

## Estudio comparativo de los niveles de Calcio, Fosforo y Magnesio durante el periparto en vacas lecheras en diferentes sistemas de producción en Uruguay y España

### Comparative study of Calcium, Phosphorus and Magnesium levels during peripartum in dairy cows in different productive systems in Uruguay and Spain

Albornoz L1\*, Albornoz JP1, Cruz JC3, Fidalgo LE2, Espino L2, Morales M1, Rupprechter G3, Piaggio J3, Verdes JM3

<sup>1</sup>Centro Diagnóstico Veterinario Florida, Dr. González 610, CP 94000, Florida, Uruguay;

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Clínicas Veterinarias, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela (USC), Lugo, España;

<sup>3</sup> Facultad de Veterinaria, Universidad de la República (UdelaR), Montevideo, Uruguay

\*Autor para correspondencia: albornoz@adinet.com.uy

Veterinaria (Montevideo) Volumen 53  
Nº 205 (2017) 4-12

Recibido: 10/5/2016  
Aceptado: 12/9/2016

#### Resumen

En el presente trabajo hemos estudiado las variaciones de Ca, P y Mg durante el periparto en vacas lecheras manejadas en dos diferentes sistemas de manejo: Intensivo (I) (España) y Semi-pastoril (SP) (Uruguay). Todas las vacas eran multíparas de raza Holstein, gestantes, con edad media de 4 años y un peso promedio de 574 kg PV. El grupo I estuvo formado por 32 vacas, de las cuales 16 tuvieron partos en primavera y 16 en otoño. El grupo SP estuvo compuesto por 64 animales, 22 con partos en otoño y 42 en primavera. Se realizó seguimiento clínico, productivo y se extrajeron muestras de sangre cada 7 días desde 30 días antes del parto hasta 30 días postparto. Se compararon las concentraciones sanguíneas de minerales durante el periparto en ambos sistemas de producción, según el estado fisiológico de los animales y la estación del año. Hubo efecto del sistema de producción sobre las concentraciones de Ca y Mg y sobre la relación Ca/P. En las proximidades del parto se constataron cambios en los niveles de los minerales evaluados y se observó efecto de la estación de parición (otoño-primavera) sobre las concentraciones de Mg.

**Palabras clave:** Periparto, Ca, P, Mg, vacas lecheras.

#### Summary

The goal of the present work was to study the variations of Ca, P and Mg during peripartum of dairy cows in two different productive systems: Intensive (I) (Spain) and Semi-intensive grazing (SI) (Uruguay). All animals were pregnant multiparous Holstein cows, with a mean age of 4 years, and an average body weight (BW) of 574 kg. Group I was composed of 32 cows, 16 with calvings during spring and 16 in autumn. The SI group composed of 64 animals, 22 with calvings during autumn and 42 with calvings during spring. Clinical evaluation and productive monitoring were performed, and blood samples were taken every 7 days from 30 days before calving up to 30 days postpartum. Minerals blood concentrations during the peripartum in both management systems were compared, according to the physiological state of animals and the season. A productive system effect in Ca and Mg levels and in Ca / P ratio was detected. Changes in the minerals levels were detected in the vicinity of partum, and a calving season effect (autumn-spring) was also observed in Mg levels.

**Keywords:** Peripartum, Ca, P, Mg, dairy cows.

## Introducción

El metabolismo mineral sufre pronunciadas variaciones durante el período de transición (Corbellini, 2000), particularmente el Calcio (Ca), el Fosforo (P) y el Magnesio (Mg), ante los súbitos cambios que impone el comienzo de la lactancia. Es necesaria la respuesta de órganos como el hígado, los riñones, el intestino y el esqueleto para mantener la homeostasis interna, teniendo un rol clave las hormonas Calcitonina, Paratohormona (PTH) y 1,25 dihidroxi colecalfiferol ( $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ ) y el grado de sensibilidad de sus receptores específicos, para aumentar tanto la capacidad intestinal de absorción, como la movilización del tejido óseo y la reabsorción renal (Albornoz, 2006).

Durante el parto, se observa una rápida depleción del Ca plasmático, pasando del plasma a la glándula mamaria, sin dar tiempo a que pueda ser compensada su movilización por los mecanismos hormonales (Alonso-Díez y González-Montaña, 1997; Dhiman y Sasidharan, 1998; Horst y col., 1998). Durante el parto o poco tiempo después del mismo, existe una hipocalcemia subclínica en las vacas lecheras, estando caracterizada por concentraciones de Ca en sangre  $<8$  mg/dl (Risco, 2001a, b; Albornoz, 2006). Al momento del parto, las necesidades de Ca crecen súbitamente y casi todas las vacas experimentan un momentáneo desequilibrio en la regulación del Ca sanguíneo, no pudiendo considerarse en realidad una verdadera deficiencia de Ca (Corbellini, 2000; Albornoz, 2006).

El P no tiene una regulación hormonal propia, siendo influenciado por la PTH y la Calcitonina (CT) a través de la respuesta de las mismas al Ca (Contreras, 2002a). La absorción en el intestino delgado se logra por regulación renal de Vitamina D, pero esta vitamina no responde a las variaciones del P, sino a las del Ca a través de la PTH y su influencia en la hidroxilación renal. Por esta razón, la relación óptima en la dieta de Ca/P en rumiantes no debe ser menor de 1/1 (Contreras, 2002a) y la hiperfosfatemia debe ser evitada (Wagemann y col., 2014). Por otro lado, la hipofosfatemia también es causa de síndrome de vaca caída, siendo característico en estos casos encontrarse con vacas que se encuentran alertas e incapaces de ponerse en pie (Radostitis, 1999).

