



**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**“ESTIMACIÓN DE LA PREVALENCIA DE HIPOCALCEMIA SUBCLÍNICA EN 15
TAMBOS DEL DEPARTAMENTO DE SAN JOSÉ”**

por

Br. Ariel BERTINAT BERRUTTI

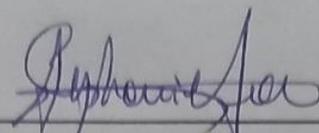
TESIS DE GRADO presentada como
uno de los requisitos para obtener el
título de Doctor en Ciencias Veterinarias
Orientación: Producción Animal

MODALIDAD: Estudio poblacional

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2022**

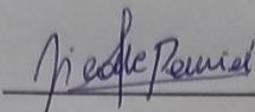
PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de mesa:



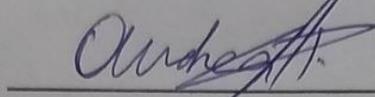
DCV. Stephanié Lara

Segundo miembro (Tutor):



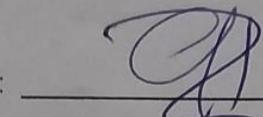
DCV. Nicolle Pomiés Figueroa

Tercer miembro:



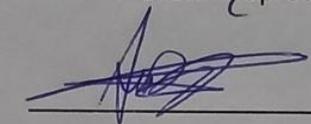
DCV. Andrea Fernández

Cuarto miembro (Co-Tutor):



DMTV Gretel Rupprechter

Autor:



Br. Ariel Bertinat Berrutti

Fecha: 07/07/2023

AGRADECIMIENTOS

- A mi tutora, Dra. Nicolle Pomiés, quien fue la responsable de guiarme principalmente en el trabajo práctico, como también en el teórico.
- A la Dra. Gretel Ruprechter, mi cotutora por sus aportes a este trabajo y estar siempre a las órdenes para la escritura de la tesis.
- A todos los productores, por brindarnos su tiempo, aparte de sus instalaciones y animales para poder realizar el trabajo.
- Por último y no menos importante agradezco a mi familia y amigos que siempre estuvieron presentes en todo este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	5
RESUMEN.....	6
SUMMARY.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	9
1. Periodo de transición de la vaca lechera.....	9
2. Regulación del Calcio en la vaca lechera.....	10
2.1 Hormona Paratiroidea.....	11
2.2. Calcitonina.....	12
2.3. Vitamina D3.....	12
3. Factores de riesgo asociados al desarrollo de Hipocalcemia subclínica (HSC).....	13
3.1 Edad.....	13
3.2 Condición corporal.....	13
3.3 Raza.....	14
3.4 Manejo nutricional preparto.....	15
HIPÓTESIS.....	17
OBJETIVOS.....	17
1. Objetivo General.....	17
2. Objetivos Específicos.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
1. Localización y caracterización de los predios.....	17
2. Animales y diseño experimental.....	18
3. Análisis de laboratorio.....	19
4. Encuesta.....	19
5. Análisis estadístico.....	21
RESULTADOS.....	21
1. Caracterización de los predios.....	21
2. Metabolitos en sangre y condición corporal.....	24
DISCUSION.....	27
CONCLUSIONES.....	32
REFERENCIAS.....	33

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Tabla 1. Indicadores de superficie, número de animales, carga animal de los tambos muestreados.....	18
Tabla 2: Composición nutricional de las dietas preparto ofertadas en los tambos muestreados.....	20
Tabla 3. Asistencia técnica de los predios muestreados.....	21
Tabla 4. Características generales de la alimentación en el preparto de los tambos muestreados.....	22
Tabla 5. Ambiente y manejo del preparto de los tambos muestreados.....	23
Tabla 6: Condición corporal de los animales y niveles de Ca, Mg, P, y relación Ca: P en los tambos muestreados.....	24
Tabla 7: Niveles plasmáticos de Ca, Mg y P, medidos a las 24, 48 y 72 hs post parto.....	24
Tabla 8: Variación de CC y niveles plasmáticos de Ca, Mg, P y Ca: P entre primíparas y multíparas.....	24
Tabla 9: Variación de CC y niveles plasmáticos de Ca, Mg, P y Ca: P entre las razas Holando, Jersey y Holando x Jersey.....	25
Tabla 10: Proporción de vacas con CC de 3 a 3,5, HSC, hiperfosfatemia, hipomagnesemia y relación Ca: P <1 acorde a la paridad.....	25
Tabla 11: Proporción de vacas con CC de 3 a 3,5, hipocalcemia subclínica, hiperfosfatemia, hipomagnesemia y relación Ca: P <1 especificados por tambo.....	26

RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron determinar la prevalencia de hipocalcemia subclínica en vacas lecheras durante las primeras 72 hs post parto y relevar las prácticas de manejo en el preparto en 15 tambos del departamento de San José. Para ello se muestrearon 182 vacas de 15 establecimientos. Las razas que se utilizaron fueron Holando, Jersey y Jersey x Holando. Las variables séricas calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) se determinaron mediante ensayos colorimétricos utilizando kits comerciales, a partir de muestras de suero extraídas dentro de las 72 hs postparto. Además de las muestras sanguíneas, se evaluó la condición corporal (CC) de los animales en posparto. En este trabajo, la prevalencia de HSC fue de 81,4% (utilizando como punto de corte de $Ca < 2,14$ mmol/L), no encontrándose diferencias significativas acorde a la paridad (80,8% para múltiparas y de 79,3% para primíparas; $P=0,74$). La hiperfosfatemia fue de 31,5% con una tendencia a ser mayor en múltiparas (35,9%) en comparación con las primíparas (21,6% $p=0,07$). La prevalencia de hipomagnesemia fue de 10,1% siendo significativamente mayor en múltiparas que en primíparas (13,7% vs 2,01% $p=0,02$). La hiperfosfatemia asociada reforzó la inadecuada relación Ca/P que fue menor a 1 en el 66% de los animales. Estos resultados podrían sugerir que las prácticas de manejo en los prepartos de las vacas muestreadas no serían las adecuadas para minimizar los desbalances minerales en el postparto temprano en vacas lecheras y que prácticas de manejo como la medición rutinaria de pH de orina debe ser instaurada por los técnicos asesores de los establecimientos.

SUMMARY

The aims of this study were to determine the prevalence of subclinical hypocalcaemia in dairy cows during the first 72 hours after calving and to survey management practices in the prepartum period in 15 dairy farms in the department of San José. For this purpose, 182 cows from 15 dairy farms were sampled. The breeds used were Holando, Jersey and Jersey x Holando. The serum variables calcium (Ca), phosphorus (P) and magnesium (Mg) were determined by colorimetric assays using commercial kits, from serum samples taken within 72 hours postpartum. In addition to the blood samples, the body condition scoring (BCS) of the postpartum animals was assessed. In this work, the prevalence of HSC was 81.4% (using $\text{Ca} < 2.14 \text{ mmol/L}$ as cut-off point), with no significant differences according to parity (80.8% for multiparous and 79.3% for primiparous; $P=0.74$). Hyperphosphataemia was 31.5% with a tendency to be higher in multiparous (35.9%) compared to primiparous (21.6%; $P=0.07$). The prevalence of hypomagnesaemia was 10.1% being significantly higher in multiparous than in primiparous (13.7% vs 2.01% $p=0.02$). The associated hyperphosphatemia reinforced the inadequate Ca/P ratio, which was less than 1 in 66% of the animals. These results may suggest that the prepartum management practices of the sampled cows may not be adequate to minimise early postpartum mineral imbalances in dairy cows. The technical advisors of the dairy farms should implement management practices such as routine urine pH measurement.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años, la producción lechera en Uruguay ha tenido un fuerte incremento, en cambio, el número de productores descendió significativamente, desapareciendo más de 2000 productores, asociado con un aumento de la escala de los tambos en términos de número de vacas en ordeño (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, MGAP, 2011). El crecimiento en la producción de leche se basó en un aumento de la carga animal en los sistemas (28% entre 2000 y 2014) y fundamentalmente en una mayor productividad por vaca masa (VM) que pasó de 3220 a 5270 L/VM/año en el mismo período de tiempo (MGAP, 2005; 2015).

Debido a una cadena productiva netamente exportadora, los sistemas de producción lecheros de Uruguay deben ser competitivos internacionalmente y proyectarse en modelos productivos de bajo costo relativo (Aguerre et al., 2017). La producción de pasturas (praderas perennes y verdeos), asociado a una buena utilización y eficiencia de transformación de la materia seca consumida en leche, tiene impacto directo en los costos de producción (Chilibroste y Battegazzore, 2014; Chilibroste, 2015). En nuestro país, por tratarse de un sistema pecuario de base pastoril, la producción de leche acompaña la producción estacional de las pasturas, dándose en primavera el pico máximo de producción de leche (MGAP, 2011). El uso intensivo de pasturas mejoradas con concentrados y ensilados fueron factores clave para un salto productivo en las últimas décadas (MGAP, 2011).

El sistema de producción lechero uruguayo, presenta varias limitantes, como ser el consumo de materia seca (MS), que en sistemas de pastoreo es usualmente más bajo que en otros sistemas, y podría ser insuficiente para sostener la alta producción de leche (Chilibroste et al., 2012a; Kolver y Müller, 1998). Además, se debe agregar el comportamiento ingestivo de la vaca lechera durante la transición (Meikle et al., 2013). Esto es especialmente relevante debido a la depresión del consumo que ocurre en las últimas semanas previas al parto (Grummer, 1995). También hay que tener en cuenta que para obtener una performance rentable de la lactación se debería producir un ternero a intervalos regulares y el intervalo parto concepción (IPC) es el factor limitante (Royal et al., 2002). Un aumento en la producción de leche provoca una disminución de los indicadores reproductivos; se señala una disminución de 20 a 30% en las tasas de preñez desde la década del '60 al presente en diferentes países y un aumento de problemas reproductivos y sanitarios (Lucy, 2001; Roche et al., 2000; Royal et al., 2002).

Para obtener un óptimo desempeño productivo se debe realizar un correcto manejo durante el período de transición (PT) (Meikle et al., 2013). Es aquí donde ocurren cambios fisiológicos, nutricionales y metabólicos muy profundos que determinarán el éxito productivo y reproductivo de la vaca en la siguiente lactancia (Sepúlveda y Wittwer, 2017). Durante el PT, la vaca se enfrenta a la mayoría de las disfunciones metabólicas, nutricionales, alimenticias, sanitarias y productivas (Sepúlveda y Wittwer, 2017).

La hipocalcemia es uno de los trastornos metabólicos más comunes en vaca lechera (Venjakob, Borchardt y Heuwieser, 2017). Esta puede presentarse de forma clínica (HC) o subclínica, (HSC). La primera se define como una

enfermedad en la cual se manifiestan ciertos signos característicos, con concentraciones de Ca en suero $<1,5$ mmol / L, mientras que la subclínica se refiere a vacas que son clínicamente normales, pero con concentraciones de Ca por debajo del límite inferior de referencia (Roberts y McDougall, 2018). En los últimos años el foco se ha puesto sobre la HSC y su relación con la salud, la producción de leche y la reproducción, ya que su incidencia es varias veces mayor que la HC, siendo esta última considerada "la punta del iceberg" (Couto Serrenho, De Vries, Duffield y Le Blanc, 2021).

En esta tesis de grado buscamos estimar la prevalencia de HSC mediante la evaluación de 15 tambos del departamento de San José y su asociación con prácticas de manejo en los establecimientos.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Período de transición de la vaca lechera

La vaca lechera en su vida productiva atraviesa diferentes etapas. El período de producción de leche o de lactancia abarca un período de lactancia inicial hasta los dos meses; lactancia media de 3 a 6 meses y lactancia final del mes 7 a 10 (Sepúlveda y Wittwer, 2017). Una vez culminada la etapa de lactancia, la vaca entra en período seco, que es el tiempo que permanece sin producir leche, idealmente se extiende por 60 días, desde el día de secado hasta el parto (Strappini et al., 2018). Esta fase permite que el tejido mamario pueda ser reparado y regenerado para estar nuevamente en condiciones de producir leche en cantidad y calidad luego del parto (Strappini et al., 2018).

