

## **EFFECTO DE GLUTATION PEROXIDASA EN LA SALUD UTERINA Y PERFORMANCE PRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS SUPLEMENTADAS CON SELENIO**

### ***Peroxidase glutathione effect in the health uterine and productive performance of dairy cows supplemented with selenium***

Guillermo Bianchini <sup>1,2</sup>; Caren Luciana Savia <sup>1,2</sup>; Noelí Márquez <sup>3</sup>; Agustín Rinaudo <sup>2</sup> y Pablo Roberto Marini <sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Doctorando Facultad de Ciencias Veterinarias (UNR). Facultad de Ciencias Veterinarias UNR. Bv. Ovidio Lagos y Ruta 33 (2170) Casilda, Santa Fe. Argentina.

<sup>2</sup> Docente de la Facultad de Ciencias Veterinarias – UNR, Argentina.

<sup>3</sup> Estudiante de Medicina Veterinaria. Facultad de Ciencias Veterinarias –UNR, Argentina

<sup>4</sup> Carrera del Investigador Científico (CIURN), Argentina.

\* Corresponding author  
Agustin Rinaudo  
E-mail:  
[agustinrinaudo@hotmail.com](mailto:agustinrinaudo@hotmail.com)

#### **ABSTRACT**

The objective of the work was to evaluate the incidence of glutathione peroxidase in the productive performance and health uterine of dairy cows supplemented with selenium. During the months of October of the year 2015 and March of the year 2016, a total of 68 Holstein cows were sampled. They were randomly divided into two groups of 34 animals and one of them was given a slow-release Selenium bolus (GS) in the last pregnant trimester period, the other group did not receive supplementation (GT). Blood was drawn for the determination of the concentration of the selenium-dependent enzyme glutathione peroxidase (GSH-Px) at the time of bolus application and subsequently the postpartum period between 21 and 56 days. The health uterine and productive performance of the cows was evaluated. It was concluded that the extra administration of selenium favors the productive performance and health uterine of the dairy cows since the GSH-Px is increased in the more productive cows and those that had less uterine pathologies than those that did not increase this concentration.

**Keywords:** Dairy cows, Peroxidase glutathione, Uterine health, production

#### **RESUMEN**

El objetivo del trabajo fue evaluar la incidencia de glutatión peroxidasa en la performance productiva y salud uterina de vacas lecheras suplementadas con selenio. Durante los meses de octubre del año 2015 y marzo del año 2016 se muestrearon un total de 68 vacas Holstein multíparas. Se dividieron al azar en dos grupos de 34 animales y a uno de ellos se le administró vía oral en el último tercio de preñez un bolo de liberación lenta de Selenio (GS), el otro grupo no recibió suplementación (GT). Se extrajo sangre para la determinación de la concentración de la enzima seleno-dependiente glutatión peroxidasa (GSH-Px) al momento de la puesta del bolo y posteriormente el periodo posparto comprendido entre los 21 y 56 días. Se evaluó la performance productiva y la salud uterina de las vacas. Se concluyó que la administración extra de selenio favorece la performance productiva y la salud uterina de las vacas lecheras ya que se incrementa la GSH-Px en las vacas más productoras y aquellas que tuvieron menos patologías uterinas que las que no incrementaron dicha concentración.

**Palabras clave:** Vacas lecheras, glutatión peroxidasa, salud uterina, producción.

## INTRODUCCION

Los minerales constituyen una parte fundamental de los nutrientes requeridos por los rumiantes, los cuales por muchos años han sido objeto de investigaciones, en especial macrominerales y algunos elementos traza, como cobre, cobalto, yodo, selenio y zinc (Underwood, 1981). El selenio (Se) es un micro-elemento fundamental para el crecimiento y desarrollo del animal, teniendo una gran importancia en mecanismos de defensa del organismo ya que actúa como co-factor enzimático para la eliminación de sustancias que generan daño tisular. La deficiencia metabólica del mismo se encuentra asociada a enfermedades como; músculo blanco, vértigo, mastitis, debilidad neonatal, abortos, inmunosupresión. Al disminuir la concentración de Se en la dieta se reduce la actividad de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px) y esto se relaciona directamente con una mayor predisposición a sufrir stress oxidativo (Ceballos et al., 1996). La GSH-Px es una enzima seleno-dependiente cuya función es la de catalizar la reducción de los peróxidos eliminando los radicales libres y protegiendo así al organismo del daño tisular (Sandholm, 1980). El Se se encuentra presente en la estructura de la GSH-Px y se puede correlacionar directamente la actividad de esta con la concentración sanguínea/tisular del Se (Thompson et al., 1980).

