

Publicación Miscelanea
Año 9 - Nº 3
ISSN en línea 2314-3126

INFORMACIÓN TÉCNICA

PRODUCCIÓN ANIMAL

2021

Estación Experimental Agropecuaria Rafaela



INTA Ediciones

Colectión
INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

INFORMACIÓN TÉCNICA

PRODUCCIÓN ANIMAL

2021

ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA RAFAELA

Publicación Miscelánea

Año 9 - N° 3



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina

INFORMACIÓN TÉCNICA

PRODUCCIÓN ANIMAL

2021

Editor responsable: INTA EEA Rafaela

Director: Ing. Prod. Agr. (M.Sc.) Jorge Villar Ezcurra

Comité editorial: Comisión de publicaciones INTA EEA Rafaela

Compaginación y edición: Ing. Agr. (M.Sc.) María Lorena Iacopini

Foto de tapa: Ing. Agr. Dra. María Paz Tieri

Se permite la reproducción total o parcial de su contenido citando la fuente.

ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA RAFAELA

Ruta 34 km 227

(2300) Rafaela, Santa Fe

Teléfonos: (03492) 440121/440125

inta.gob.ar/rafaela

eearafaela@inta.gob.ar

ÍNDICE

FORRAJES

- 7 Producción y calidad de pasturas en unidad de producción de leche en el ciclo 2020-2021.
Pece, M.A.; Romero, L.; Gaggiotti, M.; Iacopini, M.L.; Salado, E.E.; Maciel, M.; Vera, M.; Finello, M.N.; Scandolo, D.

NUTRICIÓN

- 14 Suplementación con aceite de lino protegido en vacas lecheras como estrategia para mejorar la tasa de concepción.
Iorio, J.D.; Salado, E.E.; Scandolo Lucini, D.E.; Palladino, R.A.; González Moreno, Y.M.; Curletto, D.; Olmeda, M.F.; Schmidt, G.C.; Plattner, A.E.; Maciel, M.G.

- 16 Suplementación con sales cálcicas de aceite de lino a vacas lecheras en lactancia temprana: parámetros de estado corporal y metabolitos plasmáticos.
Iorio, J.D.; Moreno, Y.M.; Olmeda, M.F.; Curletto, D.; Scandolo, D.E.; Maciel, M.G.; Cuatrin, A.; Palladino, R.A.; Salado, E.E.

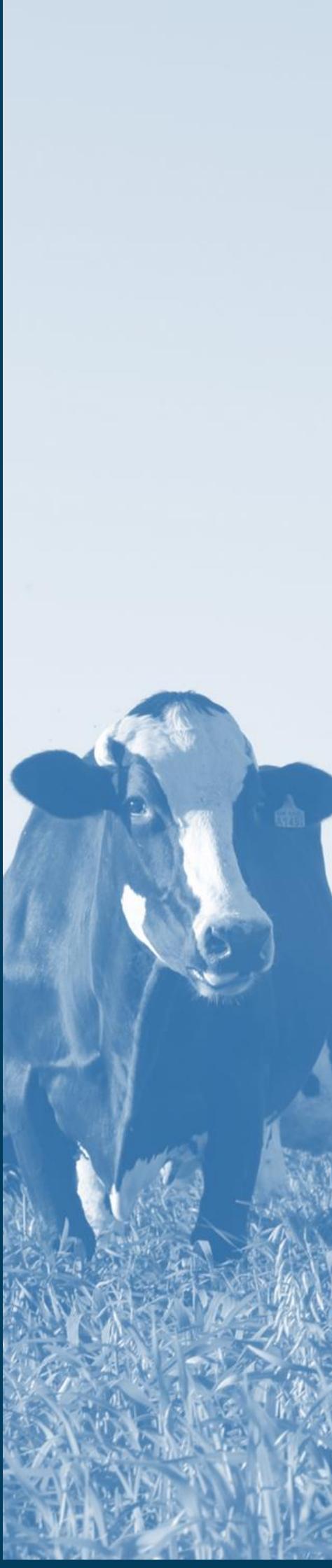
- 18 Suplementación con sales cálcicas de aceite de lino a vacas lecheras en lactancia temprana: respuesta productiva.
Moreno, Y.M.; Iorio, J.D.; Olmeda, M.F.; Curletto, D.; Scandolo, D.E.; Maciel, M.G.; Palladino, R.A.; Salado, E.E.

- 20 Suplementación con sales cálcicas de aceite de lino a vacas lecheras: perfil de ácidos grasos.
Moreno, Y.M.; Iorio, J.D.; Olmeda, M.F.; Curletto, D.; Scandolo, D.E.; Maciel, M.G.; Palladino, R.A.; Pérez, C.D.; Salado, E.E.

- 22 La suplementación con aceite de lino protegido altera el comportamiento en pastoreo y el consumo de materia seca de vacas lecheras.
Olmeda, M.F.; Moreno, Y.M.; Iorio, J.D.; Curletto, D.; Palladino, R.A.; Scandolo, D.E.; Maciel, M.G.; Salado, E.E.

- 24 Efecto de distintas estrategias de alimentación sobre la respuesta productiva de vacas lecheras y la calidad de la leche.
Salado, E. E.

- 25 Protocolo de extracción de líquido ruminal mediante sonda oro-ruminal en bovinos.
Roskopf, P.M.; Tieri, M.P.; Depetris, G.J.; Abdala, A.A.; Smulovitz, A.; Gere, J.I.; Salado, E.E.; Ceron Cucchi, M.E.



REPRODUCCIÓN

- 30 Efecto de la administración de gonadotrofina coriónica equina sérica y recombinante sobre la dinámica ovárica y tasa de concepción de vacas Brangus primíparas en anestro.
Scandolo, D.; Cuatrín, A.; Mazzuca, V.; Finello, M.; Maciel, M.
- 41 Efecto de vaginitis, tasa de retención y tasa de concepción de vaquillonas de leche sincronizadas con un dispositivo intravaginal prototipo circular conteniendo 300 mg de progesterona.
Scándolo, D.E.; Scándolo, D.G.; Cuatrin, A.L.; Roskopf, S.; Finello, M.; Maciel, M.
- 43 Efecto del aporte de progesterona exógena sobre el tamaño del folículo dominante y la manifestación de celo de vaquillonas que carecen de un cuerpo lúteo al momento del retiro de un dispositivo intravaginal con progesterona.
Scándolo, D.E.; Scándolo, D.G.; Cuatrin, A.L.; Finello, M.; Maciel, M.
- 45 Efecto de la progesterona exógena sobre la distribución de celo y la tasa de concepción en vaquillonas sin cuerpo lúteo al inicio del protocolo de sincronización utilizando dos dispositivos intravaginales de formas y concentraciones diferentes.
Scándolo, D.E.; Scándolo, D.G.; Cuatrin, A.L.; Finello, M.; Maciel, M.
- 47 Asociaciones entre la ciclicidad, la condición corporal y la preñez de vacas de cría en anestro sometidas a destete definitivo o temporario.
Scándolo, D.E.; Mazzuca, V.; Finello, M.; Cuatrín, A.; Maciel, M.
- 49 Desempeño reproductivo de vacas Brangus en anestro en un protocolo de inseminación a tiempo fijo con ecg recombinante.
Scándolo, D.E.; Mazzuca, V.; Finello, M.; Cuatrín, A.; Maciel, M.
- 51 Respuesta ovárica y tasa de concepción de vaquillonas de leche sincronizadas con un protocolo de proestro de 72 horas y un protocolo convencional modificado.
Maciel, M.; Scándolo, D.E.; Cuatrín, A.; Finello, M.
- 53 Perfil de progesterona plasmática en vacas lecheras de mediana producción tratadas con un dispositivo intravaginal prototipo circular.
Scándolo, D.E.; Scándolo, D.G.; Cuatrin, A.L.; Finello, M.; Maciel, M.

SANIDAD

- 57 Resistencia a los antiparasitarios utilizados para el control de la garrapata común del bovino *Rhipicephalus (boophilus) microplus*: estado de situación en la provincia de Santa Fe.
Torrents, J.; Martínez, N.C.; Nava, S.



GENÉTICA

- 63 Análisis de la eficiencia reproductiva en bovinos para leche utilizando modelos de supervivencia.
Vera, M. M.
- 64 Impacto de factores de manejo sobre la concepción en vaquillonas lecheras.
Vera, M.; Piccardi, M.; Maciel, M.; Franco, L.; Mezzadra, C.; Balzarini, M.

CALIDAD DE LECHE Y AGROINDUSTRIA

- 75 Identificación de prácticas de limpieza asociadas a la presencia de residuos de cloro en leche: desarrollo de buenas prácticas para su prevención.
Costamagna, D.; Taverna, M.; Signorini, M.
- 78 Relevamiento de aflatoxinas en leche y alimentos consumidos por vacas lecheras en la provincia de Córdoba.
Costamagna, D.; Signorini, M.; Molineri, A.; Taverna, M.; Moretto, M.; Cativelli, M.; Frossasco, G.; Echeverría, A.; Brunetti, M.A.; Urso, R.; Gaggiotti, M.
- 87 Características fisicoquímicas y reológicas de leches fortificadas con sales de calcio.
Acosta, N.B.; Sihufe, G.A.; Meza, B.E.; Marino, F.; Costabel, L.M.; Zorrilla, S.E.; Olivares, M.L.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

- 103 Caracterización de curvas de lactancia de dos grupos raciales de bovinos para leche.
Pece, M.; Cuatrin, A.; Maciel, M.; Vera, M.; Salado, E.; Romero, L.; Scandolo, D.
- 107 Unidad de producción de leche intensiva con dos grupos raciales. Resultados 2019-2021.
Pece, M.A.; Maciel, M.; Salado, E.E.; Romero, L.; Vera, M.; Tieri, M.P.; Scandolo, D.; Smulovitz, A.; Vitulich, C.; Charlon, V.
- 112 Evaluación de diferentes sustratos y macrófitas para el tratamiento de efluentes cloacales utilizando humedales de flujo subsuperficial horizontal.
Schierano M.; Panigatti, M.C.; Maine M.A.; Boglione, R.; Griffa, C.; Gaggiotti, M.
- 117 Impacto del bienestar de los operarios sobre la mortalidad de terneros en crianzas artificiales de la provincia de Santa Fe.
Welschen, N.; Signorini, M.L.; Cellone, I.; Neder, V.; Suárez Archilla, G.; Camussone, C.; Zbrun, V.; Molineri, A.I.
- 120 Impacto del asesoramiento veterinario sobre el método de calostrado empleado.
Welschen, N.; Signorini, M.L.; Cellone, I.; Neder, V.; Molineri, A.I.



AMBIENTE

123 Eficiencia en el uso del nitrógeno en vacas lecheras y su impacto en el ambiente.
Tieri, M. P.

125 Uso del agua en tambos convencionales y robotizados en Argentina. Comunicación.
Charlón V.; Herrero, M.A.; Tieri, M.P.; Otero, A.; Catala, M.

128 Indicadores de consumo de la energía en tambos convencionales y robotizados en Argentina. Comunicación.
Herrero, M.A.; Charlón V.; Gil, S.B.; Demateis, F.

130 Productividad del agua en establecimientos lecheros de la Argentina bajo diferentes sistemas de alimentación.
Charlón, V.; Tieri, M.P.

132 ¿Cómo facilitar la adopción de tecnologías sostenibles para minimizar el impacto ambiental del exceso de nutrientes? Comunicación.
Gil, S.B.; Herrero, M.A.; Rubio, R.; Charlón, V.; Faverín, C.

134 Caracterización de la gestión de purines en tambos de distintas cuencas lecheras de la Argentina.
Herrero, M.A.; Carbó, L.I.; Vankeirsbilck, I.; Charlón, V.

136 Balance de nutrientes en sistemas de producción de leche en Argentina.
Charlón, V.; Herrero, M.A.; Cuatrin, A.

APICULTURA

142 Mundo miel itinerante: una experiencia de comunicación científica apícola.
Pacilio, L.; Asoli, C.D.J.; Gaggiotti, M.; Merke, J.; Orellano, E.; Pacini, A.; Molineri, A.I.; Castignani, H.

143 Efecto de la ubicación de las colmenas y el paso del tiempo sobre la humedad, el color y la concentración de HMF de miel recién cosechada.
Gaggiotti, M.; Orellano, E.; Wanzenried Zamora, R.; Signorini, M.



FORRAJES



PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE PASTURAS EN UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN EL CICLO 2020-2021

*Pece, M.A.; Romero, L.; Gaggiotti, M.; Iacopini, M.L.; Salado, E.E.;
Maciel, M.; Vera, M.; Finello, M.N.; Scandolo, D.*

INTA EEA Rafaela
pece.mariela@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

Las especies que componen una pastura y su dinámica de crecimiento hacen necesaria su evaluación con determinada periodicidad en función de distintos objetivos. El manejo eficiente de las pasturas requiere mediciones de la cantidad y calidad de las mismas. Estas mediciones son básicas para realizar el balance nutricional, planificar el pastoreo (asignación de pasturas, consumo, eficiencia de cosecha), presupuestar el forraje (definir fecha de corte), estimar la carga potencial de un campo y evaluar crecimiento (Cangiano y Pece, 2011).

En el presente trabajo se presentan resultados de características de producción y calidad de pasturas base alfalfa para el ciclo 2020-2021.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Unidad de Producción de Leche Intensiva (UPLI) ubicada sobre la ruta nacional N°34 en el km 227 a 7 km de la ciudad de Rafaela, Santa Fe, posee una superficie de 85,8 ha. Se han identificado hasta el presente tres series de suelos: Rafaela (Argiudol típico), Lehmann (Argiudol ácuico) y Castellanos (Argialbol típico)¹. Estos suelos son representativos del centro oeste de la provincia de Santa Fe, donde se asientan la mayoría de los tambos de la zona. En la UPLI se implementa un módulo de rotación de 5 años, que incluye 3 años de pasturas y 2 años de cultivos anuales destinados a la confección de reservas para la alimentación del rodeo, con el objetivo de obtener el máximo rendimiento (kg MS/ha) con el menor riesgo y cumpliendo con las normas de producción de los lotes comprendidos en bordes urbanos.

Las pasturas se sembraron en abril y están compuestas por alfalfa sin reposo (12 kg/ha), festuca (5 kg/ha) y trébol rojo (6 kg/ha). Se utilizaron herbicidas preemergentes (flumetsulan, 0,4 litros/ha de producto comercial) para el control inicial de las malezas e insecticidas (30 cc/ha de clorantropilprole 20%) para el control de orugas desfoliadoras cuando fue necesario. Las mismas no se fertilizan.

Se estimó la producción de forraje (kg MS/ha) a través del método directo en pasturas implantadas en 2017, 2018, 2019 y 2020. Previo al corte mecánico o pastoreo en una franja por lote se tomaron cuatro muestras de 0,25 m² cada una. El corte se realizó manualmente a 3 cm del suelo. En 5 tallos tomados al azar se registró la altura (cm) con regla graduada, estado fenológico (1-Vegetativo, 2-Botón floral, 3-Inicio floración, 4-Floración), número de nudos, cobertura (%) por especies forrajeras y presencia de malezas.

En el Laboratorio de Forrajes del Área de Producción Animal (EEA Rafaela, INTA) se registró el peso húmedo (PH) de cada muestra y luego se secaron en estufa a 60° C durante 48 horas. Se registró el peso seco (PS) y se determinó: **Materia seca a 60°C (MS)** Protocolo PROMEFA-v2 AOAC, 1990 N° 130.15 y N° 167.03; **Proteína bruta (PB)** AOAC, 1998 N° 976.05; fibra detergente neutro (**FDNa**)

¹Responsable: R. Tosolini y R. Giorgi; Participantes: V. Sapino, C. León, D. Gialebra y D. Zapatero

Método ANKOM basado en la norma ISO 16472:2006; fibra detergente ácido (FDAs) Método ANKOM basado en la norma ISO 13906:2008; lignina detergente ácido (LDA) protocolo PROMEFA V2 para equipo ANKOM y Cenizas AOAC 1990 N1C 942.05.

De la Estación Agrometeorológica de la EEA Rafaela (INTA) se obtuvieron los registros mensuales de precipitaciones (mm), temperatura máxima, media y mínima (°C). A partir de estas últimas, se estimaron los grados-días acumulados entre cortes (°días) mediante la fórmula $(\text{temperatura máxima} + \text{temperatura mínima}) / 2 - \text{temperatura base}$. Se consideró una temperatura base de 5°C (Collino *et al*, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran las condiciones meteorológicas correspondientes al período evaluado, en el cual se registró una cantidad menor de precipitaciones y una mayor temperatura media, en relación a la serie histórica (1930/2019), siendo 870 vs 1054 mm y 19,1vs18,3 °C, respectivamente.

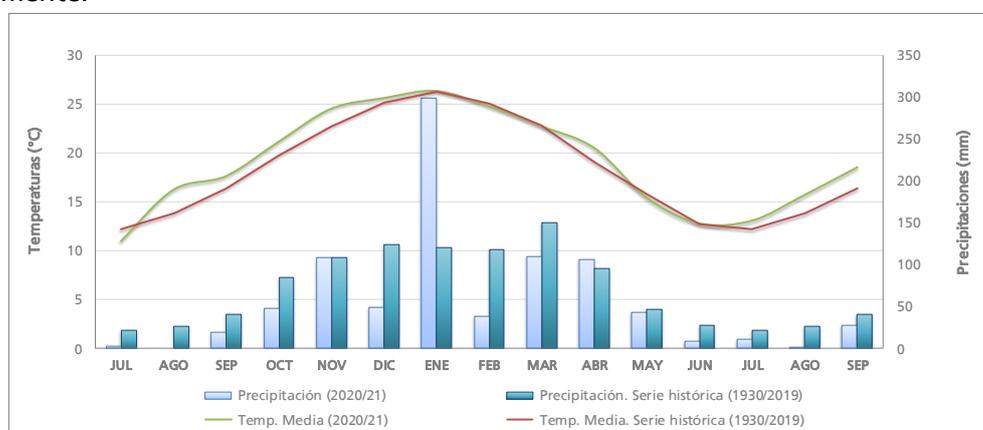


Figura 1. Precipitaciones (mm), temperatura media (°C) para el período 2020-2021 y sus respectivas series históricas (1930-2019). Fuente: Estación Agrometeorológica EEA Rafaela (INTA).

Caracterización de la pastura por estación climática

La producción en kg MS/ha se muestra en la Figura 2. En invierno y otoño se obtuvieron los menores valores promedios de producción de forraje, con valores de 2038 y 2174 kg MS/ha, acumulados en 67 y 56 días y con una altura promedio de 33 y 46 cm, respectivamente. En primavera, se obtuvieron las mayores producciones de materia seca (3345 kg MS/ha). En esta estación y en verano la altura y los días de acumulación fueron similares mientras que el estado fenológico fue más avanzado en verano.

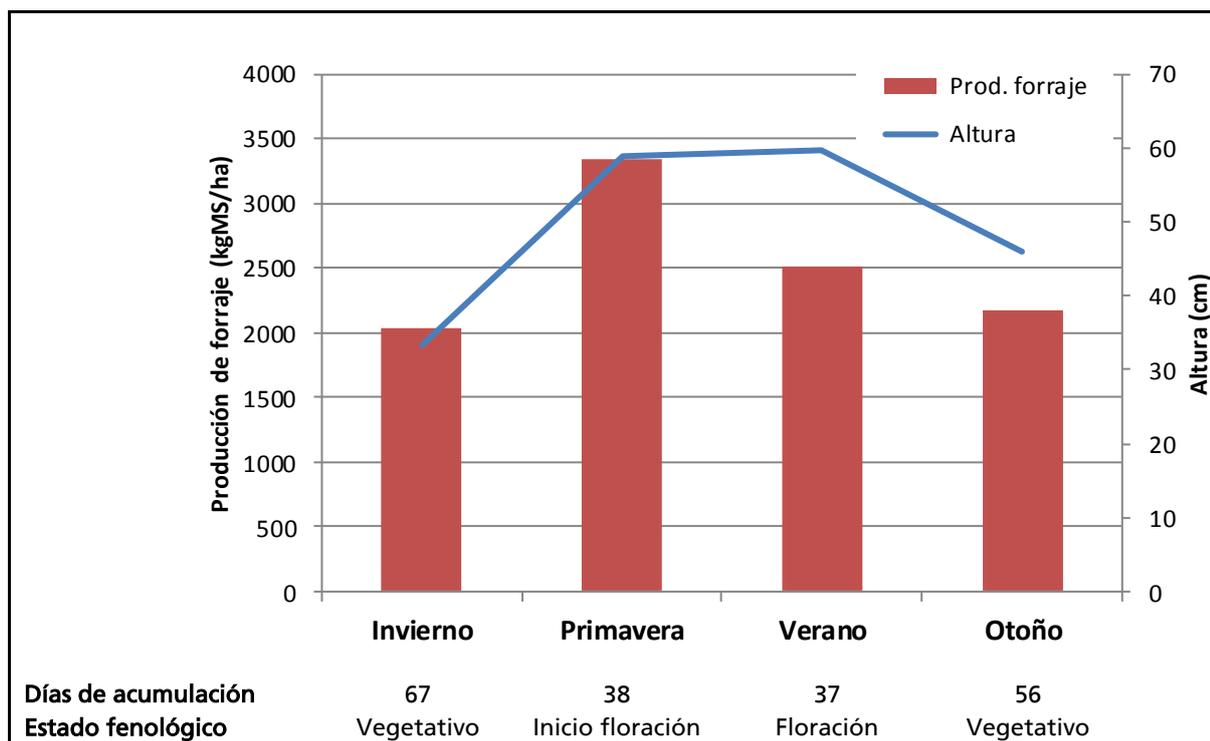


Figura 2. Producción de pasturas base alfalfa (kg MS/ha), altura (cm), días de acumulación y estado fenológico en la Unidad de Producción de Leche Intensiva de la EEA Rafaela según estaciones del año en el período 2020-2021.

Las pasturas base alfalfa se adaptan a esquemas de pastoreos rotativos, poco frecuentes, intensos y de corta duración. La frecuencia de defoliación es uno de los factores más importantes que determina la productividad y persistencia de la pastura. Según lo expresado por Romero y colaboradores (1995), la alfalfa es una planta que tiene ciclos de crecimiento bien definidos, pero íntimamente relacionados a las condiciones climáticas. Los resultados presentados en la Figura 2 denotan como en invierno y otoño la frecuencia de uso es menor con estado vegetativo mientras que en primavera y verano se acelera la acumulación alcanzando el estado reproductivo. La madurez fisiológica sería el criterio ideal para determinar el momento apropiado de uso, pero tiene sus limitaciones. La aparición de rebrotes de corona, el número de días entre cortes o pastoreos y la suma térmica son también indicadores que pueden ser aplicados tomando ciertos recaudos. Una combinación de estos criterios sería la decisión óptima para tener un mejor control sobre el volumen y calidad del forraje producido.

En el Cuadro 1 se presentan los valores promedios de días de acumulación, suma térmica y nudos de las pasturas en relación a su estado fenológico, para el período evaluado (2020/21).

Cuadro 1. Estado fenológico, días de acumulación, grados-día (temperatura media - temperatura base), y número de nudos de la pastura base alfalfa en la Unidad de Producción de Leche Intensiva (UPLI) de la EEA Rafaela (INTA) según estaciones del año en el período 2020-2021.

Estación climática	Invierno 2020	Primavera 2020	Verano 2020/21	Otoño 2021
Estado fenológico	Vegetativo	Inicio floración	Floración	Vegetativo
Días de acumulación	67	38	37	56
Grados-día (°días)	611	639	696	674
Número de nudos	8	10	10	9

La calidad promedio por estación de las pasturas evaluadas se observa en la Figura 3. Considerando los valores de las cuatro estaciones climáticas los mayores coeficientes de variación fueron para FDNa, FDAs y LDA con 13 %, 17% y 10 %, respectivamente y los menores para PB y Cenizas con 9 y 2%.

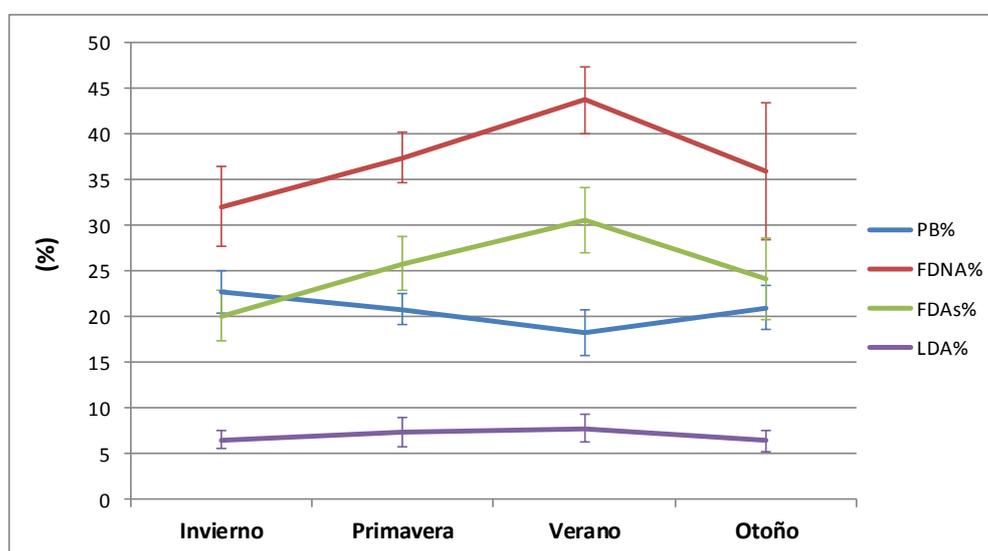


Figura 3. Contenido promedio y su desvío estándar de proteína bruta (PB; %), fibra detergente neutro (FDNa; %), fibra detergente ácido (FDAs; %) y lignina detergente ácido (LDA; %) de pasturas base alfalfa en la Unidad de Producción de Leche Intensiva (UPLI) de la EEA Rafaela según estaciones del año en el período 2020-2021.

El contenido de cenizas se mantuvo estable a lo largo de las estaciones climáticas (10,9±0,74%).

Producción y cobertura en función del estado fenológico y la edad de la pastura

Analizando los datos por corte se observó que a medida que avanzaba el estado fenológico de la pastura, la producción promedio en kg MS/ha aumentaba en forma decreciente, lo que puede atribuirse a la pérdida de hojas basales en estado de floración (Figura 4). El rango de producción promedio por corte fue de 1237 a 3164 kg MS/ha, en estado vegetativo y de 2350 a 4446 kg MS /ha, en estado inicio floración.

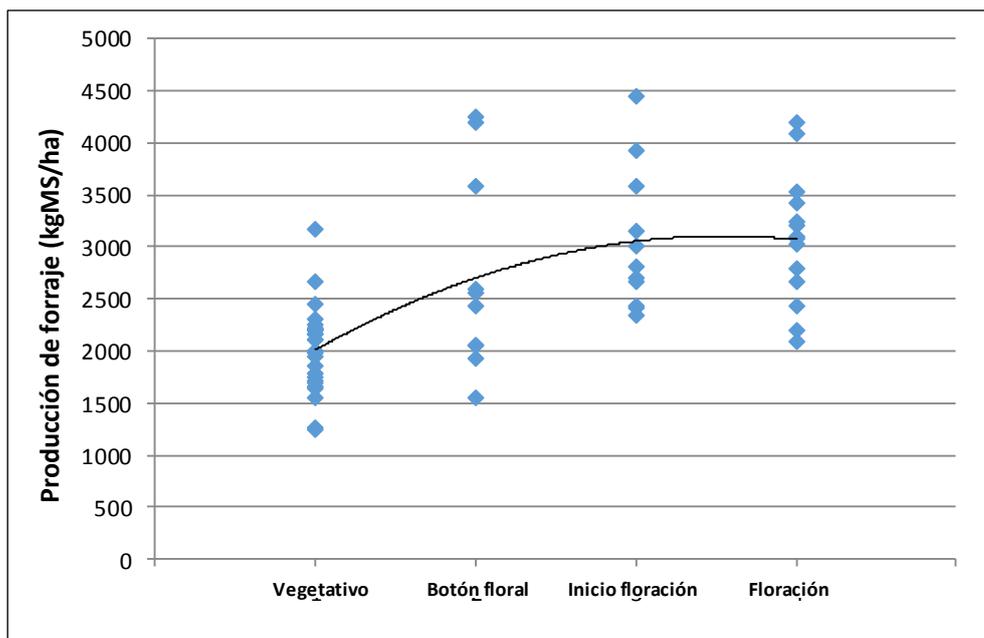


Figura 4. Producción de pasturas base alfalfa (kg MS/ha) en función del estado fenológico (1-Vegetativo, 2-Botón floral, 3-Inicio floración, 4-Floración) por corte.

La cobertura es considerada una variable que se relaciona con la edad de la pastura definida por año de implantación. Al avanzar la edad de las pasturas, estas pierden plantas, disminuyendo así el porcentaje de cobertura de la misma. En pasturas jóvenes (1, 2 años, implantadas en 2020 y 2019, respectivamente) los valores de cobertura se concentraron entre 80 y 100 %, mientras que en pasturas de 3 años (2018, Figura 5) si bien se registraron valores máximos de 92 % de cobertura hay una proporción importante de valores entre 62 y 71%.

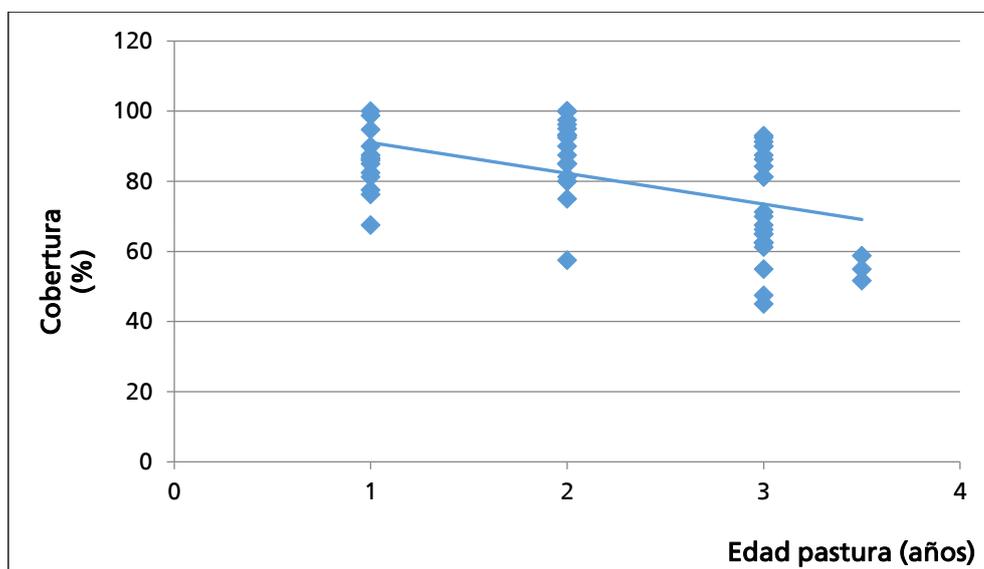


Figura 5. Cobertura en pasturas base alfalfa (%) en función de la edad de la pastura en años.

Relación de la altura con la producción de forraje

La altura de las plantas es una de las variables más utilizadas y que mejor se relaciona con la producción de las pasturas. Para los datos del presente trabajo, la altura explicó el 52% de la variabilidad de la producción en kg MS/ha mediante la siguiente ecuación lineal $\text{kg MS/ha} = 495,23 + 41,76 \cdot \text{altura}$. (Figura 6). Así, por cada cm de incremento en altura de la pastura se acumularían 42 kgMS/ha.

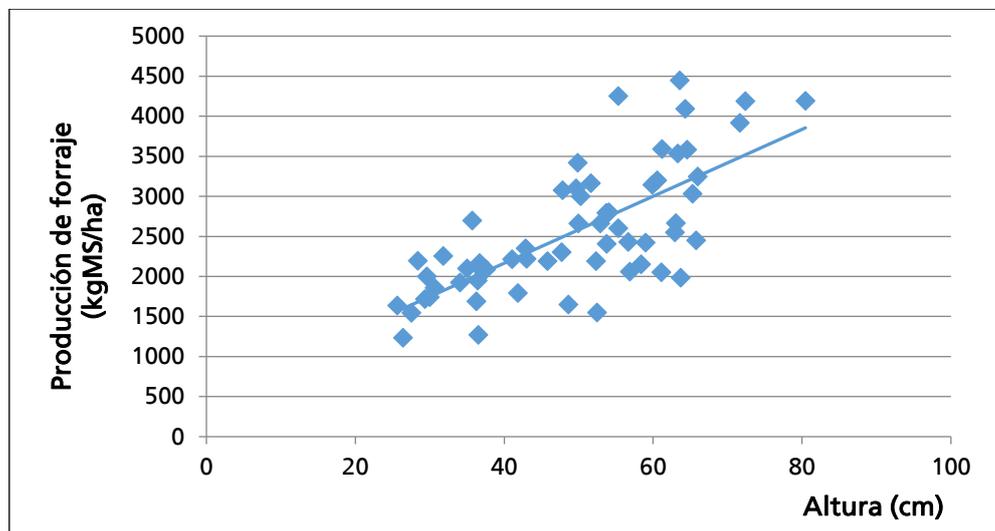


Figura 6. Relación entre la producción de forraje (kg MS/ha) y la altura de las plantas (cm) (n=60).

CONSIDERACIÓN FINAL

El conocimiento de la producción y otros atributos de las pasturas es muy importante para lograr buenos manejos y utilidades de alta eficiencia. Existe una amplia gama de métodos de estimación y posibilidad de acceder a información. Debido a las variaciones que se dan en las pasturas entre localidades, lotes, especies y épocas es importante contar con datos propios. En el presente trabajo se presentaron resultados de un ciclo, es necesario repetir en el tiempo estas mediciones para conformar una base de datos confiable y así ajustar la frecuencia de muestreo. Los datos obtenidos serán de gran utilidad para la toma eficiente de decisiones de manejo de las pasturas.

BIBLIOGRAFÍA

- CANGIANO, C.; PECE, M. 2011. Cómo evaluar la pastura. Capítulo 9. En: Producción Animal en Pastoreo. Editado por: Cangiano y Brizuela. 237-258.
- COLLINO, D. J., A. LÓPEZ, J. L. DARDANELLI, R. SERENO and R. W. RACCA. 1997. Effect of water availability on water use strategies and dry matter production by two alfalfa cultivars differing in winter dormancy. *Phyton* 61(1/2): 45-53.
- GAGGIOTTI, M., COMERÓN, E., GALLARDO, M. y ROMERO, L. 2008. Tabla de composición química de Alimentos para Rumiantes. Proyecto Lechero. EEA Rafaela. CERSAN. Ediciones INTA.
- ROMERO, N. A., E. A. COMERON y E. USTARROZ. 1995. Crecimiento y utilización de la alfalfa. En: E. H. Hijano y A. Navarro (ed) La alfalfa en la Argentina. INTA Subprograma Alfalfa. Enciclopedia Agro de Cuyo, Manuales 11, Cap. 8, pp 149-170.

