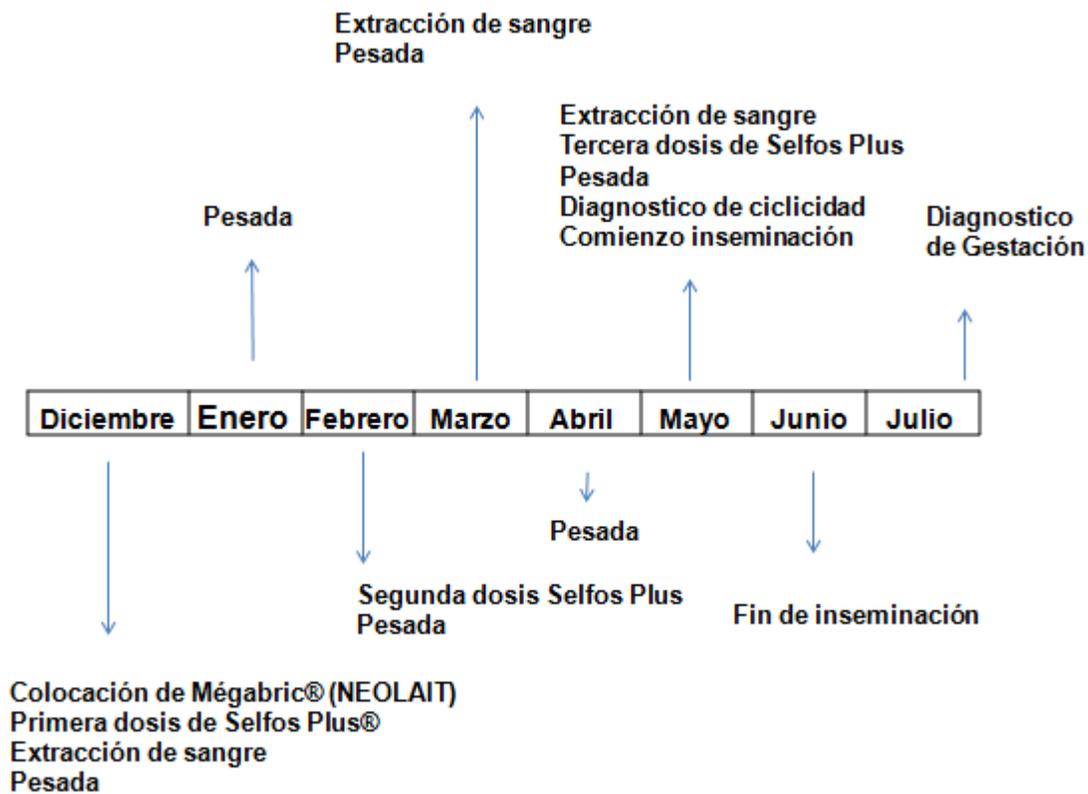


Figura 2: Esquema de trabajo durante el ensayo (2011-2012).

8. RESULTADOS

8.1. Perfiles Minerales.

8.1.1. Actividad sanguínea de glutatión peroxidasa.

Previo a la suplementación (día 0), la actividad sanguínea de GSH-Px fue similar entre los grupos ($P>0.05$), siendo la media de 64.69 ± 25.14 U/g Hb en el grupo testigo, de 63.92 ± 27.17 U/g Hb en el grupo Selfos, 70.43 ± 25.44 U/g Hb en el grupo de 1 Bolo y en el grupo con 2 Bolos 57.14 ± 22.09 U/g Hb.

Luego de 91 días de transcurrido el ensayo en el mes de marzo se observó que la actividad de GSH-Px aumentó respecto al valor inicial, en los grupos suplementados con Selfos plus® y 2 bolos alcanzando valores de 97.77 ± 23.43 U/g Hb y 351.71 ± 44.91 U/g Hb respectivamente, mientras que en los grupos testigo y con 1 Bolo bajaron sus niveles de GSH-Px a 36.54 ± 19.28 U/g Hb y 55.86 ± 17.20 U/g Hb respectivamente. En este mes las diferencias observadas entre el grupo testigo y los grupos suplementados fueron significativas. También existieron diferencias significativas entre los grupos suplementados.

Posteriormente, luego de haber transcurrido 146 días (mayo) de comenzado el ensayo la actividad de GSH-Px disminuyó paulatinamente hasta el fin del mismo en todos los grupos, obteniendo valores de 30.54 ± 8.79 U/g Hb en el grupo testigo, 64.31 ± 12.18 U/g Hb en el grupo con Selfos plus®, 37.86 ± 5.46 U/g Hb en el grupo con 1 Bolo, 155.14 ± 29.12 U/g Hb en el grupo con 2 Bolos. En esta instancia las diferencias fueron significativas entre el grupo testigo y los grupos suplementados con Selfos plus® y 2 Bolos. El grupo con 1 Bolo se mantuvo por encima del testigo pero no se observaron diferencias significativas. También se encontraron diferencias significativas entre los grupos suplementados.

Se constató que el único grupo que superó el nivel de referencia fue el de 2 Bolos (Figura 3).

Las diferencias entre los grupos fueron calculadas estadísticamente entre promedios de grupos de animales por medio del Test t de Student (tabla 2).

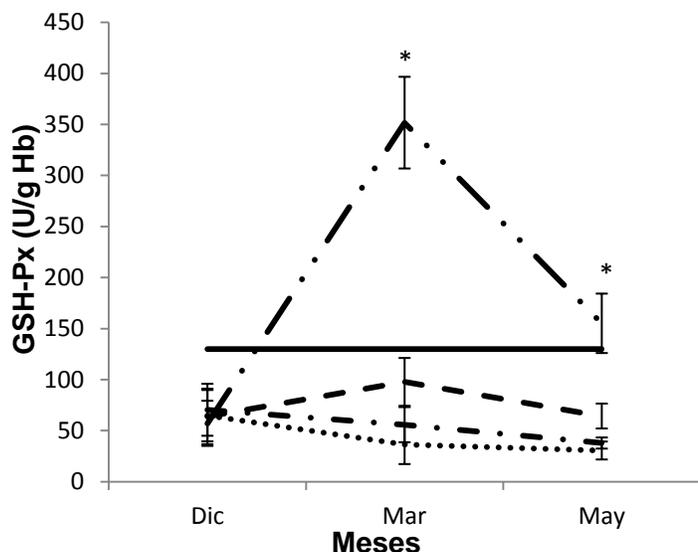


Figura 3: Actividad sanguínea de GSH-Px (Media) en vaquillonas a pastoreo suplementadas con Selfos plus® subcutáneo (- - -), 1 bolo (- . . -) y 2 bolos (- . . .) intraruminal y no suplementadas (testigo (....)). Nivel de referencia (—). Los asteriscos indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$).

Tabla 2. Actividad sanguínea de GSH-Px ($X \pm DE$) en vaquillonas tratadas con Selfos plus®, 1 Bolo, 2 Bolos y testigo durante 150 días y significación por Test de Anova y Prueba t de Student.

Periodo	Testigo (n=13)		Selfos (n=13)		1 Bolo (n=7)		2 Bolo(n=7)		Significación
	X ± DE	CV	X ± DE	CV	X ± DE	CV	X ± DE	CV	
Meses									
Diciembre	64.69±25.14	38.37	63.92 ±27.17	42.5	70.43±25.44	36.11	57.14±22.09	38.65	n.s
Marzo	36.54±19.28a	52.77	97.77±23.43b	23.97	55.86±17.20c	30.79	351.71±44.91d	12.77	*
Mayo	30.54±8.79a	28.78	64.31±12.18b	18.93	37.86±5.46a	14.42	155.14±29.12c	18.77	*
Dic-May	43.92±23.85a	54.31	75.33±26.68b	35.41	54.71±21.87a	14.42	188.00±129.45c	18.77	*

a, b, c, d diferentes letras en la misma fila difieren en $p < 0.05$; n.s= $p > 0.05$; *= $p < 0.05$; n= número de animales; X= media; DE= desvío estándar; CV=coeficiente de variación.

8.1.2 Calcio.

El Calcio se mantuvo durante todo el ensayo dentro de los parámetros normales (2.25-3.00 mmol/L), a excepción del grupo Selfos que en diciembre (comienzo del ensayo) estuvo por debajo, dándose un pico 91 días de transcurrido el ensayo (marzo) en todos los grupos y luego descendió sus niveles en sangre.