Los cambios en la concentración de Mg sérico no sólo conducen a la hipomagnesemia, sino que además provocan alteración del metabolismo del Ca y P. La hipomagnesemia induce una disminución en la capacidad de movilizar Ca en respuesta a un estímulo hipocalcémico (hipocalcemia dependiente de magnesio) (Bednarek y col., 2000). Además, vacas hipomagnésicas son más susceptibles a la hipocalcemia (que vacas normomagnésicas), ya que en las primeras existe una menor producción de PTH, así como una reducción de la sensibilidad de los tejidos a la PTH y una menor síntesis de  $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$  debida a la dependencia del Mg para la hidroxilación en el hígado (Corbellini, 1998; Contreras, 2002b; Roche, 2003; Goff, 2004).

El exceso de Potasio (K) en la ración ( $>2\%$  MS) altera el metabolismo del Mg interfiriendo la absorción del mismo a nivel ruminal. No obstante, en el tracto digestivo post-ruminal hay una compensación de la absorción de Mg. Un au-

mento de la concentración de K en la dieta reduce la absorción de Mg (Roche, 2003), también el exceso de amonio a nivel ruminal provoca interferencia en la absorción del Mg (Contreras, 2002a). Roche (2003), reporta que la mayoría de las vacas en sistemas pastoriles cursan con hipomagnesemia ( $\text{Mg} < 1.95$  mg/dl) en el día del parto.

Los rangos de referencia de Ca, P y Mg en sangre según datos internacionales oscilan entre 9,7 - 12,4 mg/dl; 5,6 - 6,5 y 1,8 - 2,3 respectivamente (Radostits, 1999), mientras que datos nacionales ubican los valores entre 7,43 - 11,03; 7,59 - 3,85 y 1,84 - 2,54 mg/dl (Barros, 1987), existiendo diferencias entre las vacas Holstein en lactación -con valores de 7,93 - 8,54; 5,86 - 6,19 y 2,01 - 2,14 mg/dl (Albornoz y col., 2010) y las vacas Holstein al día del parto, con valores de 6,06 - 8,48; 3,85 - 6,25 y 1,52 - 2,04 mg/dl (Albornoz, 2006).

Como se mencionó anteriormente el momentáneo desequilibrio en la regulación de la concentración del Ca en sangre durante el parto desencadena la hipocalcemia puerperal (HP) que es una enfermedad metabólico-nutricional que cursa sin una verdadera deficiencia del mineral en el organismo. Esencialmente, es una profundización en intensidad y duración de la hipocalcemia fisiológica que sufren durante el parto las vacas lecheras (Corbellini, 2000). En vacas con hipocalcemia subclínica se observa entre otras cosas, disminución de la contractilidad muscular y depresión del sistema inmunitario provocada por una disminución del número de neutrófilos, así como de su función fagocítica y en consecuencia, una mayor incidencia de mastitis, metritis puerperal y otras enfermedades (Martínez y col., 2012).

En los últimos años, se ha estudiado el Ca, P, Mg, así como la relación Ca/P con el fin de asociar sus variaciones en diferentes condiciones productivas. Cavestany y col. (2005), tratando de establecer diferencias entre vacas primíparas y múltiparas en semi-pastoreo en Uruguay, así como Roche y col. (2013), también en condiciones semi-pastoriles, estudiaron las variaciones de las concentraciones de Ca en 3 niveles nutricionales diferentes. Los valores de Ca registrados por estos autores (Cavestany y col., 2005; Roche y col., 2013) son similares a los que ha reportado el autor en trabajos previos en semi-pastoreo (Albornoz, 2006; Albornoz y col., 2010). En cuanto a la relación Ca/P, Contreras y col., (1996), Roche y col., (2013) y Wagemann y col. (2014) estudiando perfiles metabólicos en sistemas pastoriles, encuentran que la relación Ca/P es menor en vacas gestantes que en aquellas que ya están en lactación.

En el presente trabajo se investigaron los niveles de Ca, P y Mg en diferentes sistemas de producción (I vs. SP) durante el parto, así como las diferencias en los niveles de Ca, P y Mg según la época del parto, analizándose también de forma conjunta la influencia del estado fisiológico (gestante - lactante) y la época del parto (primavera - otoño).

---

## Materiales y métodos

---

### *Establecimientos lecheros y animales*

En España, el grupo intensivo pertenecía a un establecimiento de producción lechera localizado en Vilamaior de Negral (provincia de Lugo). Esta explotación ganadera es representativa de los establecimientos del noroeste de España, contando con 300 vacas en ordeño. En Uruguay, el grupo semi-pastoril pertenecía a un establecimiento lechero representativo de la cuenca lechera del sur del Departamento de Florida, perteneciente al extracto superior de producción y con parición estacional, predominando los partos en otoño, contando con 600 animales en ordeño.