NUTRICIÓN



SUPLEMENTACIÓN CON ACEITE DE LINO PROTEGIDO EN VACAS LECHERAS COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA TASA DE CONCEPCIÓN

Iorio, J.D.¹; Salado, E.E.²; Scandolo Lucini, D.E.²; Palladino, R.A.^{1,4}; González Moreno, Y.M.¹;
Curletto, D.²; Olmeda, M.F.³; Schmidt, G.C.²; Plattner, A.E.²; Maciel, M.G.²

¹ UBA Facultad de Agronomía.

² INTA EEA Rafaela.

³ UNLZ Fac. Ciencias Agrarias.

⁴ INPA-CONICET-FAUBA.

salado.elay@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la producción de leche ha aumentado significativamente gracias al avance en genética y manejo. El desempeño reproductivo en cambio, ha decaído. Una opción entre las alternativas nutricionales para mejorar este aspecto, es el uso de la suplementación con grasas como una forma de aumentar el consumo de energía, aunque los resultados obtenidos son contradictorios. Algunos autores han sugerido que el uso de ácidos grasos omega-3 (n3) podría mejorar la performance reproductiva como consecuencia de una disminución de las pérdidas embrionarias. El aceite de lino es rico en ácido α -linolénico (n3, C18:3n3), precursor de prostaglandinas de la serie 3 y depresor de la producción de prostaglandinas de la serie 2 (PGF₂ α), lo que retrasaría la luteólisis y aumentaría la tasa de concepción (Ambrose et al., 2006). El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta reproductiva a la suplementación con aceite de lino protegido (sal cálcica de aceite de lino), en relación a las tasas de concepción (TC) en el primero y segundo ciclo de 21 días desde el inicio de los servicios, el porcentaje de preñez acumulada y las pérdidas embrionarias tardías (PE), en vacas lecheras al inicio de la lactancia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 38 vacas Holando Argentino del INTA EEA Rafaela, en un diseño en bloques completos al azar (DEL 55 \pm 18,1 días, PV 594 \pm 96,8 kg, CC 2,71 \pm 0,4 kg, N° Lactancia 2 \pm 1,4 y producción 38 \pm 9,4l/día) las cuales fueron distribuidas en dos tratamientos (dietas isoenergéticas e isoprotéicas): Omega-3 (O3); alimentación en base a pastura de alfalfa (*Medicago sativa*), TMR (Silaje de maíz planta entera (63,5%), Harina de soja (18,0%), Maíz molido (10.6%) y Heno de alfalfa (7.9%)), balanceado y sal cálcica de aceite de lino protegido (96% MS, 84% grasa bruta, 12,6% de cenizas y 9% Ca; 39% de C18:3n3) en el tambo. De esta última se logra una dosis de 850g/vc/día a los 10 días postinseminación. Control (C): recibieron la misma dieta y se reemplazó la suplementación con lípidos por maíz molido a modo de que las dietas fuesen isoenergéticas (equivalencia: 1kg MS lípidos= 2kg MS). Se estimó el consumo individual utilizando un marcador externo (LIPE). La suplementación con O3 fue dada durante los ordeñes (AM/PM). La misma fue iniciada un mes antes de la primera inseminación a tiempo fijo (IATF) y se extendió dos meses más desde la misma. Todas las vacas fueron examinadas después del parto 1 vez por semana para asegurarse de que estén en óptimas condiciones al inicio del servicio. Se realizó un protocolo de sincronización de la ovulación Presynch/Ovsynch para el primer servicio y, para el retorno, detección de celos e inseminación artificial (DC-IA) AM/PM. El diagnóstico y el seguimiento de las preñeces se realizaron con ultrasonografía transrectal a los 28, 32, 42, 60 y 70

días pos IA. Los resultados fueron analizados mediante un test de Chi-2 y las diferencias declaradas cuando $P < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Si bien numéricamente las TC al primer y segundo servicio fueron mayores en O3, las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P > 0,05$). No obstante, el % P acumulada presentó una tendencia a ser mayor en O3 con respecto a C ($P = 0,10$). Adicionalmente, las PE no difirieron entre tratamientos ($P > 0,05$) aunque los animales del tratamiento C tuvieron un mayor número de pérdidas. Trabajos previos en sistemas intensivos (Dietas TMR 100 %) presentaron resultados similares (Ambrose *et al.*, 2006; Petit *et al.*, 2006; Petit *et al.*, 2001). De hecho, un análisis estadístico transversal de los resultados de estos trabajos (en todos los casos con pocos animales por tratamiento) indica que existe una tendencia a mayor TC al primer servicio en animales que recibieron suplementación con alguna fuente de aceite de lino (60,3% vs 40,3% para suplementados con lino y control respectivamente, $P < 0,10$).

Cuadro 1. Respuesta reproductiva a la suplementación con aceite de lino protegido.

Variable ¹	Tratamientos		Significancia ²
	Grupo O3	Grupo C	
TC 1 ^{er} ciclo (IATF)	61,0%	45,0%	NS
TC 2 ^{do} ciclo (DC-IA)	50,0%	20,0%	NS
% P acumulada	77,8%	52,6%	†
PE	1	3	NS

¹TC = Tasa de concepción; IATF = Inseminación a tiempo fijo;
PE = Pérdidas embrionarias. ²NS = no significativo; † = $P \leq 0,10$

CONCLUSIONES

La TC al primer y segundo ciclo de 21 días y las pérdidas embrionarias fueron similares entre tratamientos, mientras que el % P acumulada tendió a ser mayor en O3. Si bien los resultados no confirman nuestra hipótesis, la evidencia actual sugeriría esta estrategia de suplementación como válida y consecuentemente se recomienda su estudio con mayor número de animales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al personal del INTA EEA Rafaela, a la FAUBA y a Tecnuar SRL.

BIBLIOGRAFÍA

- AMBROSE, D. J., KASTELIC, J. P., CORBETT, R., PITNEY, P. A., PETIT, H. V., SMALL, J. A., & ZALKOVIC, P. 2006. *J. Dairy Sci*, 89(8), 3066-3074.
- PETIT, H. V. & TWAGIRAMUNGU, H. 2006. *Theriogenology*. 66 1316–1324.
- PETIT, H. V., DEWHURST, R. J., PROULX, J. G., KHALID, M., HARESIGN, W., & TWAGIRAMUNGU, H. 2001. *Can.J.Anim. Sci*, 81(2), 263-271.

SUPLEMENTACIÓN CON SALES CÁLCICAS DE ACEITE DE LINO A VACAS LECHERAS EN LACTANCIA TEMPRANA: PARÁMETROS DE ESTADO CORPORAL Y METABOLITOS PLASMÁTICOS

Iorio, J.D.¹; Moreno, Y.M.¹; Olmeda, M.F.²; Curletto, D.³; Scandolo, D.E.³; Maciel, M.G.³;
Cuatrin, A.³; Palladino, R.A.^{1,2}; Salado, E.E.³

¹UBA Facultad de Agronomía.

²UNLZ Fac. Ciencias Agrarias.

³INTA EEA Rafaela.

salado.elay@inta.gob.ar

Introducción

La ineficiencia reproductiva es uno de los mayores problemas en los tambos en parte como consecuencia de las altas producciones de leche y el balance energético negativo que afecta principalmente la reproducción durante la lactancia temprana. La suplementación con grasas puede atenuar parcialmente el estatus energético negativo, sin embargo, la influencia positiva de la suplementación sobre la reproducción es independiente al estatus energético de la vaca (Staples *et al.*, 1998). Esto puede deberse a los efectos de las grasas sobre la hipófisis, los ovarios y el útero (Mattos *et al.*, 2000). El aceite de lino presenta altas concentraciones de ácido linolénico (C18:3; omega-3) que resulta un precursor de prostaglandinas de la serie 3 y hormonas. El objetivo fue determinar el efecto del suministro de sales cálcicas de aceite de lino en reemplazo de maíz como fuente energética sobre parámetros asociados a la variación de reservas corporales y la concentración plasmática de metabolitos en vacas lecheras en lactancia temprana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 36 vacas Holando Argentino ($56,4 \pm 3,0$ días de lactancia, PV $586,8 \pm 15,4$ kg, N° lactancias $2,3 \pm 0,2$ y producción $37,7 \pm 1,5$ kg d⁻¹) seleccionadas del tambo de la EEA Rafaela del INTA, en un ensayo de 10 semanas de duración. Las mismas fueron bloqueadas (18 bloques) por fecha de parto, N° de lactancias, PV, CC y nivel de producción en la lactancia previa y asignadas aleatoriamente dentro de cada bloque a los tratamientos: Omega-3 (O3): asignación mediante pastoreo rotativo diario de 12 kg MS día⁻¹ de pastura de alfalfa (*Medicago sativa*), 13,5 kg MS día⁻¹ de TMR (63,5% silaje de maíz planta entera, 18,0% harina de soja, 10,6% maíz molido y 7,9% heno de alfalfa) y 5,2 kg MS de concentrado incluyendo 0,85 kg d⁻¹ de sal cálcica de aceite de lino (base seca: 82,3% MS, 13,2% cenizas, 86,8% EE y 35,82% de C_{18:3} n-3) distribuido en los ordeños (a.m y p.m); Control (C): la dieta fue similar a la ofrecida en O3 pero se reemplazó la suplementación de lípidos por grano de maíz molido a modo que las dietas fuesen isoenergéticas (equivalencia: 1 kg MS lípidos = 2 kg MS maíz). Durante las 3 semanas previas al comienzo del ensayo (covariable) las vacas recibieron la dieta C. El consumo total de MS fue estimado utilizando el NRC (2001). El consumo de MS de pastura se estimó descontando los consumos de MS de TMR y concentrado (determinados por el método de la diferencia) del consumo total de MS. Semanalmente se registraron el PV y la CC (escala 1 a 5) y se obtuvieron muestras de sangre por punción de vena coccígea. Los datos se analizaron según un diseño en bloques completos aleatorizados con medidas repetidas en el tiempo ajustado por covariable ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo de MS total (kg d⁻¹) resultó similar entre tratamientos (22,1 vs. 22,7 ± 0,70 para C y O3, respectivamente). No se detectó interacción tratamiento x semana para ninguna de las variables evaluadas.

Cuadro 1. Concentración plasmática de metabolitos en vacas lecheras suplementadas (O3) o no (C) con aceite de lino protegido (0,85 kg día⁻¹) durante 10 semanas.

Variable	Tratamiento		EEM	P< ¹
	O3	C		
Glucosa (g l ⁻¹)	0,59	0,60	0,01	0,62
Urea (g l ⁻¹)	0,42	0,40	0,01	0,01
βHB (mmol l ⁻¹)	0,59	0,57	0,02	0,53
Colesterol (mg dl ⁻¹)	177,6	159,4	5,33	0,04
PV	584,27	589,58	3,89	0,50
CC	2,72	2,64	0,05	0,23

¹Efecto de tratamiento. βHB= beta hidroxibutirato.

El PV, la CC y los niveles circulantes de βHB (parámetro indicador de lipomovilización) resultaron similares entre tratamientos (Cuadro 1). No se observaron diferencias significativas en la concentración plasmática de glucosa, resultado compatible con la similar producción de leche observada (estudio de respuesta productiva). La suplementación lipídica incrementó significativamente los niveles circulantes de colesterol y urea. Este último resultado es coincidente con el mayor contenido de urea en leche registrado en O3 (estudio de respuesta productiva) y podría explicarse por una menor disponibilidad de energía fermentecible. Estos resultados, conjuntamente con las similares producciones de leche y de GB observadas en el estudio de respuesta productiva indicarían que el efecto de los lípidos sobre el comportamiento reproductivo (lorio *et al.*, 2016) no estaría explicado por una mejora en el balance energético sino por efecto del ácido α-linolénico *per se*.

CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio (similar PV, CC y concentración plasmática de βHB) muestran que la suplementación con aceite de lino protegido en reemplazo de maíz como fuente de energía no tiene efectos sobre el metabolismo energético de vacas lecheras en lactancia temprana.

BIBLIOGRAFÍA

- IORIO, J.D., SALADO, E.E., GONZÁLEZ MORENO, Y.M., CURLETTO, D., OLMEDA, M.F., SCHMIDT, G.C., PLATTNER, A.E., PALLADINO, R.A., SCANDOLO LUCINI, D.E. Y MACIEL, M.G. Rev. Arg. Prod. Anim. 36 (supl. 1): 267.
- MATTOS, R., STAPLES, C. R., & THATCHER, W. W. 2000. Reviews of Reproduction, 5(1), 38-45.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC, USA.
- STAPLES, C. R., BURKE, J. M., & THATCHER, W. W. 1998. J. Dairy Sci, 81(3), 856-871.

SUPLEMENTACIÓN CON SALES CÁLCICAS DE ACEITE DE LINO A VACAS LECHERAS EN LACTANCIA TEMPRANA: RESPUESTA PRODUCTIVA

Moreno, Y.M.¹; Iorio, J.D.¹; Olmeda, M.F.²; Curletto, D.³; Scandolo, D.E.³;
Maciel, M.G.³; Palladino, R.A.^{1,2}; Salado, E.E.³

¹ UBA Facultad de Agronomía.

² UNLZ Fac. Ciencias Agrarias.

³ INTA EEA Rafaela.

salado.elay@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La ineficiencia reproductiva es uno de los mayores problemas en los tambos en parte como consecuencia de las altas producciones de leche y el balance energético negativo que afecta principalmente la reproducción durante la lactancia temprana. La suplementación con grasas puede atenuar parcialmente el estatus energético negativo. No obstante, trabajos previos han sugerido que el uso de ácidos grasos omega-3 (n3) podría mejorar la performance reproductiva como consecuencia de una disminución de las pérdidas embrionarias no necesariamente asociado a mayor consumo de energía sino por efecto *per se* del consumo de n3 (Iorio *et al.*, 2016). El uso de sales cálcicas de AG poliinsaturados puede ser poco estable y presentar un cierto grado de disociación a nivel ruminal por los bajos pH que suelen observarse en vacas lecheras pastoreando recursos de alta calidad. Esto podría alterar la función ruminal y la respuesta productiva. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del suministro de sales cálcicas de aceite de lino sobre la producción y composición de leche en vacas lecheras en lactancia temprana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 36 vacas Holando Argentino (56,4 ± 3,0 días de lactancia, PV 586,8 ± 15,4 kg, N° lactancias 2,3 ± 0,2 y producción 37,7 ± 1,5 kg d⁻¹) seleccionadas del tambo de la EEA INTA Rafaela, en un ensayo de 10 semanas de duración. Las mismas fueron distribuidas en 18 bloques por fecha de parto, N° de lactancias, PV, CC y nivel de producción en la lactancia previa y asignadas aleatoriamente dentro de cada bloque a los tratamientos: Omega-3 (O3): asignación mediante pastoreo rotativo diario de 12 kg MS día⁻¹ de pastura de alfalfa (*Medicago sativa*), 13,5 kg MS día⁻¹ de TMR (63,5% silaje de maíz planta entera, 18,0% harina de soja, 10,6% maíz molido y 7,9% heno de alfalfa) y 5,2 kg MS de concentrado incluyendo 0,85 kg d⁻¹ de sal cálcica de aceite de lino (base seca: 82,3% MS, 13,2% cenizas, 86,8% EE y 35,82% de C_{18:3} n-3) distribuido en los ordeños (a.m y p.m); Control (C): la dieta fue similar a la ofrecida en O3 pero se reemplazó la suplementación de lípidos por grano de maíz molido a modo que las dietas fuesen isoenergéticas (equivalencia: 1 kg MS lípidos = 2 kg MS maíz). Durante las 3 semanas previas al comienzo del ensayo las vacas recibieron la dieta C. La producción de leche promedio durante este período se utilizó como covariable. El consumo total de MS fue estimado utilizando el NRC (2001). El consumo de MS de pastura se estimó descontando los consumos de MS de TMR y concentrado (determinados por el método de diferencia) del consumo total de MS. La producción de leche se midió en forma individual y diaria y la composición de la leche se evaluó a partir de muestras individuales colectadas semanalmente. Los datos productivos se analizaron según un diseño en bloques completos aleatorizados con medidas repetidas en el tiempo ajustado por

covariable ($\alpha = 0,05$). Los datos de consumo se analizaron por medio de un modelo a un criterio de clasificación (tratamiento).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se detectó efecto de tratamiento ($P > 0,05$) para ninguna de las variables de producción y composición de leche, excepto para urea en leche que resultó levemente mayor en O3 ($P = 0,02$, Cuadro 1), posiblemente asociado a una menor disponibilidad de energía fermentecible. Sólo durante la 3° semana el tenor y producción de grasa fueron mayores ($P \leq 0,05$) en el grupo control (tratamiento \times semana, $P \leq 0,03$). Los consumos de MS total y de TMR resultaron similares ($P \geq 0,08$) entre tratamientos ($22,1$ vs. $22,7 \pm 0,70$ kg d^{-1} y $12,8$ vs. $13,1 \pm 0,11$ kg d^{-1} para C y O3, respectivamente). El consumo de concentrado resultó mayor ($P < 0,01$) en C con respecto a O3 ($5,9$ vs. $3,9 \pm 0,07$ kg MS d^{-1} , respectivamente) probablemente como consecuencia de una menor palatabilidad del concentrado en O3. Se detectó una tendencia ($P = 0,06$) a un mayor consumo de MS de pastura en O3 con respecto a C ($5,6$ vs. $3,4 \pm 0,62$ kg d^{-1} , respectivamente), posiblemente asociado al menor consumo de concentrado de este último.

Cuadro 1. Producción y composición de leche en vacas lecheras suplementadas (O3) o no (C) con aceite de lino protegido ($0,85$ kg d^{-1}) durante 10 semanas.

Variable	Tratamiento		EEM	Valor P^1		
	O3	C		Trat	Sem	Trat x Sem
Leche, kg d^{-1}	33,4	33,8	0,85	0,72	0,01	0,88
Grasa, %	3,31	3,47	0,08	0,21	0,01	0,02
Prot. Total, %	3,11	3,14	0,04	0,54	0,01	0,21
Lactosa, %	4,87	4,83	0,02	0,17	0,01	0,09
Urea, %	0,03	0,037	0,001	0,02	0,01	0,20

¹Trat = tratamiento, Sem = semana de lactancia

CONCLUSIONES

En las condiciones del presente trabajo la suplementación con sales cálcicas de aceite de lino no modificó la producción y composición de leche, excepto un leve aumento en el contenido de urea en leche. El consumo de MS de pastura tendió a incrementar en O3, compensando el menor consumo de concentrado, por lo cual el consumo de MS total resultó similar en ambos tratamientos. No obstante, estos resultados se confirmarán cuando se disponga de las estimaciones provenientes del uso de marcador.

BIBLIOGRAFÍA

- IORIO, SALADO, GONZALEZ MORENO, CURLETTO, OLMEDA, SCHMIDT, PLATTNER, PALLADINO, SCANDOLO y MACIEL. 2016. Rev. Arg. Prod. Anim. 36(1):267.
 NRC. 2001. Natl. Acad. Sci., Washington, DC, USA.

SUPLEMENTACIÓN CON SALES CÁLCICAS DE ACEITE DE LINO A VACAS LECHERAS: PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

Moreno, Y.M.¹; Iorio, J.D.¹; Olmeda, M.F.²; Curletto, D.³; Scandolo, D.E.³;
Maciel, M.G.³; Palladino, R.A.²; Pérez, C.D.⁴; Salado, E.E.³

¹ UBA Facultad de Agronomía.

² UNLZ Fac. Ciencias Agrarias.

³ INTA EEA Rafaela.

⁴ INTA Castelar

salado.elay@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

Un factor determinante en la calidad nutricional de la leche es su composición en ácidos grasos (AG), ya que se ha demostrado que algunos de ellos ejercen un impacto positivo en la salud. Los potenciales efectos anticarcinogénicos y cardioprotectores de ciertos AG presentes en la leche como el ruménico (AR, *cis-9 trans-11-C_{18:2} CLA*), vaccénico (AV, *trans-11-C_{18:1}*) y AG omega-3 (C_{18:3}-n3), justifican el interés en conocer el efecto de la inclusión de sales cálcicas (AGPI-Ca) de aceite de lino en la ración de vacas lecheras. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del suministro de AGPI-Ca de aceite de lino sobre el perfil de AG de la leche a fin de poder acrecentar su valor nutracéutico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 36 vacas Holando Argentino (56,4 ± 3,0 días de lactancia, PV 586,8 ± 15,4 kg, N° lactancias 2,3 ± 0,2 y producción 37,7 ± 1,5 kg d⁻¹) seleccionadas del tambo de la EEA Rafaela del INTA, en un ensayo de 10 semanas de duración (Moreno *et al.*, 2017). Las mismas fueron bloqueadas (18 bloques) por fecha de parto, N° de lactancias, PV, condición corporal y nivel de producción en la lactancia previa y asignadas aleatoriamente dentro de cada bloque a los tratamientos: Omega-3 (O3): asignación mediante pastoreo rotativo diario de 12 kg MS día⁻¹ de pastura de alfalfa (*Medicago sativa*), 13,5 kg MS día⁻¹ de TMR (63,5% silaje de maíz planta entera, 18,0% harina de soja, 10,6% maíz molido y 7,9% heno de alfalfa) y 5,2 kg MS de concentrado incluyendo 0,85 kg d⁻¹ de sal cálcica de aceite de lino (base seca: 82,3% MS, 13,2% cenizas, 86,8% extracto etéreo y 35,82% de C_{18:3} n-3) distribuido en los ordeños (a.m y p.m); Control (C): la dieta fue similar a la ofrecida en O3 pero se reemplazó la suplementación de lípidos por grano de maíz molido de modo que las dietas fuesen isoenergéticas (equivalencia: 1 kg MS lípidos= 2 kg MS maíz). Durante las 3 semanas previas al comienzo del ensayo las vacas recibieron la dieta C. El consumo total de MS fue estimado utilizando el NRC (2001). El consumo de MS de pastura se estimó descontando los consumos de MS de TMR y concentrado (determinados por el método de la diferencia) del consumo total de MS. En la última semana del período pre-experimental (covariable) y en la sexta semana se tomaron muestras individuales de leche para analizar el perfil de AG por cromatografía de gases. Los datos se analizaron según un diseño en bloques completos aleatorizados ajustado por covariable ($\alpha = 0,05$). Se consideró la vaca como unidad experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración de C_{12:0}, C_{14:0}, C_{16:0} (pro-aterogénicos) resultó menor ($P < 0,05$) en las vacas suplementadas con O3 respecto al grupo C. La concentración de ácido oleico resultó mayor (+ 8%, $P = 0,03$) en las vacas suplementadas con O3. El AR aumentó 28% ($P < 0,01$) en el grupo de vacas O3 con respecto al C, resultado compatible con el incremento ($P < 0,01$) en la concentración de AV (precursor en la síntesis endógena de AR en glándula mamaria) en las vacas suplementadas con lípidos. Con la inclusión del aceite de lino, rico en AG poliinsaturados, el índice aterogénico (IA) y la relación n-6/n-3 mejoraron. La reducción en la relación n-6/n-3 en la grasa de la leche se ubica dentro de los rangos saludables de la dieta ($< 4:1$), lo que podría mejorar el valor nutritivo de leche.

Cuadro 1. Perfil de ácidos grasos de la leche de vacas en lactancia temprana suplementadas (O3) o no (C) con aceite de lino protegido (0,85 kg día⁻¹).

Ácidos Grasos, g/100 g de AG	Tratamiento ¹		EEM	P-valor ²
	O3	C		Trat
C12:0	3,50	4,05	0,153	0,02
C14:0	11,08	11,96	0,235	0,02
C16:0	26,54	29,40	0,597	< 0,01
C18:0	11,52	10,75	0,450	0,25
trans-9 C18:1	0,24	0,18	0,015	< 0,01
trans-10 C18:1	0,55	0,36	0,048	0,01
trans-11 C18:1 (AV)	1,45	1,08	0,089	0,01
cis-9 C18:1 (oleico)	20,22	18,64	0,485	0,03
C18:3 n-6	0,03	0,03	0,002	0,15
C18:3 n-3	1,00	0,48	0,069	< 0,01
cis-9, trans-11 CLA (AR)	0,64	0,50	0,035	0,01
IA ³	2,36	2,90	0,114	< 0,01
Relación n6/n3	3,04	5,54	0,204	< 0,01

¹Valores expresados a través de las medias mínimas cuadráticas (LSMeans) y el error estándar de las LSMs (EEM). ²Efecto tratamiento.

³IA: índice de aterogenicidad (C12 + 4*C14 + C16)/(suma de AG insaturados).

CONCLUSIONES

La suplementación con AGPI-Ca de aceite de lino (0,85 kg día⁻¹) mejoró el valor saludable de la leche. En efecto, el suplemento lipídico utilizado resultó eficaz para disminuir la fracción hipercolesterolémica de la leche y su índice de aterogenicidad.

BIBLIOGRAFÍA

MORENO, Y., IORIO, J., OLMEDA, F., CURLETTO, D., SCANDOLO, D., MACIEL, M., PALLADINO, R., SALADO, E. 2017. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 37 (1): 295.
 NRC, 2001. Natl. Acad. Sci., Washington, DC, USA.

LA SUPLEMENTACIÓN CON ACEITE DE LINO PROTEGIDO ALTERA EL COMPORTAMIENTO EN PASTOREO Y EL CONSUMO DE MATERIA SECA DE VACAS LECHERAS

Olmeda, M.F.¹; Moreno, Y.M.²; Iorio, J.D.²; Curletto, D.³; Palladino, R.A.^{1,2};
Scandolo, D.E.³; Maciel, M.G.³; Salado, E.E.³

¹ UNLZ Facultad de Ciencias Agrarias.

² UBA Facultad de Agronomía.

³ INTA EEA Rafaela.

rpalladi@agro.uba.ar

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas hallados en vacas lecheras de alta producción en pastoreo es el balance energético negativo (**BEN**) por el que atraviesan luego del parto. Frente a esta situación, los sistemas de alimentación evolucionaron de tal forma de aumentar la densidad energética de la ración para poder cubrir los altos requerimientos que presentan las vacas en esta etapa. La suplementación con Sales Cálcidas de Ácidos Grasos es una estrategia óptima para aumentar el consumo de energía. No obstante, los suplementos incluidos en la dieta de rumiantes en pastoreo suelen modificar el consumo de materia seca de la pastura. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación con sales cálcicas de ácidos grasos ricos en ácido linolénico (aceite de lino) sobre el comportamiento ingestivo. Este trabajo forma parte de un proyecto que busca evaluar el efecto de la suplementación con ácido linolénico sobre la performance productiva y reproductiva de vacas Holstein en sistemas pastoriles intensivos (Iorio *et al.*, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 16 vacas multíparas de raza Holando-Argentino de parición de fin de invierno en lactancia temprana (días en leche $56,4 \pm 3,0$, PV $583 \pm 86,5$ kg y Condición Corporal (**CC**) $2,68 \pm 0,32$). Las mismas fueron bloqueadas por fecha de parto, N° de lactancias, PV, CC y nivel de producción en la lactancia previa las cuales fueron asignadas aleatoriamente a 1 de 2 tratamientos (8 vacas/tratamiento): control (**TC**), que consistió en ofrecer 5,90 kg MS/vaca/día de concentrado en sala de ordeño sin lípidos suplementarios y compuesto por 61,07% de concentrado comercial y 38,93% de maíz partido y un tratamiento lípidos (**TL**), que consistió en ofrecer 5,20 kg MS/vaca/día de concentrado en sala de ordeño, compuesto por 69,20% de concentrado comercial, 17,30% de maíz partido y 13,50% de sales cálcicas de aceite de lino. El objetivo fue ofrecer en sala de ordeño la misma cantidad de energía por día en ambos tratamientos. El resto de la dieta estuvo compuesta por TMR (silaje de maíz planta entera (63,5%), harina de soja (18,0%), grano de maíz molido (10,6%) y heno de alfalfa (7,9%)) y pastoreo de alfalfa. Durante la semana experimental 8 (de un total de 10), en dos periodos de 24 h y cada 15 minutos, se realizaron mediciones de tiempo (minutos) de pastoreo (**PG**), rumia parada (**PR**) y echada (**ER**), y descanso tanto echada (**ED**) como parada (**PD**). El consumo total de MS fue estimado según NRC (2001). El CMS de pastura se estimó descontando los consumos de MS de TMR y concentrado (ambos por diferencia pre y post consumo) al consumo total de MS. Los datos se analizaron según un diseño en bloques completamente aleatorizados con medidas repetidas en el tiempo, siendo el tratamiento el efecto fijo y el animal como aleatorio. Se utilizó el software SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las vacas TL presentaron mayor ($P = 0,0013$) PG y menor ED ($P = 0,017$) respecto de TC (Tabla 1). En concordancia, el CMS de pastura tendió a ser mayor para TL (5,6 vs. 3,4 kgd^{-1} , respectivamente; $P < 0,05$). Respecto al CMS de concentrado, el mismo fue menor para TL (3,9 vs. 5,9 kg MS d^{-1} ; $p < 0,01$). El CMS de TMR fue similar (13,1 vs 12,8 para TL vs TC respectivamente; $P > 0,05$) entre tratamientos. Es probable que el menor consumo de concentrado en TL haya resultado en un mayor consumo de pastura. No obstante, se desconocen las razones por las cuales los animales en TL presentaron un menor consumo de suplemento.

Cuadro 1: Efecto de la inclusión de una sal cálcica de aceite de lino sobre el comportamiento en pastoreo de vacas Holstein.

Variable	Tratamiento ²		EEM	Significancia ¹
	TL	TC		
PG (min)	211 a	163 b	10,5	0,0132
PD (min)	132	139	7,4	NS
PR (min)	131	127	11,8	NS
ER (min)	123	123	12,1	NS
ED (min)	100 b	146 a	10,9	0,017

¹Significancia: Valores seguidos por letras distintas indican diferencias significativas.

NS = $p > 0,05$.² TL = tratamiento lípidos; TC = tratamiento control

CONCLUSIÓN

Para las condiciones de estudio se puede concluir que la suplementación con sales cálcicas de aceite de lino no afectó el consumo de pastura, sino que lo incrementó, probablemente como consecuencia de un menor consumo del suplemento con respecto al concentrado de TC.

BIBLIOGRAFÍA

- GRUMMER, R. R., HATFIELD, M. L., & DENTINE, M. R. (1990). J Dairy Sci 73:852-857.
IORIO, SALADO, GONZALEZ MORENO, CURLETTO, OLMEDA, SCHMIDT, PLATTNER, PALLADINO, SCANDOLO y MACIEL. 2016. Rev. Arg. Prod. Anim. 36(1):267.

EFFECTO DE DISTINTAS ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS Y LA CALIDAD DE LA LECHE

Eloy Eduardo Salado

Tesis para optar al Grado Académico de Doctor en Ciencias Agrarias¹
Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Mar del Plata
Balcarce, 2020
salado.elay@inta.gob.ar

RESUMEN

Los sistemas pastoriles de producción de leche utilizan concentrados energéticos y raciones completamente mezcladas (TMR) cuando la tasa de crecimiento de la pastura y la cantidad de forraje disponible resultan limitantes del consumo y la producción. Los trabajos de niveles de suplementación con concentrado en primavera demostraron que el consumo creciente de concentrado genera efectos aditivos incrementando la producción de leche y el contenido de caseína hasta un 40% del total de MS consumida. Una mayor absorción de energía glucogénica no incrementó la concentración proteica de la leche, pero permitiría aumentar la producción de proteína láctea y caseínas y reducir el tenor ureico de la leche y la concentración de nitrógeno amoniacal en el rumen. La producción o concentración de grasa láctea, la digestión ruminal de la FDN de la pastura y los parámetros relacionados con el valor saludable de la grasa láctea no fueron afectados en el rango de consumo de concentrado estudiado (15 al 40% de la MS total consumida). La ecuación de respuesta marginal ajustada [Leche (kg día⁻¹) = 25,95 + 0,774 x kg MS concentrado ($P < 0,042$; $R^2 = 0,37$)] indicó que la producción de leche incrementa linealmente a medida que la cantidad de concentrado aumenta desde 2,7 a 11,6 kg MS vaca⁻¹ día⁻¹, con una respuesta de 0,774 kg leche kg MS concentrado adicional¹. Los trabajos de reemplazo de pastura por TMR indicaron un incremento lineal de la producción de leche y sólidos ante consumos crecientes de TMR en reemplazo de pastura cuando los mismos (TMR) representaron entre el 30 y el 100% de la MS total consumida por vacas produciendo 27,0-34,0 kg leche día⁻¹, sin efectos sobre los contenidos de grasa y proteína. Las combinaciones de TMR y pastura evaluadas no indujeron cambios en el ambiente ruminal ni generaron efectos asociativos negativos sobre la degradación ruminal de la FDN de los forrajes. Por lo tanto, los efectos positivos del consumo de creciente de TMR sobre la producción de leche no estarían explicados por un mejor equilibrio de nutrientes a nivel ruminal. La calidad nutricional y antioxidante de la leche disminuyó a medida que la cantidad de pastura consumida fue menor debido al menor contenido de ácidos grasos saludables como el ruménico y el linolénico y la reducción en el contenido de vitaminas antioxidantes. Tomados en conjunto, los resultados confirman que el sistema pastoril con suplementación es una alternativa económicamente competitiva comparada con el sistema confinado. Una estrategia viable para vacas de parición otoñal sería utilizar una PMR (75% TMR:25% pastura) durante otoño-invierno que permita sostener altas producciones de leche y luego en primavera con vacas en etapas más avanzadas de lactancia aprovechar los menores costos del pastoreo y utilizar las pasturas con una suplementación estratégica.

¹ SALADO, E.E. 2020. Efecto de distintas estrategias de alimentación sobre la respuesta productiva de vacas lecheras y la calidad de la leche. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. 230 pp. <https://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-distintas-estrategias-de-alimentacion-sobre-la-respuesta-productiva-de-vacas-lecheras-y-la-calidad-de-la-leche>.