Por último, tenemos la etapa de mayor trascendencia en la salud y bienestar de la vaca lechera (Sepúlveda y Wittwer, 2017), el PT, el cual comprende desde las 3 semanas previas al parto, hasta las 3 semanas posteriores al mismo (Drackley, 1999). La transición del estado preñada en no lactancia al no preñada en lactancia es un cambio dramático para la vaca, que debe adaptar su metabolismo durante las primeras semanas posparto a las fuertes exigencias que le demanda la producción y el cambio de régimen alimenticio acorde con su nuevo nivel de requerimientos (Drackley, 1999). Dichos cambios están directamente relacionados a los procesos de adaptación del sistema digestivo a la alimentación que recibirán luego del parto y del propio metabolismo del animal (Meikle et al., 2013). La característica más importante es el aumento pronunciado de los requerimientos energéticos, combinado con la disminución del consumo de materia seca (Royo y Puyalto, 2019). La demanda de glucosa por la glándula mamaria es tres veces mayor al inicio de la lactancia que la del útero al final de la gestación; los requerimientos de aminoácidos se duplican y los de ácidos grasos pueden ser hasta ocho veces más altos (Sepúlveda y Wittwer, 2017).

Para la producción de calostro (que contiene 1,7–2,3 g de Ca por kilogramo) o leche (que contiene 1,1 g de Ca por kilogramo) se necesitan de 20 a 30 g de Ca en los primeros días de lactancia (Goff, 2014), cifra que supera siete veces el Ca disponible en la sangre, de tal manera que, si no se moviliza rápidamente desde las reservas del organismo, la vaca entra en estado de hipocalcemia (Sepúlveda y Wittwer, 2017). A la alta demanda metabólica por producción de leche se le suma la disminución (~ 30%) del consumo previo al parto (Grummer, 1995),

generando una diferencia negativa entre lo consumido y lo requerido, es decir un balance energético negativo (BEN), que se prolonga durante las primeras semanas de lactancia (Sepúlveda y Wittwer, 2017). Es por esto que la vaca debe movilizar nutrientes de las reservas corporales y esto es visible en la pérdida de condición corporal (Chilliard, 1999). Relacionando el BEN con la HSC, algunos autores sugieren que ésta empeora el BEN en lactancia temprana, favoreciendo una mayor circulación de ácidos grasos no esterificados (AGNE) y concentraciones reducidas de insulina (Martínez et al., 2014; Reinhardt, Lippolis, McCluskey, Goff y Horst, 2011) además de generar una obstaculización en la liberación de insulina, mediante la limitación de entrada de Ca a las células pancreáticas, estimulando así la movilización de lípidos a través de lipasa sensible a hormonas (Martínez et al., 2014).

Debido a la multitud de trastornos que enfrenta la vaca lechera durante su transición, es considerado un período que genera una preocupación constante a productores de leche, nutricionistas y veterinarios (Sepúlveda y Wittwer, 2017).

2. Regulación del Ca en la vaca lechera.

Las concentraciones inadecuadas en sangre de Ca, P, Mg o potasio (K) pueden hacer que una vaca pierda la capacidad de ponerse de pie, ya que estos minerales son necesarios para la función nerviosa y muscular.

El Ca extracelular está involucrado en la excitabilidad de las neuronas y las células musculares (Han, Trinidad y Shi, 2015), en el músculo liso, es especialmente crucial para el fenómeno excitación-contracción (Wilkins, Nelson, Hernández y McArt, 2020). Esto explica el efecto negativo de la hipocalcemia sobre la contractilidad y motilidad de los tractos reproductivo y gastrointestinal (Al-Eknaah y Noakes, 1989; Daniel, 1983; Heppelmann et al., 2015; Jørgensen et al., 1998;). A nivel de la glándula mamaria, la HSC incrementa la incidencia de mastitis clínica, ya que se reduce el tono del esfínter del pezón y se afecta la funcionalidad de los neutrófilos, primera línea de defensa en el organismo (Sepúlveda y Wittwer, 2017). También, bajas concentraciones de Ca en sangre, llevan a la disminución de la capacidad de contracción de la musculatura lisa, afectando el movimiento ruminal e intestinal, reduciendo así el consumo voluntario e incrementando el riesgo de desplazamiento del abomaso y el BEN (Goff, 2006).

Más del 50% de las vacas multíparas desarrollan HSC en el inicio de la lactancia, debido a su adaptación más lenta a la alta demanda de Ca (Reinhardt et al., 2011). Se supone que esto es una falla en los mecanismos homeostáticos que regulan la calcemia en la vaca (Kronqvist, Emanuelson, Spörndly y Holtenius, 2011). Una vaca que produce 10 L de calostro, pierde alrededor de 23 g de Ca en un solo ordeño. Para revertir el déficit de Ca, estos mecanismos de homeostasis actúan mediante, absorción intestinal, liberación de Ca desde los huesos a la sangre y reabsorción de Ca a nivel renal (Holmes, 2003).

La homeostasis del calcio se regula por un feedback controlado por 3 hormonas principales: hormona paratiroidea (PTH), calcitonina (CT) y 1,25-dihidroxitamina D (Conelly et al., 2022). La PTH cumple el rol principal en la

regulación del Ca, ya que aumenta la movilización de Ca del tejido óseo, la reabsorción renal, y a través de la vitamina D3, la captación intestinal de Ca de la dieta (Ramberg et al., 1976). Además, la vitamina D3, junto con la PTH actúa elevando el Ca sanguíneo por aumento de la reabsorción renal del mismo (Horst, Goff, Reinhardt, y Buxton, 1997). Estas hormonas actúan juntas para mantener constante el nivel de calcio y fósforo en el líquido extracelular y regular el metabolismo óseo (Holmes, 2003; Horst et al. 1997).

A continuación, vamos a detallar las funciones que cumplen cada una de ellas en el mantenimiento del calcio sérico.

2.1 Hormona Paratiroidea

Frente a una disminución de Ca en sangre, la glándula paratiroides induce la liberación de PTH (Wilkens et al., 2020). Esta hormona se almacena en gránulos secretorios en el interior de las células paratiroides principales, pudiendo ser secretada en respuesta a la hipocalcemia en minutos (Kumar y Thompson, 2011).

Para regular los niveles normales de calcio en el organismo cumple con cuatro acciones directas (Holmes, 2003):

- 1- Aumenta el movimiento de Ca desde los huesos al plasma.
- 2- Aumenta la reabsorción de Ca desde los túbulos renales.
- 3- Aumenta la actividad de la enzima renal 1-alfa hidroxilasa.
- 4- Disminuye la reabsorción de fósforo inorgánico en los túbulos renales.

Una de las acciones principales de la PTH es estimular la osteoclastogénesis, produciendo la movilización de Ca y P del esqueleto al plasma (Ben-awadh et al., 2014) y además, en conjunto con la vitamina D3, produce aumento de la absorción intestinal de Ca (Holmes 2003).

A nivel renal, actúa aumentando la reabsorción de calcio en el asa de Henle ascendente y túbulo distal e induce a la fosfaturia (Horst et al. 1997; Holmes, 2003). También interviene en la activación de la vitamina D3 mediante la enzima renal 1-alfa hidroxilasa que actúa en la transformación de 25-(OH)2D3 a su forma activa 1,25(OH)2D3 (Holmes, 2003; Horst et al. 1997).

Con respecto a la actividad fisiológica de la PTH, frente a un estado de alcalosis metabólica, su acción se ve afectada, produciendo una falla en la liberación ósea de Ca y en la producción de 1,25(OH)2D3, reduciendo así sus efectos en el aumento de los niveles de Ca sérico (Oetzel, 2002). También se ha demostrado que se producen cambios en la conformación de los receptores de PTH impidiendo que se una a ellos (Goff, 2004; Oetzel, 2002).

Algunos autores como Contreras et al.(1982) y Van der Braak et al., (1987), han encontrado tasas de movilización de Ca más lentas en vacas alimentadas con raciones deficientes en Mg durante el período seco. Luego Goff (2008), demostró una sensibilidad disminuida de los receptores de PTH en vacas con deficiencia de Mg.

Con respecto a otros minerales, tales como el potasio, Goff y Horst (1997) demostraron que una alta concentración dietética de cationes fuertes, especialmente K, puede inducir alcalosis metabólica en la vaca preparto, afectando así la acción de la PTH. Por el contrario, si se induce una acidosis leve del organismo se produce una respuesta inmediata haciendo más activa la absorción de Ca en el intestino y liberando Ca desde los huesos para contrarrestar la acidosis e indirectamente incrementando el Ca en la sangre (Sepúlveda y Wittwer, 2017).

2.2 Calcitonina

La CT, es secretada por las Células C de la glándula tiroidea en respuesta a niveles elevados de Ca plasmático (Wilkins et al., 2020). Su acción principal es la inhibición de la resorción ósea durante la hipercalcemia (Hoff et al., 2002). La glándula mamaria tiene una gran demanda de Ca al inicio de la lactancia y depende de una adecuada regulación hormonal (aumento de PTH y disminución de la acción de CT) para mantener la calcemia (Horst et al., 2005). En el riñón, la calcitonina reduce la reabsorción de calcio y fósforo y produce el aumento en la liberación renal de estos iones para conducir a una hipocalcemia e hipofosfatemia (Holmes, 2003). También interviene reduciendo la reabsorción de sodio, magnesio y potasio en el túbulo proximal del riñón (Holmes, 2003). Un aumento en la CT podría interferir con la PTH, predisponiendo a hipocalcemia (Wilkins et al., 2020).

2.3 Vitamina D3

La vitamina D3 es proporcionada por la conversión fotoquímica de 7-dehidrocolesterol a colecalciferol y se proporciona por la ingestión de vitamina D2 en las plantas (DeGaris y Lean, 2008). El principal metabolito de la vitamina D3 presente en la sangre es 25-hidroxi D3, que surge de la hidroxilación en el hígado de la vitamina D3 de la dieta o la piel (DeGaris y Lean, 2008). Sin embargo, la forma activa de la vitamina D, es la 1,25 (OH) 2D3, que se produce a partir de la hidroxilación del 25 (OH) D3 en el riñón por la enzima 1 α -hidroxilasa (Horst et al., 1997). La PTH también induce la enzima renal que produce el metabolito de la vitamina D, el 1,25-(OH)2D3, esta hormona esteroide actúa sinérgicamente con la PTH para elevar el Ca plasmático (Horst et al., 1997). Esto genera aumento de la absorción intestinal de Ca, aumento de la resorción de Ca del hueso y aumento de la reabsorción tubular renal de Ca (DeGaris y Lean, 2008).

A nivel intestinal, existen 2 mecanismos de absorción de Ca, uno de ellos es Vit. D-independiente, en el cual se produce la absorción primariamente por difusión pasiva (Oetzel, 2002). En cambio, el otro mecanismo es Vit. D-dependiente en donde la absorción se produce por un transporte activo a través de las células del epitelio intestinal (Horst et al. 1997, Oetzel, 2002). Este proceso requiere 1,25(OH) 2D3 la cual estimula la síntesis de una proteína que liga el Ca a través de las células del epitelio intestinal (Horst et al., 1997).

3. Factores de riesgo asociados al desarrollo de hipocalcemia subclínica

3.1 Edad

Existen diversos estudios que asocian una mayor prevalencia de HSC a medida que aumentan las lactancias. En este sentido, Cruz (2019) con su trabajo compuesto por 767 vacas provenientes de 13 tambos del departamento de Florida, obtuvo una prevalencia de 63% para PP y 83,3% para MP.

A nivel internacional, Reinhardt et al. (2011) en un trabajo realizado en EEUU con un número de 1462 vacas provenientes de 480 tambos, afirma que el 25 %, 41 %, 49 %, 51 %, 54 % y 42 % de la primera a la sexta lactancia respectivamente padecían la enfermedad. Además, el 47% de todas las vacas MP tenían diversos grados de HSC que en algunos casos es lo suficientemente grave como para alterar aún más las funciones fisiológicas e inmunitarias, que en el parto están de por sí alteradas (Kimura et al., 2006).