Se usaron 2 grupos de vacas multíparas de raza Holstein gestantes con una edad media de cuatro años ( $4 \pm 1,5$  años) y un peso promedio de  $574 \pm 32$  kg. Los grupos se caracterizaron por manejarse en condiciones de explotación diferentes: intensivo (España) y semi-pastoril (Uruguay). El grupo I estuvo formado por 32 vacas adultas, 16 con partos en la época de primavera y otras 16 con partos en la época de otoño. El grupo SP estuvo integrado por 64 animales, 22 con fecha prevista del parto en otoño y 42 en primavera. Los animales fueron seleccionados teniendo únicamente en cuenta la fecha prevista para el parto. Las vacas que integraron los grupos de estudio se seleccionaron al azar entre las que cumplían las siguientes condiciones: vacas adultas, gestantes durante el periodo seco (preparto) y clínicamente sanas a la revisión individualizada durante el preparto. Además, no debían tener historial de enfermedades a lo largo de la gestación durante la cual se desarrolló este estudio. A todos los animales seleccionados se les realizó un seguimiento que incluía el periodo de preparto que abarcó desde los 21 días previos al parto (preparto) hasta el día 30 posterior al parto (postparto). Dada la dificultad para predecir con exactitud la fecha del parto, el muestreo se inició 30 días antes de la fecha teórica de parto, durante este seguimiento se realizaron las tomas de muestras cada 7 días y de los datos para el presente estudio.

### *Alimentación y Manejo*

#### Grupo intensivo

Al grupo I, se le suministró ración preparto aproximadamente desde el día 30 preparto hasta el día del parto. El alimento se administró en la cantidad suficiente para asegurar el consumo “*ad libitum*” y garantizar un 5% de residuos de la cantidad original ofertada. Los ingredientes de la dieta se adicionaban a un carro mezclador y se ofrecían una vez al día como una ración totalmente mezclada (TMR) a las 11:00 horas a.m., previa retirada del remanente de comida del día anterior. Los ingredientes utilizados para vacas secas expresándolos porcentualmente fueron los siguientes: heno de ryegrass (35,9), silo de maíz (29,1), silo de pradera (29,2) y concentrado (5,8); mientras que para las vacas en lactación fueron: silo de maíz (45,1), silo de pradera (35,3) y concentrado (19,6). La composición química de las dietas de este grupo se presenta en el cuadro I.

#### **Grupo semi-pastoril**

A este grupo se le suministró la dieta preparto desde aproximadamente el día 30 preparto hasta el día del parto. El alimento se aplicó en comederos instalados en el potrero donde

permanecieron los animales durante ese periodo. La dieta postparto fue diferente en otoño que en primavera debido, a la diferencia de disponibilidad de forraje según la estación del año. El consumo de forraje, como se hace en forma de pastoreo, es estimado calculando la oferta, el desperdicio y lo que permanece en el suelo. Los ingredientes y la cantidad ofrecida expresada en materia seca aparecen en el cuadro II y la composición química de las mismas aparece en el cuadro III.

#### **Control de los animales y toma de muestras**

Se realizó un seguimiento clínico continuo a todas las vacas y cada 7 días se obtuvieron muestras sanguíneas desde el día -30 al +30 en relación al parto, entre las 08:00 y las 10:00 a.m., previo a la ingesta de la ración. La toma de muestra se obtuvo por punción de la vena coccígea, en tubos individualizados debidamente identificados. Posteriormente fueron centrifugadas a 3.000 r.p.m. por 20 minutos, guardando el suero en freezer (-20 °C) hasta su análisis en el Laboratorio de Medicina Interna del Departamento de Ciencias Clínicas Veterinarias, del Hospital Veterinario Universitario Rof Codina de la Facultad de Veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela (USC, España) y en el Laboratorio de Técnicas Nucleares de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de la República Oriental del Uruguay (UDELAR, Uruguay).

#### *Parámetros estudiados*

##### Parámetros sanguíneos

Los parámetros sanguíneos estudiados fueron Ca, P, relación Ca/P y Mg.

##### Parámetros productivos

Como parámetro productivo, consideramos exclusivamente la producción de leche expresada en Kg. de leche corregida al 3,5% de grasa en 305 días.

#### *Métodos analíticos*

Para las determinaciones analíticas se emplearon los analizadores automáticos de química líquida Falcor 350® (Biotécnica Instruments spA, Italia) y Vitalab Selectra 2® (Vital Scientific, Holanda).

La bioquímica sanguínea para Ca, P y Mg, se analizó mediante técnica colorimétrica (Falcorgent Calcium -resolftaleina coplexona-CPC®, Falcorgent Phosphorus®, Falcorgent Magnesium®, Menarini Diagnostic, Italia). Los coeficientes de variación de los reactivos en ambos laboratorios fueron menores a 0,05.

#### *Análisis estadístico de los resultados*

En las vacas de los cuatro subgrupos de estudio (I parto primavera, I parto otoño, SP parto primavera, SP parto otoño), se evaluó el comportamiento de los minerales Ca, P, relación Ca/P y Mg.

Se estudió la existencia de diferencias entre los grupos manejados en sistema I y SP con partos en primavera y otoño mediante la prueba t de Student y la prueba de Levene de igualdad de varianzas. Los datos se expresan por el valor de la media ( $X$ )  $\pm$  Error Estándar de la Media (E. E. M.). Se finalizó con un análisis de Modelos Mixtos o Jerarquizados, donde el componente aleatorio fue el animal (vaca), desarrollado con el programa estadístico Stata 11.0. El tratamiento estadístico de los resultados se realizó mediante el programa estadístico SPSS 18.0 para Windows con licencia para

Cuadro I. Composición química de las dietas del grupo intensivo.