PROTOCOLO DE EXTRACCIÓN DE LÍQUIDO RUMINAL MEDIANTE SONDA ORO-RUMINAL EN BOVINOS

*Roskopf, P.M.¹; Tieri, M.P.¹; Depetris, G.J.²; Abdala, A.A.¹; Smulovitz, A.¹;
Gere, J.I.⁴; Salado, E.E.¹; Ceron Cucchi, M.E.³*

¹ INTA EEA Rafaela.

² INTA EEA Balcarce.

³ IPVET INTA Castelar.

⁴ UTN FRBA-CONICET

roskopf.pablo@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La colecta de líquido ruminal responde a tres propósitos principales:

- *Diagnóstico de patologías*, como acidosis ruminal, indigestiones ruminales, etc.
- *Terapéuticos*, como transfaunación de animales saludables a otros con desórdenes digestivos y enfermedades metabólicas.
- *Científicos*, en investigaciones para analizar la estructura de la comunidad microbiana del rumen, la digestibilidad de los alimentos, etc.

La muestra de líquido ruminal puede ser obtenida mediante **ruminocentesis**, procedimiento más utilizado para el diagnóstico de acidosis subaguda, siendo una técnica invasiva que se efectúa con escaso riesgo si es realizada por un profesional entrenado. Para proceder, se debe realizar tricotomía y desinfección de la zona que se desea puncionar, inmovilizar al animal (es conveniente usar sedación) y sujetar los miembros posteriores y la cola. La punción se realiza con una aguja 14G, atravesando la piel, músculos, peritoneo y luego el rumen; pueden obtenerse de 3 a 8 mm de líquido libre de contaminación con saliva. Los principales inconvenientes de esta técnica radican en la obstrucción de la aguja con el contenido ruminal, el riesgo potencial de salida del líquido a la cavidad peritoneal produciendo peritonitis, los inconvenientes generados por mala sujeción, los movimientos de los músculos abdominales que curvan la aguja.

La **canulación ruminal** es una técnica quirúrgica que introduce una fístula permanente en el rumen de los animales. Debe ser realizada por un profesional médico veterinario y requiere de sedación, anestesia, analgesia del animal y condiciones de asepsia durante el procedimiento. Previo a la cirugía, los animales deben ser sometidos a un ayuno sólido de al menos 24 horas y luego de la cirugía instaurar un tratamiento antibiótico para evitar infecciones. Algunas ventajas de la canulación ruminal con respecto a otras técnicas son, la posibilidad de acceder a muestras representativas libres de sesgos e indoloras para el animal y de hacer muestreos o ingresar dispositivos de manera repetitiva y a largo plazo. Sin embargo, es una técnica quirúrgica invasiva y permanente en el animal por lo cual debe ser limitada a un reducido número de animales. Actualmente, esta técnica no está aprobada en algunos países (España, por ejemplo), requiriendo otros procedimientos para la obtención de líquido ruminal.

Una técnica alternativa desarrollada por Geishauser (1993), consiste en la extracción de líquido ruminal mediante **sonda oro-ruminal** y una bomba de succión para la extracción de un volumen importante en un mínimo tiempo, sin requerir intervenciones quirúrgicas ni procedimientos previos.

La técnica consiste en introducir una sonda de al menos 2,5 m de largo por 1,5 pulgadas de grosor a través del esófago de las vacas y generar vacío mediante una bomba con un frasco colector. La maniobra requiere la sujeción de la cabeza del animal mediante un cepo y la colocación de un abre bocas para evitar que los animales dañen la superficie de la sonda con sus molares. La principal desventaja radica es la contaminación de la muestra con saliva, por lo que se recomienda descartar los primeros mililitros recolectados.



Ilustración 1. Colecta de licor ruminal utilizando la técnica de sonda oro-ruminal descripta.

MATERIALES

- Manguera de 2,5 m de largo por 2 pulgadas de diámetro.
- Manguera de plástico tipo cristal de 1 pulgada.
- Bomba de vacío eléctrica.
- Frasco de vidrio de 3 litros, con tapa metálica o plástica y junta hermética.
- 2 pasacables de plástico acordes al tamaño de manguera utilizada.
- Llave de 3 vías.
- Abrebocas.



Ilustración 2. Bomba y sistema de vacío propuesto.

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SONDA RUMINAL

Fenestrar uno de los extremos de la manguera de 2,5 m con al menos 20 orificios de 0,5 cm de diámetro y colocar un tapón de goma en ese extremo para permitir que los orificios actúen a modo de filtro del contenido ruminal.

Agujerear la tapa del frasco de vidrio para introducir los pasacables que funcionarán a modo de sostén del tubo que conduce el vacío de la bomba y del tubo utilizado como sonda esofágica.

Como abre bocas puede utilizarse uno tradicional de madera o metal, o construir uno con un caño de PVC (calidad de instalación de agua caliente) de 50 cm de largo y en el extremo colocar una mocheta corta a resorte para impedir que sea expulsado de la cavidad bucal por los movimientos de la lengua (ver ilustración 3).



Ilustración 3. Modelo de abre bocas. Construido con caño de PVC, protegido en el extremo que se introduce en la cavidad bucal del animal con grip y dotado de mocheta corta para sujeción.

PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN MEDIANTE SONDA

Ingresar el bovino de manera individual a la manga y sujetarlo mediante cepo.

El largo de la sonda a introducir en el animal se estimará con la distancia desde la boca hasta el área de proyección del rumen.

Colocar el abre bocas. Para esto, se sugiere que el operario se ubique de espaldas al cepo, a un lado de la cabeza del animal y sostenga la misma por medio de la sujeción de los orificios nasales, introduciendo luego el dispositivo dentro de la cavidad bucal. Una vez en posición, se debe sujetar el abre bocas para evitar que el animal lo impulse.

Introducir la sonda a través del abre bocas. Para ello, se debe colocar la cabeza del animal por debajo de la altura de su propio lomo, de manera de facilitar el ingreso de la misma por vía esofágica, sorteando así el ingreso traqueal. La sonda debe ser dirigida mediante movimientos suaves y acompañando la actividad deglutoria del animal. Su correcta posición puede ser verificada a través de la palpación externa en los 2/3 medios del cuello del animal, siguiendo la anatomía esofágica y una vez introducido el largo prefijado de la sonda, se constata la llegada al rumen a través del típico olor que llega al extremo libre.

Una vez corroborado todo esto, conectar la sonda al sistema de vacío, que es inducido por una bomba de vacío eléctrica conectada a un frasco de vidrio cerrado herméticamente semeando un kitasato. La extracción de líquido ruminal comienza apenas unos segundos después de generado el vacío en el sistema. Se aconseja producir movimientos de tracción y retracción en la sonda para evitar adherencias a las paredes del rumen y oclusión de los orificios que impiden la extracción de licor.

Una vez colectada la cantidad de líquido ruminal necesaria para cada procedimiento, se procede a la suspensión del vacío y desacople de la sonda al sistema. Inmediatamente, se debe vaciar de contenido de la sonda, provocar un doblez y retirarla rápidamente para evitar reflujo pulmonar.

Retirar el abre bocas y liberar al animal.

BIBLIOGRAFIA

- DUFFIELD, T.; J.C., PLAIZIER; A., FAIRFIELD; A., BAGG; R., VESSIE; G., DICK; P., WILSON; J., ARAMINI; J. Y MCBRIDE. 2004. Comparison of Techniques for Measurement of Rumen pH in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 87 (1): 59-66. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73142-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73142-2).
- GEISHAUSER, T. 1993. An instrument for collection and transfer of ruminal fluid and for administration of water soluble drugs in adult cattle. *Bovine Pratt.* 27: 38-42.
- NOCEK, J.E. 1997. Bovine Acidosis: Implications on Laminitis. *J. Dairy Sci.* 80 (5): 1005-1028. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76026-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76026-0).

REPRODUCCIÓN



EFFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE GONADOTROFINA CORIÓNICA EQUINA SÉRICA Y RECOMBINANTE SOBRE LA DINÁMICA OVÁRICA Y TASA DE CONCEPCIÓN DE VACAS BRANGUS PRIMÍPARAS EN ANESTRO

Scandolo, D.¹; Cuatrín, A.²; Mazzuca, V.³; Finello, M.¹; Maciel, M.¹

¹ INTA EEA Rafaela

² INTA EEA Paraná

³ INTA AER San Cristóbal
maciel.martin@inta.gov.ar

ABSTRACT

The objective was to determine the size of the dominant ovulatory follicle, the ovulation time and the conception rate of cows in anestrus treated with serum equine chorionic gonadotropin (eCG), recombinant chorionic gonadotropin and untreated controls. 57 anestrus primiparous Brangus cows were used with 70 ± 26 days of calving and a body condition of 2.50 ± 0.15 . They were synchronized with a FTAI protocol based on estrogen and progesterone devices (DI). Upon removal of DI, 3 groups were made according to the type of eCG applied: serum eCG received 400 IU im of equine Chorionic Gonadotropin, recombinant eCG received 140 IU of recombinant Equine Chorionic Gonadotrophin and Control did without treatment. Follicular size and time of ovulation (normal or abnormal) was determined at DI removal, during FTAI and 7 days later. An ANOVA was performed to determine the effect of the treatment on ovarian dynamics and a chi-square test and correspondence analysis to establish associations. In normal ovulation cows at the FTAI, 94.4% of the serum eCG, 55.5% of the recombinant eCG and 71.4% of the Control cows presented a dominant ovulatory follicle (DOF), which in those treated with serum eCG, it was 1.4 mm greater in relation to the Control ($P = 0.0073$). The ovulation rate, in normal and abnormal ovulation cows, was 94.4% for serum eCG, and for recombinant eCG and 66.6% for Controls. A significant association was detected between ovulation time and the treated groups ($P = 0.0042$). Normal ovulation was 38.9% higher in cows with serum eCG in relation to those treated with recombinant eCG and 50.8% in comparison with Control. A significant relationship was observed between the conception rate and the groups treated with the different Gonadotropins ($P = 0.0574$), being 66.7% in serum eCG, 50% in recombinant eCG and 28.6% in the Control. The use of eCG, either serum or recombinant, in anestrus primiparous cows, stimulates the development of DOF at FTAI, increases ovulation rate and improves conception in relation to untreated cows.

Keywords: primiparous cows, anestrus, Brangus, serum eCG, recombinant eCG, conception rate.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar el tamaño del folículo dominante ovulatorio, el tiempo de ovulación y la tasa de concepción de vacas primíparas en anestro tratadas con gonadotrofina coriónica equina (eCG) sérica, gonadotrofina coriónica equina recombinante y Controles no tratadas. Se utilizaron 57 vacas Brangus primíparas en anestro con 70 ± 26 días de paridas y una condición corporal de $2,50 \pm 0,15$. Se sincronizaron con un protocolo de IATF a base de estrógenos y dispositivos de progesterona (DI). Al retiro de los DI, se efectuaron 3 grupos según el tipo de eCG aplicada: eCG sérica recibieron 400 UI de Gonadotrofina Coriónica Equina, eCG recombinante recibieron 140 UI de

Gonadotropina Coriónica Equina recombinante y Control no recibieron eCG. Al retiro, a la IATF y a los 7 días posteriores determinó el tamaño folicular y tiempo de la ovulación (normal o anormal). Para determinar el efecto del tratamiento sobre a dinámica ovárica se realizó un ANOVA y para establecer asociaciones una prueba de chi cuadrado y análisis de correspondencia. A la IATF, en las vacas con ovulación normal, el 94,4 % de las vacas eCG sérica, el 55,5 % de las eCG recombinante y el 71,4 % de las Control presentaron un folículo dominante ovulatorio (FDO), siendo en las vacas tratadas con eCG sérica 1,4 mm mayor en relación con las Control ($P=0,0073$). La tasa de ovulación, en vacas con ovulación normal u anormal, fue del 94,4 % para eCG sérica y para eCG recombinante y del 66,6 % para las Control. Se detectó una asociación significativa entre el tiempo de ovulación y los grupos tratados ($P=0,0042$). La ovulación normal fue 38,9 % superior en las vacas con eCG sérica en relación con las tratadas con eCG recombinante y 50,8 % en comparación con las Control. Se observó una relación significativa entre la tasa de concepción y los grupos tratados con las diferentes Gonadotropinas ($P=0,0574$) siendo del 66,7 % en las eCG sérica, del 50 % en las eCG recombinante y del 28,6 % en las Control. Se concluye que el uso de eCG, tanto sérica como recombinante, en vacas primíparas en anestro estimula el desarrollo del FDO a la IATF, incrementa la tasa de ovulación y mejora la concepción en relación con vacas no tratadas.

Palabras claves: Vaca primípara, anestro, brangus, eCG serica, eCG recombinante, tasa de concepción

INTRODUCCION

El ciclo estral bovino es regulado por hormonas del hipotálamo (hormona Liberadora de Gonadotropina; GnRH), de la hipófisis anterior (Hormona folículo estimulante, FSH; Hormona luteinizante, LH), de los ovarios (progesterona; P4, estradiol; E2 e inhibina) y del útero (Prostaglandina; PGF2 α) (Crowe and Mullen, 2013). El control en el reinicio de la ciclicidad ovárica en vacas con anestro posparto es acompañado por complejas relaciones entre el hipotálamo, la hipófisis y el ovario lo que es influenciado además por una variedad de signos internos y externos (Montiel and Ahuja, 2005; Short *et al.*, 1990). El anestro posparto prolongado está asociada a una falla en la ovulación del folículo dominante producto de una inadecuada frecuencia de pulsos de LH (Duffy *et al.*, 2000; Edwards, 1985) y/o a un retraso en el desarrollo de folículos dominantes (Murphy *et al.*, 1990).

La condición de anovulación más común que se presentan en el posparto de vacas de carne con cría, en hembras subalimentadas y en vaquillonas prepúberes es el desarrollo folicular hasta la desviación, pero sin alcanzar el tamaño de folículo ovulatorio (Wiltbank *et al.*, 2002). Esta condición de anovulación es probablemente causada por acción inhibitoria de bajas concentraciones de estradiol sobre la secreción de GnRH hipotalámica (Day *et al.*, 1984; Wiltbank *et al.*, 2002). La concentración de progesterona y estradiol no varía en el fluido de pequeños (1,0 a 3,9 mm) y medianos (4,0 a 7,9 mm) folículos desde la primera semana a las 8 semanas posparto, lo cual indicaría que no hay cambios en la capacidad esteroideogénica de los pequeños y medianos folículos durante el período anovulatorio posparto (Spicer *et al.*, 1986).

Vacas de cría o vaquillonas con restricción alimentaria y pérdida de condición corporal presentan una liberación limitada de GnRH (Bishop and Wettemann, 1993b), con una consiguiente disminución en la frecuencia de pulsos de LH (Bossis *et al.*, 1999; Richards *et al.*, 1989). El anestro nutricional en vacas de carne se produce por una disminución en la concentración, en la amplitud y en la frecuencia de pulsos de LH (Bishop and Wettemann, 1993a; Short *et al.*, 1990). Existen métodos hormonales y no hormonales para reiniciar la ciclicidad de vacas en anestro (Yavas and Wallon, 2000). Si bien la eficiencia y la practicidad difiere en cada caso, todos tienen como finalidad incrementar la frecuencia de pulsos de LH: 1) remoción parcial o total del estímulo de amamantamiento, 2) mimetizar

los pulsos endógenos de GnRH mediante aplicaciones intermitentes de GnRH, 3) estimular el desarrollo del folículo dominante mediante aplicación exógena de FSH o eCG, 4) inducir la ovulación del folículo dominante mediante una aplicación exógena de GnRH, 5) inducir un pico de LH por la aplicación exógena de estrógenos o mediante el bloqueo del feedback negativo de los estrógenos endógenos mediante la aplicación de antiestrógenos, 6) mimetizando ciclos cortos por la adición de progestágenos. La implementación de protocolos de sincronización a base de estrógenos y progesterona con el agregado de eCG sérica en vacas inseminadas a tiempo fijo (Sales *et al.*, 2016) o servicio natural (Ferreira *et al.*, 2018) es capaz de incrementar la ovulación y la eficiencia reproductiva de vacas en anestro. La eCG recombinante producida a partir de células ováricas de hamsters (CHO-S) presentan una elevada actividad biológica in vivo, incluida la inducción de la ovulación y la ovogénesis (Min *et al.*, 2020).

En ratones se ha descrito que la respuesta superovulatoria y el rendimiento embrionario obtenido con el empleo de una glicoproteína recombinante con actividad similar a eCG es comparable con los resultados obtenidos con eCG sérica equina y mayores que las hembras controles sin eCG (Crispo *et al.*, 2021). Recientemente en Argentina, fue desarrollada una eCG recombinante que se origina a partir de células genéticamente modificadas capaces de producir la hormona con elevada eficiencia a partir de medios de cultivos libres de suero animal (Villarraza *et al.*, 2021). Trabajos preliminares obtenidos en pruebas a campo en más de 4000 hembras de distintas razas, categorías, ciclicidad y condición corporal indicarían que esta hormona no presenta diferencias en la concepción en relación con la eCG sérica cuando se la utiliza en protocolos de IATF (Zoovet, 2020). El objetivo del presente trabajo fue determinar el tamaño del folículo dominante ovulatorio, el tiempo de ovulación de acuerdo con lo esperado (normal o anormal) y la tasa de concepción de vacas primíparas en anestro tratadas con gonadotrofina coriónica equina (eCG) purificada de suero de yegua preñada, gonadotrofina coriónica equina recombinante y controles no tratadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 57 vacas Brangus primíparas en anestro perteneciente a un rodeo de cría “Nueva Palmira” de la EEA Rafaela del INTA ubicado en Capivara (30°26'52.5895" S - 61°16'29.2998"W), Santa Fe, Argentina desde el 18 de diciembre de 2019 al 28 de enero del 2020. Al inicio del trabajo, las hembras tenían 70 ± 26 días de paridas y una condición corporal de $2,50 \pm 0,15$ (de 1 a 5 con 0,25 intermedios). Los exámenes ginecológicos para determinar el estatus reproductivo, se realizaron con un ecógrafo Aquila (Pie Medical, Países Bajos), modo B, tiempo real, con un transductor transrectal lineal de 8 MHz.

Para determinar la ausencia de ciclicidad previo al inicio del protocolo de sincronización, se realizaron dos ecografías transrectales: la primera, 10 días previos (día -10) y la segunda al momento de la inserción de los dispositivos (día 0), estableciendo en anestro aquellas que no tuviesen estructuras ováricas e imágenes uterinas compatibles con estados del ciclo estral normal (proestro, estro, metaestro, diestro). Al tercer día del primer diagnóstico, se realizó un destete precoz a todas las vacas y una semana después, se insertaron dispositivos intravaginales (DI) de 0,6 g de progesterona (Diprogest 600, Zoovet, Santa Fe, Argentina) y se inyectaron 2 mg IM de benzoato de estradiol (Benzoato de estradiol, Zoovet, Santa Fe, Argentina) (día 0). Al retiro de los DI (día 7), se aplicó 0,150 mg IM de D+Cloprostenol (Ciclar, Zoovet, Santa Fe, Argentina), 1 mg IM de cipionato de estradiol (Cipionato, Zoovet, Santa Fe, Argentina). Al momento del retiro de los DI se efectuaron 3 grupos diferenciados por el tipo de Gonadotrofina Coriónicas equina (eCG) aplicado: eCG sérica (n=18) recibieron 400 UI de eCG purificada (Vetegon eCG, Laboratorios Calier de Argentina, Buenos Aires,

Argentina), eCG recombinante (n=18) recibieron 140 UI de eCG recombinante (Foli-Rec eCG, Zoovet, Santa Fe, Argentina) y Control (n=21) no recibieron eCG.

Los grupos fueron bloqueados previamente por los días posparto, la CC y el tamaño de los folículos dominantes previos al inicio de la sincronización (día -10 y día 0). Al día 9 se realizó la IATF a partir de las 48 horas de retirado los DI. Al momento del retiro de los DI, a la IATF y a los 7 días posteriores, se realizaron ecografías transrectales para determinar la presencia y el tamaño del folículo dominante al retiro (FD), el folículo dominante ovulatorio (FDO) a la IATF y para confirmar la ovulación del FDO mediante la presencia de un cuerpo lúteo (CL7d) respectivamente. Los FD presentes en cada ovario se midieron utilizando el promedio de la distancia entre 2 ejes perpendiculares cuyos extremos se ubicaron en los 4 polos más equidistantes del folículo. La ovulación se categorizó como "normal" cuando las hembras presentaron un FD al retiro y a la IATF y un posterior cuerpo lúteo en el mismo ovario, mientras que se consideró ovulación "anormal" en aquellas hembras que los FD no ovularon (no ovuló) o bien que no presentaron un folículo dominante a la IATF pero si un cuerpo lúteo en el mismo ovario donde se identificó un FD al momento del retiro del DI (ovulación anticipada). El diagnóstico de preñez se realizó a los 38 días de gestación confirmando, además, la presencia de un cuerpo lúteo en el mismo ovario del FDO.

Para determinar el efecto del tratamiento sobre el tamaño del folículo dominante previo al inicio del protocolo de sincronización, el FDO y el tamaño del CL7d se realizó un ANOVA. Para analizar el FDO se utilizó como covariable el tamaño del FD al retiro, mientras que para determinar el CL7d se utilizó como covariable el FDO. Para la comparación de medias se utilizó el test de Tukey. Para establecer la asociación entre el tiempo de ovulación y la tasa de concepción según los tratamientos se realizó una prueba de chi cuadrado. Para analizar los datos categóricos de concepción, tiempo de ovulación y tratamientos se empleó un análisis de correspondencia múltiple (Di Rienzo *et al.*, 2011).

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan los tamaños de los folículos dominantes 10 días previos y al momento del inicio de la sincronización.

Cuadro 1. Promedio (\pm EE) de los folículos dominantes 10 días previos y al inicio de la sincronización de la ovulación en vacas en anestro que serán tratadas con diferentes Gonadotrofinas Coriónicas equina (eCG) y Control.

Tratamientos	Folículo dominante			
	n	Día -10	n	Día 0
eCG sérica	18	7,4 \pm 0,6	18	8,1 \pm 0,6
eCG recombinante	17	7,9 \pm 0,6	15	8,7 \pm 0,7
Control	18	8,2 \pm 0,6	15	8,9 \pm 0,7

Los folículos dominantes entre el día -10 y el día 0 variaron entre 7,4 mm a 8,9 mm, en los diferentes grupos. El 21,0 % (12/57) de las vacas sincronizadas perdieron el DI durante el tratamiento (4 vacas eCG sérica, 2 vacas eCG recombinante y 6 vacas controles). Al momento del retiro de los dispositivos el 84,2 % (48/57) de las vacas se encontraban en anestro, mientras que el 15,8 % (9/57) presentaron un cuerpo lúteo.

El 94,4 % (17/18) de las vacas eCG sérica, el 55,5 % (10/18) de las tratadas con eCG recombinante y el 71,4 % (15/21) de las Controles presentaron un FDO a la IATF. La ausencia del FDO fue considerada como ovulación anticipada previa a la IATF. En el Cuadro 2 se presenta el tamaño del FDO y del cuerpo lúteo a los 7 días posteriores a la IATF en las vacas de los tres tratamientos.

Cuadro 2. Promedio (\pm EE) del folículo dominante ovulatorio y del cuerpo lúteo de vacas en anestro tratadas con diferentes Gonadotrofinas Coriónicas Equina (eCG) y Control no tratadas.

Tratamientos	n	Folículo dominante ovulatorio	n	Cuerpo lúteo día 7
		(mm)		(mm)
eCG sérica	17	10,9 \pm 0,3 ^b	16	17,2 \pm 0,8
eCG recombinante	10	10,5 \pm 0,4 ^{ab}	9	16,6 \pm 1,0
Control	15	9,5 \pm 0,4 ^a	8	15,2 \pm 1,0

^{a,b} letras en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

El FDO de las vacas tratadas con eCG sérica fue 1,4 mm mayor en relación con las vacas Control ($P=0,0073$), mientras que fue similar a las vacas tratadas con eCG recombinante. Por otra parte, el FDO de las tratadas con eCG recombinante y las Control fueron similares. El tamaño del CL 7d de las vacas ovuladas posterior a la IATF fue similar entre tratamientos ($P=0,2550$). En la Figura 1 se presenta la categorización del tiempo de ovulación en los diferentes tratamientos.

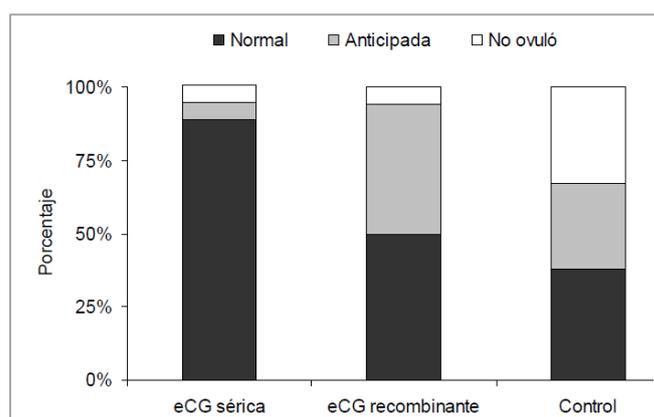


Figura 1. Ovulación normal y anormal de vacas tratadas con diferentes Gonadotrofinas Coriónicas Equina y en Control no tratados.

Se determinó una relación significativa entre el tiempo de ovulación y los grupos tratados con las diferentes Gonadotrofinas ($P=0,0042$). La tasa de ovulación normal en las vacas tratadas con eCG sérica fue 38,9 % superior en relación con las tratadas con eCG recombinante y 50,8 % en comparación con las vacas Control, mientras que la tasa de ovulación general fue del 94,4 % (17/18), 94,4 % (17/18) y del 66,6 % (14/21) para las vacas tratadas con eCG sérica, eCG recombinante y Control respectivamente. De las 2 ovulaciones anormales con eCG sérica una tuvo una ovulación anticipada y la otra no ovuló; de las 9 vacas tratadas con eCG recombinante, 8 tuvieron una ovulación anticipada y una no ovuló y de las 13 Controles, 6 presentaron una ovulación anticipada y 7 no ovularon.

Se determinó una relación significativa entre la tasa de concepción y los grupos tratados con las diferentes Gonadotrofinas ($P=0,0574$). La concepción fue del 66,7 % (12/18) en las tratadas con eCG sérica, del 50 % (9/18) en las tratadas con eCG recombinante y 28,6 % (6/21) en las vacas Control.

En la Figura 2 se presenta una representación gráfica de datos categorizados de concepción, tiempos de ovulación y tratamientos con Gonadotropinas Coriónicas Equina y Control no tratadas

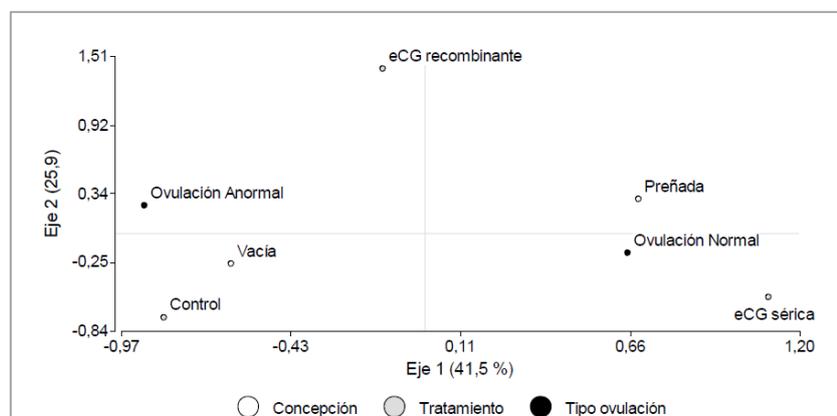


Figura 2. Análisis de correspondencia de vacas en anestro tratadas con diferentes Gonadotropinas Coriónicas Equina y Control no tratadas.

En el análisis, las primeras dos componentes representan el 67,4 % de la variabilidad de los datos, por lo cual es una representación adecuada. Como se observa en la Figura, la concepción y ovulación fue diferencial entre tratamientos. En el caso de la eCG sérica, se caracterizó por tener ovulaciones normales y las vacas resultaron preñadas. El caso opuesto y en oposición en la Figura, se observa que las vacas controles se caracterizaron por presentar ovulaciones anormales y resultaron vacías al diagnóstico de preñez.

DISCUSIÓN

El amamantamiento, el vínculo vaca-ternero, la disminución en el balance energético y la condición corporal al parto producen un retraso en el reinicio de la ovulación en vacas de cría debido a una falta en la frecuencia de pulsos de LH (Crowe, 2008). La condición de anovulación en vacas posparto podría ser debida inicialmente a una deficiente secreción pulsátil de LH y luego a una inmadurez ovárica que afectaría el número de receptores de LH en el fluido folicular (Spicer *et al.*, 1986). El tamaño de los folículos dominantes de las vacas durante los 10 días previos al inicio de la sincronización varió entre 7,4 a 8,9 mm. Esto indica que las hembras se encontraban en situación de anovulación con desarrollo folicular a la desviación, pero sin alcanzar un tamaño ovulatorio, condición que se produce comúnmente en vacas de cría con ternero lactante (Wiltbank *et al.*, 2002).

La fase de desviación folicular se produce cuando los folículos de mayor tamaño alcanzan los 7,7 a 8,5 mm; tres 3 días posteriores del pico de FSH (Ginther *et al.*, 2003). Los signos característicos de esta condición se manifiestan por ovarios pequeños con desarrollo folicular continuo en ausencia de cuerpos lúteos o folículos de tamaño ovulatorio (Wiltbank *et al.*, 2002). La tasa de desarrollo y el diámetro del folículo dominante ovulatorio, la concentración de LH y estradiol se ven reducidas durante dos ciclos previos antes del inicio del anestro nutricional (Bossis *et al.*, 1999). En condiciones normales la emergencia de la onda folicular es caracterizada por un repentino desarrollo (2-3 días) de 8 a 41 pequeños folículos de 3-4 mm, donde por alrededor de 2 días la tasa de desarrollo es similar entre los folículos de la misma onda; luego un folículo es seleccionado para continuar su desarrollo y transformarse así en folículo dominante mientras los restantes comienzan la regresión (folículos subordinados) y la atresia (Adams, 1999). Las variaciones en los patrones de secreción de LH en vacas posparto es coincidente con las concentraciones de estradiol ováricos, indicando que los esteroides

ováricos juegan un rol esencial en la generación de pulsos hipotalámicos (Savio *et al.*, 1990). La concentración de estradiol sérica de vacas con cría se mantiene sin cambios durante las primeras 7 semanas posparto (Spicer *et al.*, 1986).

Se han descrito varios modelos para tratar de explicar la anovulación en vacas con restricción de alimento y/o amamantando (Acosta *et al.*, 1983; Day *et al.*, 1984; Short *et al.*, 1990; Spicer *et al.*, 1986; Wiltbank *et al.*, 2002). Los autores coinciden que para corregir el problema del anestro debería modificarse el efecto inhibitorio del estradiol sobre el hipotálamo. Existe un consenso general, que el feedback negativo lo ejerce la secreción crónica del estradiol por su acción inhibitoria sobre el hipotálamo (Day *et al.*, 1984); con la consecuente inhibición de la secreción pulsátil de la GnRH hipotalámica al sistema hipofisiario portal lo que disminuye, a su vez, la concentración y la frecuencia de pulsos de la LH sérica (Karsch *et al.*, 1987). El 84,2 % de las vacas continuaban en anestro posterior al tratamiento con estrógenos y progesterona, siendo esta proporción similar a lo reportado en primíparas con 85 días posparto (Flores *et al.*, 2006). Solo el 20 % de las primíparas se encuentran ciclando cuando presentan más de 63 días de posparto al inicio de la temporada de servicio (Stevenson *et al.*, 2003).

Durante el examen ecográfico realizado previo a la IATF se determinó que el 94,4 % de las vacas eCG sérica, el 55,5 % de las tratadas con eCG recombinante y el 71,4 % de las Controles presentaron un FDO a la IATF. Las vacas tratadas con eCG sérica al momento del retiro de los dispositivos presentaron un FDO a la IATF de mayor tamaño en relación con las vacas Control, mientras que fue similar en las vacas tratadas con eCG sérica y recombinante y entre las tratadas con eCG recombinante y las Controles, lo que difiere a lo reportado por otros autores (Villarraza *et al.*, 2021). En bovinos la eCG presenta actividad tanto LH como FSH (De Rensis F and F., 2014; Murphy and Martinuk, 1991). El desarrollo del FD es estimulado por la eCG debido a su afinidad con los receptores de LH y FSH presentes en las células de la granulosa (Murphy and Martinuk, 1991).

La administración de eCG estimula el desarrollo y la tasa de ovulación del folículo dominante presente al momento del tratamiento (De Rensis F and F., 2014). La capacidad ovulatoria de un folículo está determinada por el diámetro folicular y la dosis de LH (Sartori *et al.*, 2001). Durante el posparto estimula la producción de estradiol dentro de los 2 días posteriores a la aplicación de 750 UI de eCG, dentro de los 4 días después 250 UI de eCG y dentro de 6 días en hembras no tratadas (Sheldon and Dobson, 2000). La eCG sérica administrada, el mismo día del retiro del dispositivo vaginal, en vacas primíparas aumenta el crecimiento folicular, sin interferir con el número de ovulaciones ni con el momento de la ovulación (Sales *et al.*, 2016).

En el presente trabajo, la tasa de ovulación normal fue del 88,9 % de las vacas tratadas con eCG sérica, del 50,0 % en las tratadas con eCG recombinante y del 38,1 % en las Control. Estas diferencias se asociaron con la relación significativa detectada entre el tiempo de ovulación y los grupos tratados con las diferentes Gonadotrofinas. Las ovulaciones anormales anticipadas se produjeron en el 5,5 % del total de tratadas con eCG sérica, en el 44,4 % del total de las eCG recombinante y en el 28,6 % del total de las Control. La única ovulación anticipada detectada en las tratadas con eCG sérica se produjo en una vaca que perdió el dispositivo, mientras que en las tratadas con eCG recombinante solo el 12,5 % de las ovulaciones anticipadas se produjo en una hembra que perdió su dispositivo previo al retiro; en cambio y en el caso de las Control, el 66,7 % de las ovulaciones se produjeron por la pérdida del dispositivo.