En el comienzo del ensayo (diciembre), las diferencias fueron significativas únicamente entre el grupo testigo (2.38 ± 0.09) y los grupos suplementados con Selfos plus® (2.20 ± 0.12 mmol/L) y 1 Bolo (2.26 ± 0.08 mmol/L) a favor del grupo testigo (figura 4).

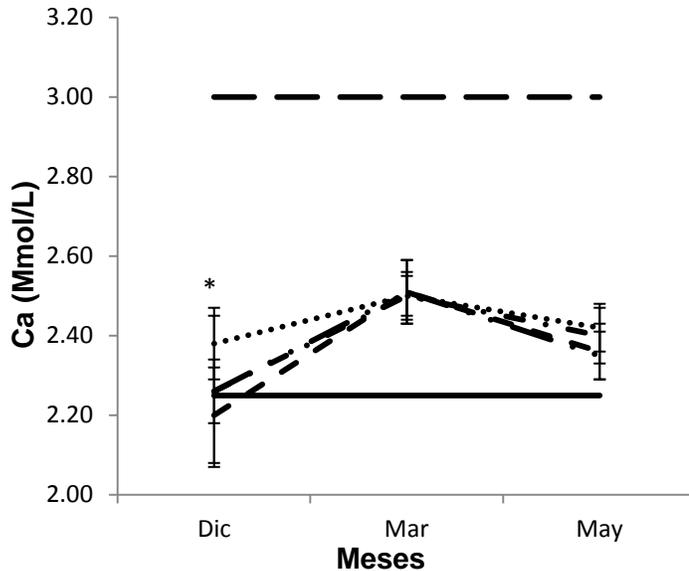


Figura 4: Niveles de Calcio en sangre (Media), en vaquillonas a pastoreo suplementadas con Selfos plus® subcutáneo (- - -), 1 bolo (- . -) y 2 bolos (- . . -) intraruminal y no suplementadas (testigo (...)). Valor mínimo de referencia (—), Valor máximo de referencia (— —). Los asteriscos indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$).

8.1.3 Fosforo inorgánico.

El fosforo inorgánico se mantuvo siempre dentro del intervalo de referencia indicado para la especie (1.45-2.52 mmol/L) en todos los grupos, a excepción del grupo testigo que a los 146 días de comenzado el ensayo (mayo) superó levemente su nivel normal. Se observó un incremento a medida que transcurrió el ensayo, tanto para el testigo como los suplementados, no hubo diferencias significativas entre los grupos ($p > 0.05$) (figura 5).

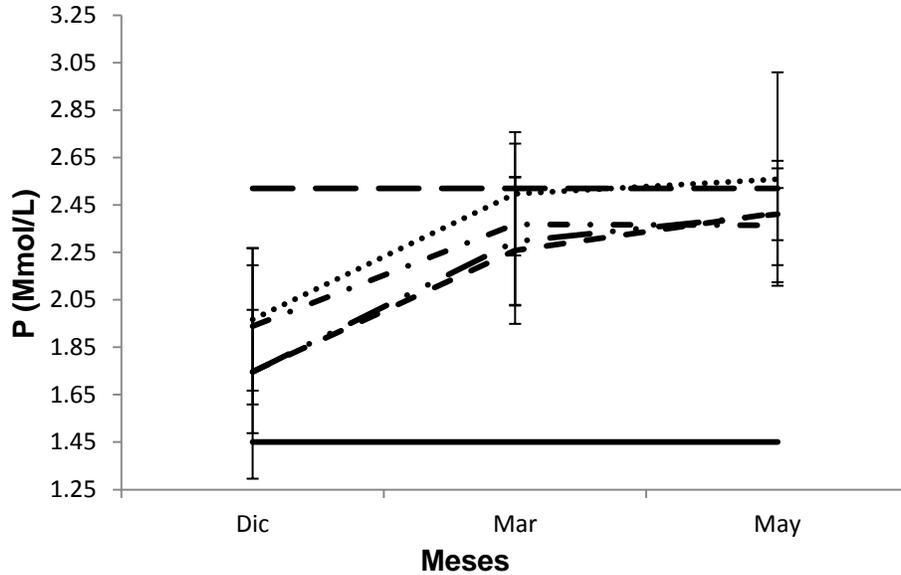


Figura 5: Niveles de Fosforo inorgánico en sangre (Media), en vaquillonas a pastoreo suplementadas con Selfos plus® subcutáneo (- - -), 1 bolo (- . . -) y 2 bolos (- . . -) intraruminal y no suplementadas (testigo (...)). Nivel mínimo de referencia (—), Nivel máximo de referencia (— —).

8.1.4 Magnesio.

El magnesio se mantuvo dentro de los parámetros normales (0.82-1.44 mmol/L) a lo largo de todo el ensayo en todos los grupos, viéndose un incremento en los niveles sanguíneos al transcurrir el ensayo.

El día cero (diciembre) se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$), entre el grupo testigo (0.97 ± 0.07 mmol/L) y los suplementados (Selfos plus® (0.88 ± 0.07 mmol/L), 1 Bolo (0.87 ± 0.06 mmol/L) y 2 Bolos (0.84 ± 0.09 mmol/L)) a favor del grupo testigo (Figura 6).

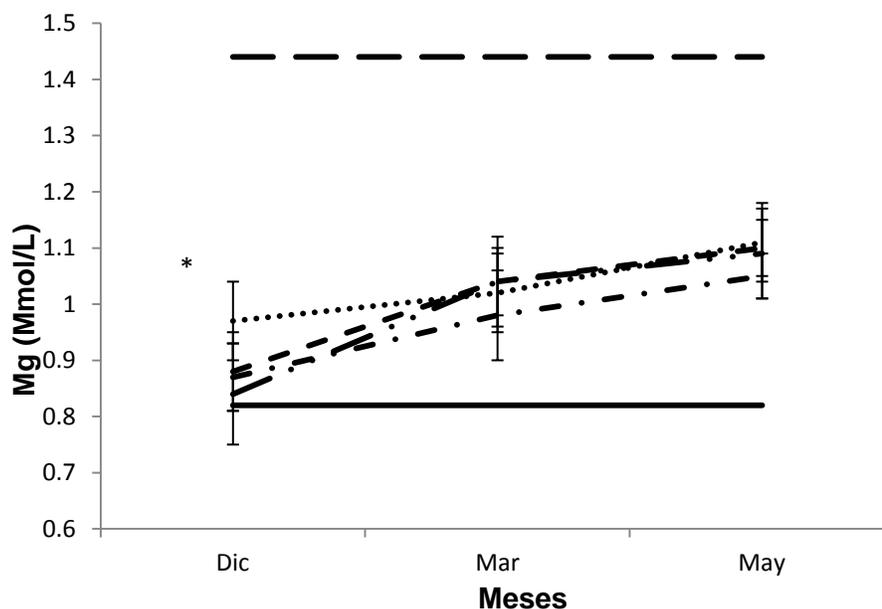


Figura 6: Niveles de Magnesio en plasma (Medias), en vaquillonas a pastoreo suplementadas con Selfos plus® subcutáneo (- - -), 1 bolo (- . -) y 2 bolos (- . . -) intraruminal y no suplementadas (testigo (...)). Nivel de referencia mínimo (—), Nivel de referencia máximo (— —). Los asteriscos indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$).

8.1.5 Cobre.

El cobre se mantuvo dentro de los parámetros normales ($>0.65 \mu\text{g/ml}$) en todos los grupos a lo largo de todo el ensayo, observándose una disminución 91 días de comenzado el ensayo (marzo) y posteriormente un aumento de sus niveles sanguíneos.

El grupo con 2 Bolos fue superior a los demás grupos durante todo el ensayo, observándose diferencias significativas ($p < 0.05$) a los 91 días (marzo) con respecto al grupo testigo. Obteniendo valores de $0.82 \pm 0.07 \mu\text{g/ml}$ y $0.98 \pm 0.10 \mu\text{g/ml}$ en grupo testigo y 2 Bolos respectivamente (figura 7). También en este mes se observaron diferencias significativas entre el grupo Selfos y 2 bolos y entre 1 bolo y 2 bolos.