Nutriente	Secas	Lactación	Unidades
Humedad	39,88	44,05	%
Cenizas	7,20	7,10	%
Proteína bruta	11,90	15,03	%
Fibra bruta	10,90	10,65	%
Grasa hidrólisis ácida	2,2	3,89	%
Fósforo	0,3	0,37	%
Sodio	0,19	0,43	%
Potasio	0,60	1,05	%
Calcio	0,52	0,61	%
Magnesio	0,19	0,19	%
Ion Cloruro	0,47	0,26	%
Ion Nitrato	0,02	0,009	%
Ion Sulfato	0,072	0,19	%
DCAD	+59,65	+264,99	mEq/kg MS

Cuadro II. Ingredientes expresados en Materia Seca de las dietas del grupo semi-pastoril.

Ingredientes	Secas		Lactación otoño		Lactación primavera	
		(%)		(%)		(%)
Heno de ryegrass	6	46				
Grano húmedo de sorgo	2	15,4	5	27,6	5	27,6
Expeller de algodón	1	7,7	2	11,0	1	5,5
Ensilado de sorgo forrajero	3	23	7	38,7	4	22,1
Pastoreo en campo Natural (estimado)	1	7,7				
Pastoreo en cultivos gramíneas/leguminosas (estimado)			4	22,1	8	44,2
Suplemento mineral			0,1	0,5	0,1	0,5

Cuadro III. Composición química de las dietas del grupo semi-pastoril.

Nutriente	Secas	Lactación otoño	Lactación primavera	Unidades
Cenizas	8,14	5,58	6,11	%
Proteína bruta	13,1	16,7	17,2	%
ENI	1,37	1,51	1,59	Mcal/kg
Fibra bruta	73,5	61,1	63,3	%
Extracto Etéreo Total	3,55	3,9	3,9	%
Fósforo	0,43	0,44	0,40	%
Sodio	0,24	0,04	0,03	%
Potasio	2,60	2,12	2,30	%
Calcio	0,70	0,57	0,59	%
Magnesio	0,31	0,33	0,26	%
Cloro	0,61	0,37	0,39	%
Azufre	0,24	0,21	0,22	%
DCAD	+ 240	+ 330	+ 370	mEq/Kg MS

## Resultados

### Producción de leche

La producción lechera fue significativamente superior en el grupo intensivo ( $9673,84 \pm 297,72$  litros/lactancia) respecto al grupo semi-pastoril ( $6182,83 \pm 167,18$  litros/lactancia). Todos los animales que integraron el estudio eran de raza Holstein con una calidad genética similar; por lo que las diferencias observadas son consecuencia de los diferentes manejos.

**Valores sanguíneos.** Se presentan los valores promedio generales de todos los animales durante todo el período de los siguientes parámetros: Ca, P, Relación Ca/P y Mg en el período -30 a +30 días al parto (Cuadros IV y V).

**Calcio.** Los valores de la calcemia fueron más altos en el grupo intensivo ( $p < 0,000$ ) (Cuadro VI). Durante todo el periodo de estudio, las vacas de este grupo presentaron valores mayores que las del grupo semi-pastoril. En ambos grupos se observó el menor valor de calcemia en la semana posterior al parto (Figura 1). No hubo diferencias entre las

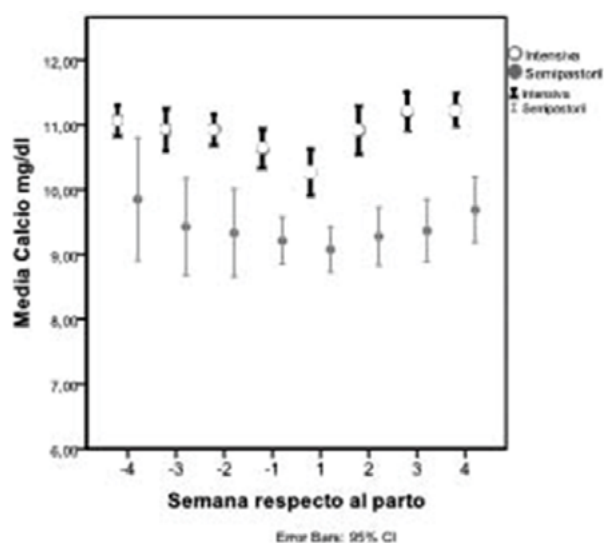


Figura 1. Variaciones de Ca durante el peri-parto en ambos sistemas de producción.

concentraciones de Ca en las vacas con partos de otoño y las de primavera, pero la calcemia fue mayor en primavera en ambos grupos (datos no mostrados). Respecto al estado fisiológico, se encontraron diferencias significativas en la calcemia en primavera ( $p < 0,002$ ), siendo mayor en las vacas gestantes ( $10,38 \pm 0,12$ ;  $n = 147$ ) que en las lactantes ( $9,87 \pm 0,11$ ;  $n = 225$ ).

**Fósforo.** Los valores de P sérico fueron muy similares en ambos grupos, tanto en gestantes como en lactantes y no existieron diferencias estadísticas entre las diferentes comparaciones, solamente se registraron diferencias entre las concentraciones séricas de P entre las gestantes ( $6,00 \pm 0,10$ ;  $n = 104$ ) y las lactantes ( $5,30 \pm 0,09$ ;  $n = 134$ ) en el grupo de vacas con partos en otoño ( $p < 0,000$ ).