La tasa de retención de los dispositivos durante el tratamiento de sincronización fue del 79 %, lo cual fue inferior a los 84 % a 94 % reportados por otros autores (Roche, 1976; Walsh *et al.*, 2007; Walsh *et al.*, 2008). Esta pérdida de dispositivos pudo haber provocado una disminución anticipada en la concentración de progesterona plasmática que, asociado a incrementos de pulsos de

LH producido por el destete, desencadenaron las ovulaciones anticipadas observadas, en mayor medida, en las vacas Control. Cabe recordar que se realizó un destete precoz de todas las hembras 7 días previos al inicio de la sincronización. El efecto del destete o del amamantamiento de un ternero ajeno a la madre ocasionan el mismo incremento en la frecuencia de pulsos de LH a partir del segundo día de tratamiento, mientras que el vínculo materno con su cría disminuye la frecuencia de pulsos de LH y la actividad luteal (Silveira *et al.*, 1993). La sustitución de un ternero propio por uno desconocido produce un escape de los efectos inhibitorios en la frecuencia del pulso de LH en presencia de visión u olfacción por parte de la madre, mientras la influencia inhibitoria del amamantamiento sobre la secreción de LH puede ser sostenida solo si las señales de olfacción y visión (juntas o separadas) se encuentran presentes en la vaca con su ternero propio (Griffith and Williams, 1996). Las neuronas de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) se originan en la placa nasal durante el desarrollo embrionario y migran al cerebro durante el desarrollo prenatal; una vez dentro del cerebro, estas células se convierten en componentes integrales del eje hipotalámico-pituitario-gonadal (Forni and Wray, 2015).

Si bien hasta el momento no existen demasiados antecedentes sobre la distribución de la ovulación de vacas en anestro tratadas con eCG recombinante, se podría especular que la mayor tasa de ovulación anticipada observada podría estar asociada a una mayor potencia de la hormona. No obstante, la tasa de concepción en vacas Angus con cría al pie sincronizadas con un protocolo a base de estradiol y progesterona y tratadas con diferentes dosis de eCG recombinante (105 UI, 120 UI o 140 UI) y 400 UI eCG sérica al momento del retiro de los dispositivos fue similar entre los grupos tratados con eCG (Villaraza *et al.*, 2021). La eCG recombinante no solo demostró actividad biológica en bovinos, sino que esta bioactividad pareció ser más alta que la eCG sérica, ya que 140 UI de eCG recombinante fueron necesarios para ejercer el mismo efecto biológico que 400 UI de eCG sérica en un protocolo de sincronización de la ovulación (Villaraza *et al.*, 2020).

Los folículos adquieren capacidad ovulatoria alrededor de los 10 mm, correspondiente aproximadamente a 1 día después de iniciar la desviación folicular, pero requieren mayor dosis de LH para inducir la ovulación comparado con folículos de mayor tamaño (Sartori *et al.*, 2001). La tasa de ovulación general fue del 94,4 % para las tratadas eCG sérica y eCG recombinante y del 66,6 % para las Control, siendo superior a los 80 %, 71 % y 41 % reportados para las tratadas con eCG sérica, eCG recombinante y Control respectivamente (Villaraza *et al.*, 2021). Esta diferencia del 27,8 % en la tasa de ovulación entre las tratadas con eCG (sérica y recombinante) y la Control son coincidentes con 28 % reportado en vacas primíparas tratadas el mismo día del retiro del dispositivo vaginal (Sales *et al.*, 2016). La tasa de ovulación en vacas en anestro tratadas con eCG sérica y eCG recombinante es superior a las vacas Controles (Villaraza *et al.*, 2021). El similar tamaño del CL a los 7 días posterior a la IATF entre las vacas ovuladas de los diferentes tratamientos es coincidente con lo reportado previamente (Sales *et al.*, 2016; Tortorella *et al.*, 2013; Villaraza *et al.*, 2020).

La relación significativa entre la tasa de concepción y los grupos tratados con eCG es coincidente con la mayor fertilidad de vacas primíparas *Bos indicus* sincronizadas con protocolos a base de estradiol y progesterona (Ferreira *et al.*, 2018; Sales *et al.*, 2016). La mayor tasa de concepción en las vacas tratadas con eCG sérica estaría vinculada al mayor tamaño del FDO, asociado a una mayor tasa de ovulación normal. Se ha descrito que en vacas tratadas con eCG presentan la misma variabilidad en la tasa de ovulación en relación a vacas Control, siendo el intervalo desde el retiro del dispositivo a la ovulación entre 54 a 90 horas, con un pico de 70 a 85 % durante las 66 horas (Sales *et al.*, 2016). El intervalo desde el retiro del dispositivo a la ovulación de vacas *Bos Taurus* x *Bos indicus* en anestro es, en promedio, de 57 horas en vacas Control, a 63 horas en tratadas con eCG

recombinante, mientras que en las tratadas con eCG sérica es de 73 horas en promedio (Villaraza *et al.*, 2021).

CONCLUSION

Se concluye que en vacas primíparas en anestro la aplicación de eCG sérica, al momento del retiro de los dispositivos intravaginales, estimula un mayor desarrollo del FDO a la IATF, incrementa y concentra la tasa de ovulación (normal) y mejora la concepción en relación con vacas no tratadas, mientras que la eCG recombinante presenta crecimiento folicular intermedio con una elevada tasa de ovulación antes de las 48 horas de aplicada. Deben realizarse estudios complementarios con la eCG recombinante para determinar si la mayor ovulación anticipada está asociada a la potencia de la hormona en la dosis utilizada en el presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A los laboratorios ZOOVET y CALIER Argentina por la donación de las Gonadotrofinas Coriónicas Equinas utilizadas en el trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA B, TARNAVSKY GK, PLATT TE, HAMERNIK DL, BROWN JL, SCHOENEMANN HM, REEVES JJ. Nursing Enhances The Negative Effect Of Estrogen On Lh Release In The Cow. *J. Anim. Sci.* 1983; 57: 1530-1536.
- ADAMS GP. Comparative patterns of follicle development and selection in ruminants. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement.* 1999; 54: 17- 32.
- BISHOP DK, WETTEMANN RP. Pulsatile Infusion of Gonadotropin-Releasing Hormone Initiates Luteal Activity in Nutritionally Anestrous Beef Cows *J. Anim. Sci.* 1993a. 71: 2714-2720.
- BISHOP DK, WETTEMANN RP. Pulsatile Infusion of Gonadotropin-Releasing Hormone Initiates Luteal Activity in Nutritionally Anestrous Beef Cows. *J. Anim. Sci.* 1993b; 71: 2714-2720.
- BOSSIS I, WETTEMANN RP, WELTY SD, VIZCARRA JA, SPICER LJ, DISKIN MG. Nutritionally Induced Anovulation in Beef Heifers: Ovarian and Endocrine Function Preceding Cessation of Ovulation. *J. Anim. Sci.* 1999; 77: 1536-1546.
- CRISPO M, MEIKLE MN, SCHLAPP G, MENCHACA A. Ovarian superstimulatory response and embryo development using a new recombinant glycoprotein with eCG-like activity in mice. *Theriogenology.* 2021; 164: 31-35.
- CROWE MA. Resumption of Ovarian Cyclicity in Post-partum Beef and Dairy Cows. *Reprod Dom Anim.* 2008; 43: 20-28.
- CROWE MA, MULLEN MP. Chapter 7: Regulation and Function of Gonadotropins Throughout the Bovine Oestrous Cycle In: Vizcarra, J. (Ed.) *Gonadotropin.* InTechEditors. 2013.
- DAY ML, IMAKAWA K, GARCIA-WINDER M, ZALESKY DD, SCHANBACHER BD, KITTOCK RJ, KINDER JE. Endocrine Mechanisms of Puberty in Heifers: Estradiol Negative Feedback Regulation of Luteinizing Hormone Secretion *Biol Reprod.* 1984; 31: 332-341.
- DE RENSIS F, LÓPEZ-GATIUS F. Use of equine chorionic gonadotropin to control reproduction of the dairy cow: a review. *Reprod Domest Anim.* 2014;49(2):177-182.
- DI RIENZO JA, CASANOVES F, BALZARINI MG, GONZALEZ L, TABLADA M, ROBLEDO CW. *InfoStat* (Córdoba, Argentina, Universidad Nacional de Córdoba). 2011.
- DUFFY P, CROWE MA, BOLAND MP, ROCHE JF. Effect of exogenous LH pulses on the fate of the first dominant follicle in postpartum beef cows nursing calves. *Journal of Reproduction and Fertility.* 2000; 118: 9-17.

- EDWARDS S. The effects of short term calf removal on pulsatile LH secretion in the postpartum beef cow. *Theriogenology*. 1985; 23: 777-785.
- FERREIRA RM, CONTI TL, GONÇALVES RL, SOUTO LA, SALES JNS, SÁ FILHO MF, ELLIFF FM, BARUSELLI PS. Synchronization treatments previous to natural breeding anticipate and improve the pregnancy rate of postpartum primiparous beef cows. *Theriogenology*. 2018; 114: 206-211.
- FLORES R, LOOPER ML, KREIDER DL, POST NM, ROSENKRANS CFJ. Estrous behavior and initiation of estrous cycles in postpartum Brahman-influenced cows after treatment with progesterone and prostaglandin F_{2α}. *J Anim Sci*. 2006; 84:1916–1925.
- FORNI PE, WRAY S. GnRH, anosmia and hypogonadotropic hypogonadism - Where are we? *Frontiers in Neuroendocrinology*. 2015; 36: 165-177.
- GINTHER OJ, BEG MA, DONADEU FX, BERGFELT DR. Mechanism of follicle deviation in monovular farm species. *Animal Reproduction Science*. 2003; 78: 239-257.
- GRIFFITH MK, WILLIAMS GL. Roles of Maternal Vision and Olfaction in Suckling-Mediated Inhibition of Luteinizing Hormone Secretion, Expression of Maternal Selectivity, and Lactational Performance of Beef Cows. *Biology of Reproduction*. 1996; 54: 761-768.
- KARSCH FJ, CUMMINS JT, THOMAS GB, CLARKE IJ. Steroid Feedback Inhibition of Pulsatile Secretion of Gonadotropin-Releasing Hormone in the Ewe. *Biology of Reproduction*. 1987; 36: 1207-1218.
- MIN KS, PARK JJ, LEE SY, BYAMBARAGCHAA M, KANG MH. Comparative gene expression profiling of mouse ovaries upon stimulation with natural equine chorionic gonadotropin (NeCG) and tethered recombinant-eCG (ReCG). *BMC Biotechnology*. 2020; 20(1):59.
- MONTIEL F, AHUJA C. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Animal Reproduction Science*. 2005; 85: 1-26.
- MURPHY BD, MARTINUK SD. Equine Chorionic Gonadotropin. *Endocrine Reviews*. 1991; 12: 27-44.
- MURPHY MG, BOLAND MP, ROCHE JF. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef suckler cows. *J. Reprod. Fertil*. 1990; 90: 523-533.
- RICHARDS MW, WETTEMANN RP, SCHOENEMANN HM. Nutritional Anestrus in Beef Cows: Body Weight Change, Body Condition, Luteinizing Hormone in Serum and Ovarian Activity. *J. Anim. Sci*. 1989; 67: 1520-1526.
- ROCHE JF. Retention rate in cows and heifers of intravaginal Silastic coils impregnated with progesterone. *J Reprod Fertil*. 1976; 46: 253-255.
- SALES JNS, BOTTINO MP, SILVA LACL, GIROTTO RW, MASSONETO JPM, SOUZA JC, BARUSELLI PS. Effects of eCG are more pronounced in primiparous than multiparous *Bos indicus* cows submitted to a timed artificial insemination protocol. *Theriogenology*. 2016; 86: 2290-2295.
- SARTORI R, FRICKE PM, FERREIRA JCP, GINTHER OJ, WILTBANK MC. Follicular Deviation and Acquisition of Ovulatory Capacity in Bovine Follicles. *Biology of Reproduction*. 2001; 65: 1403-1409.
- SAVIO JD, BOLAND MP, HYNES N, ROCHE JF. Resumption of follicular activity in the early post-partum period of dairy cows. *J Reprod Fertil*. 1990; 88: 569-579.
- SHELDON IM, DOBSON H. Effect of administration of eCG to postpartum cows on folliculogenesis in the ovary ipsilateral to previously gravid uterine horn and uterine involution. *J Reprod Fertil*. 2000; 119: 157-163.
- SHORT RE, BELLOWS RA, STAIGMILLER RB, BERARDINELLI JG, CUSTEP EE. Physiological Mechanisms Controlling Anestrus and Infertility In Postpartum Beef. *J. Anim. Sci*. 1990; 68: 799-816.
- SILVEIRA PA, SPOON RA, RYAN DP, WILLIAMS GL. Evidence for Maternal Behavior as a Requisite Link in Suckling-Mediated Anovulation in Cows. *Biology of Reproduction*. 1993; 49: 1338-1346.

- SPICER LJ, CONVEY EM, LEUNG K, SHORT RE, TUCKER HA. Anovulation in Postpartum Suckled Beef Cows. II. Associations among Binding of 125I-Labeled Gonadotropins to Granulosa and Thecal Cells, and Concentrations of Steroids in Serum and Various Sized Ovarian Follicles. *J. Anim. Sci.* 1986; 62: 742-750.
- STEVENSON S, JOHNSON SK, MILLIKEN GA. Incidence of Postpartum Anestrus in Suckled Beef Cattle: Treatments to Induce Estrus, Ovulation, and Conception. *The Professional Animal Scientist.* 2003; 19: 124-134.
- TORTORELLA RD, FERREIRA R, TONELLOTTA DOS SANTOS J, SILVEIRA DE ANDRADE NETO O, BARRETA MH, OLIVEIRA JF, GONÇALVES PB, NEVES JP. The effect of equine chorionic gonadotropin on follicular size, luteal volume, circulating progesterone concentrations, and pregnancy rates in anestrous beef cows treated with a novel fixed-time artificial insemination protocol. *Theriogenology.* 2013; 79: 1204-1209.
- VILLARRAZA CJ, ANTUÑA S, TARDIVO MB, RODRÍGUEZ MC, MUSSIO P, CATTANEO L, FONTANA D, DÍAZ PU, ORTEGA HH, TRÍBULO A, MACAGNO A, BÓ GA, CEAGLIO N, PRIETO C. Development of a suitable manufacturing process for production of a bioactive recombinant equine chorionic gonadotropin (reCG) in CHO-K1 cells. *Theriogenology.* 2021; 172, 8-19.
- VILLARRAZA J, ANTUÑA S, TARDIVO B, RODRÍGUEZ MC, MUSSIO P, CATTANEO L, FONTANA D, CEAGLIO N, PRIETO C. Development of a suitable manufacturing process for production of a bioactive recombinant equine chorionic gonadotropin (reCG) in CHO-K1 cells. This is a preprint and has not been peer reviewed. Data may be preliminary. 2020,
- WALSH RB, LEBLANC SJ, DUFFIELD TF, KELTON DF, WALTON JS, LESLIE KE. The effect of a progesterone releasing intravaginal device (PRID) on pregnancy risk to fixed-time insemination following diagnosis of non-pregnancy in dairy cows. *Theriogenology.* 2007; 67: 948-956.
- WALSH RB, LEBLANC SJ, VERNOOY E, LESLIE KE. SAFETY of a progesterone-releasing intravaginal device as assessed from vaginal mucosal integrity and indicators of systemic inflammation in postpartum dairy cows. *Can J Vet Res.* 2008; 72: 43-49.
- WILTBANK MC, GÜMEN A, SARTORI R. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology.* 2002; 57: 21-52.
- YAVAS Y, WALLON JS., Induction of ovulation in postpartum suckled beef cows: A review. *Theriogenology.* 2000; 54:1-23.
- ZOOVET 2020. FOLI-REC. eCG recombinante ¡lista para usar! <https://www.zoovet.com.ar/images/Folletos/folirec.pdf>.

SCORE DE VAGINITIS, TASA DE RETENCIÓN Y TASA DE CONCEPCIÓN DE VAQUILLONAS DE LECHE SINCRONIZADAS CON UN DISPOSITIVO INTRAVAGINAL PROTOTIPO CIRCULAR CONTENIENDO 300 MG DE PROGESTERONA

Scándolo, D.E.¹; Scándolo, D.G.²; Cuatrin, A.L.³; Roskopf, S.²; Finello, M.¹; Maciel, M.¹

¹ INTA EEA Rafaela.

² UNL – Fac. Cs. Veterinarias Esperanza.

³ INTA EEA Paraná.

maciel.martin@inta.gob.ar.

INTRODUCCIÓN

Los dispositivos intravaginales comerciales utilizados en veterinaria para aportar progesterona exógena durante los protocolos de sincronización tienen forma de “Y” o “T”. La progesterona liberada desde la matriz de estos dispositivos intravaginales es del 33,4% en vaquillonas de leche (Scandolo, *et al.*, 2016), del 20,1% al 37,4% en vacas de carne y del 38,5% en vacas de tambo (Helbling, *et al.*, 2020). Esto indica que, independientemente de la forma geométrica y de la concentración inicial, más del 60 % de la progesterona queda contenida en la matriz de los dispositivos luego de su uso durante 7 días. El objetivo del presente trabajo es comparar la tasa de retención (TR), el score de vaginitis (EV) al momento del retiro del dispositivo y la tasa de concepción (TC) de vaquillonas de leche sincronizadas con un dispositivo intravaginal comercial (DIC) con forma de “Y” conteniendo 700 mg de progesterona (P4) y con un dispositivo intravaginal prototipo con forma “circular” (DIP) con 300 mg de progesterona.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la unidad de cría del INTA EEA Rafaela. Se utilizaron 84 vaquillonas (51 Holando, 3 Jersey y 33 Holando x Jersey) con $23,8 \pm 3,7$ meses de edad y un peso promedio 386 ± 49 kg. Se dividieron al azar, considerando el grupo racial, en 2 grupos donde recibieron un dispositivo intravaginal comercial (DIC) conteniendo 700 mg de progesterona (n=40) con forma de “Y” y un dispositivo intravaginal prototipo circular (DIP) con 300 mg de progesterona (n=44). Al momento de la inserción se aplicó 2 mg benzoato de estradiol IM (día 0). Y al retiro (día 7), 0,15 mg IM de D+cloprostenol y 0,5 mg IM de Cipionato de estradiol + pintura en la base de la cola. La inseminación artificial (IA) se realizó a partir de las 52 h. de retirados los dispositivos intravaginales (DI). Al momento de la IA se visualizó el despintado, asumiendo como “celo positivo” por remoción de la pintura y “no celo o negativo” cuando se mantuvo intacta. A estas últimas se le aplicó 0,0105 g de acetato de busarelina (GnRH) al momento de la IA. Al momento del retiro se estableció la TR y se asignó el EV según la cantidad y tipo de restos en el dispositivo: 0- sin restos; 1- pequeñas cantidades de restos de pus en el dispositivo; 2- cantidades copiosas de restos de pus en el dispositivo y la vulva (Walsh, *et al.*, 2008). El diagnóstico de gestación se realizó a los 32 días de la IA mediante una ecografía transrectal utilizando un transductor lineal de 5 MHz (Ecógrafo Berger Lc 2010). Para evaluar la TR y la proporción de hembras preñadas en cada tratamiento se realizó prueba para la diferencia de proporciones,

mientras que para establecer la asociación entre la EV y entre la expresión de celos y los tratamientos se realizaron pruebas de chi cuadrado con INFOTAT (2020).

RESULTADOS

La TR fue similar entre los DIC y los DIP ($P=0,103690$). En el Cuadro 1 se presenta la tasa de retención y el escore de vaginitis al momento del retiro de los dispositivos en vaquillonas tratadas con un DIC y un DIP.

Cuadro 1. Tasa de retención y escore vaginal en vaquillonas lecheras al momento del retiro del dispositivo intravaginal comercial (DIC) impregnado con 700 mg de progesterona y un dispositivo intravaginal prototipo (DIP) conteniendo 300 mg de progesterona luego de permanecer 7 días colocados en vagina.

Tratamiento	TR (%)	Escore vaginal n (%)		
		0	1	2
DIC (n=40)	75	18 (45%)	19 (48%)	3 (7%)
DIP (n=44)	100	0 (0%)	0 (0%)	44 (100%)

Se estableció una asociación significativa entre el EV y los tratamientos ($p<0,0001$). El 93% de las tratadas con DIC no presentaron restos o bien tuvieron pequeñas cantidades de restos de pus en el DI, mientras que el 100% de las vaquillonas tratadas con DIP presentaron cantidades copiosas de restos de pus al momento del retiro de los DI. La TC fue del 53% (23/43) en el DIC y del 66 % (29/44) en el DIP ($p=0,278285$). Se estableció una asociación significativa entre la expresión de celo y los tratamientos ($p=0,0082$). El 67,5% de las vaquillonas tratadas con DIC presentaron celo entre el retiro del DI y la IATF, mientras que el 61,4% de las vaquillonas tratadas con DIP no manifestaron celo. La concepción en las DIC con celo positivo fue del 59,3 % y del 38,5% en las que no manifestaron celo; mientras que en las vaquillonas que recibieron DIP la concepción fue del 76,5% y del 59,3% en las celo positivo y no celo respectivamente ($p=0,21$).

CONCLUSIONES

Se concluye que el DIP presenta una adecuada tasa de retención. La mayor presencia de pus en el DIP, al momento del retiro, no afectó la tasa de concepción del protocolo de sincronización. El DIP permitiría disminuir la concentración de progesterona utilizada en los dispositivos intravaginales comerciales a la mitad o un tercio de lo contenido en la actualidad, mejorando la eficiencia de utilización de la hormona sin afectar la tasa de concepción en vaquillonas de leche.

BIBLIOGRAFÍA

- Di RIENZO, J.A., CASANOVES, F., BALZARINI, M.G., GONZALEZ, L., TABLADA, M. y ROBLEDO, C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- HELBLING, I.M., KARP, F., CAPPADORO, A. and LUNA, J.A. Drug Delivery and Translational Research (2020) 10:1255–1266.
- SCÁNDOLO, D., SCÁNDOLO, D.G., CUATRIN, A. y MACIEL, M. 2016. 39° Congreso Argentino de Producción Animal. Revista Argentina de Producción Animal Vol 36. Supl. 1:1-32 pp17.
- WALSH, R.B., LEBLANC, S.J., VERNOOY, E. and LESLIE, K.E. 2008. The Canadian Journal of Veterinary Research; 72:43–49.

EFFECTO DEL APORTE DE PROGESTERONA EXÓGENA SOBRE EL TAMAÑO DEL FOLÍCULO DOMINANTE Y LA MANIFESTACIÓN DE CELO DE VAQUILLONAS QUE CARECEN DE UN CUERPO LÚTEO AL MOMENTO DEL RETIRO DE UN DISPOSITIVO INTRAVAGINAL CON PROGESTERONA

Scándolo, D.E.¹; Scándolo, D.G.²; Cuatrin, A.L.³; Finello, M.¹; Maciel, M.¹

¹ INTA EEA Rafaela.

² UNL – Fac. Cs. Veterinarias Esperanza.

³ INTA EEA Paraná.

maciel.martin@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La concentración media de progesterona plasmática (CMPL) en vaquillonas ovariectomizadas tratadas con un dispositivo intravaginal (DI) con progesterona (P4) durante 12 días varía entre 8,7 y 2,5 ng/mL (Macmillan et al., 1991). Por otra parte, trabajos recientes indican que la CMPL en vacas lecheras no lactantes es de $1,24 \pm 0,06$ ng/mL luego de permanecer insertados durante 8 días (Melo et al., 2018). Más del 80% de vacas lecheras que no presentan un cuerpo lúteo (CL) y con un folículo dominante (FD) mayor a 10 mm al momento del retiro del DI, manifiestan celo previo a la IATF, indicando que la presencia o ausencia de un CL al retiro tiene influencia sobre el diámetro folicular y la presentación de celo (Scandolo et al., 2014). En situaciones de baja concentración de progesterona, se incrementan los pulsos de LH, el diámetro del folículo preovulatorio y la concentración de estradiol (Stevenson and Lamb, 2016). No obstante, pocos antecedentes se observan en la literatura que indiquen que esto ocurra en vaquillonas. El objetivo del presente trabajo fue determinar el tamaño del FD y el momento de la manifestación de celo (MMC) de vaquillonas que presentan o no un CL al momento del retiro del DI con progesterona (P4 exógena).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la unidad de recría del INTA EEA Rafaela. Se utilizaron 62 vaquillonas (42 Holando y 20 Holando x Jersey) con $447,8 \pm 60,3$ días de edad y un peso promedio $366,2 \pm 58,8$ kg. Las vaquillonas fueron sincronizadas mediante la inserción de un DI con 0,5 g de P4 (DI) y se aplicaron 2 mg de benzoato de estradiol IM (día 0). Al retiro (día 7), se aplicó 0,15 mg de D+Cloprostenol IM y 0,5 mg de cipionato de estradiol IM + pintura en la base de la cola. Al inicio del protocolo, previo a la inserción y posterior al retiro del DI, se realizaron ecografías para clasificar a las hembras en dos grupos según la presencia o ausencia y tamaño del CL y folículo (FOL): Presentan CL (P4 endógena) y P4 exógena del DI (P4 EyE), y carecen del CL pero tienen aporte de P4 exógena (P4 E). Las P4 EyE fueron conformadas por FOL-CL (inserción: folículos > 10 mm y CL ausente o < 15 mm, retiro: CL > 20 mm) y CL-CL (inserción: folículo tamaño variable y CL > 20 mm, retiro: folículo tamaño variable y CL > 20 mm). Las P4 E fueron conformadas por CL-FOL (inserción: folículo tamaño variable y CL > 20 mm, retiro: folículo tamaño variable y ausencia de CL) y FOL-FOL (inserción y retiro: folículo tamaño variable y ausencia de CL). Al momento del retiro del DI, se identificaron y midieron los FD presentes en cada ovario. Las ecografías se realizaron con un ecógrafo portátil con un

transductor de 7,5 MHz. A partir de ese momento, se detectó celo cada 12 horas hasta las 52 horas posterior al retiro del DI. Según el momento en que expresaron celo, las vaquillonas fueron agrupadas en 2 categorías: antes de las 48 horas y sin celo. Para evaluar el tamaño del FD según los grupos de P4 E y P4

EyE se realizó una Prueba Mann-Whitney, mientras que para establecer la asociación entre el momento de la expresión de celo y los grupos se utilizó el test exacto de Fisher con INFOSTAT (2020).

RESULTADOS

El tamaño del FD fue de $10,6 \pm 2,8$ mm en las P4 EyE y de $16,7 \pm 6,4$ mm en las P4 E ($p=0,0001$). En el Cuadro 1 se presenta la proporción y el momento en que las vaquillonas manifestaron celo en los grupos de P4 EyE y P4 E.

Cuadro 1. Momento de la manifestación de celo (MMC) en vaquillonas de los grupos P4 endógena (P4 E) y P4 endógena y exógena (P4 EyE).

MMC	P4 E % (n)	P4 EyE % (n)
Antes 48 horas	100,0 (15)	44,7 (21)
Sin celo	0,0 (0)	55,3 (26)
Total % (n)	100,0 (15)	100,0 (47)

La manifestación de celo del protocolo de sincronización fue del 58,1% (36/62). Se estableció una asociación significativa entre la manifestación de celo y los grupos con diferente aporte de P4 ($p<0,0001$). El 100% de las vaquillonas P4 E manifestaron celo dentro de las 48 horas de retirado el DI, de las cuales el 33,3 % lo hicieron antes de las 24 horas y el 66,7 % restante entre las 25 y 48 horas. Por otra parte, en las vaquillonas P4 EyE sólo el 44,7% manifestaron celo antes de las 48 horas, de las cuales el 90 % de estas lo hicieron entre las 25 y 48 horas.

CONCLUSIONES

Se concluye que las vaquillonas que carecen de un CL al momento del retiro del DI y sólo reciben un aporte de P4 exógena, presentan un FD de mayor tamaño y, en su totalidad, manifiestan celo antes de las 48 horas de retirado los DI. El mayor desarrollo del FD en este grupo indicaría que la P4 liberada por el DI sería insuficiente para mantener los pulsos de LH similares a la frecuencia de diestro.

BIBLIOGRAFÍA

- DI RIENZO, J.A., CASANOVES, F., BALZARINI, M.G., GONZALEZ, L., TABLADA, M. y ROBLEDO, C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- MACMILLAN, K.L., TAUFA, V.K., BARNES, D.R. and DAY, A.M. 1991. *Animal Reproduction Science* 26: 25-40.
- MELO, L.F., MONTEIRO, P.L.J., OLIVEIRA, L.H., GUARDIEIRO, M.M., DRUM, J.N. and WILTBANK, M.C., SARTORI, R. 2018. *J Dairy Sci.* 101 (4): 3537-3544.
- SCÁNDOLO, D., SCÁNDOLO, D.G., CUATRÍN, A., VANZETTI, L., LOPEZ DE CERRO, P. y MACIEL, M. 2014. 37° Congreso Argentino de Producción Animal. AAPA – 2nd Joint Meeting ASAS-AAPA – XXXIX Congreso de la Asociación chilena SOCHIPA.
- STEVENSON, J.S. and LAMB, G.C. 2016. *J Dairy Sci.* 99: 5951-64.

EFFECTO DE LA PROGESTERONA EXÓGENA SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE CELO Y LA TASA DE CONCEPCIÓN EN VAQUILLONAS SIN CUERPO LÚTEO AL INICIO DEL PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN UTILIZANDO DOS DISPOSITIVOS INTRAVAGINALES DE FORMAS Y CONCENTRACIONES DIFERENTES

Scándolo, D.E.¹; Scándolo, D.G.²; Cuatrin, A.L.³; Finello, M.¹; Maciel, M.¹

¹ INTA EEA Rafaela.

² UNL – Fac. Cs. Veterinarias Esperanza.

³ INTA EEA Paraná.

maciel.martin@inta.gob.ar.

INTRODUCCIÓN

Existen diversos antecedentes que indican que la ausencia de cuerpo lúteo (CL) al momento del retiro del dispositivo intravaginal (DI) con progesterona (P4), determina que el folículo ovulatorio sea de mayor tamaño en relación a aquellas hembras que presentan un CL (Bisinotto et al., 2015, Melo et al., 2018). La suplementación con dos DI es capaz de restablecer la fertilidad en vacas que carecen de un CL al inicio del protocolo, similar a lo obtenido en vacas en diestro (Bisinotto et al., 2015). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la distribución de celo de vaquillonas lecheras cuyo desarrollo folicular, durante el protocolo de sincronización de la ovulación, se produjo sin CL y con un aporte de P4 exógena mediante un dispositivo intravaginal comercial (DIC) con forma de "Y" conteniendo 500 mg de P4 y con un dispositivo intravaginal prototipo (DIP) con forma "circular" conteniendo 300 mg de P4 y con mejor superficie de contacto en vagina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la unidad de cría del INTA EEA Rafaela donde se utilizaron 58 vaquillonas Holando con $25,9 \pm 3,6$ meses de edad. Las hembras seleccionadas presentaron un cuerpo lúteo (CL) al momento de la revisión ecográfica. En ese momento, se dividieron en dos grupos donde, uno recibió un dispositivo intravaginal comercial (DIC) conteniendo 500 mg de P4 (n=29) con forma de "Y" y el otro recibió un dispositivo intravaginal prototipo con forma circular (DIP) conteniendo 300 mg de P4 (n=29). Las vaquillonas de ambos grupos se inyectaron con 0,15 mg de D+Cloprostenol y 2 mg benzoato de estradiol (día 0). Al retiro de los DI (día 7), se realizó una segunda ecografía para corroborar la ausencia de CL (P4 endógena) y para caracterizar el folículo dominante (FD) en mayor o menor de 10 mm. Se aplicó 0,5 mg IM de cipionato de estradiol + pintura en la base de la cola. A partir de ese momento, se detectó celo e inseminó hasta las 48 horas. Las hembras que no manifestaron celo fueron inseminadas a tiempo fijo (IATF) a partir de las 52 horas de retirado el DI. A la IATF se visualizó el despintado, asumiendo como celo positivo la remoción de la pintura y no celo o negativo cuando se mantuvo intacta. A estas últimas, se les aplicó 0,0105 mg de acetato de busarelina (GnRH) al momento de la inseminación. El diagnóstico de gestación se realizó a los 32 días de la IATF mediante una ecografía transrectal utilizando un transductor lineal de 5 MHz. Para evaluar la proporción de hembras preñadas en cada tratamiento se realizó una prueba para diferencia de

proporciones, mientras que para establecer la asociación entre el tamaño del FD y la dispersión en la distribución de celo entre los tratamientos, se realizó el test exacto de Fisher con INFOTAT (2020).

RESULTADOS

No se estableció una asociación entre el tamaño del FD mayor o menor a 10 mm al retiro del dispositivo ($P= 0,7730$); sin embargo, se observó una asociación entre la distribución de celo y el tipo de dispositivo utilizado ($P<0,0001$). En el Cuadro 1 se presenta la distribución de celo en los DIC y DIP.

Cuadro 1. Distribución de celo y concepción en vaquillonas posterior al retiro del dispositivo intravaginal comercial (DIC) y dispositivo intravaginal prototipo circular (DIP).

DI	Distribución de celo y concepción		
	Evento	24-28 horas	48-52 horas
DIC	Celo (n)	17 (58,6 %)	12 (41,4 %)
	Concepción	58,8 %	25,0 %
DIP	Celo (n)	1 (3,4 %)	28 (96,6 %)
	Concepción	0,0 %	53,6 %

El 58,6% de las vaquillonas que recibieron DIC manifestaron celo entre las 24 y 28 horas de retirado el DI, de las cuales el 64,7% lo hizo antes de las 24 horas. Por otra parte, el 96,6% de las vaquillonas que recibieron DIP manifestaron celo entre las 48 y 52 horas, de las cuales el 71,4% lo hizo a las 48 horas. La concepción general del DIC fue de 44,8% (13/29) y del DIP fue del 51,7% (15/29) ($P>0,05$), siendo variable en cada horario.

CONCLUSIONES

Se concluye que, en vaquillonas sin CL al inicio de un protocolo de IATF, el uso del DIP con una menor concentración de P4, produce una alta concentración de celos posterior a las 48 horas de su retiro, momento más cercano al horario de la IATF. En contraposición, la anticipada y mayor dispersión de celos observada en el DIC puede estar asociada a una insuficiente liberación de P4 e indicaría que debería anticiparse la IA en aquellas hembras que manifiestan celo antes de las 24 horas de retirado los DI. Los resultados obtenidos sugieren la factibilidad de desarrollo de nuevos dispositivos intravaginales para lograr mejores tasas de concepción en la IATF de hembras no "presincronizadas".