También, Valdecabres, Pires y Silva del Rio (2019) realizaron un trabajo en 2 tambos de California con un total de 816 vacas (598 Jersey y 218 Jersey x Holstein), donde la prevalencia de HSC con un punto de corte de 2,12 mmol/L alcanzó el 46, 65 y 85% de las vacas en los partos 2, 3 y ≥ 4 , respectivamente. Por otra parte, Roberts y McDougall (2018), en su estudio realizado en Nueva Zelanda con un total de 1051 vacas provenientes de 76 rebaños concluyeron que, debido a la longevidad de las vacas lecheras neozelandesas, la edad puede tener un mayor impacto en la prevalencia de HSC. En este país en comparación con EEUU sólo el 10% de las vacas sobreviven más allá de los 8 años (Hare, Norman y Wright, 2006). Este estudio identificó que el mayor riesgo de la HSC fue para vacas de edad ≥ 7 años.

Venjakob et al., (2017) con su estudio realizado en Alemania con 1380 vacas afirma que, con punto de corte en 2,0 mmol/L, el 5,7; 29,0, 49,4 y 60,4% de las vacas en la primera, segunda, tercera y cuarta lactancia respectivamente presentaron HSC y que además el 47,6% de las vacas multíparas sufrieron la HSC dentro de las 48 h posteriores al parto. Esto se explica porque, a mayor edad de la vaca lechera disminuye el número de osteoblastos, que son responsables de osteo-activación de clastos después de la estimulación con la PTH (Goff et al., 1991; Horst et al., 1997), dando como resultado una capacidad disminuida para movilizar Ca del hueso (van Mosel et al., 1993). También disminuye el número de receptores y la capacidad de respuesta de éstos a la 1,25-dihydroxivitamina D en el intestino, produciendo una disminución en el transporte intestinal de Ca (Goff et al., 1991; Horst et al., 1997). Otra característica observada en vacas multíparas es que aumenta la producción de leche en comparación con vacas jóvenes, lo que genera grandes pérdidas de Ca por el calostro (Goff et al., 1991; Horst et al., 1997).

3.2 Condición corporal

Existe un mayor riesgo de hipocalcemia en vacas con condición corporal (CC) >3.5 , en una escala de 1 a 5 (Heuer et al., 1999), por lo tanto, las vacas de mayor CC son las de mayor riesgo (Houe et al., 2001). Un estudio realizado en

Argentina, reveló que la CC antes del parto tendió a estar asociada con la concentración de Ca post parto, dado que los niveles de Ca disminuyeron 0,29 mmol/L (1,16 mg/dL) por cada 1 punto de CC sobre la media (Umaña Sedó et al., 2018). Además, las probabilidades de sufrir HSC eran 4 veces más altas en vacas con CC preparto ≥ 3.00 que en vacas con CC < 3.00 (44 vs 19%, respectivamente) (Umaña Sedó et al., 2018).

Roche, Kolver y Kai (2005) informaron un aumento en el porcentaje de proteína en leche de vacas con mayor CC al parto, lo que significa un aumento en la secreción de Ca, ya que la mayoría del Ca en la leche está contenido en la micela de caseína (Davies et al., 1983). Por lo tanto, una mayor CC al parto aumentaría la concentración de Ca en leche y potencialmente podría reducir la ingesta de Ca inmediatamente después del parto, lo que predispone a HSC (Roche y Berry, 2006). Garnsworthy (2006) y Roche et al. (2013), reportaron que vacas que paren con una CC por encima de 3,5 son las de mayor riesgo a enfermarse, ya que presentan un menor consumo voluntario, movilizan más reservas y tienen mayor concentración de AGNE en sangre que las de CC óptima (Roche et al., 2007). Por lo tanto, vacas con mayor CC tendrían una mayor incidencia de cetosis y de hipocalcemia (Berry et al., 2007).

3.3 Raza

Valldecabres et al.(2019) en su estudio compararon vacas multíparas Jersey y Jersey x Holstein, sus resultados arrojaron que las vacas cruce tenían 1,5 veces más probabilidades de ser diagnosticadas con HSC (con un punto de corte de 2 mmol/L) en comparación con las Jersey. El rendimiento de calostro en el primer ordeño fue significativamente mayor para las vacas cruzadas Jersey x Holstein (6,0 kg; n = 17) en comparación con las vacas Jersey (5,3 kg; n = 22) (Valldecabres et al., 2019).

Lo más probable es que los altos requerimientos de Ca para la síntesis de calostro al comienzo de la lactancia impulsen la disminución de la concentración de Ca en la sangre que se observa alrededor del parto (Valldecabres et al., 2019). Esto ocurre como consecuencia de la heterosis y un efecto positivo del cruzamiento sobre las características de producción (Sørensen et al., 2008), ya que tienen mayores componentes y producción de leche que el promedio de la raza parental (Coffey et al., 2016). Es probable que la combinación de mayor producción con constituyentes de leche relativamente más altos en vacas cruzadas las hace más susceptibles a HSC al parto (Valldecabres et al., 2019).

Por el contrario, investigaciones previas en vacas en pastoreo informaron que las probabilidades de desarrollar HC eran de 3 veces más para las vacas Jersey y 2,5 para las cruces Jersey x Holstein en comparación con las vacas Brown Swiss (Saborío-Montero et al., 2017) y de 5 veces más para vacas Jersey y 2,4 para vacas cruzadas Jersey x Holstein, en comparación con vacas Holstein (Roche y Berry, 2006). El calostro y la leche de las vacas Jersey tienen concentraciones más altas de Ca en comparación con vacas Holstein (Goff, 2014). Goff et al. (1995) han mostrado que los receptores intestinales para $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ son más bajos en las vacas Jersey que en las Holstein de la misma edad. Esto genera una pérdida de sensibilidad del órgano blanco a la actividad

de la 1,25(OH)2D3, haciendo menos eficiente la absorción de Ca en intestino delgado, lo que predispone a la hipocalcemia (Goff et al., 1995).

También, Lean, DeGaris, McNeil y Block (2006) realizaron un meta-análisis en base a los datos de Oetzel (1991), evaluando la predisposición a HCS de las razas Holstein-Friesian, Jersey, Noruega y la raza Rojo sueca y blanca sueca. En base a los resultados, se observó que el riesgo de HSC de la vacas Jersey difería significativamente de la raza Holstein-Friesian, ya que tenían una probabilidad 2,25 veces mayor de enfermarse (Lean et al., 2006).

3.4 Manejo nutricional preparto

El manejo de la alimentación durante el preparto afectó la incidencia de HSC (Bargo et al., 2009). Los principales factores nutricionales de riesgo son los excesos de Ca y/o fósforo (P), las deficiencias de Mg y los excesos de cationes fijos (K y Na) que determinan una diferencia catiónica-aniónica de la dieta (DCAD) altamente positiva (Bargo et al., 2009).

La hipomagnesemia, puede afectar el metabolismo del Ca reduciendo la sensibilidad tisular a la PTH (Goff, 2006). Esta deficiencia, independiente de la alcalosis metabólica, puede interferir con la capacidad de PTH para actuar sobre sus tejidos diana, tanto en hueso como en riñón (Goff, 2006). Es por esto que el nivel de Mg en la dieta preparto está asociado con el riesgo de desarrollar HC en vacas lecheras (Gobikrushanth et al., 2020; Lean et al., 2006; Lean et al., 2019).

Por otro lado, cuando la concentración de P en la sangre aumenta por encima del límite superior normal, alrededor de 2 mmol/L, produce un efecto inhibitorio directo sobre la enzima renal que convierte 25- hidroxivitamina D a 1,25-dihidroxivitamina D (Goff, 2006). Por lo tanto, incluso si se secreta PTH y los tejidos la reconocen, la vaca no podrá producir la Vitamina D activa, necesaria para la activación del transporte de Ca intestinal, impidiendo una normal homeostasis del Ca (Barton, 1978; Kichura et al., 1982).

Sin embargo, cuando las vacas en preparto son alimentadas con una dieta que suministra menos Ca del que necesitan, ocurre una disminución en la concentración de Ca en sangre, estimulando la secreción de PTH, que a su vez estimula la reabsorción ósea osteoclástica y la producción renal de 1,25-dihidroxivitamina D (Goff, 2006). Luego, al parto, los osteoclastos de la vaca ya están activos y en grandes números, por lo tanto, la pérdida de Ca al principio de la lactancia se logra normalizar más fácilmente desde el hueso (Goff, 2006). También, si se aporta Ca en la ración de lactación, la estimulación previa de los enterocitos por la 1,25-dihidroxivitamina D permitirá la utilización eficiente del Ca de la dieta (Goings et al., 1974; Green et al., 1981).

Las dietas preparto basadas en forrajes, tienen la característica que éstos son muy ricos en K y muy bajos en Cl y S, haciendo que el organismo de las vacas sea más alcalino y por ende su orina presente un pH elevado (> 8,0) (Sepúlveda y Wittwer, 2017). Por el contrario, al agregar insumos ricos en Cl y S a las dietas del preparto (sales aniónicas) se logra acidificar levemente el organismo (Sepúlveda y Wittwer, 2017), estimulando la movilización de Ca antes del parto

y disminuyendo tanto la HSC, como la HC (Glosson et al., 2020). Estas sales se deben agregar hasta alcanzar una cifra teórica de DCAD $(Na + K) - (Cl + S)$ de -50 a -100 mEq/kg de materia seca, y para comprobar su eficiencia, el pH de la orina de las vacas preparto tendría que estar entre 6,0 y 7,0 (Sepúlveda y Wittwer. 2017).

La DCAD determina el equilibrio ácido-base general del cuerpo y, por lo tanto, el pH de la sangre (Goff, 2006). Por ello, al agregar aniones fácilmente absorbibles a la dieta aumentan las cargas negativas totales en la sangre, permitiendo que existan más H^+ y así el pH de la sangre disminuya (Goff, 2006). De esta manera aumenta la respuesta tisular a la PTH, que induce directamente la movilización de Ca de los huesos (Goff et al., 2014) e indirectamente aumenta la absorción intestinal de Ca a través de una mayor formación de la forma activa de vitamina D en el riñón (Zhu y DeLuca, 2012). Leno et al. (2017) y Lopera et al., (2018) demostraron que dietas con DCAD negativa administrada en el preparto aumentan la concentración de calcio en sangre reduciendo el riesgo de HSC. Por su parte Glosson et al. (2020) demostraron que la alimentación con una dieta DCAD negativa aumentó el Ca ionizado en sangre durante las 24 horas posteriores al parto y el Ca total en sangre durante las 48 horas posteriores.

HIPÓTESIS

La prevalencia de hipocalcemia subclínica en los tambos a muestrear durante las primeras 72 hs post parto será elevada; mayor al 50%.

OBJETIVOS

1. Objetivo general

Estimar la prevalencia de hipocalcemia subclínica en vacas lecheras durante las primeras 72 hs post parto y relevar las prácticas de manejo en el preparto en 15 tambos del departamento de San José.

2. Objetivos específicos

- 1) Determinar el nivel de Ca, P y Mg en vacas lecheras de 15 tambos del departamento de San José desde el día 0 a las 72 hs postparto.
- 2) Evaluar la condición corporal en vacas lecheras de 15 tambos del departamento de San José desde el día 0 a las 72 hs postparto.
- 3) Relevar las principales prácticas de manejo en los prepartos de 15 tambos del departamento de San José a través de una encuesta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr los objetivos planteados se realizó un relevamiento y un muestreo de campo, que fue conducido según las normas establecidas para el uso de animales en experimentación, docencia e investigación de la Universidad de la República (CHEA), con el N° 1296/21.

1. Localización y caracterización de los predios

El relevamiento se realizó en 15 tambos del departamento de San José. Todos los predios trabajan con sistemas de alimentación en base a pasturas, trece de ellos lo hacen mediante sistema pastoril + suplementación, y 2 de ellos conforman su dieta en base a RTM (ración totalmente mezclada) + pastura.

Con respecto a la estacionalidad de los partos, 9 tambos concentran el 60% de los partos de febrero a junio y el 40% restante de julio a noviembre. Por otro lado, hay 4 tambos que el 70 a 80% de sus pariciones ocurre entre febrero y junio y el 20 a 30% entre julio y noviembre. Los 2 tambos restantes concentran el 80 a 100% de sus pariciones a fines de verano y otoño, quedando menos del 20% del rodeo a parir entre julio y noviembre.