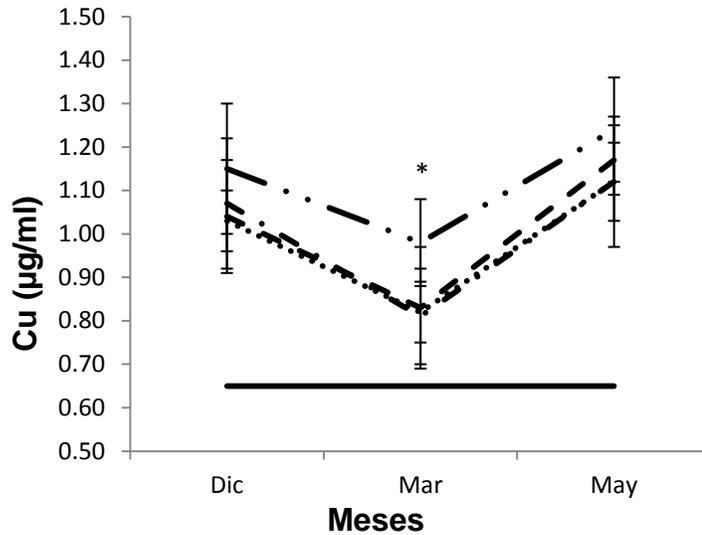


Figura 7: Niveles de cobre en plasma (Media), en vaquillonas a pastoreo suplementadas con Selfos plus® subcutáneo (- - -), 1 bolo (- . -) y 2 bolos (- . . -) intraruminal y no suplementadas (testigo (...)). Nivel de referencia (—). Los asteriscos indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$).

8.1.6 Zinc.

El zinc se mantuvo dentro de los niveles normales ($> 0.80 \mu\text{g/ml}$) a lo largo de todo el ensayo y en todos los grupos, observándose un descenso a los 91 días (marzo), dándose luego un aumento hasta el final del ensayo, no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) (figura 8).

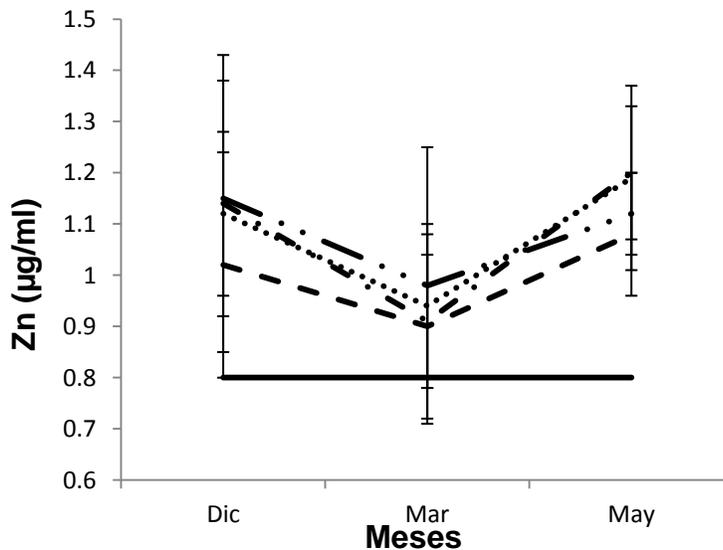


Figura 8: Niveles de zinc en plasma (Media), en vaquillonas a pastoreo suplementadas con Selfos plus® subcutáneo (- - -), 1 bolo (- . -) y 2 bolos (- . . -) intraruminal y no suplementadas (testigo (...)). Nivel de referencia (—).

8.2 Ganancia diaria y evolución del peso vivo.

La ganancia diaria en kg para todos los grupos no evidenciaron diferencias significativas ($P>0,05$). Las mayores ganancias se observaron a los 91 días (marzo) en todos los grupos (tabla 3).

Tabla 3: Ganancias diarias en -kg/día- registradas en el periodo de ensayo y significación por Test de Anova.

Periodo	Testigo			Selfos			Bolo			Significación
meses	n	X ± DE	CV	n	X ± DE	CV	n	X ± DE	CV	
Enero	120	0.49±0.40	82.23	117	0.55±0.58	105.74	105	0.43±0.44	102.63	n.s
Febrero	116	0.27±0.21	77.91	117	0.29±0.23	77.16	103	0.29±0.26	88.9	n.s
Marzo	118	0.83±0.27	31.95	121	0.86±0.28	32.56	105	0.88±0.26	29.72	n.s
Abril	118	0.49±0.31	62.68	121	0.52±0.28	53.77	105	0.48±0.33	68.24	n.s
Mayo	121	0.20±0.37	179.75	121	0.17±0.33	188.63	106	0.15±0.36	243.71	n.s
En-May	593	0.46±0.39	84.7	597	0.48±0.43	89.56	524	0.45±0.42	93.54	n.s

n.s= no significativo $p>0.05$; n= número de animales; X= media; DE= desvío estándar; CV=coeficiente de variación.

El aumento del peso promedio mostró una evolución similar para todos los grupos durante el periodo de experimentación, sin diferencias significativas, comenzando el ensayo con 238.24 ± 17.89 kg en las vaquillonas testigos, 235.25 ± 19.82 kg en las vaquillonas con Selfos plus®, y 237.71 ± 17.93 Kg en vaquillonas con 1, culminado con 303.14 ± 23.28 , 303.75 ± 21.33 y 301.43 ± 20.54 respectivamente (figura 9).

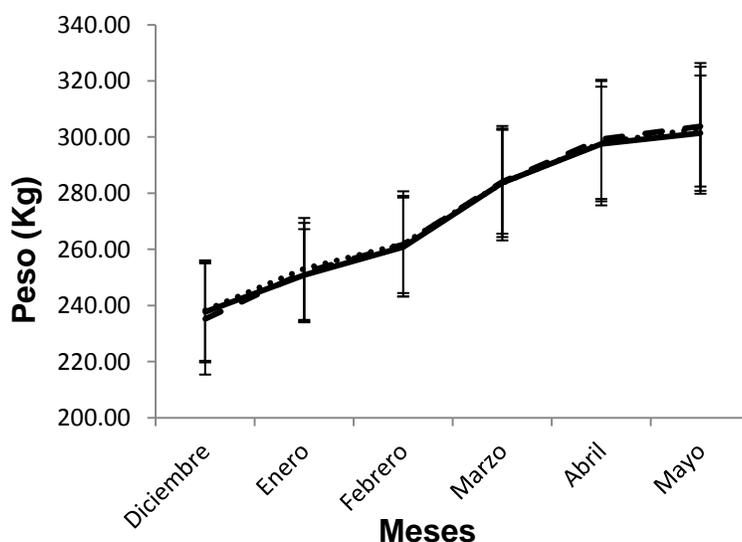
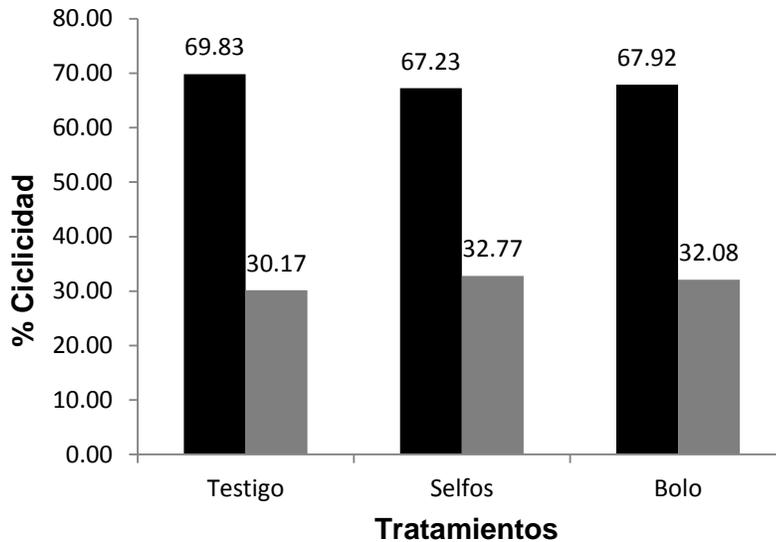


Figura 9: Evolución de peso vivo (Media) durante el ensayo en Testigo (....), Selfos (— —) y Bolo (—).

8.3. Fertilidad

En la figura 10 se presenta el porcentaje de ciclicidad con y sin los tratamientos, observándose, mediante la prueba de Chi-Cuadrado, que no existen diferencias significativas ($P > 0,05$). Cabe destacar que los animales tratados tuvieron menores porcentajes de ciclicidad que el testigo.



Nota: $\chi^2 = 0.91$ (n.s)

Figura 10: Porcentaje de ciclicidad según tratamientos. Ciclando (barra negra), Anestro (barra gris).