La concentración sanguínea de Se depende directamente de la cantidad aportada por la dieta, y la concentración de este en los vegetales depende directamente de la concentración del Se en el suelo. Los animales domésticos deben consumir entre 0,1 y 0,3 ppm de Se en su dieta. En los últimos años en Argentina, los sistemas productivos lecheros han sido desplazados cambiando el régimen pastoril por uno de mayor suplementación produciendo mayor estrés en el animal y deprimiendo su sistema inmune, con el consecuente un aumento de radicales libres, por lo cuales es fundamental el rol del Se en la protección tisular para eliminarlos. La deficiencia metabólica de Se provoca una disminución en la actividad de GSH-Px, que se asocia a mayor susceptibilidad al estrés oxidativo (Ceballos et al., 1996). El Se cumple diversos roles en los animales, más allá de su actividad antioxidante citosólica que se señaló inicialmente, es así que actualmente se han descrito 10 selenoproteínas, además de GSH-Px, en tejidos de animales, cuya función no está aun claramente demostrada (Arthur et al., 1990). Entre éstas se ha descrito una deiodinasa que interviene en la conversión de tiroxina (T4) a la forma activa de triyodotironina (T3), por lo cual frente a una deficiencia de Se, puede observarse un incremento de TSH y T4 con una disminución de T3 plasmático (Arthur, 1993), antecedente que podría señalar un menor crecimiento en animales selenodeficientes.

La transición entre el final de la gestación y la lactancia, denominada "periodo de transición", es el momento más crítico en el ciclo de lactancia de una vaca lechera y comprende 3 semanas antes y 3 semanas posteriores de la fecha del parto. Este es caracterizado por cambios metabólicos y endocrinos muy importantes, aumentando la demanda de nutrientes para soportar la futura producción láctea (Bell, 1995). La vaca lechera luego del parto comienza un periodo disfuncional de su sistema inmune que dura varias semanas posparto (Kehrli et al., 1989; Goff et al., 1997), asociándose a enfermedades como metritis, mastitis, retención de placenta (Cai et al., 1994). Es así que el 75 % de la incidencia de enfermedades como mastitis, metritis, torsión de abomaso, cetosis ocurre en el primer

mes de lactancia (Le Blanc et al., 2006) con un periodo de máximo riesgo de infecciones y desordenes metabólicos durante los primeros 10 días post parto (Ingvarsten et al., 2003) correspondiendo al máximo pico de producción láctea. Este periodo de aumento en la actividad metabólica, implica un aumento en la producción de radicales libres, que son producidos en la mitocondria celular como sub-producto de la respiración celular en la reacción de transporte de electrones (Halliwell et al., 2007). Cambios en el metabolismo oxidativo ocurren en el periodo de transición y muchos estudios sugieren que el stress oxidativo es causante de enfermedades en rodeos lecheros (Bernabucci et al., 2005; Castillo et al., 2005, 2006; Sordillo et al., 2009.) La práctica de suplementación de minerales traza, como por ejemplo el Se, se realiza con el objeto de minimizar los efectos negativos de los radicales libres (Politis, 2012) mejorando así la salud animal y reduciendo la incidencia de enfermedades (Bourne et al., 2008).

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de glutatión peroxidasa en la performance productiva y salud uterina de vacas lecheras suplementadas con selenio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Animales

Se utilizaron 68 vacas múltiparas Holstein provenientes de un establecimiento lechero comercial ubicado en la localidad de Centeno 32°18'00"S 61°25'00"O, cuenca lechera central de la provincia de Santa Fe, Argentina.

Se armaron dos grupos al azar, uno control (GC: 34) que no recibió suplementación de selenio y el otro grupo suplementado (GS: 34) que recibió suplementación de Se a través de bolos intra-ruminales de liberación lenta. Los dos grupos permanecieron en el mismo piquete con la misma alimentación hasta el parto.

### Bolos intra-ruminales

Se utilizaron bolos intra-ruminales de liberación lenta de Se (PERMATRACE®, bolo intraruminal de Selenio, MSD) que contienen 3 g de Se elemental, contenido en una matriz de óxido de hierro. El peso de los bolos es de 30 g cada uno y se aplican 2 bolos por animal, para que genere roce entre ellos y de esa manera liberar 3 mg de Se elemental de forma diaria. Los bolos fueron administrados en la categoría de vacas seca en el último tercio de gestación, a través del dispositivo lanza-bolos (pistola aplicadora de PERMATRACE®), previa inmovilización de las vacas en el cepo, con la introducción del dispositivo lanza-bolos por vía bucal.