De los 15 establecimientos, mayoritariamente tenían animales Holando, siendo 9 de ellos los que manejaban rodeo 100% holandés. También, 4 tambos utilizaban como raza principal al Holando, pero además tenían animales Jersey y Jersey x Holando. Por último, 2 tambos conformaban su rodeo con animales Holando y Jersey x Holando.

Tabla 1. Indicadores de superficie, número de animales, carga animal de los tambos muestreados.

Número de predio	ha tambo*	VM**	VM/ha***
1	200	197	0,99
2	290	386	1,33
3	853	1499	1,76
4	399	628	1,57
5	717	718	1,00
6	650	700	1,08
7	425	376	0,88
8	1300	1060	0,82
9	1200	1050	0,88
10	698	412	0,59
11	500	655	1,31
12	190	190	1,00
13	350	345	0,99
14	290	362	1,25
15	330	342	1,04

* Hectáreas de cada tambo.

** Vaca Masa (vacas en ordeño + vacas secas).

*** Vaca Masa por hectárea.

En base a la superficie total que manejaban los tambos estudiados, se estimó un mínimo de 250 ha, máximo de 1784 ha, conformando una media de 628 ha, y una desviación estándar de 455 ha. Sin embargo, no toda esa superficie estaba destinada a la producción lechera, quedando 190 ha como mínimo, un máximo de 1300 ha, media de 541 ha y desviación estándar de 345 ha destinadas al tambo (Tabla 1).

Con respecto a las vacas en ordeño (VO) de los 15 tambos, se realizó un promedio en base al ejercicio anterior, dando como mínimo 170 VO, un máximo de 1258 VO, media de 487 VO y desviación estándar de 301 VO. Sin embargo, hoy en día, ese número es menor, quedando como mínimo 130 VO, máximo de 1117 VO, una media de 462 VO y desviación estándar de 283 VO. Las vacas secas de los tambos estudiados dieron un mínimo de 15, máximo de 300, una media de 80 y desviación estándar de 84. Y, por último, las vacas parto fueron 5 como valor mínimo, 162 el máximo, dando como resultado una media de 50 y desviación estándar de 49.

2. Animales y diseño experimental

Los tambos fueron seleccionados por conveniencia a partir de la base de datos de DICOSE (MGAP). Los tambos a muestrear, se contactaron, por vía telefónica o por correo electrónico, asesor o propietario y se coordinó que cuando tuvieran el número de partos necesarios se visitaría el establecimiento. Se muestrearon 12 animales por establecimiento de entre 0 y 72 hs postparto. Se logró contar con un total de 182 muestras. En cada visita a cada uno de los tambos, se extrajo muestras de sangre de vacas entre las 0 y 72 posparto, por venopunción de vena

coccígea en tubos con separador de suero, que se mantuvieron refrigerados hasta la llegada al laboratorio, donde se centrifugaron las muestras (3000 g x 15 minutos). El suero fue separado y se conservó a -20°C hasta realizar los análisis correspondientes. Se enrolaron animales que no habían recibido Ca inyectable ni al momento del parto ni en las horas previas al muestreo. Asimismo, los animales que presentaron HC fueron excluidos del estudio.

Al momento del muestreo de los animales se evaluó la CC (1 a 5; Edmonson et al., 1989). Se registró información asociada a cada muestra de sangre de la vaca (raza, edad, paridad).

Respecto a las razas del estudio, el 73,6 % de los animales fueron de raza Holando, el 20,3 % fueron animales cruce Jersey x Holando y el 6,1% fueron de raza Jersey. De acuerdo a la paridad, el 70,8% de los animales muestreados eran multíparas y el 29,2 % eran primíparas.

3. Análisis de Laboratorio

Las variables séricas (Ca, P, Mg) se determinaron mediante ensayos colorimétricos en un autoanalizador BA200 (© Biosystems S.A., Barcelona, España) utilizando kits comerciales, de Biosystems. Los controles comerciales (Biosystems) utilizados, tuvieron un coeficiente de variación < del 5% para cada uno de los minerales. La HSC se definió a nivel de laboratorio y se utilizó como punto de corte el citado por la bibliografía; $Ca \leq 2,14$ mmol/L (Caixeta et al., 2017; Couto Serrenho et al., 2021; Martínez et al., 2012) dentro de las 72 h postparto. Para la fosfatemia se utilizó el rango de 1,4 a 2,6 mmol/L (Goselink, Klop, Dijkstra y Bannink, 2015), para la magnesemia se utilizó el rango de 0,8 a 1,2 mmol/L (Martens y Stumpff, 2019).

4. Encuesta

Se aplicó por única vez una encuesta en forma presencial el día del muestreo. Las respuestas obtenidas fueron cargadas en una base de datos digital para su posterior análisis. También, el día de la visita a los establecimientos se determinó la dieta ofrecida en el parto con un formulario (Tabla 2). La encuesta tenía 50 preguntas, que apuntaban a recolectar datos generales de los establecimientos, datos generales del manejo nutricional, datos de manejo y ambiente en el parto y parto, datos del manejo sanitario aplicado en el parto. La oferta de alimentos se determinó en función a lo respondido por el entrevistado. La composición de los alimentos fue extraída de tablas de composición nutricional (NASEM, 2021).

Tabla 2: Composición nutricional de las dietas preparto ofertadas en los tambos muestreados

Tambo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Promedio ± DE
Oferta de MS (kg)^a	10,82	11,07	12,52	12,13	12,51	10,65	12,56	12,40	10,35	11,30	10,62	8,45	9,82	11,99	10,50	11,18 ± 1,18
ENL Mcal/kg MS^b	1,50	1,45	1,59	1,55	1,42	1,15	1,39	1,50	1,38	1,59	1,55	1,27	1,40	1,52	1,33	1,44 ± 0,12
%PB^c	9,01	12,84	10,75	15,07	12,32	6,94	13,07	11,41	11,00	11,06	11,41	11,20	11,42	11,02	10,81	11,29 ± 1,70
%FND^d	57,29	44,39	38,45	36,83	49,00	54,95	50,88	43,86	41,87	46,49	43,48	62,10	40,39	41,48	42,67	46,28 ± 6,57
%EE^e	2,81	2,62	3,35	2,87	2,45	2,03	2,38	2,76	2,79	2,94	4,00	2,25	2,80	3,00	2,84	2,79 ± 0,47
%Ca^f	0,50	0,70	0,25	0,83	0,60	0,27	0,73	0,72	0,56	0,64	0,17	0,72	0,57	0,53	0,57	0,56 ± 0,19
%P^g	0,30	0,38	0,54	0,52	0,36	0,24	0,34	0,40	0,57	0,39	0,72	0,26	0,58	0,61	0,50	0,45 ± 0,13
%Na^h	0,04	0,10	0,02	0,09	0,08	0,08	0,09	0,11	0,15	0,08	0,05	0,09	0,14	0,06	0,15	0,09 ± 0,03
%Mgⁱ	0,22	0,33	0,29	0,31	0,27	0,05	0,56	0,41	0,43	0,38	0,18	0,22	0,45	0,41	0,39	0,33 ± 0,12
%S^j	1,00	0,35	0,15	0,37	0,25	0,10	0,34	0,32	0,28	0,26	0,15	0,20	0,29	0,27	0,28	0,31 ± 0,08
%K^k	0,86	0,85	1,32	1,03	1,00	0,03	1,59	1,59	0,98	1,72	0,49	1,76	0,94	1,22	0,96	1,09 ± 0,46
Rel Ca/P^l	1,69	1,84	0,46	1,59	1,66	1,10	2,15	1,77	0,98	1,65	0,23	2,79	0,98	0,87	1,13	1,24 ± 1,43

^a Oferta de materia seca por día. ^b Energía neta de lactación en Mcal por kg de materia seca. ^c Porcentaje de proteína bruta. ^d Porcentaje de Fibra neutro detergente. ^e Porcentaje de extracto etéreo. ^f Porcentaje de Calcio. ^g Porcentaje de Fósforo. ^h Porcentaje de Sodio. ⁱ Porcentaje de Magnesio. ^j Porcentaje de Azufre. ^k Porcentaje de potasio. ^l Relación Calcio/fósforo.

5. Análisis estadístico

Los datos recabados en el formulario fueron procesados en SPSS para Windows (versión 22.0, SPSS Inc., IBM, Ehningen, Alemania). Las variables en sangre y CC se evaluaron mediante estadística descriptiva a través de procedimiento MEANS de SAS; se determinó, la media, desvío estándar, mediana, mínimo y máximo. Las proporciones se determinaron mediante estadística descriptiva de acuerdo a la paridad (Primíparas vs Multíparas) mediante la prueba de chi-cuadrado para determinar la asociación entre paridad, utilizando los procedimientos FREQ y procedimiento MEANS de SAS. Las vacas se codificaron como 0, 1 (sí, no) variables dicotómicas en función a los distintos puntos de corte en sangre, para hipocalcemia subclínica $Ca \leq 2,14$ mmol/L (Martínez et al., 2012; Caixeta et al., 2017; Couto Serrenho et al., 2021) Hiperfosfatemia $> 2,6$ mmol/L (Goselink et al., 2015), Hipomagnesemia $< 0,8$ mmol/L (Martens y Stumpff, 2019). Se aceptó como significativos valores de $P < 0,05$.

RESULTADOS

1. Caracterización de los predios

Tabla 3. Asistencia técnica de los predios muestreados

Variable	N° de tambos (frecuencia)
Asistencia Técnica General	
Continua	13/15
Esporádica	2/15
Registro de patologías postparto	
Si	12/15
No	3/15

En la Tabla 3, observamos que el 87% de los tambos presenta asistencia técnica general continua, en cambio sólo 13% presentan asistencia técnica esporádica. También se relevó que en el 80% de los tambos se lleva registro de patologías postparto, y solamente el 20% de los establecimientos muestreados no se registran las patologías post parto.

Cuando se analizaron las características generales de la alimentación en el preparto (Tabla 4), el 73% de los tambos presentaban la forma de suministro del alimento en forma de RTM, mientras que el 27% lo hacían mediante el suministro de alimentos por separado. En cuanto a la frecuencia de suministro de alimentos 13 tambos (87%) suministran el alimento una vez al día, 2 tambos (13%) suministran 2 veces o más al día.

Con respecto al consumo de pasturas, el 27% de los establecimientos pastoreaban las vacas en preparto mientras que el 73% no incluían la pastura en su dieta preparto. La pastura utilizada era una mezcla de leguminosas y representaba entre el 20 a 30% de la oferta de alimentos en los 4 tambos que incluyeron pastura como parte de la dieta preparto.

Tabla 4. Características generales de la alimentación en el parto de los tambos muestreados

Variable	N° de tambos (frecuencia)
Forma de suministro de alimentos	
RTM ^a	11/15
Alimentos por separado	4/15
Consumo Pastura	
Si	4/15
No	11/15
Consumo Reservas	
Si	15/15
No	0/15
Consumo Concentrados	
Si	15/15
No	0/15
Utilización de sales aniónicas	
Si	11/15
No	4/15

^a Ración totalmente mezclada

Por otro lado, el 100 % de los tambos encuestados alimentaban con reservas y concentrados a sus vacas en parto. Respecto a las sales aniónicas, el 73% de los tambos las utilizaban, mientras que el 27% no las incluían en su dieta parto.

De los 13 tambos que suministran sales aniónicas, sólo 6 controlan en algún momento el pH de orina pero no de forma rutinaria. Cabe destacar que sólo 1 de los establecimientos relevados (tambo 4) realizaba mediciones de pH urinario en el parto de forma quincenal.

En cuanto al manejo sanitario en el parto 12 de los 15 tambos (80%) realizaba manejo sanitario parto, pero sólo 4 (27%) realizaba doble vacunación en 2 momentos, al secado y al ingreso al parto.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de ambiente y manejo del parto de los tambos muestreados. Con respecto al ambiente y el manejo en parto, el 60% de los mismos tenían corral con piso de tierra, mientras que el 40% de ellos tenían un potrero con cobertura vegetal. Como era de esperar el 100% de los establecimientos tenían agua a disposición para los animales en parto, y sólo el 20% de ellos no tenían sombra en su parto.

Con respecto a la rotación de los potreros de parto, solo el 13% realizaban este manejo y en 67% de los tambos, el productor afirmó que tenía presencia de barro en épocas de lluvia.