**Relación Ca/P.** Los valores del cociente Ca/P fueron más altos en el grupo intensivo ( $1,98 \pm 0,02$ ;  $n = 256$ ) que en el de las lactantes ( $1,69 \pm 0,02$ ;  $n = 354$ ) ( $p < 0,000$ ). Además, esas vacas mostraron valores más elevados en el postparto (Figura 2). No se observaron diferencias en la relación Ca/P entre los partos de primavera y los de otoño, pero tanto las vacas gestantes de primavera como las del grupo de otoño presentaron valores del cociente Ca/P mayores respecto a los grupos de lactantes para las mismas estaciones ( $p < 0,000$ ) (Cuadros VII).

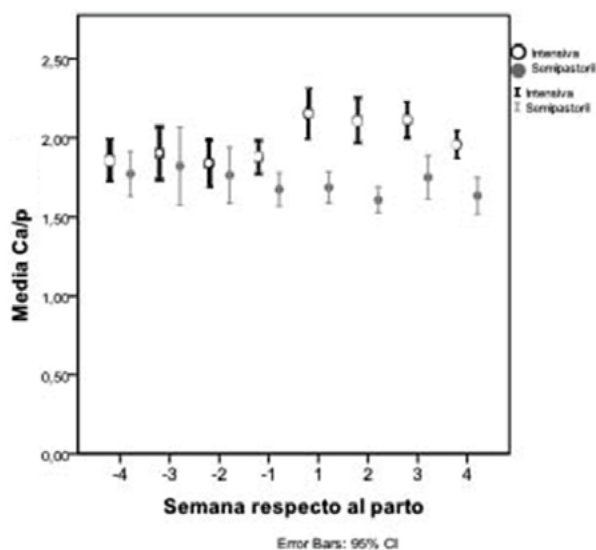


Figura 2. Variaciones de la relación Ca/P durante el peri-parto en ambos sistemas de producción.

Cuadro IV. Valores medios de las variables sanguíneas durante el periodo preparto y postparto en los dos sistemas de producción.

Variable (unidad)	Sistemas de Producción			
	Semi-pastoril		Intensivo	
	Gestante	Lactante	Gestante	Lactante
Ca (mg/dl)	$9,30 \pm 1,60$	$9,36 \pm 1,73$	$10,88 \pm 0,77$	$10,90 \pm 0,97$
P (mg/dl)	$5,62 \pm 1,24$	$5,83 \pm 1,58$	$6,02 \pm 1,04$	$5,32 \pm 0,85$
Ca/P (mg/dl)	$1,72 \pm 0,43$	$1,67 \pm 0,40$	$1,87 \pm 0,38$	$2,08 \pm 0,36$
Mg (mg/dl)	$2,35 \pm 0,46$	$2,37 \pm 0,42$	$2,52 \pm 0,23$	$2,59 \pm 0,25$

Cuadro V. Valores medios de los animales durante el peri-parto.

	Sistema productivo	Preparto					Posparto			
		-4	-3	-2	-1	+1	+2	+3	+4	
		<b>Semanas</b>								
<b>Ca (mg/dl)</b>	Semi-pastoril	9,82 ±1,13	9,49 ±1,48	9,30 ±1,95	9,21 ±1,53	9,27 ±1,70	9,28 ±1,89	9,37 ±1,70	9,69 ± 1,54	
	Intensivo	11,06 ± 0,66	10,92 ±0,89	10,92 ±0,66	10,63 ±0,81	10,27 ±0,99	10,92 ±1,02	11,20 ±0,85	11,22 ±0,73	
<b>P (mg/dl)</b>	Semi-pastoril	5,59 ±0,74	5,35 ±1,08	5,52 ±1,31	5,73 ±1,30	5,61 ±1,45	5,95 ±1,64	5,74 ±1,81	6,12 ±1,35	
	Intensivo	6,13 ±0,99	6,02 ±1,24	6,17 ±1,10	5,76 ±0,79	4,93 ±0,92	5,20 ±0,91	5,37 ±0,64	5,80 ±0,68	
<b>Ca/P (mg/dl)</b>	Semi-pastoril	1,77 ±0,17	1,82 ±0,44	1,76 ±0,46	1,67 ±0,44	1,69 ±0,42	1,61 ±0,34	1,75 ±0,48	1,63 ±0,36	
	Intensivo	1,86 ±0,37	1,90 ±0,46	1,84 ±0,41	1,88 ±0,29	2,15 ±0,45	2,11 ±0,39	2,11 ±0,31	1,96 ±0,25	
<b>Mg (mg/dl)</b>	Semi-pastoril	2,73 ±0,41	2,38 ±0,41	2,41 ±0,39	2,28 ±0,48	2,34 ±0,44	2,34 ±0,42	2,43 ±0,43	2,38 ±0,38	
	Intensivo	2,56 ±0,21	2,50 ±0,23	2,53 ±0,21	2,52 ±0,27	2,38 ±0,26	2,58 ±0,19	2,68 ±0,24	2,74 ±0,17	

Cuadro VI. Valores de Ca y Mg en ambos sistemas productivos.

Mineral	Intensiva <sup>1</sup>	N	Semi-pastoril <sup>1</sup>	N
Ca (mg/dl)	10,896 ± 0,055**	256	9,352 ± 0,087	354
Mg (mg/dl)	2,562 ± 0,015**	256	2,362 ± 0,023	354

<sup>1</sup>: Media ± EEM.

\*\*\*: Se encontraron diferencias significativas entre el grupo Intensivo y el Semi-pastoril (p = 0,000).

Cuadro VII. Valores estadísticos descriptivos de la relación Ca/P según el estado fisiológico en primavera y otoño.