### Sistema de Producción

El sistema lechero es pastoril a base de alfalfa con un régimen de suplementación diaria de silo de maíz y alimento balanceado. El mismo se hallaba subdividido en dos rodeos: rodeo de punta y rodeo de cola. El rodeo de punta (rodeo 1) estaba compuesto por 95 vacas, las mismas producían en promedio más de 24 litros de leche diarios y tenían menos de 150 días de lactancia, y el rodeo de cola estaba formado por 140 vacas en ordeño las cuales producían en promedio menos de 24 litros por día y tenían más de 150 días de lactancia. Se realizaron 2 dietas en función de la producción diaria y del

estado fisiológico de las vacas lecheras. Al rodeo de punta se les ofrecía una dieta con mayor nivel de concentrados, que estaba compuesta por 10 kg de alimento balanceado, 18 kg de silo de maíz, 2 kg de rollo, 1,5 Kg de semilla de algodón, y 45 Kg de pastura de alfalfa, dando como resultado una dieta de 54 Mcal y 3,8 Kg de proteína bruta diaria. El rodeo de cola (rodeo 2) era suplementado de la misma forma que el rodeo de punta, pero solo se ofrecían 6 Kg de alimento balanceado, dando como resultado una dieta de 44 Mcal y 3,1 Kg de proteína diaria. La dieta pre-parto estaba compuesta por 2,5 de maíz, 1,2 de expeller de soja, 12 kg de silo de maíz y rollo de moha a voluntad.

El sistema de servicios reproductivos se efectuaba mediante la detección visual del celo de las vacas en ordeño y estas son luego apartadas hacia los corrales de los toros. Estos se encuentran divididos en 3 corrales distintos para poder registrar cada servicio.

El control sanitario fue llevado adelante por un asesor veterinario realizando las vacunaciones obligatorias (Aftosa) y diagnóstico (Brucelosis y Tuberculosis) de acuerdo al plan oficial. El establecimiento estaba libre de brucelosis, tuberculosis, campilobacteriosis y tricomoniasis; con control de leptospirosis, rinotraqueitis infecciosa bovina y diarrea viral bovina.

#### Muestras

Vacas Preparto: A las 68 vacas utilizadas, durante el último tercio de gestación se les practicaron dos extracciones de sangre, por punción de vena coccígea, con un intervalo entre muestreos de 20 días.

Vacas Posparto: A las 68 vacas, durante el periodo posparto comprendido entre 21 y 56 días, se les practicó una extracción de sangre por punción de vena coccígea. Al mismo tiempo se obtuvieron muestras endometriales por la técnica de cytobrush para la evaluación del estado sanitario del útero.

Luego del parto, se registró la producción de leche mensual, hasta los 150 días de lactancia. Estos datos fueron recabados del control lechero del establecimiento. Se ordenaron los animales en tres tercios según la cantidad de litros producidos (baja, media y alta) y posteriormente se reagruparon los dos tercios inferiores en un solo grupo.

#### Muestras de Alimento

Se obtuvieron muestras de alimento y remitieron para la determinación de Selenio al Laboratorio Americano de la ciudad de Rosario. Los alimentos suministrados a las vacas durante el estudio arrojaron los valores descriptos en el Tabla 1. Las cantidades de Se encontradas permitieron calcular las cantidades totales de Se consumidas por los animales en cada período fisiológico estudiado y compararlas con los requerimientos establecidos por la NRC (Nutrient requirements of dairy cattle, 2001) Tabla 2.

**Tabla 1.** Selenio presente en los distintos ingredientes de la dieta (Valores expresados en mg/Kg MS).

Dieta	Selenio
Alimento Balanceado	0.1
Silo Maíz	0.09
Heno de Alfalfa	0.2
Semilla de Algodón	0.2
Pastura de Alfalfa	0.3
Maíz	0.06
Expeller de soja	0.06
Heno de Moha	0.06

**Tabla 2.** Oferta y requerimientos de Selenio (Valores expresados en mg totales).

	Vaca Seca	Vaca Rodeo 1	Vaca Rodeo 2
Total de Selenio consumido por vaca/día	1,01	5,05	4,65
Requerimientos diarios	3,6	6,3	6,3

#### Muestras de sangre

Luego de cada extracción la sangre fue colocada en un tubo con anticoagulante (heparina), se centrifugó a 2500 rpm por 5 minutos y se extrajo el plasma. Las muestras se conservaron en tubos eppendorf a -20°C hasta realizar los análisis. Se evaluó la concentración de selenio a través de la actividad del glutatión peroxidasa. La determinación de la actividad de la GSH-Px, en ambos grupos (GT y GS) se realizó en plasma en el laboratorio Azul de la provincia de Buenos Aires, con el Kit de Glutathione Peroxidase (Ransel)®, de Randox Laboratories Ltd.

#### Salud uterina

La evaluación del estado sanitario del útero se llevó a cabo en el período comprendido entre los 21 y 56 días posparto analizando la presencia de endometritis tanto clínica como subclínica. La endometritis clínica se diagnosticó por la presencia de flujo cervicovaginal mucopurulento, dicho flujo se obtuvo por la técnica de flujeo manual que consiste en la introducción del brazo enguantado por vagina y extracción de flujo y observación directa. Aquellos flujos con presencia de pus se clasificaron como positivos a endometritis clínica y estas vacas no se incluyeron para el diagnóstico en endometritis subclínica.