Todos los tambos tenían control de partos y personal encargado para ello, pero solo el 7% tenía personal exclusivo para ese trabajo. Para la asistencia al parto, en el 80% de los tambos se les brinda asistencia sólo si la necesitan, pero el 20% de ellos asisten el parto de todas las vacas.

Tabla 5. Ambiente y manejo del parto de los tambos muestreados

Variable	N° de tambos (frecuencia)
Ambiente Parto	
Corral con piso de tierra (al aire libre)	9/15
Potrero con cobertura vegetal (al aire libre)	6/15
Agua a disposición	15/15
Sombra	
Si	12/15
No	3/15
Rotación de zona de parto	
Si	2/15
No	13/15
Presencia de Barro/Encharcamiento	
Si	10/15
No	5/15
Personal Encargado Parto	
Si	15/15
No	0/15
Personal Exclusivo del parto	
Si	1/15
No	14/15
Control de partos	
Si	15/15
No	0/15
A que vacas asiste	
Todas	3/15
A las que presentan dificultad	12/15
Instalaciones de parición	
Si	3/15
No	12/15
Múltiparas separadas de primíparas	
Si	8/15
No	7/15

Las instalaciones de parición solo estaban presentes en el 20% de los tambos y el manejo de primíparas separadas de múltiparas se realizaba en el 53% de los establecimientos encuestados.

2. Metabolitos en Sangre y Condición Corporal

Tabla 6: Condición corporal de los animales y niveles de Ca, Mg, P, y relación Ca: P en los tambos muestreados.

	N	X ^f	Mín	Máx	Rango de referencia
CC ^a	182	3,18	2,5	4	3 - 3,5
Ca (mmol/L) ^b	182	1,8	0,73	2,36	≤ 2,14
Mg (mmol/L) ^c	168	0,91	0,44	1,46	0,8 - 1,2
P (mmol/L) ^d	168	2	0,69	3,47	1,4 - 2,6
Ca:P ^e	168	0,96	0,42	2,15	> 1

^a Condición corporal ^b Calcio plasmático ^c Magnesio plasmático ^d Fósforo plasmático. ^e Relación Calcio fósforo. ^f X= media.

En la Tabla 6 se presenta la estadística descriptiva de los minerales medidos en suero y la CC en los tambos evaluados.

Tabla 7: Niveles plasmáticos de Ca, Mg y P, medidos a las 24, 48 y 72 hs post parto.

	24 hs		48 hs		72 hs		Rango de referencia
	N	X ^d	N	X	N	X	
Ca (mmol/L) ^a	91	1,73	51	1,86	40	1,9	≤ 2,14
Mg (mmol/L) ^b	86	0,92	47	0,94	36	0,86	0,8 - 1,2
P (mmol/L) ^c	86	1,95	47	2,13	36	1,98	1,4 - 2,6

^a Calcio plasmático ^b Magnesio plasmático ^c Fósforo plasmático ^d X= media.

En la Tabla 7, se presentan los niveles plasmáticos de los minerales en estudio correspondientes a 24, 48 y 72 hs post parto. La mitad de las muestras fueron tomadas a las 24 horas postparto (91 de 182 para Ca y 86 de 168 para Mg y P).

Tabla 8: Variación de CC y niveles plasmáticos de Ca, Mg, P y Ca: P entre primíparas y multíparas.

	Primíparas				Multíparas				Rango de referencia
	N	X ^f	Mín	Máx	N	X	Mín	Máx	
CC ^a	53	3,21	2,5	3,75	129	3,16	4	2,5	3 - 3,5
Ca (mmol/L) ^b	53	1,84	1,03	2,27	129	1,78	0,73	2,36	≤ 2,14
Mg (mmol/L) ^c	51	0,89	0,63	1,17	117	0,91	0,44	1,46	0,8 - 1,2
P (mmol/L) ^d	51	1,95	1,05	3,01	117	2,02	0,69	3,47	1,4 - 2,6
Ca:P ^e	51	0,98	0,63	1,54	117	0,95	0,42	2,15	> 1

^a Condición corporal. ^b Calcio plasmático. ^c Magnesio plasmático. ^d Fósforo plasmático. ^e Relación Calcio fósforo. ^f X= media.

En la Tabla 8 podemos observar CC, niveles plasmáticos de Ca, Mg, P y relación Ca: P para primíparas y multíparas.

Tabla 9: Variación de CC y niveles plasmáticos de Ca, Mg, P y Ca: P entre las razas Holando, Jersey y Jersey x Holando.

	Holando		Cruza JXH		Jersey		Rango de referencia
	N	X ^f	N	X	N	X	
CC ^a	134	3,16	37	3,25	10	3,17	3 - 3,5
Ca (mmol/L) ^b	134	1,83	37	1,72	10	1,69	≤ 2,14
Mg (mmol/L) ^c	121	0,9	37	0,92	10	0,97	0,8 - 1,2
P (mmol/L) ^d	121	2,01	37	1,85	10	2,36	1,4 - 2,6
Ca:P ^e	121	0,97	37	0,98	10	0,75	> 1

^a Condición corporal. ^b Calcio plasmático. ^c Magnesio plasmático. ^d Fósforo plasmático. ^e Relación Calcio fósforo. ^f X= media.

En la Tabla 9 podemos observar los resultados de CC, niveles plasmáticos de Ca, P, Mg y relación Ca: P entre las razas Holando, Jersey y Holando x Jersey. La mayoría de los animales muestreados fueron de raza Holando (74 %), seguido de los animales cruza (20 %) y por último sólo el 6 % fueron de raza Jersey.

Tabla 10: Proporción de vacas con CC de 3 a 3,5, hipocalcemia subclínica (HSC), hiperfosfatemia, hipomagnesemia y relación Ca: P <1 acorde a la paridad.

	N	Proporción Total	Proporción Primíparas	Proporción Multíparas	Valor P ^f
CC (3 a 3,5) ^a	150	82,4	90,6	79,1	0,06
HSC ^b	147	81,4	79,3	80,8	0,74
Hiperfosfatemia ^c	53	31,5	21,6	35,9	0,07
Hipomagnesemia ^d	17	10,1	2,0	13,7	0,02
Ca:P <1 ^e	111	66,1	66,7	65,8	0,91

^a Condición corporal. ^b Porcentaje de animales con hipocalcemia subclínica (Ca < 2,14 mmol/L). ^c Porcentaje de animales con hiperfosfatemia (P > 2,6 mmol/L). ^d Porcentaje de animales con hipomagnesemia (Mg < 0,8 mmol/L). ^e Porcentaje de animales con relación Ca:P menor a 1. ^f Valor P de estadística comparativa entre primíparas y multíparas, se considera estadísticamente significativo si P < 0,05.

En la Tabla 10 se presenta la proporción de la población total, y dentro del grupo de primíparas y multíparas para las variables de CC óptima, HSC, hiperfosfatemia, hipomagnesemia y relación Ca: P <1.

Respecto a la CC, más del 80% de la población total tenían CC óptima, con una tendencia a ser diferente acorde a la paridad. En relación a HSC, el 81,4% de la población total tenía valores de Ca plasmático por debajo del punto de corte (2,14 mmol/L). La alta proporción de HSC fue similar entre primíparas y multíparas (P=0,74). La prevalencia de hiperfosfatemia general no fue alta (menor al 50%), pero tendió a ser mayor en el grupo de multíparas. Respecto a la hipomagnesemia tampoco tuvo una proporción alta en la población, observándose diferencias significativas acorde a la paridad. Al igual que HSC, se observó una alta prevalencia de animales con relación Ca: P <1, sin diferencias significativas entre multíparas y primíparas.

Tabla 11: Proporción de vacas con CC óptima, hipocalcemia subclínica, hiperfosfatemia, hipomagnesemia y relación Ca: P <1 especificados por tambo.

Tambo	Proporción de animales por tambo			
	HSC ^a	Hipomagnesemia ^b	Hiperfosfatemia ^c	CC (3 a 3,5) ^d
1	92,3	15,4	7,7	100,0
2	70,0	60,0	30,0	70,0
3	100,0	0,0	10,0	75,0
4	27,3	s/d	s/d	45,0
5	41,7	0,0	66,7	100,0
6	69,2	0,0	23,1	92,3
7	61,5	0,0	23,1	84,6
8	91,7	16,7	50,0	58,3
9	91,7	0,0	41,7	91,7
10	66,7	8,3	83,0	83,3
11	100,0	0,0	18,2	63,6
12	100,0	42,0	7,1	85,7
13	91,7	0,0	25,0	91,7
14	100,0	0,0	33,3	83,3
15	100,0	0,0	25,0	83,3

^a Porcentaje de animales con hipocalcemia subclínica por tambo.

^b Porcentaje de animales con hipomagnesemia por tambo.

^c Porcentaje de animales con hiperfosfatemia por tambo.

^d Porcentaje de animales con condición corporal óptima por tambo.

En la Tabla 11 podemos observar la proporción de animales por tambo que presentaron HSC, hipomagnesemia, hiperfosfatemia y CC entre 3 a 3,5.

Sólo 2 tambos tuvieron menos del 50% de sus animales muestreados con HSC (Tambo 4 y 5). Respecto a hipomagnesemia hubo 4 tambos que presentaron las mayores proporciones de hipomagnesemia (Tambos 1, 2, 8 y 12) en comparación con el resto de los tambos. Por otro lado, los tambos 5, 8 y 10 tuvieron más del 50% de sus animales con hiperfosfatemia. Respecto a CC, 10 de 15 tambos tenían más del 80% de sus animales muestreados con CC óptima.

DISCUSIÓN

Los tambos que participaron fueron seleccionados por conveniencia, y a partir de su aceptación a participar en el relevamiento. Por ello sus características productivas difieren de los datos nacionales del Instituto Nacional de la Leche (INALE) (2014).

En este trabajo, la superficie media destinada a la producción lechera fue de 541 ha. Comparando con datos nacionales de la encuesta de INALE (2014), el área mínima destinada para VM fue de 31 ha y el máximo de 357 ha, lo que indica que la muestra de este trabajo fueron tambos considerablemente más grandes. Las VO dieron un valor proporcionalmente directo con la superficie del establecimiento, siendo la media 462 VO, en cambio en la encuesta de INALE (2014) las VO promedio fueron 296 para tambos grandes (más de 2400 lts/día).

En la presente tesis, el 87% de los tambos presentaba asistencia técnica continua, mientras que en el trabajo previo que reveló tal información en 225 predios, el asesoramiento veterinario continuo fue menor (49,5%) (Schild, 2017). Sin embargo, los datos a nivel nacional muestran otra realidad, ya que solo el 37% de los predios presenta asistencia técnica continua (INALE, 2014). Esta diferencia en el asesoramiento continuo encontrada, pudo estar sesgada, por la elección de los tambos por conveniencia.

Las características de los predios y las prácticas de manejo en el parto pueden influir en la performance productiva en el postparto (Kerwin et al., 2022). Con respecto al ambiente del parto, la mayoría de los tambos encuestados realizó el parto en corral con piso de tierra (60%), siendo mayor a lo relevado por Schild, (2017) (40,2 %). A su vez la mayoría de los tambos contó con sombra (80%) en el parto, pero gran proporción de los mismos tenían presencia de barro en épocas de lluvia (67%), incluso mayor a lo reportado por Schild, (2017) (56,7 %), siendo esto contraproducente, ya que las malas condiciones del suelo pueden afectar los consumos de materia seca y hacer que las vacas permanezcan más tiempo paradas (Cartes, Strappini y Sepúlveda-Varas, 2021). En este sentido, las malas condiciones ambientales en el parto son consideradas factores de stress para los animales y podrían tener repercusiones a nivel de la salud (Kerwin et al., 2022). Cartes et al., (2021) reportaron una mayor incidencia de enfermedades clínicas como hipocalcemia, metritis, mastitis o cojeras en vacas en potreros con barro en comparación con vacas que tenían un refugio para resguardarse. Además, las vacas que no se encuentran a la intemperie permanecen en promedio 3 horas más echadas durante el día, presentan menor movilización de grasas y rumian en promedio 1 hora más al día (Cartes et al., 2021).