BIBLIOGRAFÍA

- BISINOTTO, R.S., CASTRO, L.O., PANSANI, M.B., NARCISO, C.D., MARTINEZ, N., SINEDINO, L.D., PINTO, T.L., Van de BURGVAL, N.S., BOSMAN, H.M., SURJUS, R.S., THATCHER, W.W. and SANTOS, J.E. 2015. J Dairy Sci. 98: 2515-28.
- Di RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA, M. y ROBLEDO, C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- MELO, L.F., MONTEIRO JR., P.L.J., NASCIMENTO, A.B., DRUM, J.N., SPIES, C., PRATA, A.B., WILTBANK, M.C. and SARTORI, R. 2018. J Dairy Sci 101:1-14.

ASOCIACIONES ENTRE LA CICLICIDAD, LA CONDICIÓN CORPORAL Y LA PREÑEZ DE VACAS DE CRÍA EN ANESTRO SOMETIDAS A DESTETE DEFINITIVO O TEMPORARIO

Scándolo, D.E.¹; Mazzuca, V.²; Finello, M.¹; Cuatrín, A.³; Maciel, M.¹

¹ INTA EEA Rafaela.

² INTA AER San Cristóbal.

³ INTA EEA Paraná.

maciel.martin@inta.gob.ar.

INTRODUCCIÓN

El amamantamiento, el vínculo vaca-ternero, la disminución en el balance energético y la condición corporal al parto, producen un retraso en el reinicio de la ovulación en vacas de cría debido a una falta en la frecuencia de pulsos de LH (Crowe, 2008). El estímulo de amamantamiento actúa a nivel hipotalámico, suprimiendo la liberación de la hormona liberadora de la hormona luteinizante (LHRH) y disminuyendo la concentración de LH sérica en vacas posparto con cría al pie (Zalesky *et al.*, 1990). Con destete temporario, las vacas manifiestan un incremento máximo en la frecuencia de pulsos de LH luego del segundo día, donde la duración del destete durante 96 o más horas son necesarias para maximizar la ovulación (Shively y Williams, 1989). La restricción alimentaria inhibiría los mecanismos centrales de liberación de LHRH más que los de síntesis de LHRH ya que la hipófisis anterior no se ve comprometida en estas condiciones (Schillo, 1992). Si esto sucede durante la temporada de servicios, el destete de los terneros es la tecnología de manejo de elección para disminuir los requerimientos nutricionales de las vacas (Leaden *et al.*, 2019). El objetivo del trabajo fue determinar el efecto del tipo de destete (Definitivo o Temporario) previo al inicio de un protocolo de sincronización de la ovulación sobre la ciclicidad posparto, los cambios en la condición corporal (CC) y la preñez de vacas de cría en anestro durante un contexto de sequía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 86 vacas en anestro perteneciente a un rodeo de cría "Nueva Palmira" de la EEA Rafaela del INTA ubicado en Capivara, Santa Fe, Argentina desde el 19/1/21 al 9/3/21. Las hembras tenían $80,8 \pm 18,0$ días de paridas y una CC de $2,51 \pm 0,18$ (escala 1 a 5). Para determinar la ausencia de ciclicidad, se realizó una ecografía transrectal estableciendo en anestro, aquellas que no tuviesen estructuras ováricas e imágenes uterinas compatibles con estados del ciclo estral normal. Al inicio del protocolo las vacas recibieron 2 tipos de destete: Definitivo (n=49) vacas que se les extrajo la cría de manera definitiva y Temporario (n=37) vacas donde los terneros fueron enlatados durante 14 días y luego continuaron con el amamantamiento. Las vacas ingresaron a un protocolo de sincronización e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) que consistió en la inserción de DI de 0,6 g de progesterona y 2 mg IM de benzoato de estradiol (día 0). Al retiro de los dispositivos intravaginales (DI) (día 7), se aplicó 500 mcg IM de cloprostenol sódico, 1 mg IM de cipionato de estradiol, 400 UI de eCG sérica y pintura en la base de la cola. Al día 9 se realizó la IATF a partir de las 48 horas de retirado los DI. A la IA se visualizó el despintado, asumiendo como celo positivo la remoción total de la pintura y no celo o negativo cuando se mantuvo intacta. A éstas se le aplicó 0,0105 g de acetato de buserelina (GnRH).

Posterior a la IATF las hembras tuvieron servicio natural durante 40 días. Los exámenes ginecológicos para determinar la preñez y el estatus ovárico/uterino de las vacías, se realizaron a los 39 días pos IATF con un ecógrafo portátil, tiempo real, con un transductor transrectal lineal de 7,5 MHz. Para evaluar la proporción de hembras preñadas en cada tratamiento se realizó prueba para la diferencia de proporciones, mientras que para establecer la asociación entre las estructuras ováricas (FOL y CL) y si hubo o no incrementos en la condición corporal con los tipos de destetes realizados, se realizaron pruebas de chi cuadrado (InfoStat 2017).

RESULTADOS

A los 48 días de iniciado los destetes, el 44,9 % de las vacas que resultaron vacías en el Definitivo presentaron un cuerpo lúteo, mientras que la misma proporción de las vacas con Temporario presentaron folículos ≤ 10 mm sin tono uterino. En el Cuadro 1 se presenta asociación entre las estructuras ováricas de las vacías y las preñadas con los tipos de destetes realizados.

Cuadro 1. Asociación entre las estructuras ováricas y la preñez a la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) de vacas en anestro luego del destete Definitivo o Temporario.

Destete	Cuerpo lúteo	Folículo	Preñez IATF
Temporario	18,9 % (7)	45,9 % (17)	35,1 % (13)
Definitivo	44,9 % (22)	18,4 % (9)	36,7 % (18)

La tasa de concepción del tiempo fijo fue similar entre tratamientos ($p > 0,05$), mientras que se determinó una relación significativa entre las estructuras ováricas ($p = 0,0085$) y entre los cambios de condición corporal ($p = 0,001$) con el tipo de destete realizado. El 83,3% de las vacas con Definitivo presentaron un incremento en la CC mientras que el 56,8% de las vacas con Temporario mantuvieron o perdieron CC durante el mismo período, teniendo 6,56 veces más chances de incrementar su condición corporal las vacas con destete Definitivo.

CONCLUSIONES

Se concluye que la tasa de concepción a la IATF de vacas en anestro no incrementa con la restricción total del amamantamiento al inicio del protocolo de sincronización de la ovulación. No obstante, el mayor incremento en la condición corporal y la mayor presencia de cuerpos lúteos observada a los 40 días de servicio natural indicarían que el destete definitivo sería el tratamiento de elección si la restricción alimenticia continúa (sequía) pos IATF.

BIBLIOGRAFÍA

- CROWE, M.A. 2008. *Reprod Dom Anim* 43, 20-28.
SHIVELY, T.E. and WILLIAMS, G.L. 1989. *Domestic Animal Endocrinology* 6, 379-387.
SCHILLO, K.K. 1992. *J. Anim. Sci.* 70, 1271-1282.
ZALESKY, D.D., FORREST, D.W., MCARTHUR, N.H., WILSON, J.M., MORRIS, D.L. and HARMS, P.G. 1990. *J. Anim. Sci.* 68, 444-448.
LEADEN, K., BURGESS, J. y RECAVARREN, P. 2019. *Boletín Manejo de sequía*. INTA

DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE VACAS BRANGUS EN ANESTRO EN UN PROTOCOLO DE INSEMINACIÓN A TIEMPO FIJO CON eCG RECOMBINANTE

Scándolo, D.E.¹; Mazzuca, V.²; Finello, M.¹; Cuatrín, A.³; Maciel, M.¹

¹ INTA EEA Rafaela.

² INTA AER San Cristóbal.

³ INTA EEA Paraná.

maciel.martin@inta.gob.ar.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del trabajo fue determinar la preñez de vacas Brangus destetadas, ciclando y en anestro, tratadas o no con eCG recombinante durante el protocolo de sincronización de la ovulación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 147 vacas Brangus en anestro pertenecientes a un rodeo de cría de la EEA Rafaela del INTA ubicado en Capivara, Santa Fe. Las hembras tenían $46,7 \pm 10,5$ días de paridas y una condición corporal de $2,33 \pm 0,27$ (escala 1 a 5). Para determinar la ausencia de ciclicidad, se realizó una ecografía transrectal estableciendo en anestro aquellas hembras con ausencia de tono uterino y de un cuerpo lúteo en los ovarios, con folículos dominantes < 10 mm. Se les practicó un destete precoz y a los 23 días se realizó una segunda ecografía para determinar la ciclicidad y poder asignarlas a un tratamiento al momento del retiro de los dispositivos intravaginales (DI). Se diseñó un programa de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), cuyo protocolo de sincronización consistió en la inserción de un dispositivo intravaginal (DI) de progesterona (0,6 g) y la aplicación de benzoato de estradiol (2 mg IM) (día 0). Al retiro de los DI (día 7), se aplicaron 0,150 mg D+Cloprostenol, cipionato de estradiol (1 mg IM), y pintura en la base de la cola. Aquí, las vacas se dividieron en 3 grupos: eCGr: vacas en anestro con un folículo ≤ 10 mm y recibieron 140 UI de Gonadotrofina Coriónica Equina recombinante; Control, vacas en anestro con un folículo ≤ 10 mm sin eCGr y vacas Cíclicas, aquellas que presentaron un cuerpo lúteo y no recibieron eCGr. Al día 9 se realizó la IATF a partir de las 48 horas de retirado los DI. A la IA se visualizó el despintado, asumiendo como la manifestación de celo la remoción total de la pintura y de no celo cuando ésta se mantuvo intacta. A éstas últimas se les aplicó 0,0105 g de acetato de buserelina. Posterior a la IATF, las hembras tuvieron servicio natural durante 53 días. Los exámenes ginecológicos, la preñez a los 32 días pos IATF y luego de los 53 días de servicio natural, se realizaron con un ecógrafo portátil) con un transductor lineal de 7,5 MHz. Se asignaron aleatoriamente los animales a los tratamientos en evaluación.

Se verificó que los días desde el parto fueron semejantes en los tratamientos, como así también los tamaños foliculares similares al inicio de los protocolos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas e intervalo de confianza del 95% para los días desde el parto y tamaño folicular por tratamiento.

Tratamiento	n	Días desde el parto		Tamaño folicular (mm)	
		Media	IC95	Media	IC95
eCGr	65	47	44-49	6,00	5,51-6,49
Control	28	45	40-50	6,01	5,18-6,84
Cíclicas	54	48	45-50	8,33	7,46-9,21

Para establecer la asociación entre la tasa de concepción y los tratamientos realizados se realizó una prueba de chi cuadrado (InfoStat 2017).

RESULTADOS

A los 23 días del destete el 44,2% de las vacas presentaron un cuerpo lúteo en uno de los ovarios, mientras que 55,8% restante continuaban en anestro. Los días posparto en las vacas cíclicas y en anestro fueron similares, al igual que los tamaños foliculares al inicio del tratamiento en las vacas en anestro (Cuadro 1). En la Figura 1 se presenta la concepción a la IATF y luego de los 53 días de servicio en vacas cíclicas y en anestro tratadas con eCG recombinante. Se determinó una relación significativa entre la concepción a la IATF ($p < 0,001$) y la concepción acumulada a los 53 días de servicio ($p < 0,01$) en favor de las cíclicas vs las anéstricas. La concepción a la IATF en las vacas cíclicas fue del 64,8%, mientras que en las vacas en anestro tratadas con y sin eCGr fue del 33,8% y del 32,1% respectivamente. La concepción acumulada a los 53 días fue del 96,3% para las Cíclicas, del 77,4% para las eCGr y del 77,8% para las Control.

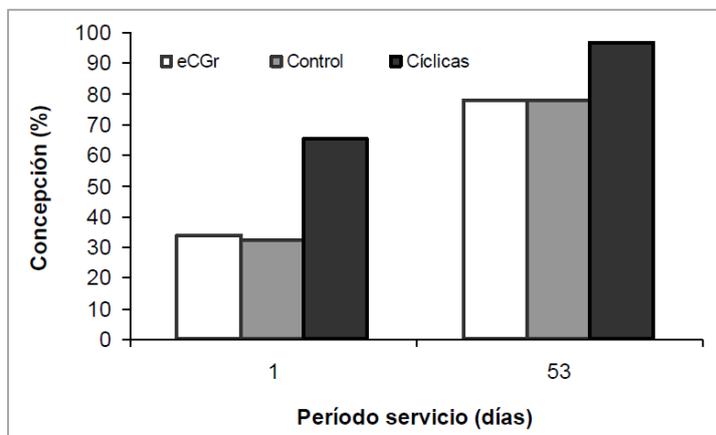


Figura 1. Concepción a la IATF (1) y concepción acumulada en 53 días de servicio natural de vacas destetadas cíclicas, control y en anestro tratadas con Gonadotrofina Coriónica Equina recombinante.

CONCLUSIONES

La administración de eCG no incrementó la concepción de vacas en anestro con folículos ≤ 10 mm al inicio del tratamiento de sincronización. Vacas cíclicas destetadas y sincronizadas con un protocolo a base de estradiol y progesterona presentan una mayor concepción que vacas en anestro destetadas y tratadas o no con eCGr al momento del retiro de los dispositivos.

RESPUESTA OVÁRICA Y TASA DE CONCEPCIÓN DE VAQUILLONAS DE LECHE SINCRONIZADAS CON UN PROTOCOLO DE PROESTRO DE 72 HORAS Y UN PROTOCOLO CONVENCIONAL MODIFICADO

Maciel, M.¹; Scándolo, D.E.¹; Cuatrín, A.²; Finello, M.¹

¹ INTA EEA Rafaela.

² INTA EEA Paraná.

maciel.martin@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

Una disminución en el intervalo de 5 días entre la administración de GnRH y prostaglandina (PG) y una extensión en el proestro (intervalo desde el inicio de la luteólisis a el pico de LH inducido por la GnRH) incrementa la tasa de preñez en vacas de carne (Bridges *et al.*, 2008). Recientemente y con el objeto de extender el proestro previo a la inseminación, se desarrolló un protocolo denominado J-Synch que consiste en la aplicación de estradiol y un dispositivo intravaginal (DI) con progesterona (P4) por un período de 6 días con la aplicación de GnRH a las 72 h del retiro del DI (de la Mata y Bó, 2012). En los últimos años diversos investigadores focalizaron sus estudios en comparar si este nuevo protocolo es superior al denominado "Convencional" que consiste en la aplicación de estradiol y un DI con P4 por un período de 7 días y la administración de PG y cipionato de estradiol al momento del retiro del DI, realizándose la IATF a partir de las 48 a 52 horas posteriores al retiro del DI. No obstante, este protocolo Convencional fue optimizado, hace 10 años, con la adición de pintura al momento del retiro del DI y aplicación de GnRH a las hembras que no manifiestan celo entre el retiro de DI y la IATF, incrementando la concepción del protocolo original (López del Cerro *et al.*, 2011). El objetivo del trabajo fue comparar el tamaño del folículo dominante (FD) al momento del retiro del DI y tasa de concepción de un protocolo de sincronización Convencional modificado (CM) y J Synch (JS), además de establecer asociaciones entre la concepción de vaquillonas que manifiestan o no celo previo a la IATF y entre el tamaño del FD menor o mayor a 12 mm al momento del retiro del DI.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 188 vaquillonas (130 Holando y 58 Holando x Jersey) pertenecientes a tres tambos de la EEA Rafaela del INTA con $15,3 \pm 2,8$ meses de edad y un peso de $391,2 \pm 56,1$ kg desde el 28/7/20 al 08/12/20. Las vaquillonas fueron sincronizadas en 4 bloques que fueron pareados previamente por su edad, raza, si fue su primer o segundo servicio y la estructura ovárica presente al momento del ingreso al protocolo de sincronización de la ovulación. Las vaquillonas ingresaron a dos protocolos de sincronización para la IATF: Convencional modificado (CM, n= 92) o J Synch (JS, n= 96). El CM consistió en la inserción de DI de 0,7 g de P4 y 2 mg IM de benzoato de estradiol (día 0). Al retiro de los DI (día 7), se aplicó 0,15 mg IM de D+cloprostenol, 1 mg IM de cipionato de estradiol y pintura en la base de la cola. Al día 9 se realizó la IATF a partir de las 60 horas de retirado el DI. El JS consistió en la inserción de un DI de 0,7 g de P4 y 2 mg IM de benzoato de estradiol (día 0). Al retiro de los DI (día 6), se aplicó 0,15 mg IM de D+cloprostenol y pintura en la base de la cola. Al día 9 se realizó la IATF a partir de las 72 horas de retirado el DI. En ambos protocolos se visualizó el despintado

al momento de la inseminación, asumiendo como celo positivo la remoción total de la pintura y no celo o negativo cuando se mantuvo intacta. A estas últimas vaquillonas se les aplicó 0,0105 mg de acetato de busarelina (GnRH). Los exámenes ginecológicos para determinar el estatus ovárico/uterino al inicio y retiro de los DI y la concepción se realizaron con un ecógrafo portátil, tiempo real, con un transductor transrectal lineal de 7,5 MHz. Para evaluar la proporción de hembras preñadas en cada tratamiento se realizó prueba para la diferencia de proporciones, mientras que para establecer la asociación entre la concepción y la proporción de hembras en celo a la IATF y entre la concepción con tamaños foliculares menores o mayores a 12 mm entre tratamientos, se realizaron pruebas de chi cuadrado. Para establecer el tamaño del FD al momento del retiro del DI se realizó una Prueba Mann-Whitney (InfoStat 2017).

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan las tasas de concepción, la manifestación de celo y la preñez de vaquillonas tratadas con diferentes protocolos para IATF.

Cuadro 1. *Tasas de concepción, expresión de celo y preñez en vaquillonas tratadas con diferentes protocolos para IATF.*

Parámetro	CM (n=92)	JS (n=96)	P valor
Concepción	59,8 (55)	61,5 (59)	0,88
Celo	68,5 (63)	71,9 (69)	0,61
Preñez celo (+)	65,1 (41/63)	65,2 (45/69)	0,27
Preñez celo (-)	48,3 (14/29)	52,9 (14/27)	0,27
FD al retiro (mm)	10,6 ± 3,2	9,6 ± 3,5	0,006

El mayor tamaño del FD en el CM podría asociarse al día adicional colocación-retiro DI que tuvieron las vaquillonas del CM en relación al JS (día 6 vs. 7). Se estableció una asociación entre el tamaño del FD al momento del retiro del DI y la proporción de hembras preñadas ($P=0,0120$), siendo la concepción del 64,3 y 66,7% en las vaquillonas con folículo menor a 12 mm y del 31,6 y 36,4% en vaquillonas con folículo mayor a 12 mm para el CM y JS, respectivamente.

CONCLUSIONES

Se concluye que las similitudes encontradas en la tasa de concepción, en la proporción de hembras preñadas que manifiestan celo o no al momento de la IATF y en la concepción según el tamaño del FD al momento del retiro del DI indican que la elección del protocolo debería priorizar la organización de los horarios de inseminación que mejor se adapten según la cantidad de animales a inseminar y el manejo del establecimiento. Si la relación entre vaquillonas celo positivo y tasa de concepción se repite en experiencias similares, se deberían plantear protocolos que aumenten el número de animales en celo en el día de la IATF.

BIBLIOGRAFÍA

- BRIDGES, G.A., HELSER, L.A., GRUM, D.E., MUSSARD, M.L., GASSER, C.L. and DAY, M.L. 2008. *Theriogenology* 69: 843-851.
- DE LA MATA, J.J. and BÓ, G.A. 2012. *Taurus* 55: 17-23.
- LÓPEZ DEL CERRO, P., SCÁNDOLO, D.G., VANZETTI, L., CUATRIN, A., SCÁNDOLO, D. y MACIEL, M. 2011. IX Simposio Internacional de Reproducción Animal. pp 326.

PERFIL DE PROGESTERONA PLASMÁTICA EN VACAS LECHERAS DE MEDIANA PRODUCCIÓN TRATADAS CON UN DISPOSITIVO INTRAVAGINAL PROTOTIPO CIRCULAR

Scándolo, D.E.¹; Scándolo, D.G.²; Cuatrin, A.L.³; Finello, M.¹; Maciel, M.¹

¹ INTA EEA Rafaela.

² UNL – Fac. Cs. Veterinarias Esperanza.

³ INTA EEA Paraná.

scandololucini.d@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La concentración de progesterona plasmática (P4) en hembras que reciben dispositivos intravaginales de progesterona (DI) demuestra que aumentan en las primeras horas posteriores a la inserción, para luego ir disminuyendo con el transcurso de los días (Rathbonea *et al.*, 1998). En hembras ovariectomizadas la P4 alcanzan valores de 6-8 ng/mL al día de su inserción para mantenerse luego en valores cercanos a los 2-3 ng/mL (Rathbonea *et al.*, 1998). Sin embargo, en vacas lecheras de alta producción la P4 alcanza niveles subluteales (<1,0 ng/mL) luego del segundo día de tratamiento (Cerri *et al.*, 2009), manifestando la incapacidad de los DI de mantener niveles de P4 ≥ 2 ng/mL durante los 7 días en que permanecen insertados. Con los diseños de DI actuales en forma de "T", "Y" o " Δ " (Silva *et al.*, 2021, Rathbonea *et al.*, 1998), se requiere de la inserción de 2 DI para mantener la fertilidad de vacas que inician protocolos sin un CL (Bisinotto *et al.*, 2015). Una mayor concentración de P4 en el DI no implica mayor liberación al torrente circulatorio (Silva *et al.*, 2021). Para establecer la necesidad de diseños con mejor y mayor superficie de contacto en vagina, el objetivo del trabajo fue comparar la concentración de P4 al cuarto y séptimo día de vacas lecheras de mediana producción tratadas con un DI comercial en forma "Y" (DIC) y con un DI prototipo circular (DIP) conteniendo P4.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un tambo ubicado en Devoto (31°24'58.7"S 62°20'55.2"W), Argentina desde el 11/4/2017 al 21/4/2017. Se utilizaron 12 vacas Holstein (8 primíparas y 4 multíparas) con $103 \pm 55,5$ días posparto con $2,44 \pm 0,34$ de condición corporal (1-5) y $21,9 \pm 1,8$ L/d. Luego del ordeño de la madrugada (AM) y previo a la inserción de los DI, las vacas fueron revisadas mediante una ecografía transrectal utilizando un transductor lineal de 5 MHz (Ecógrafo Berger Lc 2010) para identificar la presencia de cuerpo lúteo (CL) en los ovarios. Al momento en que se insertaron los DI, las hembras fueron inyectadas con una dosis 2 mg de benzoato de estradiol y una dosis de prostaglandinas (0,015 g D+Cloprostenol) intramuscular (IM) que se repitió a las 12 horas. En este momento, se formaron dos grupos: DIC (n=6) vacas que recibieron un dispositivo comercial con forma de "Y" impregnado con 0,6 g de P4 y DIP (n=6) aquellas que recibieron un dispositivo prototipo con forma circular impregnado con 1 g de P4. A los 4 días y 7 días posteriores se realizaron nuevas ecografías transrectales para confirmar la ausencia CL y se obtuvieron muestras de sangre mediante venopunción coccígea con anticoagulante EDTA para la posterior determinación de P4 por duplicado utilizando una fase sólida directa RIA. Para detectar diferencias en las concentraciones P4 entre tratamientos y días de evaluación se aplicó un análisis de la varianza para medidas repetidas en el tiempo con INFOSTAT (2020).

Artículo presentado de forma oral y escrita en el "XLVI Congreso Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal", organizado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Área Nacional de Producción Animal. 10 al 12 de noviembre de 2021.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las ecografías realizadas al cuarto y séptimo día de insertados los DI, confirmaron la ausencia de CL durante el tratamiento, es decir, ausencia de P4 endógena. La concentración media de P4 115 (CMP4) fue de $1,3 \pm 0,2$ ng/mL en las DIC y de $2,0 \pm 0,2$ ng/mL en las DIP ($P=0,0273$). Vacas lecheras no lactantes tratadas durante 8 a 10 días con DI comerciales de diferentes formas y contenidos de P4 presentan una CMP4 similar e inferior a los $1,6$ ng/mL (Silva *et al.*, 2021, Melo *et al.*, 2018), mientras que en vacas anovulatorias de alta producción la CMP4 es de $0,67 \pm 0,04$ ng/mL (Cerri *et al.*, 2009). En la Figura 1 se presentan la P4 de vacas lecheras posteriores a la inserción de los DI.

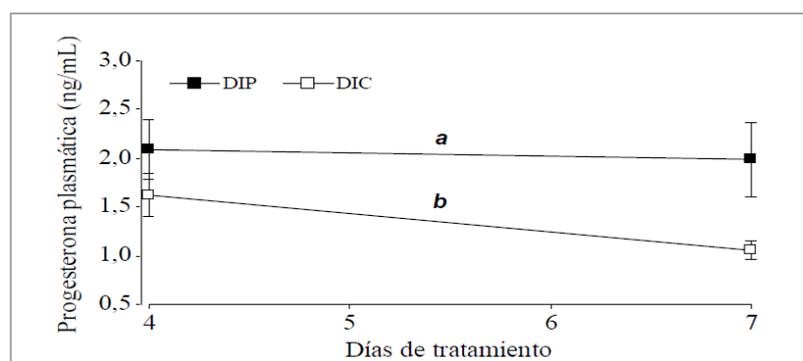


Figura 1. Progesterona plasmática (\pm EE) en vacas Holstein tratadas con DIC (○) y DIP (●).

Al retiro del DI, la P4 en las vacas con DIC fue de $1,0 \pm 0,3$ ng/mL, mientras que en las con DIC fue de $2,0 \pm 0,3$ ng/mL ($P<0,05$). Vacas tratadas con DI comerciales presentan, a los 7 días posteriores a la inserción, concentraciones de P4 inferiores a $1,5$ ng/mL (Silva *et al.*, 2021, Melo *et al.*, 2018, Cerri *et al.*, 2009). Las tratadas con DIP alcanzaron la concentración mínima necesario para obtener altas tasas de concepción en vacas que carecen de CL (Bisinotto *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

Se concluye que el DIP es capaz de mantener la P4 plasmática de vacas lecheras de mediana producción en concentraciones ≥ 2 ng/mL desde el cuarto al séptimo día de tratamiento, momento en que se produciría el crecimiento del folículo dominante ovulatorio. Por otra parte, un DIC conteniendo $0,6$ g de P4 es capaz de mantener las concentraciones de P4 en niveles cercanos a 1 ng/mL durante los días en que permanecen insertados.

BIBLIOGRAFIA

- RATHBONEA MJ, MACMILLAN KL, INSKEEP K, BURGGAFF S, BUNT CR. 1998. Fertility regulation in cattle. *Journal of Controlled Release* 54(2): 117-48.
- CERRI RL, RUTIGLIANO HM, BRUNO RG, SANTOS JE. 2009. Progesterone concentration, follicular development and induction of cyclicity in dairy cows receiving intravaginal progesterone inserts. *Anim Reprod Sci.* 110(1-2):56-70
- R.S. BISINOTTO, L.O. CASTRO, M.B. PANSANI, C.D. NARCISO, N. MARTINEZ, L.D.P. SINEDINO, T.L.C. PINTO, N.S. VAN DE BURG WAL, H.M. BOSMAN, R.S. SURJUS, W.W. THATCHER, J.E.P. SANTOS. 2015. Progesterone supplementation to lactating dairy cows without a corpus luteum at initiation of the Ovsynch protocol. *J Dairy Sci.* 98 (4): 2515-2528.

- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- SILVA LOE, VALENZA A, ALVES RLOR, SILVA MAD, SILVA TJBD, MOTTA JCL, DRUM JN, MADUREIRA G, SOUZA AH, SARTORI R. 2021. Progesterone release profile and follicular development in Holstein cows receiving intravaginal progesterone devices. *Theriogenology*. 172:207-215.
- MELO LF, MONTEIRO PLJ JR, OLIVEIRA LH, GUARDIEIRO MM, DRUM JN, WILTBANK MC, SARTORI R. 2018. Circulating progesterone concentrations in nonlactating Holstein cows during reuse of intravaginal progesterone implants sanitized by autoclave or chemical disinfection. *J Dairy Sci*. 101(4):3537-3544.

SANIDAD



RESISTENCIA A LOS ANTIPARASITARIOS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE LA GARRAPATA COMÚN DEL BOVINO *RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS*: ESTADO DE SITUACIÓN EN LA PROVINCIA DE SANTA FE

Torrents, J.¹; Martínez, N.C.²; Nava, S.³

¹ UNL Fac. Cs. Veterinarias.

² INTA EEA Reconquista.

³ IDICAL (INTA-CONICET), INTA EEA Rafaela.
nava.santiago@inta.gob.ar.

La garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* es un ectoparásito hematófago asociado a los bovinos y, desde el punto de vista sanitario y económico, es uno de los parásitos con mayor relevancia en el mundo para la producción pecuaria. Esta garrapata produce pérdidas físicas directas en los animales, como disminución en la ganancia de peso, daño de los cueros, mortalidad y menor producción láctea, sumado a los costos relacionados a su control (productos garrapaticidas, mano de obra, infraestructura de bañaderos) y pérdidas asociadas a la transmisión de enfermedades, debido a que *R. microplus* es el vector exclusivo de *Babesia bovis* y *Babesia bigemina*, agentes causales de la babesiosis bovina (Späth *et al.* 1994). Un factor deletéreo adicional es la relación directa que existe entre altos niveles de parasitismos con garrapatas y la aparición de miasis.

En las regiones propicias para el desarrollo de *R. microplus* es prácticamente inviable el desarrollo de una actividad ganadera rentable sin su control, esto incluye el norte de la provincia de Santa Fe. El método de control más utilizado en la Argentina es el empleo de acaricidas químicos sintéticos, lo que ha derivado en muchos casos en la aparición de poblaciones de garrapatas resistentes a diferentes grupos químicos. La resistencia a los antiparasitarios empleados como acaricidas es un fenómeno hereditario que se define como una reducción en la susceptibilidad de las mismas a un compuesto químico cuando éste es aplicado en la concentración recomendada y respetando las recomendaciones para su uso (FAO, 2004). El desarrollo de resistencia a los acaricidas en garrapatas se debe a múltiples factores entre los cuales la presión de selección ejercida por el uso sostenido en el tiempo de un compuesto químico en particular es una de las más relevantes. Esta presión de selección es ejercida no sólo por el poder residual de los acaricidas sino también por la frecuencia en la cual son aplicados anualmente (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2006a, b).

Hipotéticamente, y de manera simplificada, toda población de garrapatas está compuesta por una proporción de individuos susceptibles a una droga A y otra proporción (usualmente menor) de individuos con genotipos que confieren resistencia. Los fenómenos de resistencia se vuelven evidentes cuando la proporción de individuos resistentes crece. Cada vez que se efectúa un tratamiento con la droga A se produce un desbalance de oportunidades entre los individuos, favoreciendo a los resistentes, que no son afectados por el tratamiento. De este modo, la proporción de individuos resistentes en una población potencialmente crecerá cada vez que se efectúa un tratamiento con la droga A. Este hecho resulta magnificado cuando se aplican tratamientos sucesivos con drogas del mismo grupo químico o que comparten similar mecanismo de acción. Asimismo, la resistencia también puede surgir por la introducción en un establecimiento de animales provenientes de otro sitio que

acarreen garrapatas resistentes, y sin que haya una evidente presión de selección *in situ* (en el lugar de destino) para que ésta ocurra.

En Sudamérica ya se han detectado casos de resistencia a todos los compuestos químicos garrapaticidas disponibles comercialmente (Reck *et al.*, 2014; Klafke *et al.*, 2017), y en Argentina en particular, hasta el momento se han registrado poblaciones de *R. microplus* resistentes a las drogas arsenicales, organofosforados, piretroides, formamidinas, fenilpirazoles y avermectinas (Grillo Torrado y Pérez Arrieta, 1977; Mangold *et al.*, 2000, 2004; Guglielmone *et al.*, 2006; Cutullé *et al.*, 2013; Nava *et al.*, 2018; Torrents *et al.*, 2020a,b).

En consecuencia, el uso óptimo y estratégico de los acaricidas requiere un conocimiento preciso de la condición de resistencia-susceptibilidad a los garrapaticidas de las poblaciones de *R. microplus* sujetas a tratamientos en una región determinada. Ante la sospecha de un caso de resistencia acaricida se necesita realizar un análisis de las causas que permita arribar a un diagnóstico preciso. Esto contempla no solo conocer la historia de los tratamientos efectuados a lo largo del tiempo, la forma de conservación y aplicación de los productos acaricidas, sino también de la realización de pruebas *in vivo* (a campo) e *in vitro* (en el laboratorio). Entre las pruebas *in vitro* disponibles para diagnosticar resistencia se encuentran la prueba del paquete de larvas (PPL), la prueba de inmersión de larvas (PIL) y la prueba de inmersión de adultos (PIA). Todas estas pruebas consisten en la realización de ensayos controlados donde las garrapatas son desafiadas con diferentes concentraciones de acaricidas de referencia para luego evaluar su supervivencia o su capacidad para poner huevos y/o que éstos eclosionen *a posteriori*.

La PIA consiste básicamente en la formación de grupos homogéneos (en función del peso) de teleoginas¹. Estas garrapatas son sumergidas en diluciones elaboradas a partir de productos acaricidas comerciales aprobados para inmersión, a la concentración de pie de baño, o de productos que no han sido elaborados para inmersión, de los cuales las dosis son estimadas a través de estudios de dosis respuesta en cepas susceptibles. Posteriormente a la inmersión, se evalúa la viabilidad y fertilidad de las teleoginas. Respecto a las técnicas que emplean larvas, la PPL se basa en exponer durante 24 horas larvas de *R. microplus* a concentraciones crecientes de droga técnica, la cual se impregna en un soporte de papel, luego de lo cual se evalúa la mortalidad de las mismas.

La PIL consiste en la inmersión de larvas en volúmenes fijos de concentraciones crecientes de droga técnica diluida por un tiempo determinado, y la posterior evaluación de la mortalidad de las larvas a las 24 horas post-inmersión. En el Cuadro 1 se muestran las pruebas *in vitro* disponibles en Argentina para detectar resistencia a diferentes grupos químicos. La PIA tiene como ventaja la rapidez en la obtención de resultados (dos semanas), mientras que en el caso de las pruebas que emplean larvas (PPL y PIL) los resultados recién se pueden informar a partir de la séptima u octava semana de remitida la muestra. Sin embargo, el número de muestras requeridas para llevar a cabo la PIA (mínimo de 30-40 teleoginas) y las necesidades logísticas (la muestra no se puede procesar si las garrapatas arriban al laboratorio transcurridas las 36-48 horas desde la colecta) constituyen una limitante que no tienen las pruebas que utilizan larvas, debido a que estas últimas se pueden realizar con unas pocas teleoginas y sin limitantes de tiempo de arribo al laboratorio, siempre y cuando no se vean afectadas en su capacidad reproductiva durante el envío.