La endometritis subclínica se diagnosticó en base a la técnica de diagnóstico complementaria conocida como cytobrush. Las preparaciones citológicas se observaron para su análisis con un microscopio óptico a un aumento de 400X y se contaron un mínimo de 200 células totales (células epiteliales y células inflamatorias), a partir de las cuales se determinó la proporción de células inflamatorias (polimorfonucleares neutrófilos). Para determinar el grado de inflamación de la mucosa uterina, se calculó el porcentaje de polimorfonucleares neutrófilos. El punto de corte para determinar la presencia de endometritis subclínica utilizado fue de  $\geq 5\%$  de polimorfonucleares neutrófilos (Rinaudo et al., 2012).

Durante las visitas a los establecimientos, se recopiló la información de aquellas vacas que manifestaron retención placentaria, para ello se obtuvieron los datos de los registros del productor y el médico veterinario asesor del establecimiento.

#### Variables Analizadas:

- Concentración de la GSH-Px (Glutacion Peroxidasa): determinada en sangre sin coagular y expresada en U/g Hb.
- Endometritis subclínica: vacas con  $\geq 5\%$ PMN N.
- Endometritis clínica: vacas con flujo cervicovaginal mucopurulento.
- Producción de leche (pli): litros producidos por vaca en la i-ésima lactancia,
- Retención de placenta (RP): vacas con retardo en la expulsión de membranas placentarias.

Para el análisis de la repercusión de los niveles de concentración de GSH-Px se organizaron dos grupos de animales: animales con curva ascendente y animales con curvas descendente de la concentración de la GSH-Px. Las vacas que incrementaban la concentración de la GSH-Px en los sucesivos muestreos se consideraron vacas con curva ascendente y las que disminuían la concentración de la GSH-Px se consideraron con curva descendente.

#### Análisis estadístico

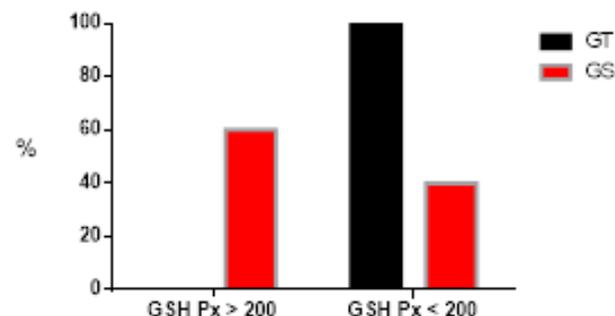
Se realizaron las pruebas estadísticas de X<sup>2</sup> y test de Fisher. Se consideraron significativas aquellas diferencias con una probabilidad asociada  $P < 0.05$ . La proporción observada de vacas con endometritis clínica, endometritis subclínica y sanas de cada período, se analizó con una prueba de bondad de ajuste extrínseca a los datos basada en la estadística Chi-cuadrado. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete informático JMP en su versión 5.0 para Windows (JMP®, SAS Institute, 2003).

#### RESULTADOS

Del total de las 68 vacas revisadas entre los 21 y 56 días postparto, el 70,6% (48) estuvieron sanas, con flujo cervicovaginal cristalino, sin presencia de endometritis subclínica ni antecedentes de retención placentaria y el 29,4% (20) presentaron alguna alteración uterina, ya sea endometritis clínica, subclínica o retención placentaria. Del total de las vacas con alteraciones uterinas (20), el 50% (10) correspondieron a vacas con endometritis clínica, el 50% (10) padecieron endometritis subclínica y el 25% (5) tuvieron retención de placenta, estas últimas coincidieron con las vacas con endometritis clínica. Del total de vacas estudiadas, la prevalencia de endometritis clínica fue del 14,7%, la de endometritis subclínica fue del 14,7%, y la de retención placentaria fue del 7,4%.

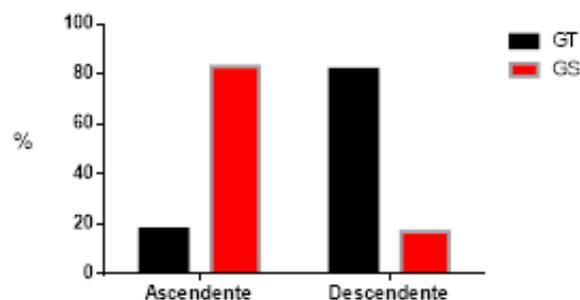
Los valores promedios de concentración de GSH-Px al momento de la puesta del bolo de selenio para el GC fueron de  $246 \pm 63$  U/g Hb y para el GS fueron  $285 \pm 52$  U/g Hb. Este resultado sin diferencias estadísticas entre ambos grupos permite demostrar que al inicio del ensayo los dos grupos estaban con los mismos niveles de GSH-Px.