Respecto a la CC de las vacas en parto, como se mencionó anteriormente, existe un mayor riesgo de hipocalcemia en vacas con CC >3.5, en una escala de 1 a 5 (Heuer et al., 1999). En base a nuestros resultados, la media general que obtuvimos fue de 3,18, a diferencia de Cruz (2019) que obtuvo una media de 2,92. Tomando en cuenta la variable paridad, para las vacas primíparas se obtuvo una media de 3,21, mientras que para múltiparas la media fue de 3,16. Ambos valores

son superiores que los obtenidos por Cruz (2019) (primíparas=2,92, multíparas=2,94).

Nuestros resultados muestran que, a nivel de toda la población, se obtuvo un 82,4% de animales que tenían una CC óptima (3 a 3,5), a diferencia del trabajo de Cruz (2019,) que sólo el 56,4% de los animales cumplían con esta condición. De acuerdo a la paridad, se observó una tendencia a ser mayor en primíparas (primíparas= 90,6%, multíparas= 79,1 %; P= 0,06). Por su parte, Cruz (2019) no reporta diferencias significativas acorde a la paridad (primíparas= 54,9%, multíparas=56,8%; P= NS).

Al analizar la CC por establecimiento podemos observar que los tambos 1, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14 y 15 tenían más del 80% de sus animales con CC óptima. Si analizamos la ENL (energía neta de lactación) en Mcal/kg MS de las dietas preparto, en base a un requerimiento de 1,28 Mcal/kg MS (NASEM, 2021), sólo los tambos 6 y 12 tenían valores que no cubrían los requerimientos, pero en realidad el valor que nos interesa de ENL es 16,7, que surge de la multiplicación de 1,28 (que es el requerimiento de ENL en 1 Kg de MS) por 13 (que es el requerimiento en Kg de MS de una vaca lechera en preparto) (NASEM, 2021). Por lo tanto, basándonos en ese requerimiento, los tambos 3, 4, 5, 7, 8, 10 y 14 lograron alcanzar este valor. En resumen, los tambos 5, 7, 10 y 14 tenían un valor adecuado de ENL y más del 80% de sus animales con CC óptima.

Ahora centrándonos en el análisis plasmático de Ca, P y Mg, en nuestro trabajo conseguimos analizar 182 muestras de Ca y 168 muestras de Mg, P y rel Ca/P. Respecto a las diferencias entre el N de muestras hubo un establecimiento que sólo se pudo realizar análisis para calcio plasmático, ya que pidió con urgencia este análisis.

Basándonos en el análisis de la estadística descriptiva, obtuvimos resultados de CC, Ca, Mg, P y relación Ca:P plasmáticos a nivel de toda la población. También mediante estadística descriptiva obtuvimos valores de Ca, Mg y P plasmáticos según las horas post parto que se encontraban los animales al momento del muestreo y CC, Ca, Mg, P y relación Ca:P de acuerdo a la paridad y la raza de los animales.

En relación al nivel de Ca plasmático obtenido en nuestras muestras, a nivel general obtuvimos un valor promedio de Ca =1,8 mmol/L, similar a lo reportado por Cruz (2019) (Ca =1,86 mmol/L). A nivel internacional, Roberts y McDougall (2018) obtuvieron un valor de Ca plasmático mayor al obtenido en este trabajo, ya que la media fue de 2,07 mmol/L. Analizando estos resultados, y teniendo en cuenta la media de cada trabajo, todos tienen una calcemia promedio por debajo del punto de corte (2,14 mmol/L) seguramente por estar dentro de las 72 hs post parto momento del nadir del Ca. Sin embargo, cabe destacar que las calcemias registradas en las vacas de nuestros predios uruguayos fueron más bajas que las reportadas por Roberts y McDougall (2018).

De las muestras totales, podemos hacer tres divisiones respecto a las horas post parto que tenía el animal al momento de realizar las mediciones siendo a las 24, 48 y 72 horas postparto. Las medias de Ca plasmático en los distintos animales varían según el momento que fueron muestreados en relación a las horas

postparto. Independientemente de esto, las tres medias están por debajo de los rangos considerados como óptimos.

Como se mencionó anteriormente, la raza es considerada un factor de riesgo para HSC. En este trabajo analizamos vacas Holando, Jersey y Jersey x Holando, siendo el resultado de media de Ca plasmático para los 3 grupos menor a 2,14, por lo tanto, lo consideramos como HSC.

En relación a la estadística comparativa, la prevalencia general de HSC que obtuvimos fue de 81,4 %, valor similar al reportado por Cruz (2019), siendo su prevalencia general 78,9%. A nivel internacional, se obtuvieron mejores resultados, Roberts y Mc Dougall (2018) reportaron una prevalencia general de HSC de 52,3% y en el caso de Venjakob et al (2017) fue de 53%. Observando la prevalencia de HSC según la paridad, en nuestro estudio no se encontraron diferencias significativas (79,3% en primíparas y 80,8% en multíparas; $P= 0,74$). En cambio, varios autores reportan lo contrario (Cruz, 2019; Neves et al., 2017; Reinhart et al., 2011; Venjakob et al., 2017). Por ejemplo, Cruz (2019) reportó una prevalencia mayor en multíparas (63% primíparas vs 83,3% multíparas; $P<0,0001$) al igual que Venjakob et al. (2017) (14% para vacas en 1ª lactancia vs 44,5%, 63,6% y 71,2% para vacas de 2ª, 3ª y ≥ 4 ª lactancia respectivamente; $P<0,001$).

Ahora, basándonos en la relación entre el Mg y el Ca, sabemos que la hipomagnesemia, puede afectar el metabolismo del Ca reduciendo la sensibilidad tisular a la PTH (Goff, 2006). Asumiendo que la concentración normal de Mg en plasma de una vaca se encuentra entre 0.75 y 1.0 mmol/L (Goff, 2006) nuestros resultados dieron una media general de 0,91 mmol/L. Sin grandes diferencias, Cruz (2019) reportó una media general de Mg plasmático de 1,05 mmol/L. De acuerdo a la paridad, podemos afirmar que, en relación a los valores de Mg plasmático en primíparas, en nuestro trabajo se obtuvo una media de 0,89 mmol/L. Para la misma categoría, Cruz (2019) obtuvo una media de 1,08 mmol/L. Respecto a multíparas, obtuvimos una media de 0,91 mmol/L, mientras que Cruz (2019) obtuvo una media de 1,05 mmol/L. Respecto a la prevalencia de hipomagnesemia general, obtuvimos un 10,1%, valor muy por encima del obtenido por Cruz (2019), quien obtuvo sólo un 2,4%. En nuestro trabajo se encontraron diferencias significativas acorde a la paridad (2% vs 13,7% en primíparas y multíparas respectivamente; $P= 0,02$), a diferencia de Cruz (2019) (0% en primíparas y 3,1% multíparas; $P= 0,0494$). Si bien sólo un 10% de las vacas en nuestro estudio presentó hipomagnesemia, la misma también pudo ser otra posible causa que contribuyó a la alta prevalencia de HSC encontrada.

Analizando los valores de P plasmáticos en los animales, obtuvimos una media general de 2 mmol/L, considerándola dentro de los rangos normales de 1,4 a 2,6 mmol/L (Goselink, et al., 2015). Otros autores obtuvieron valores similares, 1,96 mmol/L Cruz (2019) y 1,93 mmol/L Neves et al., (2017). Considerando la paridad, en primíparas obtuvimos un valor menor que en multíparas (1,95 mmol/L vs 2,02 mmol/L), a diferencia de Cruz (2019) (2,05 mmol/L vs 1,95 mmol/L en primíparas y multíparas respectivamente). En base a estos valores, nuestra prevalencia general de hiperfosfatemia fue de 31,5%, tendiendo a ser mayor en las multíparas (21,6% en primíparas y 35,9% en multíparas; $P=0,07$). En el trabajo de Cruz (2019), la hiperfosfatemia general fue de 26,1 %, pero si tomamos en cuenta la

paridad, ocurrió lo contrario a nuestros resultados, ya que la prevalencia en primíparas fue 30,1% y en multíparas fue 25%, sin diferencias significativas (P= NS).

En base al análisis plasmático de relación Ca/P, obtuvimos una media general menor a 1 (0,96 mmol/L), en cambio, Cruz (2019) obtuvo 1,02 mmol/L como media general. Acorde a la paridad, nuestros dos resultados fueron menores a 1, (0,98 mmol/L en primíparas y 0,95 mmol/L en multíparas) a diferencia de Cruz (2019) (1,03 y 1,01 mmol/L en primíparas y multíparas respectivamente). En base a esto, obtuvimos que un 66,1% de nuestra población total tenía relación Ca/P <1, sin diferencias significativas acorde a la paridad (66,7% en primíparas vs 65,8 % en multíparas; P= 0,91). De forma similar, Cruz (2019) obtuvo un 54,6% del total de sus vacas con relación Ca/P<1, no encontrándose diferencias significativas entre primíparas y multíparas, 51 y 55,6% respectivamente (P= NS).

Desde el punto de vista nutricional de las dietas parto, una alta proporción de tambos muestreados en nuestro estudio utilizó sales aniónicas (73%), sin embargo, la prevalencia de HSC fue mayor al 50% en 13 de los 15 tambos. De los 13 tambos que suministran sales aniónicas, sólo 6 controlan en algún momento el pH de orina pero no de forma rutinaria. Esta práctica no permitiría un uso eficiente de las sales aniónicas. Si bien la determinación de la composición nutricional de las dietas se realizó a partir de tablas de composición química y no de análisis químicos, observamos que el valor promedio de oferta para consumo fue de 11,18 kg de MS, siendo sólo 5 de ellos (33,3%) los que tenían una oferta de MS mayor a 12 kg, valor mínimo recomendado por NASEM, (2021). Respecto a ENL, basándonos en un requerimiento de 1,28 Mcal/kg MS (NASEM, 2021), los establecimientos muestreados en este relevamiento ofertaron un promedio de 1,44 Mcal/Kg MS. La PB promedio ofertada fue de 11,29 %, siendo sólo 4 tambos los que lograron cubrir el requerimiento mínimo de 12% (NASEM, 2021). Lo que podría evidenciar desbalances nutricionales importantes que podrían contribuir a la alta prevalencia de HSC encontrada en este trabajo.

Al analizar la composición mineral determinada por oferta, el aporte de fósforo en la dieta estuvo por encima de los requerimientos, utilizando como referencia la recomendación de 0,21 % de la MS (NASEM, 2021). Los resultados de este trabajo dieron un valor promedio de 0,45%, y todos los tambos estuvieron por encima de ese valor. El riesgo de padecer HSC se incrementa cuando la concentración de P en la dieta parto supera los requerimientos (Degaris y Lean, 2008), generando así una hiperfosfatemia en el animal. Como consecuencia, el fosfato ejerce un efecto inhibitorio directo sobre la enzima renal que convierte 25- hidroxivitamina D a 1,25-dihidroxivitamina D (Goff, 2008). Por lo tanto, incluso si hay una adecuada secreción de PTH y los tejidos reconocen la PTH, la vaca no podrá producir la hormona necesaria para la activación del transporte intestinal de Ca, y sufrirá una alteración de la homeostasis del Ca (Goff, 2008). A pesar de obtener una prevalencia de hiperfosfatemia menor al 50%, podemos sugerir que la elevada concentración de P en las dietas parto de los establecimientos podría ser una de las posibles causas de la alta prevalencia de HSC en este trabajo.

Por otro lado, el aporte promedio de K en las dietas ofertadas en el parto de este trabajo fue de 1,09%. Muy por encima de los requerimientos, siendo 0,65% el valor recomendado como % de la MS (NASEM, 2021). Roberts y McDougall (2018) reportan un mayor riesgo de desarrollar HSC en predios que utilizan reservas forrajeras basadas en leguminosas, lo que podría deberse al mayor nivel de consumo de K en la dieta. Otro trabajo realizado por Kronqvist et al. (2012), realizado en Suecia sobre 30 tambos, también relaciona los factores nutricionales en el parto y el riesgo de desarrollar HSC en el postparto. En ambos trabajos los niveles de Mg y K en las dietas parto son identificados como factores de riesgo para el desarrollo de HC e HSC. El metabolismo del K participa en el desarrollo de hipocalcemia por varios mecanismos: Goff y Horst (1997) demostraron que un nivel alto de K en la dieta induce un estado de alcalosis metabólica y, por consiguiente, un mayor riesgo de desarrollar HC severa en vacas. Además, una ingesta elevada de K interfiere en la absorción de Mg (Ram, Schonewille y Martens 1998). Acorde a estas citas, el exceso de K en la dieta observado en el presente estudio, podría haber sido otra posible causa que contribuyó a la alta prevalencia de HSC encontrada en nuestros 15 tambos.