En la tabla 4 se presentan los pesos promedios según tratamientos de los animales ciclando y en anestro. Si bien estos resultados no se analizaron estadísticamente, la diferencia de peso entre los animales que estaban ciclando y en anestro fue muy pequeña.

Tabla 4: Relación entre el peso (Kg) y la ciclicidad según tratamientos.

Tratamientos	Ciclando	Anestro
	X± DE	X±DE
Testigo	309.58±18.82	294.23±22.15
Selfos	307.90±16.97	296.92±24.50
Bolo	306.61±17.91	291.00±22.08
Todos	308.01±17.89	294.19±22.92

Tabla 5: Porcentaje de concepción al primer servicio (PC 1° Serv.), porcentaje de preñez por inseminación artificial (PP IA) y porcentaje de preñez total (PPT).

Tratamientos	n	PC 1°serv.	PP IA	PPT
p<f	-	n.s	n.s	n.s
Testigo	79	83%	83%	85%
Selfos	80	75%	86%	87%
Bolo	70	79%	88%	91%

Al comparar las tasas de preñez total de los tratamientos y el porcentaje de preñez por inseminación artificial no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$), sin embargo, todos los animales tratados estuvieron por encima del testigo. En cuanto al porcentaje de concepción al primer servicio tampoco se observaron diferencias significativas y los grupos tratados estuvieron por debajo del grupo testigo (Tabla 5).

9. DISCUSIÓN

9.1. Perfiles minerales.

9.1.1. Actividad sanguínea de glutatión peroxidasa.

Al comienzo del estudio los valores de la actividad sanguínea de glutatión peroxidasa (GSH-Px) fueron similares entre los grupos ($P > 0.05$). Tanto los grupos tratados como testigo, se encontraban dentro de los clasificados, según Randox, (1990); deficientes cuando son menores de 100 U/g de Hb.

Considerándose que los animales se mantenían exclusivamente a pastoreo, se puede sostener que los forrajes con que se alimentaban estos animales presentaban un bajo contenido de selenio. Cumpliéndose lo dicho por Forero, (2004) que la relación suelo - planta - animal es uno de los factores que determina que tanto el forraje como los animales que lo aprovechan, contengan en su composición orgánica una concentración determinada de minerales, la que en algunos casos, puede ser deficitaria o excesiva según la cantidad acumulada. También se debe tener en cuenta que el selenato comparte mecanismos de absorción con el molibdato y el sulfato y por ello puede presentar antagonismo con esos aniones en rumiantes y no rumiantes (Underwood y Suttle, 1999).

En el primer muestreo post-suplementación, luego de 91 días de colocado el bolo y de 26 días de la segunda dosis de administrado el Selfos Plus® (marzo), el único grupo que estuvo por encima de los niveles adecuados (> 130 U/g de Hb) según Randox, (1990), fue al que se le administró 2 Bolos (352 U/g de Hb) mientras que los demás se comportaron en un nivel deficiente, (< 100 U/g de Hb).

Comparando el grupo testigo con los tratados se pudo constatar que todos los grupos suplementados mantuvieron valores de GSH-Px por encima de este ($p < 0.05$). Analizando las diferencias entre los tratamientos la misma fue significativa, alcanzando dentro de los valores por debajo del nivel de referencia un mayor incremento en el grupo Selfos en relación al grupo con 1 Bolo (98 vs 56 U/g de Hb), ($P < 0.05$).

En el segundo muestreo post-suplementación, luego de 146 días de colocado el bolo y 81 días de administrada la segunda dosis de Selfos (mayo). El único grupo que estuvo por encima de los niveles adecuados, fue al que se le administró 2 Bolos (155 U/g de Hb), mientras que los demás grupos se mantuvieron en valores de deficiencia (< 100 U/g de Hb).

Los distintos tratamientos mostraron diferencias significativas entre ellos en donde el grupo Selfos (64 U/g de Hb) y el de 2 bolos (155 U/g de Hb) lograron valores superiores, no diferenciándose el tratamiento con 1 Bolo (38 U/g de Hb) respecto al testigo (31 U/g de Hb).

Si analizamos el periodo total de suplementación, vemos que el tratamiento de 2 Bolos fue el que superó los niveles adecuados alcanzando valores de 188 U/g de Hb. De los demás tratamientos el único que mostro diferencias significativas fue el grupo Selfos

(75 U/g de Hb) mientras que el tratamiento de 1 Bolo (55 U/g de Hb) se mantuvo con valores similares al testigo (44 U/g de Hb).

En el grupo testigo se dio una disminución de los niveles sanguíneos de la enzima GSH-Px a lo largo de todo el periodo de suplementación, según Underwood y Suttle, (1999), esto puede estar relacionado al contenido de Se del forraje que depende de la concentración y disponibilidad de este elemento en el suelo y de la composición botánica del tapiz. Los animales alimentados con pasturas a base de leguminosas son más propensos a padecer carencias de Se debido a que las leguminosas tienden a contener menos Se que las gramíneas, además las fertilizaciones con superfosfato tienden a reducir las concentraciones de Se en las plantas. Lo antes mencionado puede ser atribuido a que en este trabajo todos los animales fueron manejados en forma conjunta, bajo las mismas condiciones de alimentación durante el período experimental, sobre praderas de *Lotus Corniculatus*, *Trifolium Repens* y *Festuca Arundinacea*.

Otro factor a tener en cuenta es que en el periodo de suplementación se registraron precipitaciones por encima de los promedios nacionales, lo cual según Underwood y Suttle, (1999) en los períodos con altas precipitaciones el contenido de Se de las pasturas tiende a disminuir debido a la pérdida de Se del suelo por lixiviación y a la dilución del contenido de Se en las plantas que crecen rápidamente.

Al administrar Selfos plus®, se observó un incremento de la GSH-Px durante la suplementación que no logró cubrir los niveles de referencia. Estos resultados no se corresponden con los encontrados por Radostits et al., (2002) en donde el uso de una dosis subcutánea de 1 mg de Se/kg de peso corporal (bario selenato) el ganado vacuno incrementa la actividad de la GSH-Px a las 4 semanas y la mantiene en niveles elevados durante 5 meses. Esta respuesta diferencial puede estar explicada por la fuente y la concentración de selenio administrada.

En un ensayo realizado en dos establecimientos de Chile, con carencia de selenio, el predio 1 con niveles de deficiencia (34 U/g Hb de GSH-Px) y el predio 2 con niveles marginales (116 U/g Hb de GSH-Px), se trataron 80 vaquillonas con edad 12 a 20 meses de 287 a 358 kg respectivamente. Las mismas eran de raza Frisón Negro, se les administró selenito de sodio en solución acuosa al 1.67 %, con una única dosis de 5 mg de Se/100 kg p.v. intramuscular, con sangrados y determinaciones de peso vivo mensualmente, durante 90 días. La suplementación provocó un aumento de la actividad sanguínea de GSH-Px por encima de los niveles de referencia (>130 U/g de Hb) en ambos rodeos. En el predio 2 hubo una mejor respuesta a la suplementación, manteniendo niveles de GSH-Px sobre el nivel de referencia durante todo el ensayo a diferencia del predio 1 (Oblitas et al., 2000).

En el presente ensayo, en el grupo de 1 Bolo no logró incrementar los niveles sanguíneos de GSH-PX, comportándose de igual forma que el grupo testigo. En contraposición, Radostits et al., (2002) en un ensayo clínico de campo con asignación aleatoria efectuado en un rebaño de vacas de leche en Estados Unidos, la suplementación oral de vacas gestantes por primera vez con selenio y utilizando un

bolo intraruminal de selenio con liberación sostenida incrementó las concentraciones sanguíneas de selenio en los animales tratados a los 30 días del tratamiento y hasta el parto. Esta diferencia en la respuesta puede estar explicada por liberación diaria de selenio que fue de 3mg/d y 1mg/d respectivamente.

La suplementación con 2 Bolos mantuvo los niveles de GSH-Px por encima de los niveles adecuados (GSH-Px >130 U/g de Hb) durante todo el ensayo, dando un pico en el mes de marzo (91 días post-suplementación), detectado por el perfil realizado y posteriormente comenzó a descender hasta el final del ensayo.

Según Radostits et al., (2002), este incremento se presenta porque la GSH-Px es incorporada al eritrocito solo durante la eritropoyesis, el aumento de la actividad enzimática de la sangre no se produce durante 4 a 6 semanas de la administración de selenio.