Como se observa en la Figura 1 el 100% de las vacas que no recibieron el bolo de selenio (GC) presentaron, en el período postparto comprendido entre los 21 y 56 días, una concentración de GSH-Px menor a 200 U/g Hb, y el 60% de las vacas que recibieron bolo (GS) tuvieron una concentración de GSH-Px mayor a 200 U/g Hb, mostrando diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ).



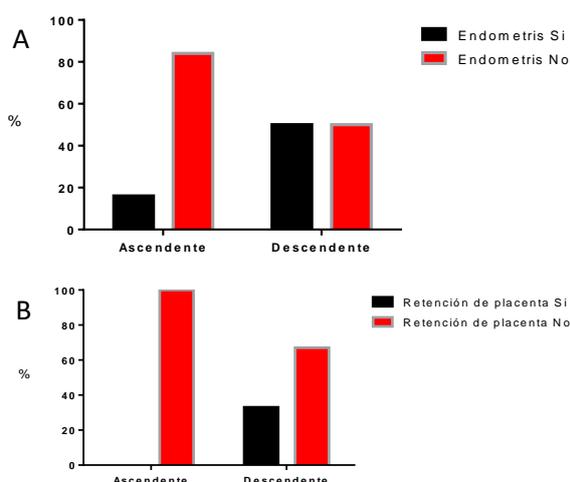
**Figura 1.** Concentración de GSH-Px por Grupo de vacas.

Se evaluó la dinámica de la concentración de la GSH-Px determinando si la misma aumentaba (curva ascendente) o disminuía (curva descendente) luego del parto, en relación a la concentración inicial al momento de aplicación del bolo. La Figura 2 muestra que el 82% de las vacas del GC disminuyeron (curva descendente) la concentración de GSH-Px, por el contrario, las vacas del GS sólo disminuyeron la concentración de GSH-Px el 17% y el 83% restante la aumentó (curva ascendente  $P < 0.0001$ ).



**Figura 2.** Variación postparto de la concentración de GSH-Px por grupo de vacas.

En relación a la salud uterina se evaluó la interacción entre las curvas ascendentes o descendentes de las concentraciones de la GSH-Px con la aparición de endometritis (clínica o subclínica), así como la frecuencia de retención de placenta. Sólo el 16% de las vacas con curva ascendente padeció endometritis (clínica o subclínica) postparto, y el 50% de las vacas con curva descendente manifestó alguna enfermedad uterina ( $P < 0.0001$ ; Figura 3A). En la Figura 3B se expresa la frecuencia de retención de placenta entre los grupos de vacas con curvas ascendentes y descendentes. El 100% de las vacas con curvas ascendentes no manifestaron retención de placenta, por otro lado, el 33% de las vacas con curvas descendentes manifestó retención de membranas fetales ( $P < 0.0001$ ).



**Figura 3.** A) Frecuencia de ocurrencia de endometritis y B) Frecuencia de ocurrencia de retención de placenta.

La performance productiva se evaluó estableciendo dos grupos de vacas por la producción láctea (litros totales a los 150 días). De los tres grupos inicialmente conformados (alta, media y baja producción, según el criterio de Marini et al., 2002), se analizaron reagrupándolos en dos grupos: grupo de alta producción y grupo de baja producción (que incluyó las vacas de media y baja producción). El 77% de las vacas de alta producción tuvieron una curva ascendente de las concentraciones de la GSH-Px y las vacas de baja y media sólo el 62% tuvieron una curva ascendente de las concentraciones de la GSH-Px ( $P=0,0311$ ; Figura 4).

## DISCUSIÓN

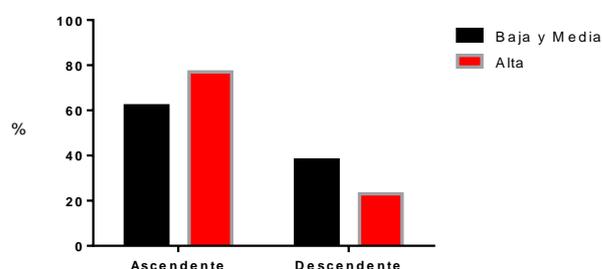
Las vacas lecheras enfrentan un gran desafío durante el postparto, ya que es cuando necesitan los máximos requerimientos. Se suma a esto, el aumento progresivo de la producción láctea hacia el pico de lactancia, la involución uterina, el retorno a la ciclicidad y el establecimiento de una nueva gestación.