Ca/P	Gestante <sup>1</sup>	N	Lactante <sup>1</sup>	N
Primavera	1,981 ± 0,032**	128	1,731 ± 0,027	244
Otoño	1,973 ± 0,037**	128	1,640 ± 0,030	110

<sup>1</sup>: Media ± EEM.

\*\*\*: Se encontraron diferencias significativas entre el grupo Gestante y el Lactante (p = 0,000).

Cuadro VIII. Valores de Mg según época del año.

Mineral	Primavera <sup>1</sup>	N	Otoño <sup>1</sup>	N
<b>Mg (mg/dl)</b>	2,478 ± 0,021**	372	2,395 ± 0,022	238

<sup>1</sup>: Media ± EEM.

\*\*\*: Existieron diferencias significativas entre los grupos de Primavera y Otoño p = 0,007.

**Magnesio.** Los valores de las concentraciones séricas de Mg fueron más altos en el grupo intensivo ( $p < 0,000$ ) (Cuadro VI), siendo mayores las concentraciones de Mg de las vacas con partos en primavera ( $p < 0,007$ ) (Cuadro VIII); no encontrándose diferencias estadísticas entre lactantes y gestantes, ni en partos de primavera ni otoño.

### **Análisis estadístico de Modelos Mixtos (Modelos Jerarquizados)**

En este análisis, tratamos de identificar la existencia de diferencias entre los grupos establecidos en razón del sistema de producción (Intensivo vs. Semi-pastoril), la estación del año en que se produce el parto (Primavera vs. Otoño) y la semana respecto al parto (desde -4 a +4 semanas); teniendo en cuenta que son muestras repetidas (relacionadas) y que el método de análisis considera a cada vaca como variable aleatoria. La prueba de comparación *a posteriori* (*Post hoc*) utilizada fue la de Scheffe. Observándose diferencias en la relación Ca/P con respecto a la estación del año en la que se produce el parto entre los subgrupos semi-pastoril (semanas -1, +1, +2, +3) e intensivo (semanas +1, +2, +3). Además, se encontraron diferencias en los valores de Mg entre los grupos semi-pastoril e intensivo con respecto a la estación de parto; y cuando se consideraba el sistema de producción, se encontraron diferencias entre el grupo de otoño en la semana +1 y el de primavera en la semana +4.

## **Discusión**

La producción de leche está fuertemente condicionada por el método de producción y alimentación, el incremento de la producción lechera por vaca lactante y el objetivo de disminuir los costos de producción son los puntos básicos que han propiciado los cambios en los modelos de producción animal en todo el mundo, adaptándose a los recursos existentes en cada caso y propiciando la existencia de métodos diferentes para lograr el mismo objetivo. A partir de aquí, discutiremos los resultados obtenidos estudiando las mismas variables (Calcio, Fósforo, relación Calcio/Fósforo y Magnesio) durante el periparto en establecimientos lecheros comerciales en Galicia (España) y Florida (Uruguay), a los efectos de identificar diferencias en la adaptación del metabolismo mineral durante el periparto en grupos de vacas con similar mérito genético, pero con una diferente estrategia para lograr el mismo producto.

**Calcio.** Los valores de Ca se mantuvieron dentro del rango citado por otros autores (MERCK, 1998; Kaneko y col., 2008) (8,4 a 11,0 mg/dl), presentando diferencias muy significativas entre ambos sistemas de producción, en donde el grupo I mostró mayores niveles de Ca (10,90 mg/dl) que el grupo SP (9,35 mg/dl). Otros autores en trabajos realizados en sistema pastoril, encuentran resultados similares al observado en el grupo SP (Cavestany y col., 2005, Albornoz 2006, Roche y col., 2013). En el presente trabajo, se constató que el comportamiento de los valores de Ca en ambos grupos fue similar, observándose una disminución de las concentraciones de Ca entorno al parto, para comenzar a elevarse gradu-

almente durante el postparto, pero siempre con valores más reducidos en el grupo SP. Esta diferencia se hace más notoria durante el postparto debido posiblemente a que el grupo I recibió una alimentación más controlada, produciéndose una mayor movilización de Ca. Albornoz (2006), estudiando vacas lecheras en condiciones semi-pastoriles, encuentra resultados similares, con disminución de los niveles de Ca cerca del parto, para aumentar posteriormente durante el postparto. Resultó sugestiva la variación entre individuos en el grupo SP, que posiblemente responda al sistema productivo, ya que los animales a pastoreo no comen siempre lo mismo.

Respecto a las épocas de parto (Primavera vs. Otoño), no se encontraron diferencias significativas de los niveles de Ca según la estación de parto, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Contreras (1996). Aun así, el grupo de vacas gestantes de primavera tuvo mayor nivel de Ca que las vacas lactantes, mientras que en otoño no se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos de vacas.

**Fósforo.** Los valores de P sanguíneo estuvieron dentro del rango de normalidad citado por publicaciones de referencia (MERCK, 1998; Kaneko y col., 2008) (4,3 a 7,8 mg/dl), sin presentar diferencias significativas entre ambos sistemas de producción. El comportamiento de los valores de P en ambos grupos fue similar, produciéndose una disminución de los valores entorno al parto para comenzar a elevarse posteriormente durante el postparto. Este comportamiento de las concentraciones séricas de P ya había sido observado anteriormente en vacas lecheras en semi-pastoreo (Albornoz, 2006). Coincidiendo con las observaciones de otros autores (Contreras 1996), en nuestro estudio no se encontraron diferencias significativas de las cantidades de P según la estación del año. A pesar de lo anterior, el grupo de vacas gestantes de Otoño tuvo mayor nivel de P que las vacas lactantes, mientras que en Primavera no hubieron diferencias significativas entre las vacas gestantes y lactantes.