La actividad de la GSH-Px en hematíes aumenta logarítmicamente en relación al consumo de selenio, hasta que alcanza una meseta de saturación (Underwood y Suttle, 1999).

En un predio con antecedentes de carencia de selenio en el forraje, se realizó un ensayo durante 15 meses, utilizando 160 vaquillonas raza Frisón Negro, que se encontraban en el último tercio de gestación y presentaban carencia de selenio determinadas por perfiles metabólicos. Se administraron, dos bolos intraruminales de selenio que contenían 3 g de selenio elemental y liberaban 3.3 mg/día. Se observaron incrementos ($P < 0,05$) de los valores sanguíneos de la enzima GSH-Px posterior a la suplementación y hasta el final del estudio, manteniéndose por sobre los valores indicados como adecuados (Retamal, 1999). A diferencia de nuestro ensayo donde los niveles de GSH-Px aumentaron pero luego disminuyeron hacia el final del estudio, esto podría estar dado por la menor cantidad de selenio liberada por día en el presente trabajo.

Heufemann, (2011) realizó un ensayo que duró 194 días, con 30 vaquillonas Frisonas con deficiencia de selenio, de 301.5 Kg promedio, divididas al azar en grupos control y tratamiento, el cual se realizó mediante la administración de 2 bolos intraruminales que contenían 480 mg de selenito de sodio y aportaban 2 mg/d. En los muestreos post-suplementación, la actividad de GSH-Px aumentó sobre el valor considerado adecuado (>130 U/g Hb) hasta el final del estudio.

El uso de 2 bolos intraruminales fue suficiente para establecer diferencias en el balance metabólico de selenio respecto del grupo control aunque este último se encontraba en valores por encima del recomendado. No obstante, estas diferencias solo se mantienen hasta el día 145 de ensayo ya que posterior a ello, la actividad de GSH-Px cae hasta el valor que registró el grupo control. En consecuencia, en este estudio, el efecto de dos bolos intraruminales solo se prolonga por 5 meses, coincidiendo con este ensayo.

En el presente ensayo, el incremento en la actividad sanguínea de GSH-Px, posterior a la suplementación con selenio, indica que la forma empleada y la cantidad de selenio liberada por 2 bolos intraruminales fue la adecuada para los animales ya que con 1 bolo

no se logró cubrir los requerimientos adecuados. La mantención de los niveles de GSH-Px por sobre los valores indicados como adecuados indicaría que los animales del grupo tratado mantuvieron los 2 Bolos en el rumen durante todo el periodo del estudio.

9.1.2 Otros minerales

En cuanto a los demás minerales hay que destacar que los suplementos utilizados contenían cobre y Zinc (Bolos) y Glicero fosfato de sodio (Selfos plus®).

Todos los grupos se mantuvieron dentro de los niveles normales, a lo largo de todo el ensayo a pesar de que solo fueron suplementados con algunos de ellos, con esto podemos decir que los animales no tienen carencia de estos elementos a diferencia de lo que sucedió con los niveles de GSH-Px.

Por lo mencionado anteriormente podemos considerar que no sería necesario suplementar bajo estas condiciones.

9.2. Ganancia de peso

A lo largo del ensayo hubo una evolución del peso tanto en el grupo testigo como en los tratados, sin diferencias significativas ($P > 0.05$), coincidiendo con otros trabajos que no han obtenido respuestas significativas a la suplementación con Se, independientemente de la fuente y vía de suplementación (Nicholson et al., 1991).

También coincide con un ensayo realizado por Del Razo et al., (2002) con vacas Holstein y Jersey en diferente estado fisiológico (secas y lactantes), que se encontraban en praderas mixtas, se les administró Bolos que contenían selenito de sodio (1.99 g), se afirmó que no hubo efecto de los suplementos sobre peso vivo, condición corporal, producción de leche, y grasa, proteína, urea, células somáticas y selenio en leche ($P > 0.05$).

Otra coincidencia se dió en cuatro ensayos que se realizaron en terneros de menos de seis meses de edad, a los cuales se les administró selenio, no se obtuvieron diferencias de peso vivo significativas (Higgs, 2004).

En contraste Oblitas et al., (2000), obtuvo ganancias de peso ($P < 0.05$) en los 90 días de ensayo mayores en los animales tratados respecto de los controles, tanto en las vaquillonas en crecimiento como en vacas adultas.

Santiago, (1990) también describe el efecto protector del selenio-vitamina E (α -tocoferol), en la cual la suplementación con estos compuestos permite que los animales tratados logren un mayor aumento de peso, con respecto a un grupo control deficiente en selenio.

Por otro lado Radostits et al., (2002) afirma que el uso de comprimidos intraruminales de selenio en el ganado vacuno de leche de Nueva Zelanda a dado lugar a un mayor crecimiento y producción de leche en los rebaños con bajos niveles de selenio, pero no han producido efectos sobre el estado de las ubres ni sobre el rendimiento reproductivo.

En el presente ensayo se pudo observar que a pesar de que los diferentes grupos siempre se encontraron con niveles de GSH-Px por debajo del nivel de referencia (>130 U/g de Hb), de igual forma lograron llegar a un adecuado peso de entore.

En síntesis la variabilidad de respuesta en ganancia diaria debido a la suplementación de selenio se debe a las distintas situaciones (pastoreo estabulación), categoría evaluada y al estado fisiológico del animal.

9.3 Fertilidad

La mayoría de los trabajos que citan efectos de selenio en la reproducción, están relacionados a vacas de leche que estudian pérdidas embrionarias y retención de placenta, siendo escasos los reportes sobre ciclicidad, porcentajes de concepción y preñez.

Al comparar los animales suplementados con el testigo, se observó que no hubo diferencias significativas ($P>0.05$), tanto para el porcentaje de ciclicidad, como para el porcentaje de concepción al primer servicio, preñez a la inseminación artificial y preñez total. Esto podría estar atribuido a que con la administración de Selfos Plus® y 1 Bolo nunca se logró alcanzar los niveles óptimos. Esto coincide con el ensayo realizado por Retamal, (1999), donde la suplementación con bolos de selenio no influyó en la capacidad fecundante de los animales, no teniendo efectos sobre la preñez al primer servicio ni sobre el índice de gestación.

También coincidió con el ensayo realizado en Uruguay por Algorta y Barbosa, (2011) donde utilizaron vaquillonas de la raza Holando que presentaban carencia de selenio y se les administraron 10 ml de Vitamínico ADE Selenio y Zinc (Rio de Janeiro) conteniendo 0.035 g de selenito de sodio, este no tuvo influencia sobre la fertilidad para los parámetros reproductivos estudiados (porcentaje de concepción y porcentaje de preñez).

Además existen algunos trabajos que no obtuvieron ninguna respuesta al administrar selenio inyectable en vacas Holstein (Lopes et al., 2003).

En contraste De Nava et al., (2007) realizó un ensayo en Tacuarembó, en el cual se utilizaron 196 animales raza Hereford, Angus y Cruza de 300 kg de PV, donde se le administró la primera dosis de Selfos® (6 ml por animal) 14 días previo al servicio y una segunda dosis 1 mes después de la primera coincidiendo con el fin de la inseminación artificial y el comienzo del repaso con toro. El protocolo utilizado para la inseminación artificial consistió en detección de celo e inseminación artificial durante 8 días, luego aplicación de PG y detección de celo e inseminación artificial durante 8 días y por último se realizó repaso con toro durante dos meses. En dicho ensayo se obtuvieron mejoras en la tasa de concepción (70.5% vs 56.2%), porcentaje de preñez a la I.A (66.7% vs 50.3%) y la preñez final (96.1% vs 92.2%).

Estas diferencias con De Nava podrían estar dadas a que no se sabe si los animales tenían carencia del mineral o no, ya que no se realizaron perfiles metabólicos en el establecimiento, a diferencia de este trabajo en el cual había antecedentes de carencia

de selenio en los animales detectadas por los perfiles realizados. También podrían estar dadas por el momento en que se administro el mineral.

Santiago, (1990) también observó como en vacas Charolais de 650-1000 kg suplementadas con selenio-vitamina E (1 ml/100 kg) aumentaba la tasa de concepción, disminuía el número de inseminaciones necesarias para conseguir fertilización, así como el período entre parto y nueva gestación, y afirma que el selenio ha demostrado ser uno de los oligoelementos más importante para la reproducción entre todos los que se han descubierto como esenciales.