¹ Garrapatas hembras ingurgitadas y fecundadas, que se encuentra sobre el animal y a punto de desprenderse para realizar la oviposición en el ambiente

Cuadro 1. Pruebas *in vitro* disponibles en Argentina para detectar resistencia en garrapatas a diferentes grupos químicos.

Prueba de inmersión de adultos (PIA)	Prueba de inmersión de larvas (PIL)	Prueba de paquete de larvas (PPL)
- Piretroides	- Avermectinas (Ivermectina)	- Piretroides
- Fosforado-piretroide	- Fenilpirazoles (Fipronil)	- Fenilpirazoles (Fipronil)
- Amidinas (Amitraz)		
- Avermectinas (Ivermectina)		

Con respecto a una prueba de campo, el método empleado por Nava *et al.*, (2018) permite inferir la presencia de garrapatas resistentes a la droga evaluada. Este método consiste en formar tres grupos de animales homogéneos en cuanto a carga de garrapatas y biotipo. Dos grupos deben ser tratados con una formulación comercial diferente de la misma droga a evaluar. El tercer grupo de animales debe permanecer sin tratamiento (grupo testigo). Una vez realizada la aplicación de los acaricidas, se realizan conteos de garrapatas durante el período de poder residual absoluto de la droga evaluada, considerando el modo de acción de la misma (por ejemplo, drogas con poder de *volteo* que actúa *por contacto*, *drogas sistémicas de larga acción que actúan inhibiendo el desarrollo de las garrapatas, etc.*).

En la provincia de Santa Fe, por medio de diferentes pruebas *in vitro*, se han diagnosticado a la fecha casos de resistencia de *R. microplus* a tres grupos químicos: cipermetrina, ivermectina y fipronil (Cuadro 2). Los resultados presentados en este trabajo se basan en PIA para piretroides, PIL para ivermectina, y PPL para fipronil, tal como se describen en Klafke *et al.*, (2017), Torrents *et al.*, (2020a) y Torrents *et al.*, (2020b), respectivamente. A la fecha, todas las muestras con diagnóstico de resistencia provienen de establecimientos ubicados en localidades de los departamentos de Vera y General Obligado. Este resultado es esperable porque ambos departamentos pertenecen al área de la provincia de Santa Fe más apta para el desarrollo de *R. microplus* (ver Guglielmo, 1992 y Nava *et al.*, 2020), lo que implica un mayor número y frecuencia de tratamientos garrapaticidas que en otros departamentos donde la garrapata también está presente.

Cuadro 2. Muestras de garrapatas originarias de establecimientos de la provincia de Santa Fe diagnosticados como resistentes. PPL: Prueba del paquete de larvas. PIA: Prueba de inmersión de adultos. PIL: Prueba de inmersión de larvas.

Departamento	Localidad	Prueba <i>in vitro</i>	Droga	Referencia
Vera	Tartagal	PPL	Cipermetrina	Mangold <i>et al.</i> 2000
Vera	Margarita	PIA	Cipermetrina	Este trabajo
Vera	Garabato	PIL	Ivermectina	Este trabajo
Vera	Margarita	PIL	Ivermectina	Este trabajo
Vera	Intiyaco	PIL	Ivermectina	Este trabajo
General Obligado	Las Garzas	PIL	Ivermectina	Este trabajo
General Obligado	Reconquista	PIL	Ivermectina	Este trabajo
General Obligado	Villa Ocampo	PIL	Ivermectina	Este trabajo
Vera	Intiyaco	PPL	Fipronil	Torrents <i>et al.</i> 2020b
General Obligado	Las Garzas	PPL	Fipronil	Este trabajo
General Obligado	Reconquista	PPL	Fipronil	Este trabajo

La existencia de casos de resistencia en Santa Fe a tres de los grupos químicos más importantes utilizados para controlar la infestación con *R. microplus* en bovinos de Argentina, indica la necesidad de llevar a cabo un monitoreo continuo de la eficacia de las drogas (con pruebas *in vitro* o de campo) para detectar de manera temprana una disminución en la eficacia de las mismas. Esto permite hacer un uso más eficiente de los acaricidas disponibles comercialmente y preservar la funcionalidad de los mismos. En este sentido, en la provincia de Santa Fe existen dos centros que ofrecen el servicio de diagnóstico de resistencia en garrapatas, uno perteneciente a la Facultad de Veterinaria de la Universidad Nacional del Litoral en la ciudad de Esperanza, y otro en el Laboratorio de Inmunología y Parasitología del INTA Rafaela. Finalmente es importante recalcar que la falla de un tratamiento no necesariamente es indicativa de resistencia. La eficacia terapéutica de una droga también puede verse disminuida por una aplicación incorrecta (ej. sub-dosificación, incorrecta preservación de la droga), cuando no se trata al total de los animales del rodeo o debido a una falla en la formulación comercial del producto. Por lo tanto, estos aspectos también deben ser considerados al evaluar la eficacia de un acaricida.

BIBLIOGRAFÍA

- CUTULLÉ C, LOVIS L, D'AGOSTINO BI, BALBIANI GG, MORICI G, CITRONI D, REGGI J, CARACOSTANTO GOLO JL. 2013. In vitro diagnosis of the first case of amitraz resistance in *Rhipicephalus microplus* in Santo Tomé (Corrientes), Argentina. *Vet. Parasitol.* 192, 296-300.
- FAO, 2004. Resistance Management and Integrated Parasite Control in Ruminants – Guidelines, Module 1 – Ticks: Acaricide Resistance: Diagnosis, Management and Prevention. Food and Agriculture Organization, Animal Production and Health Division, Rome, pp. 25-77.
- GRILLO TORRADO JM, PÉREZ ARRIETA A. 1977. Nuevo tipo de fósforo-resistencia en la garrapata común del ganado bovino (*Boophilus microplus*) en la República Argentina. *Rev. Med. Vet.* 58, 101-105
- GUGLIELMONE AA. 1992. The level of infestation with the vector of cattle babesiosis in Argentina. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 87, Suppl. III, 133-137
- GUGLIELMONE AA, MANGOLD AJ, CASTELLI M, SUÁREZ VH, AGUIRRE DH, ALCARAZ E, CAFRUNE MM, CETRÁ B, FADER OW, LUCIANI CA, MEDUS PD, NAVA S. 2006. Toxicidad in vitro de la cipermetrina para *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Can.) y del diazinón para *Haematobia irritans* (L.) en la Argentina. *Rev. Inv. Agropec.* 35, 31-41.
- KLAFKE GM, WEBSTER A, DALL'AGNOL B, PRADEL E, SILVA J, DE LA CANAL LH, BECKER M, OSÓRIO MF, MANSSON M, BARRETO R, SCHEFFER R, SOUZA UA, CORASSINI VB, DOS SANTOS J, RECK J, MARTINS JR. 2017. Multiple resistance to acaricides in field populations of *Rhipicephalus microplus* from Rio Grande do Sul state, southern Brazil. *Ticks Tick-borne Dis.* 8, 73-80.
- MANGOLD A J, MUÑOZ COBEÑAS ME, CASTELLI MC, SCHERLING NJ, DELFINO M, GUGLIELMONE AA. 2000. Resistencia a la cipermetrina en una población de *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) del norte de Santa Fe, Argentina. *Rev. Med. Vet. (Bs. As.)*, 81: 259-261
- MANGOLD AJ, CASTELLI ME, NAVA S, AGUIRRE DH, GUGLIELMONE AA. 2004. Poblaciones de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistentes a los piretroides en Córdoba y Salta, Argentina. *Revista FAVE.* 3, 55-59.
- NAVA S, ROSSNER MV, TORRENTS J, MOREL N, MARTÍNEZ NC, MANGOLD AJ, GUGLIELMONE AA. 2020. Management strategies to minimize the use of synthetic chemical acaricides in the control of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini, 1888) in an area highly favourable for its development in Argentina. *Med. Vet. Entomol.* 34, 264-278

- RECK J, KLAFKE GM, WEBSTER A DALL'AGNOL B, SCHEFFER R, SOUZA UA, CORASSINI VB, VARGAS R, SANTOS JS, MARTINS JR. 2014. First report of fluazuron resistance in *Rhipicephalus microplus*: a field tick population resistant to six classes of acaricides. *Vet. Parasitol.* 201, 128-136
- RODRÍGUEZ-VIVAS, RI, ALONSO-DÍAZ MA, RODRÍGUEZ-AREVALO F, FRAGOSO-SANCHEZ H, SANTAMARIA V, ROSARIO-CRUZ R. 2006a. Prevalence and potential risk factors for organophosphate and pyrethroid resistance in *Boophilus microplus* ticks on cattle ranches from the State of Yucatan, Mexico. *Vet. Parasitol.* 136, 335-342.
- RODRÍGUEZ-VIVAS RI, RODRÍGUEZ-AREVALO F, ALONSO-DÍAZ MA, FRAGOSO-SANCHEZ H, SANTAMARIA VM, ROSARIO-CRUZ R. 2006b. Prevalence and potential risk factors for amitraz resistance in *Boophilus microplus* ticks in cattle farms in the State of Yucatan, Mexico. *Prev. Vet. Med.* 75, 280-286.
- SPÄTH EJA, GUGLIELMONE AA, SIGNORINI AR, MANGOLD AJ. 1994. Estimación de las pérdidas económicas directas producidas por la garrapata *Boophilus microplus* y las enfermedades asociadas en la Argentina. 1ra parte. *Therios.* 23, 341-360.
- TORRENTS J, SARLI M, ROSSNER MV, TOFFALETTI JR, MOREL N, MARTINEZ NC, WEBSTER A, MANGOLD AJ, GUGLIELMONE AA, NAVA S. 2020a. Resistance of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* to ivermectin in Argentina. *Res. Vet. Sci.* 132, 332-337.
- TORRENTS J, MOREL N, ROSSNER MV, MARTINEZ NC, TOFFALETTI JR, NAVA S. 2020b. In vitro diagnosis of resistance of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* to fipronil in Argentina. *Exp. Appl. Acarol.* 82, 397-403.

GENÉTICA



ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN BOVINOS PARA LECHE UTILIZANDO MODELOS DE SUPERVIVENCIA

Milba Marina Vera

Tesis para optar al Grado Académico de Doctor en Ciencias Agropecuarias¹

Facultad de Ciencias Agropecuaria - Universidad Nacional de Córdoba

Córdoba, 2021

vera.milba@inta.gob.ar

RESUMEN

Los objetivos de esta tesis fueron 1) estudiar los factores asociados a la concepción tanto en vaquillonas como en vacas, analizando el intervalo entre el primer servicio y la concepción en tambos con pariciones continuas, y el intervalo entre el inicio del período de servicio y la concepción en tambos con pariciones en bloques, y 2) estimar la varianza genética y la heredabilidad del carácter en tambos con pariciones continuas. En función de la distribución del carácter, se ajustaron modelos de Weibull y modelos para datos agrupados. En tambos con pariciones en bloques, la edad, la estación, el año y el número de los servicios artificiales y la tasa de concepción de los toros utilizados afectaron significativamente el riesgo de concepción de las vaquillonas. En vacas el peso posparto, el tamaño del rodeo, los días al parto anterior, la estación, el año y el número de los servicios artificiales y el momento en que se producía el pico de producción de leche resultaron efectos significativos. En vaquillonas de tambos con pariciones continuas, los efectos significativos fueron el tamaño del rodeo, la edad, el mes y el número de los servicios artificiales, mientras que a éstos se agregó la producción de leche a los 100 días de lactancia en vacas. Los valores de las varianzas hallados para los efectos rodeo-año y padre y de la heredabilidad fueron 0,238; 0,231 y 0,15 para vaquillonas y 0,548; 0,065 y 0,03 para vacas, respectivamente. Los modelos de supervivencia resultaron una buena herramienta para el análisis del riesgo de concepción y para la estimación de parámetros genéticos de caracteres relacionados con la fertilidad en hembras en rodeos nacionales. Según los resultados hallados, ajustes en las estrategias de manejo podrían mejorar la eficiencia en la concepción de las hembras. Los parámetros genéticos estimados, si bien resultaron bajos, indican la presencia de variación debida a un componente aditivo en el carácter por lo cual se puede esperar respuesta a la selección. En función de esto el intervalo entre el primer servicio y la concepción, en tambos con pariciones continuas, y el intervalo entre el inicio del período de servicio y la concepción, en tambos con pariciones en bloques, podrían ser caracteres factibles de ser incluidos en índices genéticos para ser considerados en programas de selección en rodeos lecheros nacionales.

Palabras claves. pariciones continuas, pariciones en bloques, varianza genética, fertilidad.

¹ VERA M. M. 2021. *Análisis de la eficiencia reproductiva en bovinos para leche utilizando modelos de supervivencia*. Doctor en Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.

IMPACTO DE FACTORES DE MANEJO SOBRE LA CONCEPCIÓN EN VAQUILLONAS LECHERAS

Vera, M.¹; Piccardi, M.²; Maciel, M.¹; Franco, L.¹; Mezzadra, C.³; Balzarini, M.²

¹ INTA EEA Rafaela.

² Universidad Nacional de Córdoba, Fac. Cs. Agropecuarias – CONICET

³ INTA EEA Balcarce

vera.milba@inta.gob.ar

RESUMEN

El incremento del número de vaquillonas preñadas por unidad de tiempo mejora la eficiencia reproductiva en rodeos lecheros. El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de factores de manejo sobre la concepción. Se analizaron eventos reproductivos en 2532 vaquillonas, ocurridos en 37 años, ajustando modelos de riesgos proporcionales. Los días a la concepción se midieron como el intervalo entre el inicio del período de los servicios y la concepción (IPSC). El período total de observación, por animal, fue de 90 días. Los modelos ajustados para IPSC incluyeron efectos de edad al inicio del período de servicio (IPS), año, número y estación de los servicios, tasa de concepción de los toros y la interacción año con estación de los servicios. El modelo Weibull ajustó el patrón de variación de IPSC. La concepción fue menor en vaquillonas de hasta 18 meses, en el 2° y 3° servicio, y cuando se usaron toros con baja tasa de concepción. La concepción aumentó en los servicios de otoño en 1,17 veces respecto a las de primavera. La identificación de factores de manejo que afectan los días a la concepción en vaquillonas permite corregir estrategias para mejorar la eficiencia reproductiva en el rodeo.

Palabras clave: modelo de riesgos proporcionales; eficiencia reproductiva; tasa de concepción.

SUMMARY

Increasing the number of pregnant heifers per time unit improves reproductive efficiency in dairy herds. The objective of this work was to analyze the effect of management factors on conception. Reproductive events of 2532 heifers throughout 37 years were analyzed adjusting proportional risk models. Days to conception were measured as the interval from the start of the service period to conception (IPSC). The observation period per animal was 90 days. Models adjusted for IPSC include effects of age at the start of the service period (IPS), year, number and season of services, conception rate of bulls, and year-to-season interaction with services. The Weibull model adjusts the IPSC variation pattern. Conception was lower in heifers under 18 months, in the 2nd and 3rd service, and when bulls with less conception rate were used. Conception was higher in fall services by 1.17 times compared to spring services. Identifying management factors affecting days to conception in heifers allows developing strategies to improve reproductive efficiency in dairy herds.

Key words: Proportional hazard models; reproductive efficiency; conception rates.

INTRODUCCIÓN

En respuesta a la disminución de la eficiencia reproductiva en los sistemas de producción de leche, la investigación científica pone énfasis en optimizar el manejo y en redefinir estrategias para su mejora. Se ha trabajado con características de los animales que favorecen la eficiencia reproductiva, que fueron posteriormente incorporadas en índices de selección genética para ser utilizados en programas de mejoramiento. De esta manera, se logró mejorar la eficiencia reproductiva de las vaquillonas en muchos países (Berry, Wall y Pryce, 2014; Miglior, 2005; Miglior *et al.*, 2017; Pryce *et al.*, 2014). En Argentina, aún no se han podido implementar estos programas de mejora y los porcentajes de descarte todavía exceden el número total de hembras obtenidas para el reemplazo. Una de las posibles estrategias para revertir esta situación es incrementar el número de vaquillonas preñadas en el menor tiempo posible, aunque algunos autores también citan la disminución de la edad al primer parto como estrategia recomendada (Brickell y Wathes, 2011; Macmillan, Loree, Mapletoft, y Colazo, 2017). De esta manera las vaquillonas pasan a tener un rol preponderante en la mejora de la eficiencia reproductiva de los rodeos (Le Cozler, Lollivier, Lacasse, y Disenhaus, 2008).

La eficiencia reproductiva toma un rol fundamental en sistemas pastoriles y semipastoriles, ya sean con pariciones continuas o estacionadas. Particularmente en los sistemas con pariciones estacionadas o en bloques, se supone que el pico de partos debiera coincidir con la disponibilidad de la pastura producida para cubrir los requerimientos energéticos de la lactancia. Con esta estrategia se busca reducir los costos por alimentación adicional (Mc Dougall, Heuer, Morton y Brownlie, 2014). Por otro lado, para mantener el ciclo anual de partos es preciso lograr altos porcentajes de hembras preñadas en períodos concentrados de servicios. Por esta razón, la evaluación temprana del desempeño reproductivo es fundamental (Dairy Australia, 2017).

El ajuste de modelos de riesgos proporcionales (MRP) (Cox, 1972) para rasgos definidos como tiempo a la ocurrencia de un evento fue ampliamente utilizado en bovinos para leche y en particular en caracteres relacionados con la fertilidad en hembras (Ansari-Lari y Abbasi, 2008; González-Recio, Chang, Gianola y Weigel, 2005; Piccardi, Balzarini, Capitaine Funes y Bo, 2011; Piccardi, Capitaine Funes, Balzarini, y Bo, 2013). Estos modelos suponen que cada animal tiene un riesgo base de experimentar un evento a un tiempo dado. Sin embargo, este riesgo puede ser modificado por ciertos factores que pueden ser fijos, aleatorios o una combinación de ambos. Este tipo de modelos permite la inclusión de animales que no presentan la ocurrencia del evento en estudio durante el período de tiempo analizado (Ducrocq, 1987); así, el tiempo transcurrido durante el estudio, aún sin que se produzca el evento es también informativo.

El conocimiento preciso de la forma en la que el manejo reproductivo afecta la concepción de las vaquillonas ayudaría a disminuir el intervalo entre el inicio del período de servicio (IPS) y la concepción, favoreciendo la disminución de la edad media al primer parto. Aumentar la eficiencia reproductiva de las vaquillonas permitiría optimizar el rendimiento y la rentabilidad de la fertilidad del rodeo (LeBlanc, 2010). El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de factores de manejo sobre la concepción en vaquillonas de rodeos lecheros con sistemas de pariciones en bloques.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron los datos reproductivos de 2532 vaquillonas Holando, recolectados entre los años 1972 y 2009. El rodeo pertenece a la Estación Experimental Agropecuaria de Rafaela (INTA), localizada en las coordenadas 31° 12' S, 61° 30' O, a 99 m s.n.m. Las pariciones estuvieron concentradas en dos bloques anuales: otoño (febrero, marzo y abril) y primavera (julio, agosto y septiembre). Consecuentemente los servicios artificiales también estaban agrupados en servicios de otoño (mayo, junio y julio) y de primavera (octubre, noviembre y diciembre). Las vaquillonas fueron dadas de alta

al servicio artificial posterior a los 15 meses de edad y habiendo alcanzado al menos el 60 % de peso adulto medio y la madurez sexual. Una vez iniciado el período de servicios, las inseminaciones artificiales dadas se correspondieron a celos detectados visualmente. La preñez se diagnosticó por tacto.

Los días a la concepción (IPSC) fue definida como el intervalo en días entre el IPS y la concepción. El IPS se correspondió con la fecha del primer servicio artificial dado en todo el grupo de vaquillonas para cada período de servicios anual. La fecha de concepción fue verificada por el registro del parto o aborto posterior correspondiente. El periodo total analizado por animal por año fue de 90 días posteriores al IPS. Las vaquillonas muertas o descartadas durante el período de análisis, fueron censuradas.

Los datos fueron analizados ajustando el modelo de riesgos proporcionales. Este tipo de modelo asume la proporcionalidad del riesgo, es decir, que el riesgo de que suceda un evento de interés asociado a los distintos valores de las variables exploratorias afecta multiplicativamente la función de riesgo base. El supuesto de proporcionalidad se controló graficando el $\log(-\log(S_{KM,n}(t)))$ versus el $\log(t)$ para cada uno de los estratos de las covariables siendo S_{KM} el estimador de sobrevivida de Kaplan y Meier (Ducrocq, 2001). La función de riesgo $\lambda(t)$ para la vaquillona i en el tiempo t , es igual a:

$$\lambda_i(t) = \lambda_o(t) \exp(x_i \beta)$$

donde $\lambda_o(t)$ es la función de riesgo base en el tiempo t ; x_i es el vector de covariables o variables que cambian con el tiempo para la vaquillona i ; y β es el correspondiente vector de parámetros de regresión que representan el efecto de cada variable sobre el riesgo del evento para cada animal en cada momento. Se definió un modelo paramétrico, para la función de riesgo base, donde se supone que:

$$\lambda(t) = \lambda_0(\lambda t)^{\rho-1}$$

y que la distribución Weibull ajusta la tasa de ocurrencia del evento de interés, que puede disminuir ($\rho < 1$), permanecer constante ($\rho = 1$) o aumentar ($\rho > 1$) en el tiempo, dependiendo del parámetro de forma (Kalbfleisch y Prentice, 2002). Para el ajuste del modelo se utilizó el programa Survival Kit V6.1 (Ducrocq, Sölkner, y Mézaros, 2010). Se estimó la función de sobrevivida mediante el método Kaplan Meier (Kaplan & Meier, 1958). Las estimaciones de los coeficientes de regresión para los efectos fijos incluidos en el modelo y su significancia estadística se hallaron a través del estimador de máxima verosimilitud. La comparación entre los modelos con efectos fijos se realizó a través del test de cociente de verosimilitud. Las covariables intervinientes estuvieron asociadas a: 1) efecto de la edad al IPS que se calculó en meses y se dividió en tres clases: 1- hasta los 18 meses, 2- de 18 a 24 meses y 3- más de 24 meses (de 24 a 32 meses); 2) efecto del número de los servicios artificiales, variable que se categorizó en: 1- correspondiente al primer servicio, 2- al segundo servicio y 3- al tercero o más servicios dados en el período; 3) los niveles del efecto de la estación de servicios, variable categorizada en: 1- otoño y 2- primavera. También se incorporó en el modelo el efecto de la cronología o año de servicio que se clasificó en 34 categorías (las cuatro primeras constituidas por dos años consecutivos): 1- 1972 y 1973, 2- 1974 y 1975, 3- 1976 y 1977, 4- 1978 y 1979 y 30 niveles más, uno por cada año (1980 al 2009). La tasa de concepción de los toros fue otra de las variables explicativas del riesgo de concepción y se calculó como la razón entre el número total de vaquillonas

preñadas y el número total de servicios dados a las vaquillonas, considerando toda la base de datos para cada toro, con dos categorías: 1- 50 % o menos y 2- más del 50 % de tasa de concepción.

Todos los modelos ajustados incluyeron los efectos de la edad (*edad*), el número de los servicios a la preñez (*nums*), la tasa de concepción de los toros utilizados en cada servicio (*tc*), el año (*años*) y la estación de servicios (*ests*) como efectos fijos. El efecto fijo de la *tc* se incluyó en algunos modelos como independiente del tiempo (WTCi) y en otros como dependiente del tiempo (WTC). Cuando se incorporaron a los modelos la interacción de años×estación como efecto aleatorio, se asumió una distribución normal de media cero y varianza constante (WTCi_años×ests).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presenta la distribución del IPSC en días. El porcentaje de animales censurados (no preñadas en los primeros 90 días de seguimiento del IPS) fue del 17,22 %, con una media del tiempo de censura de 68 días. La media del tiempo de concepción fue de 24 días. Informes del InCalf (Dairy Australia, 2017) arrojaron estadísticas sobre el porcentaje de vaquillonas vacías, del 13 % y 10 % a las 12 y 15 semanas de iniciado el periodo de los servicios respectivamente. El mayor porcentaje de vaquillonas vacías en el sistema monitoreado sugiere la necesidad de implementar un manejo para elevar la tasa de concepción de las vaquillonas en los primeros 90 días posteriores al IPS. Harman, Casella y Gröhn (1996) analizaron exitosamente el tiempo a la concepción en rodeos lecheros ajustando una distribución Weibull, como la usada en este trabajo. Otros autores como Hayes *et al.* (2019) también han informado los efectos de ciertas variables sobre los días abiertos en vaquillonas pero ajustando modelos de riesgos proporcionales no paramétricos en sistemas con pariciones estacionadas. En este trabajo la función de riesgo de concepción en vaquillonas fue constante y creciente por lo que la distribución de los días desde el IPS a la concepción ajustó bien a la distribución Weibull.

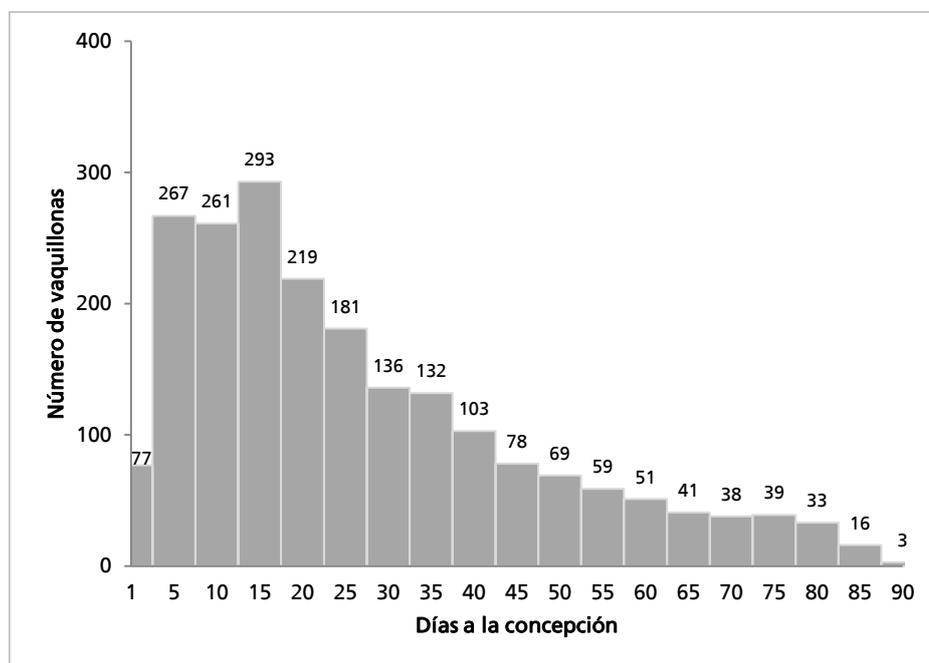


Figura 1. Distribución de frecuencias de los días a la concepción en vaquillonas del rodeo lechero de INTA Rafaela, Argentina.

El supuesto de proporcionalidad de los riesgos se cumplió para los efectos *edad*, *nums* y *ests*. Los riesgos para el efecto de la *tc* no fueron proporcionales en el tiempo, porque los cocientes de las funciones de riesgo para los dos niveles no presentaron paralelismo entre los ajustes. Por esta razón, se ajustaron modelos considerando la *tc* como un efecto independiente del tiempo (*tc_i*) y otros considerándolo como un efecto dependiente del tiempo (*tc*). En los dos modelos Weibull ajustados, WTC_i (*tc* independiente del tiempo) y WTC (*tc* dependiente del tiempo), todos los efectos fijos fueron significativos ($p < 0,001$). En ambos modelos la *edad* de la hembra fue la que más cambios produjo en el logaritmo de la verosimilitud. En orden de importancia le siguieron el *nums* y la *tc*. De ambos modelos, WTC fue el de mejor ajuste (Cuadro 1). Los dos modelos Weibull con efectos fijos fueron extendidos incorporando el efecto aleatorio de la interacción de *años* × *ests*. Solo el modelo de efectos fijos que consideró a la *tc_i* (WTC_i_años × *ests*) presentó interacción estadísticamente significativa. Las curvas de supervivencia estimadas para los tres modelos ajustados se presentan en la Figura 2 junto a la curva de supervivencia estimada por el método no paramétrico (modelo de Cox). Se puede observar que las tres curvas de supervivencia estimadas se encuentran muy cercanas a la curva de supervivencia no paramétrica hasta el día 20 (con 44,1 % de las hembras preñadas al día 20). A partir del día 23 aproximadamente las curvas descritas por los modelos WTC y WTC_i_años × *ests* subestiman el riesgo de concepción. La curva estimada por el modelo WTC_i es la que mejor describe la curva no paramétrica estimada hasta los 90 días. Este modelo consideró el número de los servicios y la *tc* como efectos constantes desde el primer día hasta los 90 días (Cuadro 2).

Cuadro 1. Prueba del cociente de verosimilitud para los modelos de riesgo proporcional para la concepción en función de efectos de manejo que incluyen la tasa de concepción como efecto independiente del tiempo (WTC_i) o como efecto dependiente del tiempo transcurrido entre primer servicio y la concepción (WTC).

Modelos	Efectos	GL Total	-2Log (Verosimilitud)	Chi ²	GL Delta	P valor	-2Log (Verosimilitud)
WTC _i	intercepto	2	19549,7				18650,6
	<i>edad</i>	4	19482,1	67,6	2	0,0000	
	<i>nums</i>	6	18845,9	636,2	2	0,0000	
	<i>tc_i</i>	7	18820,6	25,3	1	0,0000	
	<i>años</i>	40	18662,6	158,0	33	0,0000	
	<i>ests</i>	41	18650,6	12,0	1	0,0005	
WTC	intercepto	2	19549,7				18488,7
	<i>edad</i>	4	19482,1	67,6	2	0,0000	
	<i>nums</i>	6	18845,9	636,2	2	0,0000	
	<i>tc</i>	8	18717,9	127,9	2	0,0000	
	<i>años</i>	41	18505,7	212,2	33	0,0000	
	<i>ests</i>	42	18488,7	16,9	1	0,0000	

Referencias: *intercepto*: modelo sin covariables, *edad*: edad al primer servicio artificial, *nums*: número de servicio artificial, *tc_i*: tasa de concepción de los toros modelado como efecto independiente del tiempo, *tc*: tasa de concepción de los toros modelado como dependiente del tiempo, *años*: año del servicio artificial, *ests*: estación del año de los servicios artificiales.

Cuadro 2. Coeficientes de regresión y tasas de riesgo de concepción estimadas para la edad, número de los servicios (num_s), tasa de concepción de los toros (tci) y estación de los servicios (ests) - modelo WTCi.

Efecto	Niveles	Estimación Coeficiente	Error Estándar	Chi ²	P valor	Tasa de riesgo	no censurados
edad	1	-0,4780	0,0760	39,5	0,0000	0,62	354
	2	0,0000	ref	ref	ref	1,00	1531
	3	0,0126	0,0838	0,0	0,8802	1,01	211
num _s	1	0,0000	ref	ref	ref	1,00	1455
	2	-1,0570	0,0548	371,9	0,0000	0,35	482
	3	-1,6125	0,0869	344,1	0,0000	0,20	159
tci	1	-0,1454	0,0655	4,9	0,0264	0,86	435
	2	0,0000	ref	ref	ref	1,00	1661
ests	1	0,1600	0,0462	11,9	0,0005	1,17	1045
	2	0,0000	ref	ref	ref	1,00	1051

Referencias: edad: edad al primer servicio artificial, num_s: número de servicio artificial, tci: tasa de concepción de los toros modelado como efecto independiente del tiempo, ests: estación del año de los servicios artificiales, ref: corresponden a las clases de referencia (nivel del efecto con mayor número de vaquillonas no censuradas o no preñadas) para cada efecto.

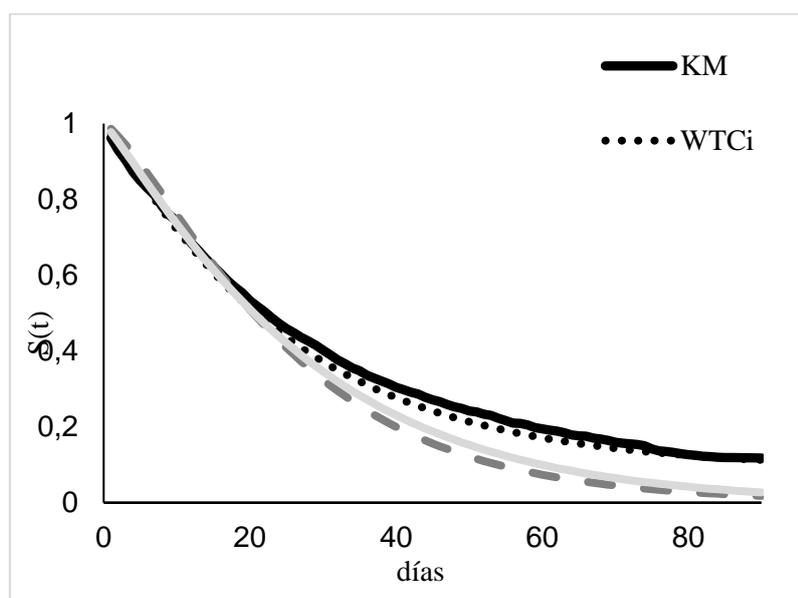


Figura 2. Ajustes de curvas de supervivencia ($S(t)$) no paramétrica (KM) y paramétricas (WTCi, WTC y WTCi_año*ests) para monitorear la concepción a medida que transcurre el tiempo desde el primer servicio en vaquillonas del rodeo lechero de INTA Rafaela.

Referencias: $S(t)$: función de supervivencia, días: días entre el primer servicio dado en el período y la concepción, KM: Kaplan Meier (línea continua negra), WTCi: modelo Weibull con la tasa de concepción modelada como efecto independiente del tiempo (línea de puntos negro), WTC: modelo Weibull con la tasa de concepción modelada como efecto dependiente del tiempo (línea continua gris), WTCi_año*ests: modelo Weibull que ajustó la tasa de concepción como efecto independiente del tiempo y la interacción del año y la estación de los servicios como efecto aleatorio (línea de guiones gris oscuro).