**Relación Ca/P.** Los valores de la relación Ca/P fluctuaron dentro del rango citado por publicaciones de referencia (MERCK, 1998; Kaneko y col., 2008) (1,4 a 2), presentando diferencias muy significativas entre ambos sistemas de producción, en donde el grupo I mostró una mayor relación Ca/P que el grupo SP. Otros investigadores, en trabajos realizados en sistema pastoril, encuentran una relación Ca/P menor a la encontrada en el presente trabajo (Contreras y col., 1996; Albornoz 2006; Roche y col., 2013, Wagenmann y col., 2014). Durante el preparto no se observaron diferencias en la relación Ca/P entre el grupo SP y el grupo I, pero la situación cambió totalmente durante el postparto debido a un fuerte incremento del cociente mineral en el grupo I, durante las primeras semanas de lactación. Respecto a la época de los partos (primavera – otoño), no se observaron diferencias significativas de la relación Ca/P, concordando estos resultados con los obtenidos previamente por Contreras y col. (1996). En cuanto al estado fisiológico de Gestación – Lactación, se constató que el grupo de vacas gestantes de otoño tienen una menor relación Ca/P que las vacas lactantes de la misma estación y que ese aumento del grupo Lactante es muy marcado en el grupo Intensivo; mientras que en primavera no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos de

vacas, coincidiendo también en esta observación con trabajos publicados previamente (Contreras y col., 1996; Roche y col., 2012; Wagenmann y col., 2014).

**Magnesio.** Los valores de Mg estuvieron dentro de la normalidad, según el rango citado por publicaciones de referencia (MERCK, 1998; Kaneko y col., 2008) (1,7 a 3,0 mg/dl); existiendo diferencias muy significativas entre ambos sistemas de producción, debido a que el grupo I mostró mayores niveles de Mg que el grupo SP. Las concentraciones de Mg descritas fueron más elevadas que las referidas en otros trabajos realizados en vacas lecheras manejadas en sistema semi-pastoril (Contreras y col., 1996; Cavestany y col., 2005; Albornoz, 2006; Roche y col., 2013). El comportamiento de los valores de Mg en ambos grupos fue similar, produciéndose una disminución de los valores entorno al parto, para luego comenzar a elevarse, aunque en el grupo SP siempre hubieron concentraciones menores. Esta diferencia se hizo levemente más notoria durante el postparto debido, posiblemente, a una falla en la absorción de Mg a nivel ruminal asociada a la alta ingesta de Potasio o Nitrógeno proveniente del forraje consumido, o a una ingesta disminuida por escasez de forraje, pudiendo también ser debida a una alta carga animal o a la depresión del apetito por la gestación avanzada o por el inicio de la lactación. Esta falla en la absorción de Mg estaría favorecida por el balance energético negativo, que también se traduciría en un déficit de energía a nivel ruminal, disminuyéndose así el transporte activo del Mg (Contreras y col., 1996). Se encontraron diferencias significativas de las cantidades de Mg según la estación del año y esta diferencia es más marcada en el sistema SP que en el sistema I. Debemos tener en cuenta que en el sistema SP es muy difícil poder separar el efecto estacional, del de la alimentación, ya que las características del alimento varían, muchas veces, en función de la época y de las condiciones climáticas. Además estos animales presentaron un manejo diferente en primavera-verano que en otoño-invierno, tal como ha sido descrito por otros autores en vacas manejadas en semi-pastoreo (Quintela y col., 2011). Sin embargo, en nuestro caso, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos establecidos según el estado fisiológico y la época del año, lo que confirma que las diferencias de manejo y/u oferta alimenticia motivaron las diferencias observadas.

## Conclusiones

Los parámetros estudiados se encontraron dentro de los rangos considerados normales para el ganado bovino. Además, en los dos grupos de vacas estudiados, las variaciones de los minerales durante el periparto mostraron un comportamiento similar.

El sistema de manejo afectó las concentraciones de Ca y Mg, así como la relación Ca/P.

La estación de parto (otoño-primavera) en las proximidades del parto tuvo un efecto sobre las concentraciones de Mg.

Debemos tener en cuenta, para la interpretación correcta de todos los resultados, que es muy difícil separar los efectos de la estación del año, de los de la alimentación, ya que las características del alimento varían, muchas veces, en función de la época y de las condiciones climáticas; existiendo una relación demostrada entre los minerales plasmáticos y la alimentación. En este trabajo, los animales estudiados se manejaron en sistemas diferentes, provocando la aparición de variaciones estacionales en algunos de los parámetros estudiados y que, muy probablemente, estos cambios reflejaron las condiciones nutricionales a las que estuvieron sometidos los grupos de vacas estudiadas en condiciones comerciales en España y Uruguay.