Siguiendo con el análisis individual por tambo, ahora basándonos en los desbalances que analizamos, sólo los tambos 4 y 5 obtuvieron una prevalencia de HSC menor al 50% de sus animales. En contraste, respecto a hipomagnesemia sólo el tambo 2 tuvo una prevalencia mayor al 50% y en cuanto a hiperfosfatemia los tambos 5, 8 y 10 tuvieron una prevalencia mayor al 50%. Ahora respecto a la prevalencia de HSC por tambo, podemos observar que en los establecimientos 1, 3, 8, 9, 11, 12, 13, 14 y 15 más del 90% de sus animales tenían HSC. Cuando analizamos la dieta parto, a pesar de que la composición mineral está determinada por oferta, observamos que todos los tambos excepto el 11 presentan un %K por encima del requerimiento. En dicho tambo, aunque su %K en la dieta no es elevado, sin embargo, el %P es 0,72%, el mayor obtenido en este trabajo, siendo más de 3 veces del recomendado 0,21% (NASEM, 2021). De esta manera podemos sugerir que el elevado porcentaje de P y K en las dietas parto podrían ser una de las causas que contribuya a la elevada prevalencia de HSC encontrada en este trabajo.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos podemos afirmar que la prevalencia de HSC en los 15 tambos muestreados del departamento de San José fue de 81,4%. De esta forma podemos afirmar nuestra hipótesis planteada que la prevalencia de HSC iba a ser mayor al 50%. Acorde a la paridad, la prevalencia de HSC tanto para primíparas como para múltiparas también fue mayor al 50%. La hiperfosfatemia asociada reforzó la inadecuada relación Ca/P. La prevalencia de hipomagnesemia fue baja en ambas categorías principalmente en primíparas.

Las diferentes características de los predios que fueron relevados demuestran que las condiciones de manejo en estos establecimientos podrían ser mejorados y que la alta prevalencia de HSC encontrada podría deberse al desbalance mineral presente en las dietas ofertadas en el parto, principalmente el alto nivel de P y K, además de factores estresantes como la presencia de barro en los potreros de los partos relevados.

Una de las medidas a tomar por parte de los asesores de los establecimientos muestreados, sería realizar mediciones de pH en orina en forma rutinaria para evaluar la efectividad del uso de sales aniónicas. También se podría implementar un monitoreo sistemático de la CC de los animales, para lograr el objetivo de una CC al parto entre 3 y 3,5.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguerre, M., Cajarville, C., La Manna, A., Cavestany, D., Mendoza, A., Mattiauda D A., Chilbroste, P. (2017). *Estrategias de alimentación en vacas lecheras en pastoreo: ¿Qué hemos aprendido de los sistemas comerciales y qué hemos generado desde la investigación en Uruguay?* Montevideo: Red Tecnológica Sectorial. Recuperado de <http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacionAINFO-57907.asp>
- Al-Eknaah, M.M., y Noakes D.E. (1989). A preliminary study on the effect of induced hypocalcaemia and nifedipine on uterine activity in the parturient cow. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 12, 237-239. doi: [10.1111/j.1365-2885.1989.tb00666.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2885.1989.tb00666.x).
- Bargo, F., Busso, F., Corbellini, C., Grigera, J., Lucas, V., Podetti, V., Vidaurreta, I. (2009). *Organización y análisis de un sistema de registros de enfermedades del periparto en vacas lecheras: su incidencia e impacto económico sobre las empresas* (Informe Final). INTA, Elanco, AACREA. Recuperado de <http://www.pmp-laserenisima.com.ar:8090/Images/comunicados/noticias/Reporte%20final%20Claves.pdf>.
- Barton, B.A. (1978). *Studies of Vitamin D, Calcium, and Phosphorus Metabolism of the Dairy Cow* (Tesis de maestría). University of Wisconsin, Madison.
- Ben-awadh, A. N., Delgado-Calle, J., Tu, X., Kuhlenschmidt, K., Allen, M.R., Plotkin, L.I., y Bellido, T. (2014). Parathyroid hormone receptor signalling induces bone resorption in the adult skeleton by directly regulating the RANKL gene in osteocytes. *Endocrinology*, 155, 2797-2809. doi: [10.1210/en.2014-1046](https://doi.org/10.1210/en.2014-1046).
- Berry, D.P., Lee, J.M., Macdonald, K.A., y Roche, J.R. (2007). Body condition score and body weight effects on dystocia and stillbirths and consequent effects on post calving performance. *Journal of Dairy Science*, 90, 4201-4211.
- Caixeta, L. S., Ospina, P.A., Capel, M.B., y Nydam, D.V. (2017). Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology*, 94, 1-7.
- Cartes, D., Strappini, A., y Sepúlveda-Varas, P. (2021). Provision of shelter during the prepartum period: Effects on behavior, blood analytes, and health status in dairy cows in winter. *Journal of Dairy Science*, 104(3), 3508-3521.
- Chilbroste, P. (2012). Uso de subproductos industriales en la nutrición de bovinos de leche: una oportunidad para la lechería nacional. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XXXV, pp. 34-42). Paysandú: Centro Médico Veterinario de Paysandú. Recuperado de <http://centromedicoveterinariopaysandu.com/jornadas-de-buiatria-2012-trabajos-presentados-ydisertaciones/>

- Chilibroste, P. (2015). Los sistemas lecheros en escenarios de precios volátiles. En *2^{do} Foro de Producción Lechera. Sistemas sostenibles en distintos escenarios*. Montevideo: CONAPROLE. Recuperado de <http://www.eleche.com.uy/principal/materiales-tecnicos-foprole-2015?es>
- Chilibroste, P., y Battezzato, G. (2014). *Proyecto Producción Competitiva*. Montevideo: CONAPROLE.
- Chilliard, Y. (1999). Metabolic adaptations and nutrient partitioning in the lactating animal. En J. Martinet, L.M. Houdebine, y H.H. Head (Eds.), *Biology of Lactation* (pp. 503-552). Paris: Inserm/INRA.
- Coffey, E. L., Horan, B., Evans, R.D., y Berry, D.P. (2016). Milk production and fertility performance of Holstein, Friesian, and Jersey purebred cows and their respective crosses in seasonal-calving commercial farms. *Journal of Dairy Science*, 99, 5681-5689. [doi:10.3168/jds.2015-10530](https://doi.org/10.3168/jds.2015-10530).
- Connelly, M.K., Henschel, S.R., Kuehnl, J.M., Cheng, A.A., Nashold, F., y Hernandez, L.L. (2022). Physiological adaptations in early-lactation cows result in differential responses to calcium perturbation relative to nonlactating, nonpregnant cows. *Journal of Dairy Science*, 105(1), 904-920. [doi: 10.3168/jds.2021-20890](https://doi.org/10.3168/jds.2021-20890)
- Contreras, P.A., Manston, R., y Samson, B.F., (1982). Calcium homeostasis in hypomagnesaemic cattle. *Research in Veterinary Science* 33, 10-16.
- Couto Serrenho, R., De Vries, T., Duffield, T., y Le Blanc, S. (2021). Graduate Student Literature Review: What do we know about the effects of clinical and subclinical hypocalcemia on health and performance of dairy cows? *Journal of Dairy Science*, 104(5), 6304-6326.
- Cruz, I. (2019). *Incidencia de enfermedades durante la lactancia temprana y su asociación con paridad y tamaño de rodeo en predios comerciales* (Tesis de maestría). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- Daniel, R. C. (1983). Motility of the rumen and abomasum during hypocalcaemia. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 47, 276-280.
- Davies, D. T., Holt, C., y Christie, W.W. (1983). The composition of milk. En T. P. Mepham (Ed.), *Biochemistry of Lactation* (pp. 71-117). New York: Elsevier.
- DeGaris, P.J., y Lean, J.I. (2008). Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles. *The Veterinary Journal*, 176, 58-69.
- Drackley, J. K. (1999). Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *Journal of Dairy Science*, 82, 2259-2273.
- Edmonson, A.J., Lean I.J., Weaver L.D., Farver T., y Webster G. (1989). A body condition scoring chart for holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 72, 68-78.

- Garnsworthy, P. (2006). Body Condition Score in Dairy Cows: Targets for Production and Fertility. En *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham: Nottingham University. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/233717061>.
- Glosson, K.M., Zhang, X., Bascom, S.S., Rowson, A.D., Wang, Z., y Drackley, J.K. (2020). Negative dietary cation-anion difference and amount of calcium in prepartum diets: Effects on milk production, blood calcium, and health. *Journal of Dairy Science*, 103, 7039-7054. doi:10.3168/jds.2019-18068.
- Gobikrushanth, M., Macmillan, K., Behrouzi, A., Lopez-Helguera I., Hoff, B., y Colazo, M.G. (2020). Circulating Ca and its relationship with serum minerals, metabolic and nutritional profiles, health disorders, and productive and reproductive outcomes in dairy cows. *Livestock Science*, 233, 103946.
- Goff, J. P., Reinhardt, T.A., y Horst, R.L. (1991). Enzymes and factors controlling vitamin D metabolism and action in normal and milk fever cows. *Journal of Dairy Science*, 74, 4022-4032.
- Goff, J.P., Reinhardt, T.A., y Beitz, D.B. (1995). Breed affects tissue vitamin D receptor concentration in periparturient dairy cows: a milk fever risk factor. *Journal of Dairy Science*, 78,184.
- Goff, J.P., y Horst, R.L. (1997). Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum ratios on milk fever in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80, 176-186.
- Goff, J.P. (2004). Macromineral disorders of the transition cow. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 20, 471-494.
- Goff, J.P. (2006). Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders. *Animal Feed Science and Technology*,126, 237-257.
- Goff, J. P. (2008). The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Veterinary Journal*, 176, 50-57.
- Goff, J.P. (2014). Calcium and Magnesium Disorders. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 30, 359-381.
- Goff, J.P., Liesegang, A., y Horst, R.L. (2014). Diet-induced pseudohypoparathyroidism: A hypocalcemia and milk fever risk factor. *Journal of Dairy Science*, 97, 1520-1528. doi: 10.3168/jds.2013-7467.
- Goings, R.L., Jacobson, N.L., Beitz, D.C., Littledike, E.T., y Wiggers, K.D., (1974). Prevention of parturient paresis by a prepartum, calcium-deficient diet. *Journal of Dairy Science*, 57, 1184-1188.
- Goselink, R., Klop, G., Dijkstra, J., y Bannink, A. (2015). *Phosphorus metabolism in dairy cattle* (Report 910). Wageningen: Livestock Research.