Por otro lado en Nueva Gales del Sur, se han observado mejoras en las tasas de concepción durante el primer servicio después de la suplementación con selenio (McClure et al., 1986). Ruksan, (1994) también obtuvo una mejor respuesta en la preñez de vaquillonas de primer servicio con la administración de selenio.

En otro trabajo se obtuvieron diferencias significativas en el porcentaje de concepción con la suplementación con selenio en forma oral en vacas lechera (McClure et al., 1986). Según Radostits et al., (2002) la inyección intramuscular de vitamina E y selenio tres semanas antes del parto ha incrementado el porcentaje de vacas gestantes hasta al primer servicio, ha disminuido el número de servicios por concepción, ha disminuido la incidencia de casos de retención placentaria y también ha reducido el intervalo desde el parto hasta la concepción.

En el presente trabajo se obtuvieron porcentajes de preñez (85-91%) y ciclicidad (68-70%) adecuados a pesar de presentar niveles deficientes de selenio durante todo el periodo experimental. Esto podría ser atribuido a que los animales se encontraban con un adecuado estado corporal, alimentación, sanidad y demás perfiles minerales (Ca, Mg, Cu, Zn, P) dentro de los parámetros normales. Al comparar el peso con la ciclicidad se pudo observar que las diferencias entre los animales que se encontraban ciclando y en anestro no fueron grandes, por ende esto no estaría condicionando la ciclicidad.

Al estar en condición de pastoreo también se podría considerar que la deficiencia de selenio la podría cubrir un buen nivel de vitamina E. Según Underwood y Suttle, (1999) las resistencias a los bajos contenidos de selenio en sangre pueden ser debidas a una ingesta muy abundante de vitamina E contenida en altas concentraciones en los forrajes pastoreados por los rumiantes.

10. CONCLUSIÓN

- La suplementación de selenio bajo la forma de la aplicación parenteral de Selfos y la administración de 2 Bolos intraruminales aumentó los valores sanguíneos de glutatión peroxidasa de vaquillonas de carne.
- La administración parenteral de Selfos Plus® y oral en forma de 1 Bolo no lograron incrementar los valores de glutatión peroxidasa hasta los niveles recomendados, a diferencia de lo que sucedió al administrar 2 Bolos el cual se mantuvo dentro de los niveles de referencia durante todo el ensayo.
- No se observaron respuestas de ninguno de los tratamientos analizados en ganancia diaria, ciclicidad y preñez general.
- En el presente trabajo se obtuvieron porcentajes de preñez (85-91%) y ciclicidad (68-70%) y buenos pesos al entore, a pesar de presentar niveles deficientes de selenio durante todo el periodo experimental.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta L. (2007). El selenio. En: Acosta L. Laboratorio Santa Elena, Uruguay: Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/suplementacion_mineral/95-selenio.pdf. Fecha de consulta: 08/01/2014.
2. Algorta I.; Barbosa J. (2011). Evaluación de un protocolo de sincronización de celos con prostaglandinas en vaquillonas de leche luego de la administración parenteral de minerales. Montevideo. Universidad de la República Facultad de Veterinaria. 52p.
3. Andersen, K.J., D.G. LeFever, J.S. Brinks, K.G. Odde. (1991). The use of reproductive tract scoring in beef heifers. Agri-Practice. 12 (4): 106-111.
4. Barros Vidal L. (1987). Perfiles metabólicos: Estudios de cinco años de aplicación en Uruguay. XV Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú. Uruguay. p E1-E14.
5. Bavera G. (1987). Suplementación mineral del bovino. Buenos Aires. Hemisferio Sur. 77 p.
6. Bavera G. (2006). Elementos minerales esenciales. En: Bavera G. Suplementación mineral y con nitrógeno no proteico del bovino a pastoreo, Río Cuarto, 384 p; capítulo I: 13-19. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/01-elementosmineralesesenciales.pdf Fecha de consulta: 07/01/2014.
7. Black, D.H.; French, N.P. (2004). Effects of three types of trace element supplementation on the fertility of three commercial dairy herds. The Veterinary Record. 154 (21): 652-658.
8. Campbell, D.T.; Maas, J.; Weber, W.; Hedstrom, O.R.; Norman, B.B. (1990). Safety and efficacy of two sustained-release intrarecticular selenium supplements and the associated placental and calostrical transfer of selenium in beef cattle. American Journal of Veterinary Research. 51(5): 813-817.
9. Capote, A.E. (2010). El Selenio su importancia en la reproducción del bovino. Sede Universitaria Municipal Jagüey Grande, Matanzas. Disponible en: <http://monografias.umcc.cu/monos/2010/JAGUEY%20GRANDE/mo105.pdf>. Fecha de consulta: 07/04/2014.
10. Cavestany, D.; Mendez, J. (1995). Manual de Inseminación Artificial en Bovinos; Boletín de Divulgación, INIA N° 39, 87 p.
11. Ceballos, A.; Wittwer, F.; Contreras, P.; Böhmwald, H. (1998). Actividad sanguínea de glutatión peroxidasa en rebaños lecheros a pastoreo, variación según edad y época del año. Archivos de Medicina Veterinaria, 30: 13-22. Disponible en:

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X1998000100002&lang=pt. Fecha de consulta: 05/04/2014.

12. Ceballos, A.; Wittwer, F.; Contreras, P.; 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. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X1999001200020&lang=pt. Fecha de consulta: 06/04/2014.
13. Combs, G.; Combs, S. (1986). Chemical aspects of selenium. En: Combs, G.; Combs, S. *The role of selenium in nutrition*. Orlando. Academic press, pp. 1-14.
14. De Nava G.; Arrospide A.; Delgado E.; De Paula R.; Cavestany D. (2007). Efecto de la administración parenteral de vitaminas y minerales sobre la fertilidad de vaquillonas de carne inseminadas artificialmente. XXXV. Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú. Uruguay. pp. 266-267.
15. Del Razo O.E.; González E.A.; Garcia J.G.; López R.; Huerta M.; Cadena J.A. (2002). Uso de bolos para suplementar selenio a vacas lecheras. Mem. XXX Reunión Anual Asociación Mexicana de Producción Animal. Guadalajara, Jal. Disponible en: <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/7499/4.pdf?sequence=1>. Fecha de consulta: 02/05/14.
16. Eliseche, E. (2005). Selenio- ¿Por qué es necesario considerar este micronutriente?. Buenos Aires. Laboratorios Agroinsumos, 11 p.
17. Ekermans, L.G.; Schneider, J.V. ((1982). Selenium in livestock production: a review. *Journal of the South African Veterinary Association*. 53(4): 223-228.
18. Forero E. (2004). Fallas reproductivas asociadas a deficiencias de microminerales: caso colombiano, en Forero E. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/suplementacion_mineral/12-deficiencias_microminerales_colombia.pdf Fecha de consulta: 07/01/2014.
19. Gates, N.L. and Johnson, K.A. (1991). Selenium Related Disorders in Washington Livestock. Washington. Washington State University. EB 1607.
20. Gerloff, B. (1992): Effect of selenium supplementation on dairy cattle. *Journal of Animal Science*. 70:3934-3940.
21. Gill W.; Lane C.; Neel J.; Fisher A.; Joines D. (2004). Mineral nutrition of beef cattle. University of Tennessee Extension. Disponible en: http://union.tennessee.edu/pubs/Union/PB_1749.pdf. Fecha de consulta 09/1/2014.