Los animales de esta investigación a pesar de tener una dieta balanceada, la misma era deficitaria en Se, ya que en los tres rodeos (vacas secas, rodeo 1 y rodeo 2) las vacas consumían menos Se que lo recomendado por la NRC (2001) que estipula para vacas secas 3,6 mg totales de Se y en promedio estaban consumiendo 1,01 mg dando un saldo negativo de casi de 2,6 mg, la misma situación se dio en los rodeos 1 y 2 con balances negativos de 1,25 mg y 1,65 mg respectivamente.

El diagnóstico correcto y temprano de las patologías uterinas que se presenten sería de suma importancia porque permitiría actuar a tiempo y mantener así la eficiencia reproductiva del rodeo (de la Sota et al., 2014). Los datos generales de salud uterina (Figura 3a y 3b) de las vacas estudiadas mostraron que el 70,6% estuvieron sanas, con moco cristalino, a la primera revisión y que el 29,4% presentaron alguna alteración uterina. A su vez el 14,7% manifestó endometritis clínica. Estos resultados se asemejan a lo expresado por Bicalho et al. (2016) en donde la endometritis clínica afecta cerca del 20% de las vacas lecheras en lactancia, con una prevalencia que

varía de 5 a 30% en algunos rodeos. También, a la prevalencia del 16,9% de endometritis clínica reportado por Leblanc et al., (2002). Con respecto a los resultados de endometritis subclínica se reportó una prevalencia de 14,7% siendo menor al 30,6% reportado por Cieloski et al., (2017) y al 40% descrito por Savia et al., (2018). La prevalencia de endometritis subclínica de los establecimientos lecheros en sistemas a pastoreo del sur de la provincia de Santa Fe (Argentina) variaron entre el 12,5 % y el 25,8 %, con una media del 19 %, una de cada cinco vacas sufre de endometritis subclínica en el período posparto, según lo reportado por Rinaudo (2012). En tambos de la provincia de Buenos Aires también bajo condiciones de pastoreo, la prevalencia de endometritis subclínica en vacas clínicamente sanas fue de 17% (de la Sota et al., 2014). Sin embargo, Bassi et al., (2016) reportó resultados aún menores de prevalencia de endometritis subclínica en establecimientos del sur de la provincia de Santa Fe, en un rango entre 3,6% y 10,5%. Evidentemente existen factores propios de los sistemas y el ambiente que hacen que los resultados varíen, mostrando la imposibilidad en los sistemas a pastoreo de pensar que se controlan las diferentes variables que interactúan.

Los resultados encontrados en este trabajo (Figura 4) mostraron una tendencia que a mayores niveles de GPX mayor producción de leche, no coincidiendo con lo reportado por Sánchez-Salas et al. (2014) en donde el nivel de producción y la composición láctea no difirieron entre tratamientos con y sin suplementación con Se. Varios autores sostienen que es poco probable que la fuente o el propio contenido de Se en la dieta afecte la producción de leche o la concentración de sus componentes (Walker et al., 2010, Stockdale et al., 2011).



**Figura 4.** Producción de leche según tendencia de niveles de GSH-Px.

Los valores de GSH-Px en ambos grupos fueron similares (Figura 1) y los mismos según la clasificación de Ceballos et al. (1996) de la actividad sanguínea de glutatión peroxidasa estarían en el rango de adecuado ( $\geq 130$  U/g Hb). Valores menores al inicio de un ensayo similar fueron reportados por Retamal Valderas (1999) quien encontró valores similares al inicio del trabajo de GPX de  $107 \pm 35$  U/g Hb en los animales tratados y  $120 \pm 23$  U/g Hb en los no tratados ( $P > 0,05$ ).

Un trabajo efectuado por Ruiz Juárez et al., (2009) mostró que el tratamiento con Se y vitamina E previo al parto (60 y 21 días) y posterior al parto (30 y 90 días), redujo la incidencia de retención de membranas fetales y de metritis purulenta, y aumentó la proporción de vacas gestantes al día 150 posparto, coincidiendo con los resultados obtenidos en este

trabajo (Figura 3b). Se ha reportado que la etiología de la retención de membranas fetales en la vaca es multifactorial (Eiler, 1997) y que la retención de membranas fetales es una de las manifestaciones clínicas cuando existe deficiencia de Se (Julien et al., 1976).

Los resultados obtenidos en este trabajo (Figura 2) coinciden con lo reportado por Sanchez-Salas et al., (2014), ya que la incorporación de Se en la dieta demostró repercutir de forma positiva sobre la concentración final de GSH-Px que se observa en las vacas en el periodo de posparto estudiado. Este acontecimiento está relacionado con la curva ascendente que tiene la concentración de GSH-PX y su protección sobre la aparición de enfermedades uterinas y retenciones placentarias.

## CONCLUSIÓN

Se concluye que la suplementación de Se en vacas durante el último tercio de gestación favorece la concentración de GSH-Px, y este incremento previene el desarrollo de patologías uterinas (endometritis clínica y subclínica) así como la retención placentaria.