- Green, H.B., Horst, R.L., Beitz, D.C., y Littledike, E.T. (1981). Vitamin D metabolites in plasma of cows fed a prepartum low-calcium diet for prevention of parturient hypocalcemia. *Journal of Dairy Science*, 64, 217-226.
- Grummer, R.R. (1995). Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *Journal of Animal Science*, 73, 2820-2833.
- Han, P. B. J., Trinidad, J.B., y Shi, J. (2015). Hypocalcemia-induced sei-zure: Demystifying the calcium paradox. *ASN Neuro*, 7. <https://doi.org/10.1177/1759091415578050>.
- Hare E, Norman HD, Wright JR. (2006). Survival rates and productive herd life of dairy cattle in the United States. *Journal of Dairy Science* 89, 3713–3720.
- Heppelmann, M., Krach, K., Krueger, L., Benz, P., Herzog, K., Piechotta, M., Bollwein, H. (2015). The effect of metritis and subclinical hypocalcemia on uterine involution in dairy cows evaluated by sonomicrometry. *Journal of Reproduction and Development*, 61, 565-569. [doi: 10.1262/jrd.2015-015](https://doi.org/10.1262/jrd.2015-015).
- Heuer, C., Schukken, Y.H., y Dobbelaar, P. (1999). Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield and culling in commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 82, 295-304.
- Hoff, A. O., Catala-Lehnen, P., Thomas, P.M., Priemel, M., Rueger, J.M., Nasonkin, I. Gagel, R.F. (2002). Increased bone mass is an unexpected phenotype associated with deletion of the calcitonin gene. *Journal of Clinical Investigation*, 110, 1849-1857. [doi: 10.1172/JCI200214218](https://doi.org/10.1172/JCI200214218).
- Holmes, C.T. (2003). *Trastorno del metabolismo del calcio en vacas lecheras y su prevención* (Tesis doctoral). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Horst, R. L., Goff, J.P., Reinhardt, T.A., y Buxton, D.R. (1997). Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 80, 1269-1280. [doi: 10.3168/jds.S0022-0302\(97\)760569](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)760569).
- Horst, R. L., Goff, J.P., y Reinhardt, T.A. (2005). Adapting to the transition between gestation and lactation: Differences between rat, human and dairy cow. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 10, 141-156. [doi: 10.1007/s10911-005-5397-x](https://doi.org/10.1007/s10911-005-5397-x).
- Houe, H., Ostergaard, S., Thilsing-Hansen, T., Jorgensen, R.J., Larsen, T., Sorensen, J.T., Blom, J.Y. (2001). Milk fever and subclinical hypocalcemia -An evaluation of parameters on incidence risk, diagnosis, risk factors and biological effects as input for a decision support system for disease control. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 42, 1-29.
- Instituto Nacional de la Leche. (2014). *Encuesta lechera INALE 2014. Resultados preliminares*. Montevideo: INALE.

- Jørgensen, R. J., Nyengaard, N.R., Hara, S., Enemark, J.M., y Andersen, P.H. (1998). Rumen motility during induced hyper- and hypocalcaemia. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 39, 331-338.
- Kerwin, A.L., Burhans, W.S., Mann, S., Tetreault, M., Nydam, D.V., y Overton, T.R. (2022). Transition cow nutrition and management strategies of dairy herds in the northeastern United States: Part I—Herd description and performance characteristics. *Journal of Dairy Science*, 105, 5327-5348
- Kichura, T.S., Horst, R.L., Beitz, D.C., y Littledike, E.T. (1982). Relationships between prepartal dietary calcium and phosphorus, Vitamin D metabolism, and parturient paresis in dairy cows. *Journal of Nutrition*, 112, 480-487.
- Kimura, K., Reinhardt, T.A., y Goff, J.P. (2006). Parturition and hypocalcemia blunts calcium signals in immune cells of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89, 2588-2595.
- Kolver, E.S., y Muller, L.D. (1998). Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, 81, 1403-1411.
- Kronqvist, C., Emanuelson, U., Spörndly, R., y Holtenius, K. (2011). Effects of prepartum dietary calcium level on calcium and magnesium metabolism in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94, 1365-1373. doi: 10.3168/jds.2009-3025
- Kronqvist, C., Emanuelson, U., Traven, M., Sporndly, R., y Holtenius, K. (2012). Relationship between incidence of milk fever and feeding of minerals during the last 3 weeks of gestation. *Animal*, 6(8), 1316-1321.
- Kumar, R., y Thompson, J.R. (2011). The regulation of parathyroid hormone secretion and synthesis. *Journal of the American Society of Nephrology*, 22, 216-224. doi: 10.1681/ASN.2010020186.
- Lean, I. J., DeGaris, P.J., McNeil, D.M., y Block, E. (2006). Hypocalcemia in dairy cows: Meta-analysis and dietary cation anion difference theory revisited. *Journal of Dairy Science*, 89, 669-684.
- Lean, I. J., Santos, J.E.P., Block, E., y Golder, H.M. (2019). Effects of prepartum dietary cation-anion difference intake on production and health of dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 102, 2103-2133.
- Leno, B. M., Ryan, C.M., Stokol, T., Kirk, D., Zanzalari, K.P., Chapman, J.D., y Overton, T.R. (2017). Effects of prepartum dietary cation-anion difference on aspects of peripartum mineral and energy metabolism and performance of multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100, 4604-4622. doi: 10.3168/jds.2016-12221.
- Lopera, C., Zimpel, R., Vieira-Neto, A., Lopes, F.R., Ortiz, W., Poindexter, M., Santos, J.E.P. (2018). Effects of level of dietary cation-anion difference and duration of prepartum feeding on performance and metabolism of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101, 7907-7929. doi: [10.3168/jds.2018-14580](https://doi.org/10.3168/jds.2018-14580).

- Lucy, M.C. (2001). Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *Journal of Dairy Science*, 84, 1277-1285.
- Martens, H., y Stumpff, F. (2019). Assessment of magnesium intake according to requirement in dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103, 1023-1029.
- Martínez, N. L., Sinedino, D.P., Bisinotto, R.S., Ribeiro, E.S., Gomes, G.C., Lima, F.S., Taylor-Rodriguez, D. (2014). Effect of induced subclinical hypocalcemia on physiological responses and neutrophil function in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97, 874-887.
- Martínez, N., Risco, C.A., y Lima, F.S. (2012) Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. *Journal of Dairy Science*, 95(12), 7158-7172.
- Meikle, A., Cavestany, D., Carriquiry, M., Adrien, M.L., Artegoitia, V., Pereira, I., Chilbroste, P. (2013). Avances en el conocimiento de la vaca lechera durante el período de transición en Uruguay: un enfoque multidisciplinario. *Agrociencia*, 17(1), 141-152.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2005). *Anuario estadístico agropecuario 2005*. Montevideo: DIEA. Recuperado de <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-estadistico-diea-2005>.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2011). *Anuario Estadístico Agropecuario 2011*. Montevideo: DIEA. Recuperado de <http://www.mgap.gub.uy/dieaanterior/anuario2011/diea-anuario-2011-web.pdf>.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2015). *Anuario estadístico agropecuario 2015*. Montevideo: DIEA. Recuperado de: <http://www2.mgap.gub.uy/DieaAnterior/Anuario2015/DIEA-Anuario2015-01web.pdf>.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2021). *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient requirements of dairy cattle* (8th ed.). Washington: National Academies Press.
- Neves, R.C., Leno, B.M., Stokol, T., Overton, T.R., y McArt, J.A.A. (2017). Risk factors associated with postpartum subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100, 3796-3804.
- Oetzel, G. (2002). The dietary cation-anion difference concept in dairy cattle nutrition: possibilities and pitfalls. En Sociedad de Medicina Veterinaria del Uruguay (Ed.), *XXII World Buiatrics Congress* (pp.198-208). Montevideo: SMVU.

- Ram, L., Schonewille, J.T., y Martens, H. (1998). Magnesium absorption by wethers fed potassium bicarbonate in combination with different dietary magnesium concentrations. *Journal of Dairy Science*, 81(9), 2485-2492.
- Ramberg Jr, C. F., Mayer, G. P., Kronfeld, D. S., y Potts Jr, J. T. (1976). Dietary calcium, calcium kinetics and plasma parathyroid hormone concentration in cows. *Journal of Nutrition*, 106, 671-679.
- Reinhardt, T.A., Lippolis, J.D., McCluskey, B.J., Goff, J.P. y Horst, R.L. (2011) Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds. *Veterinary Journal*, 188(1), 122-124.
- Roberts, K., y McDougall, S. (2018). Risk factors for subclinical hypocalcaemia, and associations between subclinical hypocalcaemia and reproductive performance, in pasture-based dairy herds in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 67(1), 12-19.
- Roche, J.F., Mackey, D., y Diskin, M.D. (2000). Reproductive management of postpartum cows. *Animal Reproduction Science*, 60-61, 703-712.
- Roche, J. R., Kolver, E.S., y Kay, J.K. (2005). Influence of precalving feed allowance on periparturient metabolic and hormonal responses and milk production in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88, 677-689.
- Roche, J.R., y Berry, D.P. (2006). Periparturient Climatic, Animal, and Management Factors Influencing the Incidence of Milk Fever in Grazing Systems. *Journal of Dairy Science*, 89, 2775-2783.
- Roche, J. R., Dalley, D.E., y O'Mara, F.P. (2007). Effect of a metabolically created systemic acidosis on calcium homeostasis and the diurnal variation in urine pH in the non-lactating pregnant dairy cow. *Journal of Dairy Research*, 74, 34-39. [doi: 10.1017/S0022029906002123](https://doi.org/10.1017/S0022029906002123).
- Roche J.R., Mac Donald K.A., Schütz K.E., Matthews L.R., Verkerk G.A., Meier S., ... Webster, J.R. (2013). Calving body condition score affects indicators of health in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96, 5811-5825.
- Royal, M.D., Flint, A.P.F., y Woolliams, J.A. (2002). Genetic and phenotypic relationships among endocrine and traditional fertility traits and production traits in Holstein-Friesian dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85, 958-967.
- Royo, L., y Puyalto, M. (2019). *Balance energético de la vaca lechera durante el período de transición*. Recuperado de [BALANCE ENERGETICO VACATRANSICION.pdf \(vacunodeelite.com\)](https://www.vacunodeelite.com/BALANCE_ENERGETICO_VACATRANSICION.pdf)
- Saborio-Montero, A., Vargas-Leitón, B., Romero-Zúñiga, J.J., y Sánchez, J.M. (2017). Risk factors associated with milk fever occurrence in grazing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100, 9715-9722. [doi:10.3168/jds.2017-13065](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13065).

- Schild, C. (2017). *Estimación de la tasa de mortalidad anual de terneros y caracterización de los sistemas de crianza en establecimientos lecheros de Uruguay* (Tesis de maestría). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.
- Sepúlveda, P., y Wittwer, F. (2017). *Período de transición: Importancia en la salud y bienestar de vacas lechera*. Recuperado de <https://www.consorciolechero.cl/wp-content/uploads/2021/10/2-periodo-de-transicion.pdf>
- Sørensen, M. K., Norberg, E., Pedersen, J., y Christensen, L.G. (2008). Invited review: Crossbreeding in dairy cattle: A Danish perspective. *Journal of Dairy Science*, 91, 4116-4128. doi: [10.3168/jds.2008-1273](https://doi.org/10.3168/jds.2008-1273).
- Strappini, A.C., Gallo, C., Bustamante, H., Werner, M., Sepúlveda, P., y Valenzuela, R. (2018). *Manual de Manejo y Bienestar de la Vaca Lechera*. Recuperado de https://www.prolesur.cl/content/dam/prolesur/documents/2018/Manual_de_manejo_y_bienestar_de_la_vaca_lechera.pdf
- Umaña Sedó, S., Diana, R., Mattioli, G., de la Sota, R.L., y Giuliodori, M.J., (2018). Associations of subclinical hypocalcemia with fertility in a herd of grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101, 10469-10477.
- Valdecabres, A., Pires, J.A.A. y Silva del Rio, N. (2019). Cow-level factors associated with subclinical hypocalcemia at calving in multiparous Jersey cows. *Journal of Dairy Science*, 102, 8367-8375 doi: [10.3168/jds.2018-16180](https://doi.org/10.3168/jds.2018-16180)
- Van de Braak, A.E., van't Klooster, A.T., y Malestein, A. (1987). Influence of a deficient supply of magnesium during the dry period on the rate of calcium mobilisation by dairy cows at parturition. *Research in Veterinary Science*, 42(1), 101-108.
- Van Mosel, M., Van't Klooster, A.T., van Mosel, F., y Kuilen, J.V.D. (1993). Effects of reducing dietary [(Na⁺ + K⁺) - ðCl þ SO₄]²⁻ on the rate of calcium mobilisation by dairy cows at parturition. *Research in Veterinary Science* 54, 1-9.
- Venjakob, P.L., Borchardt, S., y Heuwieser, W. (2017). Hypocalcemia—Cow-level prevalence and preventive strategies in German dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 100, 1-9.
- Wilkens, M.R., Nelson, C.D., Hernandez, L.L., y Mc Art, J.A.A. (2020). Transition cow calcium homeostasis—Health effects of hypocalcemia and strategies for prevention. *Journal of Dairy Science*, 103, 2909-2927.
- Zhu, J., y DeLuca, H. F. (2012). Vitamin D 25-hydroxylase – four decades of searching, are we there yet? *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 523, 30-36. doi:10.1016/j.abb.2012.01.013.