22. Han, B. (2000). Study on the free radical-induced damage in cattle with endemic fluorosis and the protective mechanism of selenium, cooper and magnesium. *Scientia Agricultura Sinica* 33 (6): 80-87.
23. Hefnawy, A.; Pérez, J. (2008). "Selenio y salud animal" importancia, deficiencia, suplementación y toxicidad. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar*.11 (2): 153-165.
24. Heufemann D. (2011). Concentración sanguínea de algunos microminerales y vitaminas en vaquillonas en pastoreo suplementadas con bolos de depósitos intraruminal. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias, 23p.
25. Higgs, T. (2004). Trace elements deficiencies in sheep and cattle. Government of Western Australia. Department of Agriculture. Farmnote N° 8. Disponible en: <http://www.doc88.com/p-017901608233.html>. Fecha de consulta: 07/05/2014.
26. Kamada, H.; Ikumo, H. (1997). Effect of selenium on cultured bovine luteal cells. *Animal Reproduction Science*. 46: 203-211.
27. Keen CL.; Graham TW. (1989). Trace elements. En: Kaneko JJ, (ed). *Clinical biochemistry of domestic animals*. 4³ ed. New York: Academic Press, p. 753-795.
28. Lopes, P.; Al-Katanani Y.; Majewski A.; Mc Dowell L.; Hansen P. (2003). Manipulation of antioxidant status fails to improve fertility of lactating cows or survival of heat-shocked embryos. *Journal of Dairy Science*. 86:2343–2351.
29. Lopez A. M.; Miranda M.; Hernández J.; Castillo C.; Benedito J. L. (1997). Glutati6n peroxidasa (GSH-Px) en las patologías asociadas a deficiencias de selenio en rumiantes. *Archivo de Medicina Veterinaria*. 29 (2): Valdivia. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0301-732X1997000200001&script=sci_arttext. Fecha de consulta: 06/04/14.
30. MacPherson, A.; Chalmers, J.S. (1984). Methods of selenium supplementation of ruminants. *The Veterinary Record*. 115 (21): 544-546.
31. Maneiro D.; Falkenstein F.; Carriquiry R. (2011). Sospecha de carencia de Selenio/vit E en ovinos en el Uruguay. XV Congreso Latinoamericano de Buiatría-XXXIX Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú-Uruguay p. 286-288.
32. McDowell LR.; Conrad JH. (1977). La importancia nutricional de los oligoelementos en América Latina. *Revista Mundial de Zootecnia*. 24:24-33.

33. McDowell, L.R. (1996). Feeding minerals to cattle on pasture. *Animal Feed Science and Technology*. 60: 247-271.
34. McClure T.; Eamens G.; Healy P. (1986) Improved fertility in dairy cows after treatment with selenium pellets. *Australian Veterinary Journal*; 63: 144-146.
35. McDowell, J. H.; Conrad, G.L.; Ellis y J. K. Loosli. (1984). *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. Florida, University of Florida, 93 p.
36. Miller, J K., Brzezinska-Slebodzinska, E.; Madsen F.C. (1993). Oxidative stress, antioxidants, and animal function. *Journal of Dairy Science*. 76:2812-2823.
37. Monniaux, D.; Chupin, D.; Saumande, J. (1983). Superovulatory responses of cattle. *Theriogenology*. 19(1): 55-81.
38. Mufarrege D. (1999). Los minerales en la alimentación de vacunos para carne en la Argentina. INTA Mercedes. Argentina. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/mercedes/info/Pubdiversas/Minerales99.pdf>. Fecha de consulta: 07/01/2014.
39. National Research Council (NRC). (1989). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6° ed. Washington. National Academy. 157 p.
40. National Research Council (NRC). (1996). *Nutrient requirements of beef cattle* 7a. ed. Washington. Washington National Academy of Science National Research Council 242p.
41. National Research Council (NRC). (2001): *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7a. ed. Washington. National Academy. 408p.
42. Nicholson, J.W.G.; McQueen, R.E.; Bush, R.S. (1991). Response of growing cattle to supplementation with organically bound or inorganic sources of selenium or yeast cultures. *Canadian Journal of Animal Science*. 71(3): 803-811.
43. Noon, TH.; Frederick, H.; Cuneo, S.P. (2004). Selenium deficiency in Arizona Range Cattle. The University of Arizona. *Animal Health Update*. Disponible en: http://cals.arizona.edu/vdl/old_site/AzVDL/newsletters/Sep04.pdf. Fecha de consulta: 07/05/2014.
44. Oblitas, F.; Contreras, P.; Bohmwald, H.; Wittwer, F. (2000). Efecto de la suplementación con selenio sobre la actividad sanguínea de glutatión peroxidasa y ganancia de peso en bovinos selenio deficientes mantenidos a pastoreo. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 32: 55-62. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0301732X2000000100007&script=sci_arttext Fecha de consulta: 14/01/2014.

45. Ocasberro R. (1997). Suplementación y performance de ovinos y vacunos alimentados con forraje. INIA. Serie Técnica 13:225-233.
46. Pittaluga, O (2009) Rol de los minerales en la producción de bovinos para carne en Uruguay. Boletín de Divulgación INIA, N° 96, 25 p.
47. Podestá, M.; Colucci, P.; Armentano, J.; Da Fonseca, D.; Ohanian, C. (1976) Distrofia muscular nutricional (DMN). Primera comprobación en bovinos del Uruguay. Veterinaria (Uruguay) 63:19-35.
48. Radostits OM.; Blood DC.; Gay CC.; Hinchcliff KW. (2002). Medicina Veterinaria. 9a. ed. Madrid, Mc Graw Hill, 2156 p.
49. Radox (1990). Ransel®: Glutathione Peroxidase. Technical brief. Crumlin, U.K. Radox Laboratories, 42 p.
50. Ratto M.; Ceballos-Márquez A.; Matamoros R.; Wittwer F.; Böhmwald H. y Wolter M. (2008). Suplementación con selenio, respuesta superovulatoria y recuperación de embriones en bovinos lecheros tratados con eCG1. Vet. Zootec. 2(2): 53-58. Disponible en: [http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/MVZ2\(2\)_9.pdf](http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/MVZ2(2)_9.pdf). Fecha de consulta: 16/01/2014.
51. Reinoso V. y Soto C. (2009). Importancia de la vitamina E y el selenio en vacas lecheras. Artigas, Uruguay. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/104-Vit_E_y_Se.pdf. Fecha de consulta: 14/01/2014.
52. Retamal F. (1999). Evaluación de la suplementación con bolos intraruminales de selenio en vaquillas a pastoreo. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias, 40p.
53. Ruksan E. (1994). Deficiencia de selenio. Congreso Argentino de Ciencias Veterinarias. VII. Buenos Aires Argentina. pp. 115.
54. Santiago, C.M. (1990). Usos e influencia del selenio-alfatocoferol. Proceeding XVI World Buiatrics Congress, Salvador, Brasil, pp. 1258-1263.
55. Smith, K.L.; Hogan, J.S.; Weiss, W.P. (1997): Dietary vitamin E and selenium affect mastitis and milk quality. Journal of Animal Science. 75:1659-1665.
56. Underwood E. (1981). Detección y corrección de las deficiencias e intoxicaciones minerales: Principios Generales. En: Underwood E.J. (Ed.). Los Minerales en la nutrición del ganado. 2ª. ed. Zaragoza. Acribia, pp. 23-34.

57. Underwood E. J. (1981). Selenio. En: Underwood E. J. (Ed.) Los minerales en la nutrición del ganado. 2a ed. Zaragoza. Acribia, pp. 173-194.
58. Underwood E.J, Suttle N.F (1999): The mineral nutrition of livestock, 3^a ed. New York. CABI, 614p.
59. 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. INIA Tacuarembó, 230 p.
60. Uriarte G.; Cuenca, L.; García A.; Piaggio L.; Podestá C.; Mc Dowell L. (2000). Effects of mineral supplementation animal performance and reproductive efficiency in beef cattle herds grazing natural pasture, XXI World Congress of Buiatrics, Punta del Este, Uruguay, pp. 49.
61. Vandamme, TH.F.; Ellis K.J. (2004). Issues and challenges in developing ruminal drug delivery systems. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 56: 1415– 1436.
62. Waidner, Ch.; Campbell, J.; Kee Jim, G.; Tim Guichon, P.; Booker, C. (1998). Comparison of 3 methods of selenium assessment in cattle. *Canadian Veterinary Journal* 39: 225-231.
63. Weiss, W. P. (2005). Selenium Sources for Dairy Cattle. Department of Animal Sciences the Ohio State University. Disponible en: <http://tristatedairy.osu.edu/Weiss%20paper.pdf>. Fecha de consulta: 09/04/2014.
64. Wichtel, J. (1998). A review of selenium deficiency in grazing ruminants. Part 1: New roles for selenium in ruminant metabolism. *New Zealand Veterinary Journal* 46: 47-52.
65. Wittwer, F.; Araneda, P.; Ceballos, A.; Contreras, P.; Andaur, M.; Bohmwald H. (2002). Actividad de glutatión peroxidasa en sangre de bovinos a pastoreo de la IX Región, Chile y su relación con la concentración de selenio en el forraje. *Archivos de Medicina Veterinaria* 34: 49-57.