## CÓDIGO DE ÉTICA

Los autores declaran que el estudio presentado se ha llevado a cabo de acuerdo con el Código de Ética para los experimentos con animales, tal y como se refleja en la normativa:

[http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab\\_animals/legislation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab_animals/legislation_en.htm).

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores firmantes del presente trabajo de investigación declaran no tener ningún potencial conflicto de interés personal o económico con otras personas u organizaciones que puedan influir indebidamente con el presente manuscrito.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Preparación y ejecución: AR, PRM Desarrollo de la metodología: AR, GB, CS Concepción y diseño: AR, PRM Edición del artículo: GB, NM Supervisión del estudio: AR, PRM

## AGRADECIMIENTOS

A la Cooperativa de Tamberos y Agrícola Ganadera Ltd, Centeno provincia de Santa Fe – Argentina, por facilitarnos la utilización de los animales para el ensayo.

## REFERENCIAS

- Arthur JR. The biochemical functions of selenium relationships to thyroid metabolism and antioxidant systems. Rowett Research Institute Annual Report. Backsburn, Aberdeen, UK. 1993.
- Frana E, Sgubin V, Bernardi S, Marini P. Prevalencia de endometritis subclínica y su relación con el intervalo parto concepción en vacas lecheras en sistemas a pastoreo. XVII Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas. 2016. [https://fcagr.unr.edu.ar/LIBRO\\_DE\\_RESUMENES\\_I-REUNION\\_TRANSDISCIPLINARIA\\_EN\\_CIENCIAS\\_AGROPECUARIAS\\_2016.pdf](https://fcagr.unr.edu.ar/LIBRO_DE_RESUMENES_I-REUNION_TRANSDISCIPLINARIA_EN_CIENCIAS_AGROPECUARIAS_2016.pdf)
- Bell AW. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science*, 1995; 73: 2804–2819.
- Bernabucci U, Ronchi B, Lacetera N, Nardone A. Influence of body condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2005; 88: 2017–2026.
- Bianchini G, Rinaudo A, Marini P. Evolución pre y posparto de la glutatión peroxidasa en vacas lecheras. *Revista. Resumen. Jornada. XI Jornada de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Rosario*. 2017.
- Bicalho ML, Lima FS, Ganda EK, Foditsch C, Meira EB Jr Machado V S, Teixeira AG, Oikonomou G, Gilbert RO, Bicalho RC. Effect of trace mineral supplementation on selected minerals, energy metabolites, oxidative stress, and immune parameters and its association with uterine diseases in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97: 4281–4295.
- Bourne N, Wathes DC, Lawrence KE, McGowan M, Laven RA. The effect of parenteral supplementation of vitamin E with selenium on the health and productivity of dairy cattle in the UK. *Veterinary Journal*. 2008;177:381–387
- Cai TQ, Weston PG, Lund LA, Brodie B, McKenna DJ, Wagner WC. Association between neutrophil functions and periparturient disorders in cows. *American Journal of Veterinary Research*. 1994; 55, 934–943
- Castillo C, Hernandez J, Bravo A, Lopez-Alonso M, Pereira V, Benedito JL. Oxidative status during late pregnancy and early lactation in dairy cows. *Veterinary Journal*. 2005; 169, 286–292
- Ceballos A, Wittwer FG. Metabolismo del selenio en rumiantes. *Arch. Med. Vet*. 1996; 28:5-18.
- Ceballos A, Wittwer FG, Contreras PA, Quiroz E, Böhmwald H. Actividad de glutatión peroxidasa en bovinos a pastoreo correlacionada con la concentración sanguínea y plasmática de selenio. *Pesq. Agrop*. 1999; 34;2331-2338.
- Cieloswki B, Vega M, Bernardi SF, Marini PR. Prevalencia de endometritis subclínica y su relación con producción y reproducción en vacas lecheras. XVIII Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas. 2017. <https://fcagr.unr.edu.ar/wpcontent/uploads/2017/10/Libro%20de%20Resumenes%20II%20Reunion%20Transdisciplinaria%20en%20Ciencias%20Agropecuarias%202017.pdf>.
- de la Sota LR, Madoz VL, Jaureguiberry M, Domínguez G, Migliorisi AL, Albarracín D, Álvarez E. Endometritis subclínica en vacas de tambo: diagnóstico, prevalencia e impacto sobre la eficiencia reproductiva. *SpermoVA*. 2014; 4(2): 105 – 111.
- Eiler H. Retained placenta. In: YOUNGQUIST RS, editor. *Current Therapy in Large Animal Theriogenology*. Philadelphia USA: WB Saunders Company, 1997:340-348.
- Goff JP, Horst RL. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *Journal of Dairy Science*. 1997; 80:1260–1268.