## Referencias

1. Albornoz L, Monteblanco M, Peña S, Albornoz JP. (2010). Determinación de la concentración de Ca, P y Mg durante la lactancia de vacas Holando y su correlación con las siguientes variables: estación del año, estado corporal, producción de leche, estado reproductivo y consumo de suplementos minerales. XXXVIII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, pp. 146-148.
2. Albornoz L. (2006). Hipocalcemia puerperal, variaciones de minerales en el periparto y evaluación de tratamientos. Tesis de Maestría, Programa de Posgrados de la Facultad de Veterinaria, UdelaR, Montevideo, Uruguay.
3. Alonso-Díez AJ, González-Montaña JR. (1997). Profilaxis de la paresia puerperal hipocalcémica bovina. *Med Vet* 14:610-614.
4. Barros L. (1987). Perfiles metabólicos estudio de cinco años de aplicación en Uruguay. XV Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, pp. E1-E14.
5. Bednarek D, Kondracki M, Gzeda M. (2000). Magnesium and Calcium in prophylaxis of parturient paresis in dairy cows. *Abstracts. Medycyna Wet* 56:367-371.
6. Cavestany D, Blanc JE, Kulscar M, Uriarte G, Chilibroste P, Meikle A, Febel H, Ferraris A, Krall E. (2005). Studies of the transition cow under pasture based milk production system: metabolic profiles. *J Vet Med A* 52:1-7.
7. Contreras PA, Valenzuela L, Wittwer F, Böhmwald H. (1996). Desbalances metabólicos nutricionales más frecuentes en rebaños de pequeños productores de leche, Valdivia- Chile. *Arch Med Vet* 28: 39-50.
8. Contreras PA. (2002a). Hipomagnesemia: efectos y procedimientos de prevención en los rebaños. VIII Congreso de la Sociedad Española de Medicina Interna Veterinaria. León, España, pp. 20-29.
9. Contreras PA. (2002b). Paresia puerperal hipocalcémica. VIII Congreso de la Sociedad Española de Medicina Interna Veterinaria. León, España, pp. 30-34.



10. Corbellini CN. (1998). Etiopatogenia e controle da hipocalcemia e hipomagnesemia em vacas leiteiras. En: González FHD, Ospina HP, Barcellos JOJ (Eds.). Anais do Seminário Internacional sobre deficiências minerais em Ruminantes. Porto Alegre, Brasil. Ed. UFRGS. pp. 1-17.
11. Corbellini C. (2000). Influencia de la Nutrición en las enfermedades de la producción de las vacas lecheras en transición. XXI Congreso Mundial de Buiatría, Punta del Este, Uruguay. pp. 16.
12. Dhiman TR, Sasidharan V. (1998). Effectiveness of calcium chloride in increasing blood calcium concentrations of periparturient dairy cows. *J Anim Sci* 77:1597-1605.
13. Goff JP. (2004). Macromineral disorders of the transition cow. *Vet Clin North Amer Food Anim Pract* 20:471-494.
14. Houe H, Ostergaard S, Thilsing Hansen T, Jorgensen RJ, Larsen T, Sorensen JT, Agger JF, Blom JY. (2001). Milk fever and subclinical hypocalcaemia. An evaluation of parameters on incidence risk, diagnosis, risk factors and biological effects as input for a decision support system for disease control. *Acta Vet Scand* 42:1-29.
15. Horst RL, Kimura K, Goff JP. (1998). Effect of mastectomy on plasma calcium and vitamin A and E metabolism in the periparturient dairy cows. National Animal Disease Center, 10<sup>th</sup> International Conference on Production Diseases in Farm Animals. A8:34-43.
16. Kaneko JJ. (2008). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 6<sup>th</sup>. Ed. San Diego, USA Academic Press. 904pp.
17. Martínez N, Risco CA, Lima FS, Bisinotto RS, Greco LF, Ribeiro ES, Maunsell F, Galvão K, Santos JEP. (2012). Evaluation of periparturient calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. *J Dairy Sci* 95:7158-7172.
18. MERCK & Co. Inc. 1988. *Manual Merck de Veterinaria* (3<sup>a</sup> edición en español). Fraser CM (ed). Ed. Centrum, Barcelona, España. 1918pp.
19. Quintela L, Becerra JJ, Rey C, Díaz C, Cainzos J, Rivas F, Huanca W, Prieto A, Herradón PG. (2011). Perfiles metabólicos en parto, parto y postparto en vacas de raza rubia gallega: estudio preliminar. *Recursos Rurais*. 7: 5-14.
20. Radostits O, Gay CC, Blood DC, Hinchcliff KF. (1999). *Medicina Veterinaria* (Vol. II). 9a Ed. McGraw-Hill - Interamericana España. Madrid, España. pp. 2159-2161.
21. Risco C. (2001a). Management of the postpartum dairy cow to maximize pregnancy rate. 34<sup>th</sup> Annual Conference of the American Association of Bovine Practitioners. Vancouver, Canadá.
22. Risco C. (2001b). Nutritional management of dry cows and calving related disorders. 34<sup>th</sup> Annual Conference of the American Association of Bovine Practitioners. Vancouver, Canadá.
23. Roche JR. (2003). Hypocalcaemia and DCAD for the pasture-based transition cow - A review. *Acta Vet Scand Suppl* 97: 65-74.
24. Roche JR, Mac Donald KA, Schütz KE, Matthews LR, Verkerk GA, Meier S, Loor JJ, Rogers AR, Mc Gowan J, Morgan SR, Taukiri S, Webster JR. (2013). Calving body condition score affects indicators of health in grazing dairy cows. *J Dairy Sci* 96:5811-5825.
25. Wagemann C, Wittwer F, Chihuailaf R, Noro M. (2014). Estudio retrospectivo de la prevalencia de desbalances minerales en grupos de vacas lecheras en el sur de Chile. *Arch Med Vet* 46: 363-373.