Según los resultados obtenidos el grupo de referencia (grupo con mayor número de animales no censurados) estuvo constituido por vaquillonas que iniciaron el periodo de servicio entre los 18 y 24 meses de edad, en el primer servicio y con toros con tc mayores al 50 % en la primavera. Respecto a la tasa de riesgo de concepción, ésta se redujo significativamente (0,62 veces) en edades menores de los 18 meses ($p < 0,001$), disminuyó significativamente ($p < 0,001$) en el segundo y tercer servicio (0,34 y 0,19 veces respectivamente), disminuyó significativamente ($p < 0,05$) al utilizar toros con menos 50 % de tc (0,86 veces) y aumentó significativamente en otoño en 1,17 veces ($p < 0,001$), respecto al grupo de referencia. Si bien la tasa de riesgo de concepción fue 1,01 veces mayor con más de 24 meses de edad, este valor no fue significativamente mayor respecto al grupo de referencia.

En este trabajo, la *edad* al IPS fue el efecto de mayor contribución al riesgo de concepción, probablemente debido a que se podría relacionar con diferencias en el peso y éste a su vez con la madurez sexual (Byerley, Staigmiller, Berardinelli y Short, 1987; Hayes *et al.*, 2019). La mayor cantidad de vaquillonas preñadas iniciaron el periodo de servicio entre los 18 y 24 meses de edad. Considerando que la media de días a la concepción fue de 24 meses, el rango de edad a la concepción es de 19 a 25 meses. Como el requerimiento para el ingreso a los servicios fue llegar al menos al 60% del peso adulto medio, los valores hallados podrían estar indicando la falta de madurez sexual a edades menores a pesar del peso logrado. Estudios realizados por Andreo *et al.* (2000) hallaron que la utilización de un concentrado comercial de calidad superior aumentaba la precocidad en el desarrollo genital y en el comportamiento sexual de las vaquillonas sin mejorar la ganancia de peso. Debido al significativo efecto del peso y la madurez sexual sobre el riesgo de concepción en vaquillonas, es recomendable la recolección e incorporación de pesos de los animales individuales en el ajuste de futuros modelos. El rango de variación de la *edad* (meses) fue amplio lo que justificaría una mejor caracterización de la relación entre el peso y la madurez sexual en este tipo de rodeos.

El número de los servicios artificiales y la tasa de concepción de los toros utilizados presentaron una influencia significativa sobre el riesgo de preñez. Si bien los resultados obtenidos coinciden con lo esperado, podrían estar subestimados porque estos efectos se modelaron como independientes del tiempo transcurrido y se encuentran muy influenciados por las decisiones de manejo. Dicha subestimación podría verse reflejada en la disminución de la tasa de riesgo de concepción a medida que aumenta el número de los servicios. Es importante que el ajuste de futuros modelos considere con mayor detalle la incorporación de este efecto dado que representa el principal rasgo de la fertilidad desde el punto de vista económico (Gonzalez Recio, Perez Cabal y Alenda, 2004).

Respecto a la estación de servicio, es de resaltar que existe 1,17 veces más riesgo de concepción en otoño en comparación con la primavera. Sin embargo, la cantidad de vaquillonas censuradas (preñadas) en ambas estaciones fue similar debido fundamentalmente a la estrategia reproductiva utilizada en el tambo. La consecuente distribución de partos garantizó tener vacas en ordeño durante todo el año y mantener estable la producción de leche, asegurando el esquema de entrega requerido por la industria nacional.

La cantidad de vaquillonas preñadas (respecto al total de servidas) a los 23 días de IPS fue del 48 %, valor que podría mejorarse a través del manejo, fundamentalmente disminuyendo la edad y garantizando la madurez sexual. Aplicando modelos de riesgos proporcionales, Malchiodi, Cecchinato y Bittante (2014) obtuvieron resultados parecidos, informando un 40 % de vaquillonas preñadas a los 15 meses de edad. Este es otro punto que respalda la necesidad de incorporar al análisis los datos individuales del peso al IPS, considerando que los pesos vivos de las vaquillas en el apareamiento y el parto tienen un gran impacto en el rendimiento reproductivo del rodeo.

La reducción de los días a la concepción en vaquillonas podría aumentar el número de partos tempranos en el año, incrementando la producción de leche y maximizando la utilización de las pasturas cuando las vacas se encuentran en el pico de producción (Shalloo, Cromie y McHugh, 2014). Factores como la *edad* al IPS, el número de servicios artificiales, el año, la estación y la *tc* de los toros afectan el riesgo de concepción de las vaquillonas, por lo que una mejor descripción podría resultar útil para corregir el manejo en pos de mejorar la eficiencia en la concepción en rodeos lecheros.

CONCLUSIONES

La distribución de los días a la concepción desde el inicio del período de los servicios artificiales en los rodeos lecheros con pariciones en bloques de INTA Rafaela se ajusta a una distribución Weibull con tasa de concepción creciente en el tiempo. La tasa de concepción fue menor en vaquillonas con edades menores de los 18 meses, en el segundo y en el tercer servicio y al utilizar toros con menos del 50 % de tasa de concepción histórica. La concepción fue 17 % mayor en vaquillonas servidas en otoño que en las que recibieron servicios en primavera. Las estimaciones derivadas del modelo ajustado permitirán planificar futuras estrategias reproductivas para mejorar la eficiencia en la concepción en el rodeo.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDREO, N. 2000. Recría de vaquillonas. *XIX Curso Internacional de Producción Lechera*. (pp.1-14). Rafaela, Santa Fe, Argentina: INTA Rafaela.
- ANSARI-LARI, M. Y ABBASI, S. 2008. Study of reproductive performance and related factors in four dairy herds in Fars province (southern Iran) by Cox proportional-hazard model. *Preventive Veterinary Medicine*, 85(3-4), 158-165. doi: 10.1016/j.prevetmed.2008.02.004
- BERRY, D. P., WALL, E. Y PRYCE, J. E. 2014. Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle. *Animal*, 8 (Supplements s1), 105-121. doi: 10.1017/S1751731114000743
- BRICKELL, J. S. Y WATHES, D. C. 2011. A descriptive study of the survival of Holstein-Friesian heifers through to third calving on English dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 94(4), 1831-1838. doi: 10.3168/jds.2010-3710
- BYERLEY, D. J., STAIGMILLER, R. B., BERARDINELLI, J. G. Y SHORT, R. E. 1987. Pregnancy Rates of Beef Heifers Bred Either on Puberal or Third Estrus. *Journal of Animal Science*, 65(3), 645-650. doi: 10.2527/jas1987.653645x
- COX, D. R. 1972. Regression Models and Life-Tables. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 34(2), 187-220.
- DAIRY AUSTRALIA 2017. *InCalf book for dairy farmers* (2nd edition). Recuperado de <https://www.dairyaustralia.com.au/farm/animal-management/fertility>
- DUCROCQ, V. 1987. *An analysis of length of productive life in dairy cattle*. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Cornell, Ithaca, Nueva York, Estados Unidos.
- DUCROCQ, V. 2001. *Survival Analysis Applied to Animal Breeding and Epidemiology*. Manuscrito no publicado, Estación de Genética Cuantitativa y Aplicada, Instituto Nacional de la Investigación Agronómica, Jouy en Josas, Francia.
- DUCROCQ, V., SÖLKNER, J. Y MÉSZAROS, G. Agosto 2010. *Survival Kit v6 – a software package for survival analysis*. Documento presentado en el 9no. World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Leipzig, Alemania: International Committee for Word Congress on Genetics Applied to Livestock Production.

- GONZÁLEZ-RECIO, O., CHANG, Y. M., GIANOLA, D. Y WEIGEL, K. A. 2005. Number of inseminations to conception in holstein cows using censored records and time-dependent covariates. *Journal of Dairy Science*, *88*(10), 3655–3662. doi: [10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73051-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73051-4)
- GONZÁLEZ-RECIO, O., PEREZ CABAL, M. A. Y ALENDA, R. 2004. Economic value of Female Fertility and its Relationship with profit in Spanish dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *87* (9), 3053–3061. doi: [10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73438-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73438-4)
- HARMAN, J. L., CASELLA, G. Y GRÖHN, Y. T. 1996. The application of event-time regression techniques to the study of dairy cow interval-to-conception. *Preventive Veterinary Medicine*, *26*(3–4), 263–274. doi: [10.1016/0167-5877\(95\)00553-6](https://doi.org/10.1016/0167-5877(95)00553-6)
- HAYES, C. J., MCALOON, C. G., CARTY, C. I., RYAN, E. G., MEE, J. F. Y O'GRADY, L. 2019. The effect of growth rate on reproductive outcomes in replacement dairy heifers in seasonally calving, pasture-based systems. *Journal of Dairy Science*, *102*(6), 5599–5611. doi: [10.3168/jds.2018-16079](https://doi.org/10.3168/jds.2018-16079)
- KALBFLEISCH, J. D. Y PRENTICE, R. L. 2002. *The statistical analysis of failure time data* (2ª ed.). New Jersey, Canadá: John Wiley & Sons.
- KAPLAN, E. L. Y MEIER, P. 1958. Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the American Statistical Association*, *53* (282), 457–481. doi: [10.1080/01621459.1958.10501452](https://doi.org/10.1080/01621459.1958.10501452)
- LE COZLER, Y., LOLLIVIER, V., LACASSE, P. Y DISENHAUS, C. 2008. Rearing strategy and optimizing first-calving targets in dairy heifers: a review. *Animal*, *2*(9), 1393–1404. doi: [10.1017/s1751731108002498](https://doi.org/10.1017/s1751731108002498)
- LEBLANC, S. J. 2010. Assessing the association of the level of milk production with reproductive performance in dairy cattle. *The Journal of Reproduction and Development*, *56* (Supplement S), S1–S7. doi: [10.1262/jrd.1056S01](https://doi.org/10.1262/jrd.1056S01)
- MACMILLAN, K., LOREE, K., MAPLETOFT, R. J. Y COLAZO, M. G. 2017. Short communication: Optimization of a timed artificial insemination program for reproductive management of heifers in Canadian dairy herds. *Journal of Dairy Science*, *100*(5), 4134–4138. doi: [10.3168/jds.2016-12318](https://doi.org/10.3168/jds.2016-12318)
- MALCHIODI, F., CECCHINATO, A. Y BITTANTE, G. 2014. Fertility traits of purebred Holsteins and 2- and 3-breed crossbred heifers and cows obtained from Swedish Red, Montbéliarde, and Brown Swiss sires. *Journal of Dairy Science*, *97*(12), 7916–7926. doi: [10.3168/jds.2014-8156](https://doi.org/10.3168/jds.2014-8156)
- MCDUGALL, S., HEUER, C., MORTON, J. Y BROWNLIE, T. 2014. Use of herd management programmes to improve the reproductive performance of dairy cattle. *Animal*, *8* (Supplement 1), 199–210. doi: [10.1017/S1751731114000457](https://doi.org/10.1017/S1751731114000457)
- MIGLIOR, F., MUIR, B. L., Y VAN DOORMAAL, B. J. 2005. Selection Indices in Holstein Cattle of Various Countries. *Journal Dairy Science*, *88* (3), 1255–1263. doi: [10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72792-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72792-2)
- MIGLIOR, FILIPPO, FLEMING, A., MALCHIODI, F., BRITO, L. F., MARTIN, P. Y BAES, C. F. 2017. A 100-Year Review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *100*(12), 10251–10271. doi: [10.3168/jds.2017-12968](https://doi.org/10.3168/jds.2017-12968)
- PICCARDI, M., BALZARINI, M., CAPITAINE FUNES, A. Y BO, G. A. 2011. *Estrategia informático-analítica para generar indicadores de eficiencia reproductiva en tambos*. Documento presentado en las 40° Jornadas Argentinas de Informática - 3° Congreso Argentino de Agroinformática. Córdoba, Córdoba, Argentina.
- PICCARDI, M., CAPITAINE FUNES, A., BALZARINI, M. Y BO, G. A. 2013. Some factors affecting the number of days open in Argentinean dairy herds. *Theriogenology*, *79*(5), 760–765. doi: [10.1016/j.theriogenology.2012.11.032](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.11.032)

- PRYCE, J., WOOLASTON, R., BERRY, D. P., WALL, E., WINTERS, M., BUTLER, R. Y SHAFFER, M. 2014. *World Trends in Dairy Cow Fertility*. Documento presentado en el 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Vancouver, Canada: International Committee for Word Congress on Genetics Applied to Livestock Production.
- SHALLOO, L., CROMIE, A. Y MCHUGH, N. 2014. Effect of fertility on the economics of pasture-based dairy systems. *Animal*, 8(Supplement s1), 222–231. doi: 10.1017/S1751731114000615

CALIDAD DE LECHE Y AGROINDUSTRIA



IDENTIFICACIÓN DE PRÁCTICAS DE LIMPIEZA ASOCIADAS A LA PRESENCIA DE RESIDUOS DE CLORO EN LECHE: DESARROLLO DE BUENAS PRÁCTICAS PARA SU PREVENCIÓN

Costamagna, D.; Taverna, M.; Signorini, M.

IDICAL INTA - CONICET
costamagna.diana@inta.gov.ar

INTRODUCCIÓN

Para garantizar un alto nivel de higiene, la limpieza y desinfección de los equipos utilizados para la transferencia y almacenamiento de leche y la fabricación de productos lácteos resulta una actividad esencial. El cloro es el agente de limpieza y desinfección más comúnmente utilizado en toda la cadena de procesamiento de lácteos desde la producción primaria hasta la fabricación del producto lácteo debido a su efectividad en el lavado y descontaminación de las superficies de contacto y su bajo costo (Ryan *et al.*, 2013).

Sin embargo, existen desventajas asociadas al uso indebido de cloro, como son la formación de residuos de cloratos y percloratos como subproductos de la desinfección, ya sea por contacto de la leche con agua clorada o con restos de agua de limpieza presentes en las superficies de los equipos (McCarthy *et al.*, 2018). Estos compuestos interfieren con la capacidad del cuerpo humano para absorber yodo, lo que puede resultar en una deficiencia del mismo. Los principales síntomas clínicos de la deficiencia de yodo son el hipotiroidismo y trastornos del desarrollo cerebral.

Debido a su toxicidad, en los últimos años se ha prestado especial atención a indagar las fuentes de contaminación y a establecer umbrales de seguridad de la exposición a estos contaminantes en los seres humanos, principalmente en la población infantil, considerados como los grupos más vulnerables a la toxicidad de estos compuestos. Por lo expuesto, para reducir la contaminación por la presencia de cloratos y percloratos en la leche, es importante saber cómo estos compuestos ingresan a la cadena láctea. El objetivo del presente estudio observacional fue identificar prácticas de limpieza de equipos que podrían explicar la presencia de residuos de cloro en la leche y establecer buenas prácticas para su prevención.

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en dos etapas, a partir de la selección aleatoria y muestreo de tambos ubicados en la principal cuenca lechera de nuestro país, específicamente en las provincias de Santa Fe y Córdoba. El número total de establecimientos lecheros muestreados fue de 112. La primera etapa consistió en muestrear leche de tanque para detección de residuos de cloratos y percloratos mediante cromatografía líquida de alta resolución-espectrometría de masas en tándem (límite de detección: 0,04 mg/kg y 0,01 mg/kg, respectivamente) e identificar aquellos tambos que presentaron niveles de cloratos y percloratos por encima del límite establecido por las regulaciones internacionales (0,135 mg/kg y 0,0135 mg/kg, respectivamente). La segunda etapa consistió en visitar esos tambos e investigar sus procedimientos de limpieza. Para ello, se realizó una encuesta a los productores mediante un cuestionario estructurado para relevar las prácticas de manejo que pudieran estar asociadas a la presencia de residuos de cloratos y percloratos en la leche, fundamentalmente

relacionadas con la limpieza del equipamiento de ordeño. Se consideraron insatisfactorias las prácticas de higiene y desinfección de equipos que podían dar lugar a residuos de leche y que no se ajustaban a las recomendadas por investigaciones internacionales previas para prevenir la presencia de residuos de cloro en leche (O'Brien, 2008).

RESULTADOS

La prevalencia de residuos de cloratos y percloratos en leche fue del 22% y 11%, respectivamente. El nivel promedio de cloratos en la leche fue de 0,128 mg/kg (0,04-2,40 mg/kg). El 40% de las muestras positivas superaron el límite exigido por las normativas internacionales para cloratos (0,135 mg/kg). Para el caso de los percloratos, el nivel promedio en la leche fue de 0,011 mg/kg (0,010-0,040 mg/kg). El 67% de las muestras positivas superaron el límite exigido por las normativas internacionales para percloratos (0,0135 mg/kg).

Se observaron prácticas de limpieza y desinfección de equipos de ordeño insatisfactorias en cada establecimiento visitado que resultó positivo para la presencia de residuos de cloro en leche. El drenaje incompleto de la solución de limpieza y desinfección de la línea de leche luego de cada ciclo de lavado, fue la práctica de mayor frecuencia de ocurrencia (35%). La instalación del equipo de ordeño en algunos casos puede dificultar la limpieza exitosa del mismo al no permitir drenar completamente las soluciones de lavado. En estos casos se recomienda controlar el diseño del equipo con el proveedor.

La dosificación incorrecta de los productos de limpieza y desinfección fue la segunda causa con mayor nivel de frecuencia observada (30,4%), debido principalmente a la falta de equipos de medición. En la mayoría de los establecimientos, el personal a cargo de las tareas de limpieza y desinfección del equipamiento desconoce las dosis adecuadas de detergentes y desinfectantes a utilizar según las recomendaciones del fabricante, realizando una dosificación "a ojo" sin la implementación de elementos de dosificación. Al respecto, se recomienda siempre respetar las dosificaciones que figuran en la etiqueta de los productos químicos y utilizar un recipiente de medición.

Otra práctica de limpieza insatisfactoria observada en el 21,7% de los tambos con residuos de cloro en leche fue la práctica de no enjuagar el producto sanitizante tanto antes de cada rutina de ordeño como después de cada ciclo de lavado. Los sanitizantes mayormente utilizados fueron a base de hipoclorito de sodio. Al respecto, se recomienda realizar un enjuague final con agua limpia solamente, luego del enjuague con la solución sanitizante. Asimismo, se sugiere el reemplazo del hipoclorito de sodio por el ácido peracético para garantizar mayor inocuidad de la leche. Asociado a esta práctica se observó que estos tambos, además, no usaban suficiente cantidad de agua de enjuague para eliminar los restos de soluciones detergentes. El uso insuficiente de agua de enjuague se vio influenciado por ciclos cortos de lavado y la falta de conocimiento de la importancia de usar suficiente agua por unidad de ordeño.

Otras causas asociadas con menor frecuencia de ocurrencia fueron la utilización de agua con cloro tanto para la desinfección de las pezoneras luego del ordeño de vacas con mastitis (8,7%) y la desinfección de pezones (4,3%) como parte de la rutina de ordeño. Si bien otros factores pueden influir en los altos residuos de cloro en la leche, se consideraron las fallas descriptas como los probables factores que influyeron en los niveles de residuos observados en estos establecimientos lecheros.

CONCLUSIONES

Se observaron prácticas de manejo insatisfactorias en relación con la limpieza de los equipos de ordeño en aquellos establecimientos que presentaron altos niveles de residuos de cloro en la leche. Se puede especular que los factores que influyen en la presencia de estos residuos pueden deberse a una o varias prácticas de limpieza incorrectas del equipamiento. Los factores resaltados de este estudio observacional pueden usarse como base para recomendar buenas prácticas de limpieza y desinfección de los equipos en contacto con la leche y evaluar la efectividad de su implementación en el tiempo sobre la reducción de los niveles de residuos de cloro en leche.

BIBLIOGRAFÍA

- DI RIENZO, J. A., CASANOVES, F., BALZARINI, M. G., GONZALEZ, L., TABLADA, M., Y ROBLEDO, C. W. 2012. InfoStat version 2012. InfoStat group, FCA, Cordoba National University, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- MCCARTHY, W., O'CALLAGHAN, T., DANAHAR, M., GLEESON, D., O'CONNOR, C., FENELON, M., TOBIN, J. 2018. Chlorate and other oxychlorine contaminants within the dairy supply chain. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17, 1561-1575.
- O'BRIEN, B. 2008. Teagasc, *Milk Quality Handbook* 8, 1-104.
- RYAN, S., GLEESON D., JORDAN, K., FUREY, A., O'SULLIVAN K., O'BRIEN, B. 2013. Strategy for the reduction of Trichloromethane residue levels in farm bulk milk. *Journal of Dairy Research* 80, 184–189.

RELEVAMIENTO DE AFLATOXINAS EN LECHE Y ALIMENTOS CONSUMIDOS POR VACAS LECHERAS EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Costamagna, D.¹; Signorini, M.¹; Molineri, A.¹; Taverna, M.¹; Moretto, M.²; Cattivelli, M.²;
Frossasco, G.³; Echeverría, A.³; Brunetti, M.A.³; Urso, R.⁴; Gaggiotti, M.¹

¹IDICAL INTA – CONICET.

²INTA AER Villa María.

³INTA EEA Manfredi.

⁴Actividad privada
costamagna.dianela@inta.gob.ar

1. INTRODUCCIÓN

La aflatoxina M1 (AFM₁) es una micotoxina importante que se encuentra con frecuencia en la leche, productos y subproductos lácteos (Costamagna *et al.*, 2019). AFM₁ es el metabolito hidroxilado de la aflatoxina B1 (AFB₁) y se encuentra en la leche como resultado directo de la ingesta por parte de las vacas de alimentos contaminados (Creppy, 2002; Prandini *et al.*, 2009). Las aflatoxinas son compuestos que tienen un impacto negativo en la salud humana y animal debido a que provocan daños graves al hígado, inducen tumores y presentan efectos inmunosupresores, mutagénicos, teratogénicos y cancerígenos (Prandini *et al.*, 2009). El conocimiento de los factores de riesgo que impactan en su presencia en leche, son indispensables para elaborar medidas de gestión con base científica y recomendar buenas prácticas a nivel de los tambos que ayuden a prevenir y minimizar los riesgos de contaminación de los alimentos y la leche con aflatoxinas, como así también a preservar la salud del rodeo lechero. El objetivo del presente trabajo fue realizar un relevamiento sobre la presencia de aflatoxinas en leche y alimentos de establecimientos ubicados en las principales cuencas lecheras de la provincia de Córdoba e identificar los factores de riesgo asociados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Selección de tambos

Las muestras fueron tomadas en 58 tambos, ubicados en la principal cuenca lechera de la provincia de Córdoba (*Figura 1*), durante el periodo comprendido entre la primavera-verano del 2020 hasta el otoño de 2021.

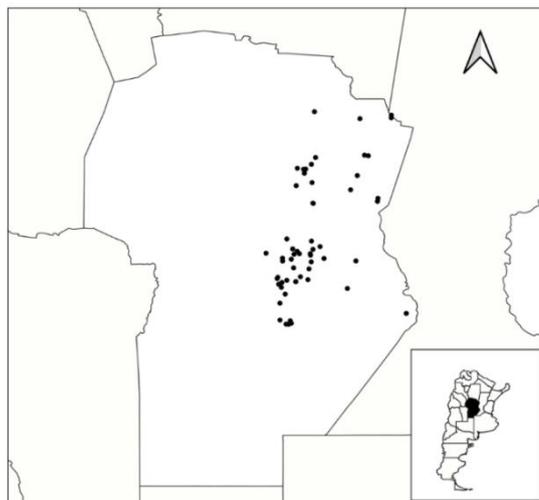


Figura 1. Ubicación de los sistemas de producción de leche relevados en la provincia de Córdoba.

2.2. Muestreos

En cada establecimiento se tomó una muestra de leche de tanque y de los alimentos que consumían en ese momento las vacas en ordeño. Se realizó, además, una encuesta al productor para relevar las características generales de los establecimientos y datos vinculados a las prácticas de manejo que pudieran estar asociadas a la presencia de micotoxinas en la leche (factores de riesgo).

2.2.1. Alimentos

Un total de 255 alimentos fueron muestreados durante el período de estudio para la determinación de AFB₁. El análisis cuantitativo de AFB₁ en muestras de alimentos se basó en un inmunoensayo ligado a enzimas (ELISA) utilizando el kit de prueba RIDASCREEN®FAST (R-Biopharm, Alemania), con un límite de detección <1,7 µg/kg.

2.2.2. Leche

Se tomaron un total de 58 muestras de leche de tanque en el período descrito para la determinación de AFM₁. El análisis cuantitativo de AFM₁ en leche se realizó usando el kit de prueba RIDASCREEN® (R-Biopharm, Alemania) con un límite de detección de 0,005 µg/l.

2.3. Tasa de transferencia de AFB₁ a AFM₁ en leche

La tasa de transferencia fue calculada a partir de los datos de consumo y concentración de AFB₁ en los alimentos de las vacas y de la producción y concentración de AFM₁ en la leche producida por las mismas, determinando la proporción de AFB₁ que fue excretada en leche como AFM₁.

$$TT = \frac{\text{Excreción de AFM1 leche } (\mu\text{g/vaca})}{\text{AFB1 ingerida } (\mu\text{g/vaca})}$$

Donde la excreción de AFM₁ en la leche y la AFB₁ ingerida, se calcularon como:

$$\begin{aligned} \text{Excreción } (\mu\text{g/vaca}) &= \text{AFM1 leche } (\mu\text{g/l}) * \text{Producción leche } (\text{l/vaca}) \\ \text{Ingesta AFB1 } (\mu\text{g/vaca}) &= \text{AFB1 alimentos } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{kg}}\right) * \text{consumo de alimento } (\text{Kg/vaca}) \end{aligned}$$

2.4. Encuesta

En el momento de la toma de muestras, se recogieron datos sobre varios factores de los establecimientos lecheros, a través de un cuestionario estructurado dividido en dos secciones: La PARTE A del cuestionario involucraba aspectos generales y productivos del establecimiento, tales como tipo de sistema productivo (pastoril con suplementación; pastoril con encierre estratégico; estabulado), producción de leche (litros/día y litros/vaca/día), ubicación geográfica, cantidad de hectáreas productivas y número de vacas en ordeño. La PARTE B del cuestionario examinó diferentes aspectos relacionados con los potenciales factores asociadas a la concentración de aflatoxinas en la leche (prácticas relacionadas al manejo, almacenamiento y distribución de los alimentos).

2.5. Análisis estadístico

Los análisis de regresión logística multivariable se realizaron mediante modelos lineales generalizados (MLG) para evaluar el efecto de las variables explicativas seleccionadas. Las funciones de enlace fueron definidas de acuerdo a la distribución de frecuencias de las variables de resultado. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2012).

2.6. Análisis espacial

El método de detección de conglomerados espaciales se utilizó para identificar la agrupación de establecimientos lecheros con mayor nivel de AFM₁ en leche en una distribución de población heterogénea. El conjunto de datos fue escaneado para detectar áreas donde la concentración de AFM₁ en leche y AFB₁ en los alimentos era significativamente menor o mayor de lo esperado por casualidad (cluster de baja y alta tasa, respectivamente). El límite superior de escaneo se estableció en el 50% de la población en riesgo. Todos los análisis se realizaron con el software SaTScan versión 9.2 (www.satscan.org).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Información general de los establecimientos relevados

El tamaño promedio del rodeo de los establecimientos lecheros analizados fue de 277 vacas lecheras (rango= 70 - 1300 vacas) y una producción diaria de leche de 7680 litros (rango= 1050 – 38000 l/d). La producción individual de leche fue, en promedio, de 26 litros (rango= 12 – 37 l/v/d). El tamaño promedio de los establecimientos fue de 234 hectáreas (rango= 18 – 1200 ha).

El tipo de sistema predominante en los tambos relevados fue el estabulado incluyendo sistemas compost barn, dry-lot y free-stall (Figura 2). Desde el punto de vista de la producción diaria, los establecimientos muestreados podrían clasificarse de mediano a gran tamaño (Figura 3).

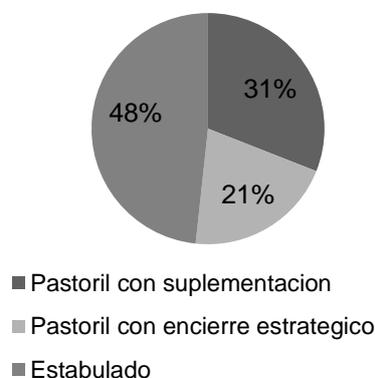


Figura 2. Tipos de sistemas relevados

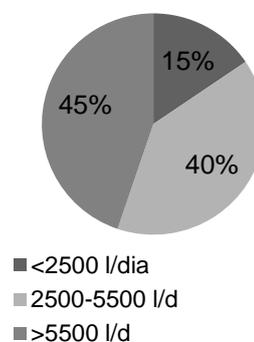


Figura 3. Producción diaria de los sistemas relevados

3.2. Aflatoxina B₁ en alimentos de vacas lecheras

En total, 255 alimentos fueron muestreados. De los cuales, el 32,9% (n= 84) estuvo representado por silajes, el 29,8% (n=76) por subproductos de la agroindustria, el 16,9% (n=43) por granos, el 11,4% (n=29) por henos, el 8,6% (n=22) por balanceados comerciales y 0,4% (n=1) por forrajes verdes.

La prevalencia general de AFB₁ en los diferentes alimentos suministrados a las vacas lecheras fue del 70,2%, con una concentración media de 6,2± 13,1 µg/kg MS (Cuadro 1). Teniendo en cuenta las reglamentaciones de la Unión Europea (UE) (Directiva 2002/32/CE) y MERCOSUR (MERCOSUR GMC/RES. N° 25/02) que regulan los niveles máximos de AFB₁ en los alimentos del ganado lechero (5 y 20 µg/kg MS, respectivamente) el 23,3% de las dietas ofrecidas a las vacas en lactancia excedió el valor establecido por la UE y el 0,9% excedió el valor establecido por el MERCOSUR.

Cuadro 1. Prevalencia, niveles medios (M) y desvío estándar (DE) de AFB₁ en grupos de alimentos.

Alimentos	^a Prevalencia	AFB ₁ (µg/kg)		^d Excede regulación (%)	
	(n) %	Rango ^b	M±DE ^c	UE	MERCOSUR
Silajes	(77) 91,6	0,4-84,6	9,5±11,8	62	6,0
Subproductos	(44) 57,9	0,1-161	5,7±19,2	12	5,0
Granos	(20) 46,5	0,2-10,7	2,9±2,9	28	0,0
Henos	(26) 89,6	1,2-48,7	6,1±8,7	32	3,6
Balanceados	(12) 54,5	0,2-3,0	1,7±0,9	0	0,0
Media	(179) 70,2	0,1-161	6,18±13,1		

Referencias: ^aMuestras>Limite de detección; ^bMin-Max.; ^cMedia±desvío estándar;

^dNivel MERCOSUR para AFLA 20 µg/kgMS – Unión Europea (UE) 5 µg/kg MS.

De todos los alimentos analizados, la prevalencia y niveles promedio de aflatoxinas fueron particularmente altos en los silajes, henos y subproductos de la agroindustria. Debido a la gran variabilidad, tanto en los niveles de concentración de AFB₁ como en los tipos de alimentos que componen a las categorías de silajes y subproductos, se realizó una subclasificación, obteniendo los resultados que se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Niveles medios (M) y desvío estándar (DE) de AFB₁ en distintos tipos de silajes y subproductos.

Alimentos	Derivados de:	AFB ₁ ug/kg
Silajes (n=84)	Leguminosas (n=22)	16,6±2,9
	Maíz (n=53)	7,8±0,9
	Cereales (n=2)	3,8±2,2
	Sorgo (n=8)	2,7±0,8
Subproductos (n=76)	Maní (n=11)	21,2±5,3
	Maíz (n=14)	8,2±1,8
	Girasol (n=2)	2,6±1,5
	Algodón (n=5)	1,7±0,6
	Soja (n=39)	1,7±0,2
	Trigo (n=4)	1,2±0,5
	Alfalfa (n=1)	0,9±0,7

Como se puede observar, las mayores concentraciones de AFB₁ se obtuvieron en los silajes de leguminosas (alfalfa) seguidos por los silajes de maíz. Dentro de los subproductos, las mayores concentraciones se obtuvieron en los derivados del maní (expeller, cascarilla, cutícula) y en los derivados del maíz (burlanda, gluten feed).

3.3. Aflatoxina M₁ en leche

El nivel promedio de AFM₁ detectado fue 0,015 ± 0,027 µg/l (Cuadro 3). El 65,5% de las muestras tuvieron niveles detectables de AFM₁, de las cuales, el 13,1% y 18,4% presentaba concentraciones superiores a los límites establecidos por las regulaciones europeas para leche fluida (0,05 µg/l) y para leche infantil (0,025 µg/l) (EC N° 1881/2006). Sin embargo, todas las muestras presentaron niveles de AFM₁ por debajo de los niveles establecidos por la legislación del MERCOSUR (0,5 µg/l; MERCOSUR GMC/RES N° 25/02).

Cuadro 3. Media (M) ± desvío estándar (DE), niveles mínimos (Min.) y máximos (Max.) de aflatoxina M₁ (µg/l) en leche cruda.

M ± DE	Min	Max	Prevalencia n (%)	ªExceden n (%)		
				>0,025	>0,05	>0,5
0,015±0,027	0,003	0,185	38 (65,5)	7(18,4)	5(13,1)	0(0,0)

ªLimite MERCOSUR (0,5 µg/l)/Limite Unión Europea (0,05 µg/l leche fluida - 0,025 µg/l leche infantil)

3.4. Tasa de transferencia de AFB₁ desde los alimentos a AFM₁ en leche

La tasa de transferencia de AFB₁ a AFM₁ en la leche se calculó como el porcentaje de AFB₁ consumida que se excretó como AFM₁ en la leche. La cantidad consumida de AFB₁, se estimó a partir de la multiplicación del consumo de MS (Kg) de la ración por la suma de la concentración de AFB₁ (µg/kg MS) de cada ingrediente de la ración. La cantidad total de AFM₁ excretada en la leche se calculó considerando la concentración de AFM₁ en la leche (µg/l) multiplicada por la cantidad total (l) de leche producida por las vacas.

La tasa de transferencia promedio de AFB₁ a AFM₁ fue del 0,34% con una variación entre el 0,04% y el 3,03%.

3.5. Evaluación de la concentración de aflatoxina M₁ en leche y su relación con prácticas de manejo en los establecimientos

Las variables incluidas en el modelo de regresión logística y los resultados estadísticos de las mismas se muestran en el Cuadro 4.

En una primera instancia, se realizó un análisis univariado para seleccionar las variables explicativas potencialmente asociadas con la concentración de AFM₁ en la leche, seleccionando las variables con un valor de $P \leq 0,15$ para un análisis multivariable posterior. En este sentido, las características de los establecimientos lecheros como producción de leche por tambo ($P < 0,001$), el tamaño del sistema donde se agrupó la producción de leche por tambo según los litros diarios producidos ($P = 0,002$), la producción de leche por vaca ($P < 0,001$) y el tipo de sistema ($P < 0,001$) se asociaron con la presencia de AFM₁ en la leche. Además, las siguientes variables de manejo estuvieron asociadas a la presencia de AFM₁ en leche: estado del silobolsa ($P = 0,003$), suministro del silaje ($P = 0,128$), almacenamiento seguro de los alimentos ($P = 0,004$), compra de alimentos con una certificación fiable ($P < 0,001$) y limpieza de los comederos ($P < 0,001$).