- Halliwell B, Gutteridge JMC. Free Radicals in Biology and Medicine. Oxford University Press, Oxford, UK. 2007.
- Ingvarstsen KL, Dewhurst RJ, Friggens NC. On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle? A position paper. *Livestock Science*. 2003; 83:277–308.
- Julien WE, Conrad HR. Selenium and vitamin E and incidence of retained placenta in parturient dairy cows. *J Dairy Sci*. 1976; 59:1954-1959.
- Kehrl ME, Nonnecke BJ, Roth JA. Alterations in bovine lymphocyte function during the periparturient period. *American Journal of Veterinary Research*. 1989; 50: 215–220
- LeBlanc SJ, Duffield TF, Leslie KE, Bateman KG, TenHag J, Walton JS, Johnson WH. The effect of prepartum injection of vitamin E on health in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2002; 85:1416–1426
- Madoz LV, Ploentzke J, Albarracín D, Mejía M, Drillich M, Heuwieser W, de la Sota RL. Prevalence of clinical and subclinical endometritis in dairy cows and the impact on reproductive performance. XVI International Congress on Animal Reproduction, Budapest, Hungary. 2008. p.51.
- Marini PR, Oyarzabal MI. Patrones de producción en vacas lecheras. Componentes de la producción y sus características según nivel de producción. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 2002; 22(1):29-46.
- NRC. Nutrient requirements of dairy cattle, 7th. Revised edition, National Academy Press, 2001; pp. 408.
- Plöntzke J, Madoz LV, de la Sota RL, Drillich M, Heuwieser W. Subclinical endometritis and its impact on reproductive performance in grazing dairy cattle in Argentina. *Anim Reprod Sci*, 2010;122 (1-2):52-7.
- Politis I. Reevaluation of vitamin E supplementation of dairy cows: bioavailability, animal health and milk quality. *Animal*. 2012; 6: 1427–1434.
- Retamal-Valderas FJ. Evaluación de la suplementación con bolos intraruminales de selenio en vaquillas a pastoreo. Tesis de grado. Universidad de Chile. 1999. pp44
- Rinaudo A. Endometritis subclínica en vacas lecheras. Diagnóstico, tratamiento e incidencia productiva y reproductiva. Tesis de Doctorado. 2012. pp 119.
- Rinaudo A, Bernardi S, Marini PR. Punto de corte del porcentaje de neutrófilos para el diagnóstico de endometritis subclínica en vacas lecheras. XII Jornadas de Divulgación Técnico - Científica Facultad de Ciencias Veterinarias – Universidad Nacional de Rosario. 2012. pp 279 – 280.
- Ruiz Juárez LA, Aréchiga Flores CF, Morales Roura S, Ortíz González O, Gutiérrez CG, Hernández Cerón J. Incidencia de patologías uterinas y fertilidad de vacas Holstein tratadas con selenio y vitamina E antes y después del parto. *Vet. Méx.*, 2009; 40 (2):133-140
- Sánchez-Salas J, Elizondo-Salazar JA, Viquez-Matei E, Orozco-Vidaurreta C. Evaluación de la suplementación con selenio orgánico y su efecto sobre el desempeño productivo y reproductivo de vacas lecheras en pastoreo en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 201438(1): 29-41
- Sandholm M. Biological and clinical aspects of selenium. En: IV International Conference on Production Disease in Farm Animals. München, Germany, 1980. pp. 247-253.
- Savia CL, Roca MA, González LV, Rodríguez JV, Guibert EE, Rinaudo A. Análisis de las características físico-químicas del moco cervical en vacas lecheras con endometritis clínica y subclínica. XIX Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas. 2018. <https://fveter.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2018/10/LibroResumenesJCyT2018.pdf>.
- Sordillo LM, Aitken SL. Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 2009; 128: 104–109.
- Stockdale CR, Shields PM, McKenna A, Walker GP, Dunshea FR, Doyle PT. Selenium levels in cows fed pasture and concentrates or a total mixed ration and supplemented with selenized yeast to produce milk with supra- nutritional selenium concentrations. *J. Dairy Sci*. 2011; 94:262-272
- Thompson KG, Fraser AJ, Harrop BM, Kirk JK. Glutathione peroxidase activity in bovine serum and erythrocytes in relation to selenium concentrations of blood, serum and liver. *Res. Vet. Sci*. 1980; 28: 3-6.
- Underwood EJ. The mineral nutrition of livestock. 2nd Ed. Commonwealth Agricultural Bureaux. London. 1981.
- Walker GP, Dunshea FR, Heard JW, Stockdale CR, Doyle PT. Output of selenium in milk, urine, and feces is proportional to selenium intake in dairy cows fed a total mixed ration supplemented with selenium yeast. *J. Dairy Sci*. 2010; 93:4644-4650.