12. ANEXOS

PERFILES MINERALES

Diciembre

Testigo

Animal N°	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se GSH-Px
8056	2,39	1,8	0,97	0,9	1,21	107
7414	2.21-	2,43	1	1,03	1,28	44
4588	2,43	1,54	1,01	1,08	1,13	95
7513	2,44	1,86	1,11	0,96	1,21	42
4578	2,32	2,06	1,03	1,06	1,41	51
7400	2,55	1.44-	1,01	1,03	1,14	102
5730	2,43	1,94	0,92	0,97	0,92	48
2786	2,37	1,78	0,98	1,17	1,11	86
8123	2,39	2,05	0,87	1	1,1	67
2268	2,29	2,22	0,94	1,05	0,86	47
2646	2,39	2,45	0,92	1,06	0,93	44
676	2,43	2,04	0,95	1,03	1,01	72
9273	2,27	1,96	0,86	1,05	1,27	36
% ALT						100

Selfos

Animal N°	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se GSH-Px
7431	2,26	1,87	1,09	1,13	1,04	140
8009	2.09-	1,61	0,9	1,12	0.72-	75
2654	2.04-	1,45	0,83	0,9	0.78-	50
4857	2.13-	1,5	0,83	0,94	0,96	86
2347	2.18-	1,63	0,9	0,79	0,99	38
7730	2,25	1,65	0,83	1,21	1	32
2695	2.17-	1,93	0,82	1,09	0,84	52
8038	2.20-	2,07	0,86	1,24	1,14	65
8075	2,27	2,1	0,86	0,89	1	52
8391	2,37	1,92	0,86	1,06	1,52	47
9294	2,28	1.21-	0,92	0,99	1,33	64
653	2,37	1,97	0,96	1,07	1,1	65
8345	1.97-	1,81	0,84	1,11	0,89	65
% ALT						92,31

1 Bolo

Animal N°	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se GSH-Px
8051	2,31	1,96	0,95	1,08	1,14	58
4826	2,34	2,3	0,85	1,29	1,73	69
2321	2.14-	1,92	0,8	0,89	1,23	127
3898	2,27	2,15	0,94	0,92	1,04	53
8141	2,29	2,21	0,84	1,15	0,95	60
9247	2,32	1.35-	0,83	0,97	1,01	62
4881	2.18-	1,68	0,85	1,21	0,87	64
%ALT						100

2 Bolos

Animal N°	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se GSH-Px
4575	1.91-	1.08-	0.71-	1,26	1,06	101
8050	2,31	1,7	0,92	1,15	0,81	64
3896	2,26	2,18	0,85	1,06	1,18	32
5771	2.14-	1,9	0,86	0,99	0,94	51
5703	2,44	1,88	0.79-	1,04	1,28	45
8028	2,48	1.21-	0,97	1,1	1,48	61
7447	2,27	2,27	0,81	1,43	1,27	46
%ALT						100

Marzo

Testigo

Animal N°	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se GSH-Px
8056	2,46	2,19	1,02	0,86	0,88	84
4588	2,45	2,24	0,92	0,82	0,85	49
4578	2,42	2,46	0,98	0,87	0,92	22
7414	2,43	2,26	1,01	0,86	0,87	16
7513	2,57	2,63	1,13	0,83	0,88	18
7400	2,43	2,8	0,96	0,74	0,84	60
5730	2,55	3,11	1,07	0,83	0,99	34
2786	2,53	2,37	1,1	0,81	0,81	35
8123	2,45	2,29	0,93	0,89	0,91	25
2268	2,54	2,64	0,97	0,64	0,85	41
2646	2,62	2,55	1,16	0,91	1,11	22
676	2,53	2,47	1,03	0,88	1,42	43
9273	2,55	2,45	1,02	0,75	0,9	26
% ALT						100

Selfos

Animal N°	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se GSH-Px
7431	2,52	1,87	0,88	0,67	0,75-	151
8009	2,46	2,01	1,02	0,44-	0,67-	106
2654	2,46	1,91	0,98	0,88	0,94	93
4857	2,35	2,22	1,13	0,94	0,89	118
2347	2,45	2,08	1,08	0,96	1,06	69
7730	2,57	2,09	1,06	0,79	0,79-	59
2695	2,52	2,4	1	0,89	0,85	94
8038	2,62	2,58	1,16	0,94	0,78-	98
8075	2,45	2,79	1,01	0,8	1,03	104
8391	2,56	2,08	1,04	0,84	1,36	104
9294	2,66	2,85	0,98	0,91	0,94	111
653	2,52	2,28	1,09	0,86	0,86	91
8345	2,54	2,2	1,11	0,93	0,79-	73
% ALT						92,31

1 Bolo

Animal N°	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se GSH-Px
8051	2,48	2,61	0,95	0,85	0,96	52
4826	2,6	2,45	1,07	1,02	0,94	56
2321	2,48	2,04	0,9	0,72	0,76-	91
3898	2,46	2,75	1,02	0,72	1,12	46
8141	2,56	2,53	0,98	0,72	0,99	51
9247	2,48	1,77	0,85	0,78	0,83	59
4881	2,47	2,43	1,07	0,84	0,75-	36
%ALT						100,00

2 Bolo

Animal N°	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se GSH-Px
8050	2,51	2,01	1,06	0,95	0,62-	349
3896	2,56	2,04	1,15	0,89	1,09	339
5771	2,41	2,36	1,06	0,88	0,88	283
5703	2,52	2,22	1,02	0,95	0,99	309
8028	2,63	2,24	0,98	1,08	1,46	396
7447	2,54	2,81	0,97	1,15	1,05	396
%ALT						0,00

Mayo

Testigo

Animal N°	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se GSH-Px
8056	2,31	2,56	1,02	1,23	1,27	50
4588	2,45	1,79	1,02	1,37	1,44	33
4578	2,43	2,24	1,09	1,13	1,11	23
7414	2,36	2,97	1,07	1,36	1,11	18
7513	2,48	3,16	1,2	1,04	1,25	23
7400	2,46	3,15	1,05	0,82	0,98	39
5730	2,38	2,41	1,14	0,99	1	28
2786	2,45	2,5	1,18	1,13	1,04	32
8123	2,5	2,63	1,07	1	1,25	26
2268	2,36	1,96	1,12	1,22	1,09	39
2646	2,39	2,86	1,27	1,14	1,48	23
676	2,36	2,07	1,13	1,1	1,45	36
9273	2,51	2,97	1,06	1,05	1,04	27
%ALT						100

Selfos

Animal N°	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se GSH-Px
7431	2,34	2,47	1,09	1,28	0,97	91
8009	2.20-	2,25	1,05	1,2	1,02	58
2654	2,4	2,71	1,03	1,18	0,99	63
4857	2,27	2,28	1,17	1,24	1,21	70
2347	2,36	2,52	1,13	1,07	1,13	52
7730	2,51	2,35	1,11	1,23	1,11	41
2695	2,35	2,36	1,13	1,09	0,94	61
8038	2,37	2,71	1,08	1,27	1,23	64
8075	2,31	2,72	1,01	1,19	0,94	68
8391	2,37	1,95	1,15	1,02	1,28	66
9294	2,39	2,45	1,09	1,12	1,17	62
653	2,42	2,28	1,07	1,12	1	80
8345	2,37	2,36	1,18	1,26	1,09	60
%ALT						100

1 Bolo

Animal N°	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se GSH-Px
8051	2,41	2,74	1,07	1,21	1,03	30
4826	2,42	2,63	1,05	1,13	1,15	41
2321	2,44	2,08	0,97	1,12	1,43	39
3898	2,45	2,27	1,08	1,23	1,27	36
8141	2,49	2,4	1,01	1,13	1,27	42
9247	2,32	2,19	1,06	0,96	1,1	45
4881	2,29	2,24	1,1	1,09	1,14	32
%ALT						100,00

2 Bolos

Animal N°	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Se GSH-Px
8050	2,3	2,36	1,1	1,2	1,07	185
3896	2,38	2,26	1,2	1,12	1,03	148
5771	2,27	2,38	1,05	m.i.	m.i.	126
5703	2,41	2,51	1,09	1,19	1,14	142
8028	2,39	2,33	1,18	1,17	1,27	183
7447	2,39	2,6	0,98	1,46	1,1	185
%ALT						28,57

VALORES DE REFERENCIA	
Calcio (Ca) (mmol/L)	2.25-3.00
Fósforo inorg. (P) (mmol/L)	1.45-2.52
Magnesio (Mg) (en plasma)(mmol/L)	0.82-1.44
Cobre (Cu) (µg/mL)	>0.65
Zinc (Zn) (µg/mL)	>0.80
Glutación Peroxidasa (GPX) (U/g Hb)	>130