Exclusivamente las variables explicativas con el valor P más bajo se seleccionaron para el modelo multivariado cuando dos de ellas pudieron haber explicado resultados similares y se asociaron estadísticamente (evaluación de colinealidad). Finalmente, se siguió una estrategia de eliminación hacia atrás conducida manualmente, eliminando una variable a la vez con el valor P más alto. Con cada variable eliminada del modelo, se verificó el coeficiente de las variables significativas y, si resultó en un cambio de más del 20% en las estimaciones, la variable se mantuvo en el modelo para tener en cuenta su efecto de confusión. De este análisis resultó que el tipo de sistema ($P=0,012$) y la compra de alimentos con una certificación fiable ($P=0,039$) fueron las variables que finalmente se asociaron a la presencia de AFM₁ en la leche. Los sistemas pastoriles con suplementación y los sistemas pastoriles con encierre estratégico tienen 2,4 y 2,7 veces menos riesgo de presentar AFM₁ en la leche que los sistemas estabulados. Por otro lado, los establecimientos que no compran alimentos con una certificación fiable tienen 2,7 veces más riesgo de hallar AFM₁ en la leche.

Cuadro 4. Definición de variables explicativas incluidas en el análisis univariado para la asociación potencial con la presencia de AFM₁ en leche cruda en tambos de la provincia de Córdoba ($n= 58$ muestras de leche).

Variable	Nivel	Media	DE	P-valor
Tamaño del sistema	<2500 l/d	0,007	0,002	0,002
	2500-5500 l/d	0,010	0,002	
	>5500 l/d	0,021	0,004	
Producción de leche por tambo	-	-	-	<0,001
Tipo de sistema	Pastoril con suplementación	0,007	0,001	<0,001
	Pastoril con encierre estratégico	0,009	0,002	
	Estabulado	0,022	0,004	
Producción de leche por vaca	<25 l/d	0,008	0,001	<0,001
	>25 l/d	0,021	0,004	
Estado del silobolsa	Sin roturas	0,011	0,005	0,003
	Con roturas	0,014	0,001	
	Roturas reparadas	0,043	0,016	
Extracción del silo	Cara expuesta del silo tapada luego del uso diario	0,015	0,003	0,979
	Cara expuesta del silo abierta luego del uso diario	0,015	0,003	
Suministro del silo	Consumo del alimento suministrado después de 24 hs	0,014	0,002	0,128
	Consumo del alimento suministrado dentro de 24 hs	0,004	0,003	
Limpieza de comederos	Bueno	0,016	0,002	<0,001
	Malo	0,025	0,017	
Usa secuestrantes	Si	0,013	0,003	0,717
	No	0,015	0,002	
Certificación fiable	Si	0,009	0,001	<0,001
	No	0,028	0,006	
Pide humedad	Si	0,012	0,002	0,222
	No	0,017	0,003	
Almacenamiento seguro	Si	0,010	0,002	0,004
	No	0,021	0,004	

Teniendo en cuenta los alimentos más utilizados en las dietas de las vacas lecheras de los establecimientos muestreados, se realizó un análisis para evaluar qué tipos de alimentos consumidos por las vacas en lactancia están asociados a la presencia de AFM₁ en la leche siguiendo el mismo procedimiento descripto anteriormente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Variables explicativas incluidas en el análisis para la asociación potencial de la participación de los alimentos en la dieta con la presencia de AFM₁ en la leche cruda.

<i>Variable</i>	<i>Nivel</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>	<i>P-valor</i>
Consume silo de alfalfa	Si	0,016	0,003	0,186
	No	0,012	0,002	
Consume heno	Si	0,014	0,003	0,742
	No	0,013	0,002	
Consume burlanda	Si	0,014	0,003	0,770
	No	0,013	0,002	
Consume balanceado	Si	0,014	0,003	0,632
	No	0,015	0,003	
Consume semilla de algodón	Si	0,018	0,003	0,046
	No	0,011	0,002	
Consume derivados del maní	Si	0,032	0,008	<0,001
	No	0,006	0,001	
Consume derivados de la soja	Si	0,015	0,002	0,418
	No	0,013	0,003	
Consume granos	Si	0,016	0,003	0,149
	No	0,012	0,003	

La concentración de AFM₁ en la leche estuvo influenciada por el consumo de derivados del maní ($P<0,001$) y el consumo de semilla de algodón ($P=0,046$). Los tambos que no utilizan derivados del maní en las raciones del rodeo en ordeño presentaron una concentración promedio de AFM₁ en leche menor (0,006 µg/l) que aquellos que sí lo hacían (0,032 µg/l). Estos últimos tienen 6,5 veces más riesgo de presentar AFM₁ en leche que los establecimientos que no lo usan. De igual forma, los tambos que no incorporan semilla de algodón en la dieta del rodeo en ordeño presentaron una concentración promedio de AFM₁ en leche menor (0,011 µg/l) que aquellos que sí lo hacían (0,018 µg/l). Los cuales tienen 2,3 veces más riesgo de presentar AFM₁ en leche que los establecimientos que no lo usan. Por lo tanto, estos resultados identifican a la semilla de algodón y a los derivados del maní como ingredientes altamente correlacionados con el nivel de esta toxina en la leche.

La forma en la que los henos, granos y subproductos eran almacenados en los establecimientos lecheros fue relevada y estuvo asociada a la presencia de AFB₁ en estos alimentos ($P<0,001$). Los alimentos que se almacenaban tapados, pero sobre el suelo, tenían concentraciones de AFB₁ más altas (9,7±2,2 µg/kg) que los que se almacenaban a la intemperie (5,7±0,9 µg/kg) y bajo techo (3,0±0,3 µg/kg). Los establecimientos que almacenan este tipo de alimentos bajo techo y a la intemperie tienen 3,2 y 1,7 veces menos riesgo de presentar AFB₁ que los alimentos que se conservan tapados sobre el suelo.

Finalmente, sólo el 7% de los productores encuestados desconoce que son las micotoxinas, cómo afectan a la producción o a la salud de los animales y la importancia que tiene su control para ofrecer alimentos seguros para el consumidor. Sin embargo, el 62,1% de los tambos nunca ha

evaluado la presencia de micotoxinas en los alimentos suministrados a las vacas en lactancia y el 37,9% de los productores que sí realiza análisis en busca de micotoxinas, lo hizo ante la presencia de un problema productivo, reproductivo y/o sanitario en el rodeo y no como rutina.

3.6. Análisis espacial

Se detectó una agrupación espacial (*cluster*) significativa ($P<0,05$) en la región geográfica estudiada (*Figura 4*). El nivel de AFB₁ en las dietas permitió detectar un clúster de alta tasa ($P=0,017$) formado por un total de 14 tambos.



Figura 4. Cluster de alta tasa de AFB₁ en la dieta de vacas lecheras de tambos de la provincia de Córdoba.

Todas las dietas de los establecimientos que forman parte del cluster detectado presentan niveles por encima de la reglamentación establecida por UE (5 µg/kg), mientras que solo el 40% de las dietas de los establecimientos que no forman el cluster superan la normativa. De estos 14 tambos, el 86% son estabulados, el 14% pastoril con encierre estratégico y ninguno posee sistema pastoril con suplementación. El 79% se caracteriza por ser de gran tamaño en función de la producción diaria de leche (>5500 l/d) y los restantes (21%) son de mediana producción (2500-5000 l/d).

Respecto al tipo de alimentos que utilizan estos tambos en comparación con los que no forman parte del cluster, los primeros se caracterizan por incluir en mayor proporción silaje de alfalfa, burlanda y derivados de maní en la dieta. Si bien todos los establecimientos relevados utilizan silo de maíz, los tambos que formaron parte del cluster presentaron niveles de AFB₁ en los silos de maíz por encima de los límites establecidos por la reglamentación de la UE.

4. CONCLUSIONES

El tipo de sistema productivo y la utilización de subproductos derivados del maní en la dieta parecen ser los factores de riesgo que impactan en la contaminación de AFM₁ en la leche. Si bien los tambos más intensificados tienen un mayor consumo de forrajes conservados o subproductos de la agroindustria que aumentan la probabilidad de aparición de micotoxinas en la leche, existen prácticas de manejo comunes a todos los sistemas evaluados que deberían ser mejoradas.

Se hallaron altas concentraciones de AFB₁ en los silajes de leguminosas y maíz, al igual que en los subproductos derivados del maní y maíz, los cuales podrían considerarse como alimentos de alto riesgo. Se recomienda verificar las prácticas de confección de silajes considerando especialmente el

momento óptimo de confección. Respecto a los subproductos se recomienda optimizar las prácticas de almacenamiento y realizar análisis de aflatoxinas de manera periódica o ante una nueva partida de alimentos, especialmente en aquellos considerados de alto riesgo o con mayor porcentaje de participación en la dieta, para poder implementar de manera anticipada medidas de manejo. Al momento de preparar las raciones, se aconseja descartar aquellas porciones de alimento que presenten visiblemente formaciones de hongos, un color ennegrecido u olor rancio. Es fundamental limpiar a diario los remanentes de alimento en los comederos.

Los establecimientos que utilizan derivados del maní presentaron mayor riesgo de aparición de AFM₁ en la leche. Respecto a este ingrediente, se recomienda extremar las buenas prácticas de almacenamiento, analizar periódicamente la presencia de micotoxinas y en casos de detectar contaminación, aplicar secuestrantes en la dieta o reemplazarlo por otro tipo de alimentos con características químicas similares.

5. BIBLIOGRAFÍA

- COSTAMAGNA D., GAGGIOTTI M., CHERICATTI C.A., COSTABEL L., AUDERO G.M.L., TAVERNA M., SIGNORINI, M.L. 2019. Quantification of aflatoxin M1 carry-over rate from feed to soft cheese. *Toxicology Reports*, 6, 782–787
- CREPPY, E.E. 2002. Uptake of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicology Letter*, 127, 19–28.
- DI RIENZO, J. A., CASANOVES, F., BALZARINI, M. G., GONZALEZ, L., TABLADA, M., Y ROBLEDO, C. W. 2012. InfoStat version 2012. InfoStat group, FCA, Cordoba National University, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- EUROPEAN COMMUNITY. 2002. Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed. *Official Journal of the European Communities*, L221-L232
- EUROPEAN COMMUNITY. 2006. Commission regulation N° 1881/2006 of 19 December 2006, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of European Communities*, L128-132.
- MERCOSUR. 2002. Reglamento técnico MERCOSUR sobre límites máximos de aflatoxinas admisibles en leche, maní y maíz. GMC/RES. N° 25/02. Disponible en: www.mercosur.int
- PRANDINI, A., TANSINI, G., SIGOLO, S., FILIPPI, L., LAPORTA, M., & PIVA, G. 2009. On the occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. *Food Chemical Toxicology*, 47, 984-991.

CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS Y REOLÓGICAS DE LECHE FORTIFICADAS CON SALES DE CALCIO

*Acosta, N.B.²; Sihufe, G.A.¹; Meza, B.E.¹; Marino, F.¹; Costabel, L.M.²;
Zorrilla, S.E.¹; Olivares, M.L.¹*

¹ INTEC – CONICET - UNL.

² IDICAL (INTA- CONICET).

olivares@santafe-conicet.gov.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar los cambios en las características fisicoquímicas y reológicas de leches fortificadas con diferentes sales de calcio. Se formularon muestras de leche utilizando leche en polvo descremada con diferentes concentraciones de cloruro y lactato de calcio (0,5 y 30 mmol kg⁻¹). Se utilizaron diferentes técnicas fisicoquímicas y reométricas para analizar el efecto de la fortificación con calcio sobre la leche. Los resultados obtenidos indican que, para ambas sales de calcio, parte del calcio añadido migra al interior de la micela de caseína formando fosfato de calcio coloidal y que el calcio añadido como lactato de calcio ingresa en mayor proporción. Una fracción de proteínas del suero también se integraría a la estructura micelar. En tal sentido, sería factible una adición de 5 mmol kg⁻¹ de cloruro o lactato de calcio como modificación tecnológica, debido a que el equilibrio mineral y la estabilidad térmica no se ven afectados significativamente a dicha concentración. Se concluyó que los resultados obtenidos a partir de las técnicas fisicoquímicas comúnmente utilizadas en la literatura, están en concordancia con los obtenidos por reometría, demostrando que esta técnica sencilla y rápida permite inferir sobre cambios en el equilibrio mineral y los efectos sobre la estabilidad térmica cuando se utilizan diferentes sales en la fortificación de leches.

Palabras clave: leche, fortificación con calcio, reología, cambios fisicoquímicos, estabilidad térmica.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la producción de alimentos suplementados con minerales es una estrategia importante para prevenir carencias de los mismos. La leche y los productos a base de leche son buenos candidatos para el fortalecimiento mineral, no sólo debido a que es un alimento de consumo masivo sino también por su alto valor alimenticio, su efecto protector sobre la digestión y la absorción y los efectos positivos sobre el crecimiento (Lombardi *et al.*, 2016).

La fortificación de leche con sales de calcio es una práctica a la que normalmente se recurre para mejorar sus propiedades nutricionales. Existe una gran variedad de sales de calcio que pueden utilizarse para tal fin, tales como cloruro, carbonato, citrato, lactato, gluconato, entre otras (Deeth & Lewis, 2014; Ramasubramanian, D'Arcy & Deeth, 2012; Singh *et al.*, 2007). La adición de calcio puede generar cambios en las propiedades fisicoquímicas de la leche y causar su coagulación durante el tratamiento térmico industrial desarrollando inacceptabilidad sensorial (Ramasubramanian *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2007). Por lo tanto, la selección de la sal apropiada o una combinación de ellas se basa generalmente en evitar efectos indeseables y en mejorar la biodisponibilidad de dicho mineral.

Se han realizado numerosos estudios para analizar los cambios en las características fisicoquímicas y la distribución de iones entre las diferentes fases presentes en la leche (Bijl *et al.*, 2007; Omoarukhe *et al.*, 2010; Philippe *et al.*, 2003; Gaucheron *et al.*, 2003). En este alimento, el calcio está en equilibrio entre las fases micelar (o coloidal) y el suero. En el suero, está presente principalmente en forma libre o asociada con citrato y, en menor medida, con fosfato inorgánico, cloruro y α -lactoalbúmina (Gaucheron, 2005; Ramasubramanian *et al.*, 2013). En la fase coloidal, el calcio está presente como fosfato de calcio coloidal (CCP) unido a las micelas de caseína (MC). La mayor parte del calcio (70%) se encuentra en esta fase (Bijl *et al.*, 2013; Koutina, Knudsen & Skibsted, 2015a; Omoarukhe *et al.*, 2010). El CCP está en equilibrio dinámico con el fosfato de calcio presente en el suero. Este equilibrio depende de condiciones fisicoquímicas como la temperatura, el pH, la presencia de diferentes minerales y la fuerza iónica (de la Fuente, 1998; Nogueira Silva *et al.*, 2015).

El enriquecimiento de la leche con sales de calcio influye en el nivel de CCP, la proporción de caseínas en las fases coloidal y sérica, la actividad del Ca^{2+} y la fuerza iónica de la leche. También produce una disminución en la hidratación de las MC y el potencial zeta (Famelart, Le Graet, & Raulot, 1999; Koutina *et al.*, 2015a; Philippe, Le Graët, & Gaucheron, 2005). En la superficie de las MC se neutralizan los residuos cargados negativamente haciéndolos más susceptibles a la agregación. En consecuencia, las propiedades estabilizadoras de la capa de κ -caseína que rodea a las MC se ven afectadas por la concentración de calcio (Ye & Harte, 2013). Además, la estabilidad de la leche durante el proceso térmico puede verse afectada por la adición de calcio (Koutina *et al.*, 2015b). Existe una amplia variedad de técnicas para evaluar el efecto de la adición de calcio en la estabilidad de la leche, siendo los estudios reológicos métodos relativamente fáciles que pueden proporcionar información complementaria y útil (Meza, Zorrilla & Olivares, 2019).

En el presente trabajo se analizaron los cambios en las características fisicoquímicas de leches fortificadas con cloruro y lactato de calcio. Además, se exploró la eficiencia de la reometría como técnica para analizar el efecto de la fortificación de la leche con sales de calcio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Preparación de las muestras de leche

Se utilizó leche en polvo descremada de bajo tratamiento térmico (4% m/m de humedad, 1,5% m/m de grasa, 35% m/m de proteína, 8,5% m/m de ceniza, WPNI (whey protein nitrogen index) =7 mg de nitrógeno de proteína de suero sin desnaturalizar por gramo de leche en polvo, SanCor Cooperativas Unidas Limitada, Sunchales, Argentina). Las muestras de leche se reconstituyeron al 10% m/m dispersando la cantidad necesaria de polvo en agua ultra pura bajo agitación constante (1200 rpm) a 25 °C. Las muestras se sellaron y agitaron durante 4 h a 25 °C. Para prevenir el crecimiento microbiano, se añadió azida sódica (0,02% m/v) a las muestras de leche reconstituida antes de almacenarlas durante toda la noche a 25 °C para asegurar la completa hidratación de las MC y el equilibrio del contenido mineral. Al siguiente día, diferentes cantidades de cloruro o lactato de calcio se agregaron a las muestras para alcanzar las concentraciones de 0, 5 y 30 mmol kg^{-1} bajo agitación constante durante 5 min a 25 °C. Nuevamente, las muestras fueron almacenadas toda la noche a 25 °C para asegurar el equilibrio del contenido mineral, y posteriormente se les determinó el pH con un pHmetro (Oakton Instruments, Vernon Hills, IL, EE. UU.). Cada tratamiento se preparó por duplicado.

2.2. Ultra-centrifugación de la leche

El sobrenadante libre de MC de las muestras de leche se obtuvo mediante ultra-centrifugación (centrífuga Biofuge 28RS, Heraeus Sepatech, Osterode, Alemania) a 50.000 g por 2 h a 25 °C (Koutina *et al.*, 2015a).

2.3. Determinación de proteínas

El contenido de proteínas totales en leche y en suero se determinó por el método de Bradford (Kruger, 2002). Se analizó la naturaleza proteica del suero (caseínas, α -lactoalbúmina y β -lactoglobulina) mediante la técnica PAGE-SDS discontinuo, donde se utilizaron dos geles de poliacrilamida de resolución (12% m/v de acrilamida, pH 8,8) y apilamiento (8% m/v de acrilamida, pH 6,8). Se aplicó una corriente constante de 70 mA. Al finalizar la corrida, los geles fueron teñidos utilizando Coomassie Brilliant Blue R250 al 0,125 % m/v en una mezcla 1:1 de etanol al 95% m/v y ácido acético al 10% m/v y finalmente fueron decolorados utilizando una mezcla 2:3 de etanol al 95% m/v y ácido acético al 5% m/v.

2.4. Determinación de minerales

El contenido de calcio total y en suero se determinó mediante absorción atómica (USEPA, 1991). La concentración de calcio micelar se determinó por diferencia entre las concentraciones de calcio en leche y en suero.

El contenido de fósforo total y en suero se determinó mediante técnica estándar colorimétrica (ISO 9874 | IDF 42:2006). La digestión húmeda de las muestras se realizó con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno; se adicionó una solución de molibdato/ácido ascórbico, que forma el compuesto azul de molibdeno en presencia de fosfatos con una absorbancia máxima a 820 nm.

2.5. Osmolalidad

La osmolalidad de las leches se midió usando un osmómetro de presión de vapor Wescor VAPRO® modelo-5520 (Wescor Inc, Puteaux, Francia). Siguiendo las instrucciones del fabricante, se depositaron 10 μ L de la muestra sobre un disco de papel libre de soluto en el portamuestras, luego se introdujo el portamuestras en el instrumento y se cerró la cámara de muestra para realizar una medición automática. Previo a la medición de las muestras, el osmómetro fue calibrado con estándares de NaCl de 100, 290 y 1000 mmol kg⁻¹.

2.6. Reometría

Las leches descremadas adicionadas con diferentes cantidades de cloruro y lactato de calcio se evaluaron en un reómetro de velocidad controlada Brookfield DV3TLVCP (Brookfield Engineering Laboratories Inc., Middleboro, MA, EE.UU.) con una geometría de cono-plato CPA-40Z (0,8° de ángulo y 48 mm de diámetro). Se colocaron 0,5 mL de leche en la celda reométrica y se midió la viscosidad en función de la temperatura en el rango de 25-80 °C a una velocidad de corte constante de 100 s⁻¹. La temperatura de la celda se incrementó a una velocidad de 2,4 °C min⁻¹. En dichas condiciones, la viscosidad de la leche disminuye a medida que aumenta la temperatura hasta alcanzar una temperatura crítica (T_c) a la cual diverge (Meza, Zorrilla & Olivares, 2019). Para determinar las temperaturas críticas representativas de cada formulación, se analizaron los datos experimentales de viscosidad en función de la temperatura siguiendo el procedimiento reportado por Meza *et al.* (2019). Se obtuvo una regresión lineal de cada segmento lineal (antes y después del inicio del proceso de agregación). Luego, se determinó la intersección entre los dos segmentos lineales para determinar T_c , la cual se puede considerar como una estimación de la temperatura crítica de agregación.

2.7. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico con los parámetros obtenidos, tomando como factores principales el tipo y la concentración de sal adicionada a la leche, evaluando la interacción entre ambos factores. Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) a los parámetros utilizando el programa

Statgraphics (Statgraphics Inc., Rockville, MD, USA). Cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$), se realizó una comparación múltiple de medias, mediante la prueba de diferencias mínimas significativas (LSD).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. pH

En la Tabla 1, se presentan los valores de pH promedio de las muestras analizadas. Los valores de pH de las muestras sin adición de sal de calcio coincidieron con los reportados para este tipo de alimento (Anema, 2009; Gaucheron, 2005; On-Nom, Grandison & Lewis, 2012; Philippe *et al.*, 2003; Walstra, Wouters & Geurts, 2006; Williams, D'Ath & Augustin, 2005). El agregado de sales de calcio disminuyó el pH de la leche.

A través del análisis estadístico se detectó una interacción significativa ($P < 0,05$) para los valores de pH entre el tipo de sal y la concentración de calcio adicionado a las leches. Esto se debe a que el comportamiento del pH es diferente, dependiendo del tipo y la concentración de sal utilizada. Los valores de pH de las muestras sin adición de sal y aquellas con 5 mmol kg^{-1} de sal agregada no mostraron diferencias significativas debido al tipo de sal utilizada, mientras que para la concentración de 30 mmol kg^{-1} , los valores de pH de las muestras con agregado de lactato de calcio fueron significativamente mayores que los de las muestras con agregado de cloruro de calcio.

La disminución del pH de la leche debido al agregado de sales de calcio ha sido reportada previamente (Gaucheron, 2005; Lewis, 2010; Philippe *et al.*, 2003; Ramasubramanian *et al.*, 2013).

3.2. Análisis de proteína en leche y suero

La concentración de proteína total en leche obtenida fue de $32,9 \text{ g L}^{-1}$. Este valor coincide con los valores reportados previamente para este tipo de alimentos (Bijl *et al.*, 2013; Koutina *et al.*, 2015a; Walstra *et al.*, 2006).

En el Cuadro 1, pueden observarse los valores promedios de concentración de proteína obtenidos para los sueros de las muestras de leche. La concentración de proteína de suero de las muestras de leche sin adición de sal es inferior al valor reportado para el suero de leche fresca, esto podría deberse al tratamiento térmico sufrido durante la producción de la leche en polvo, lo que provoca la desnaturalización parcial de las proteínas del suero y su adherencia a la superficie de las MC (Dalgleish & Corredig, 2012; Koutina *et al.*, 2015a; Singh & Fox 1987).

Cuadro 1: Valores medios y desvíos estándar correspondientes a los parámetros fisicoquímicos de las muestras de suero y leche analizadas.

Sal	Concentración de sal (mmol kg ⁻¹)	pH	Calcio en leche (mg g ⁻¹)	Calcio en suero (mg g ⁻¹)	Calcio micelar (mg g ⁻¹)	Fósforo en suero (mmol kg ⁻¹)	Proteína en suero (g L ⁻¹)	Osmolalidad (mmol kg ⁻¹)
Lactato de calcio	0	6,65 ± 0,00	1,01 ± 0,02	0,31 ± 0,00	0,70 ± 0,02	12,51 ± 0,01	3,05 ± 0,11	285,2 ± 10,7
	5	6,54 ± 0,01	1,09 ± 0,01	0,38 ± 0,01	0,71 ± 0,02	11,90 ± 0,35	2,42 ± 0,13	300,5 ± 3,8
	30	6,18 ± 0,00	1,97 ± 0,07	0,94 ± 0,02	1,04 ± 0,05	10,04 ± 0,42	2,03 ± 0,07	349,3 ± 2,2
Cloruro de calcio	0	6,71 ± 0,07	1,01 ± 0,02	0,31 ± 0,00	0,70 ± 0,02	12,51 ± 0,01	3,05 ± 0,11	285,2 ± 10,7
	5	6,53 ± 0,01	1,17 ± 0,01	0,42 ± 0,01	0,75 ± 0,01	12,11 ± 0,02	2,75 ± 0,08	280,7 ± 3,0
	30	6,09 ± 0,01	1,94 ± 0,01	1,05 ± 0,04	0,89 ± 0,03	10,38 ± 0,06	2,07 ± 0,06	337,5 ± 5,2
Sal		NS	NS	*	NS	NS	*	*
Concentración		*	*	*	*	*	*	*
Interacción		*	NS	*	*	NS	*	*

NS: efecto no significativo (P>0,05); *: efecto significativo (P<0,05).

Las concentraciones de proteína en suero de todas las muestras con agregado de calcio fueron significativamente menores que la concentración de proteína en suero de la muestra de leche sin fortificar. Estos resultados coinciden con los reportados por otros autores. Philippe *et al.* (2003) analizaron leches adicionadas con calcio y observaron que la concentración de caseínas en el suero disminuyó luego de la adición de sales de calcio y sugirieron que estas proteínas pasan desde el suero a formar parte de micelas pre-existentes o constituyen nuevas estructuras micelares. Asimismo, Williams *et al.* (2005) arribaron a la misma conclusión luego de trabajar con leches a las que se les agregó cloruro de calcio en combinación con ortofosfato tri-potásico. Más recientemente, Koutina *et al.* (2015a) realizaron estudios de caracterización de leche descremada fortificada con D-lactobionato de calcio donde observaron una disminución de fósforo y caseínas en el suero, y sugirieron que el calcio adicionado podría unirse al fósforo y a las caseínas del suero o permanecer como iones libres, que podrían ingresar a las micelas modificando su estructura.

Al realizar el análisis estadístico para este parámetro se detectó una interacción significativa ($P < 0,05$) entre el tipo de sal y la concentración final de calcio (Cuadro 1). La concentración de proteína en suero de las muestras de leche con 5 mmol kg^{-1} de lactato de calcio fue significativamente menor que la concentración de proteínas de suero de leches con agregado de cloruro de calcio al mismo nivel de concentración de sal; esto permitiría suponer que la migración de proteínas del suero a la fase micelar es mayor cuando se utiliza lactato de calcio.

La caracterización proteica del suero fue también analizada mediante SDS-PAGE. En la Figura 1, se muestran las imágenes de los geles obtenidos. En ellos se puede observar que las bandas correspondientes a α_{S1} -CN, β - y κ -caseínas y a la β -lactoglobulina disminuyen su intensidad a medida que aumenta la concentración de calcio total en leche para las dos sales utilizadas. Estos resultados se corresponden con los obtenidos en la cuantificación del contenido proteico de los sueros mediante el método de Bradford. En el caso de la β -lactoglobulina, la disminución de la intensidad de banda fue menos notoria.

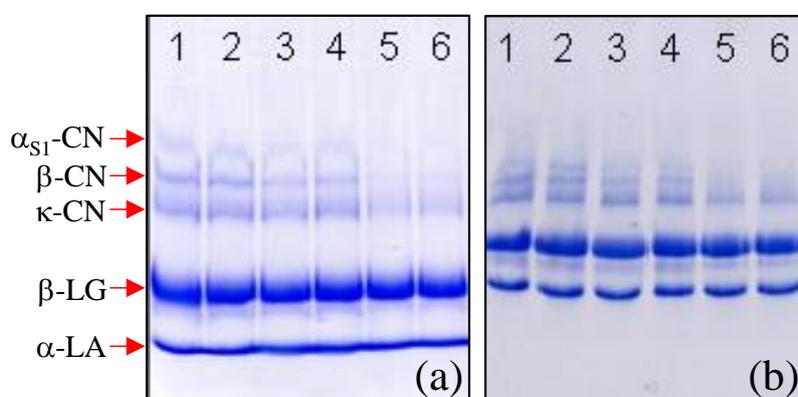


Figura 1. SDS – PAGE de sueros. (a) Muestras con cloruro de calcio, (b) Muestras con lactato de calcio. Concentración de sal: 0 mmol kg^{-1} (carriles 1 y 2), 5 mmol kg^{-1} (carriles 3 y 4), 30 mmol kg^{-1} (carriles 5 y 6).

3.3. Composición mineral de las muestras de la fase sérica y leche

3.3.1. Contenido de calcio

En el Cuadro 1, se muestran los valores promedios del contenido de calcio en leche y en suero. El contenido de calcio en las muestras de leche sin adición de sal coincide con el reportado para este tipo de alimento (Walstra *et al.*, 2006). Además, el contenido de calcio total en leches aumentó de forma proporcional a la cantidad de sal agregada. A 30 mmol kg^{-1} , la concentración de calcio total en leche ($1,95 \text{ mg g}^{-1}$) fue significativamente mayor que a 5 mmol kg^{-1} ($1,13 \text{ mg g}^{-1}$), independientemente del tipo de sal utilizada.

También puede apreciarse que el contenido de calcio total en suero aumenta a medida que aumenta la concentración de calcio agregado para ambas sales estudiadas (Cuadro 1). A través del análisis estadístico se observó una interacción significativa ($P < 0,05$) para este parámetro entre el tipo de sal y la concentración total de calcio agregada. A 5 mmol kg^{-1} de sal añadida, no se observaron diferencias significativas en la concentración de calcio total en suero independientemente del tipo de sal utilizada. Sin embargo, a 30 mmol kg^{-1} de sal agregada, las muestras adicionadas con cloruro de calcio mostraron valores de calcio en suero más altos que los de las muestras a las que se les agregó lactato de calcio. Estos resultados concuerdan con los reportados por Williams *et al.* (2005) y Zuraw *et al.* (1986). Además, Koutina *et al.* (2015a) obtuvieron resultados similares al estudiar la fortificación de la leche con D-lactobionato de calcio en un rango de concentración de 0 a 50 mM.

En este trabajo, al igual que en experiencias anteriores, se podría inferir que parte del calcio agregado se incorpora a la estructura micelar (Philippe *et al.*, 2003; Sievanen, Huppertz, Kelly, & Fox, 2008; Williams *et al.*, 2005; Zuraw *et al.*, 1986). Asimismo, a partir de estos resultados se podría suponer que el calcio aportado por el lactato de calcio es incorporado en mayor medida que el calcio aportado por el cloruro de calcio a la estructura micelar, lo cual está de acuerdo con estudios realizados por Singh *et al.*, (2007). Este comportamiento se condice con el observado en la determinación de pH, a 30 mmol kg^{-1} las muestras con agregado de lactato de calcio mostraron valores de pH más altos que los de las muestras con agregado de cloruro de calcio, probablemente debido a una menor cantidad de calcio fuera de las MC disponible para afectar el equilibrio de especies iónicas en la leche, particularmente iones H^+ .

3.3.2. Contenido de fósforo

El valor del contenido de fósforo total en leche fue de $31,65 \pm 0,54 \text{ mmol kg}^{-1}$, este valor coincide con el reportado por Koutina *et al.* (2015a) para la leche.

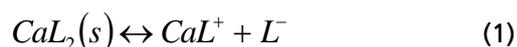
El contenido de fósforo en suero de todas las muestras puede observarse en el Cuadro 1. El análisis estadístico indicó que solo la concentración de sal agregada tuvo un efecto significativo sobre el contenido de fósforo en el suero. El contenido de fósforo en suero disminuyó con el incremento de la concentración de sales de calcio en la leche. A 30 mmol kg^{-1} , la concentración de fósforo ($10,21 \text{ mmol kg}^{-1}$) fue significativamente menor que a 5 mmol kg^{-1} ($12,00 \text{ mmol kg}^{-1}$) independientemente del tipo de sal utilizada para la fortificación mineral. Además, estos resultados presentan una tendencia similar a la reportada previamente por otros autores (Gaucheron, 2005; Koutina *et al.*, 2015a; Philippe *et al.* 2003; Udabage, McKinnon, & Augustin, 2000).

3.4. Osmolalidad

La osmolalidad se define como la concentración, expresada en base molar, de las partículas osmóticamente activas en una solución verdadera. Las sustancias disueltas en la leche dan como resultado una presión osmótica de aproximadamente 700 kPa (7 bar) y una disminución del punto de congelación cercano a 0,53 K (Walstra *et al.*, 2006). Utilizando la ecuación de van't Hoff para soluciones diluidas, que relaciona la presión osmótica con la concentración del soluto, este valor de presión osmótica se corresponde con un valor teórico de solutos disueltos en la leche de 282 mmol kg^{-1} . La osmolalidad de la leche solo depende de la concentración de cada soluto presente en la fase acuosa. Las partículas de grasa en suspensión y las MC no contribuyen a esta propiedad coligativa (Bachmann *et al.*, 2012); Novo, Reija, & Al-Soufi, 2007). Por lo tanto, mediante medidas de osmolalidad, es posible analizar la variación de la concentración de especies osmóticamente activas disueltas en el suero.

En el Cuadro 1, se presentan los valores medios de osmolalidad obtenidos para las leches fortificadas con las diferentes sales de calcio. Los valores obtenidos para la leche sin adición de sales coinciden con los reportados para este alimento (Novo *et al.*, 2007). Independientemente de la sal utilizada, la osmolalidad aumenta a medida que aumenta la concentración de calcio añadida. Existió una

interacción estadísticamente significativa ($P < 0,05$) entre el tipo de sal y la concentración final de calcio adicionada a las leches. Esto se debe a que a 5 y 30 mmol kg⁻¹ de sal agregada, los valores de osmolalidad de las muestras con agregado de lactato de calcio son mayores que los de las muestras con agregado de cloruro de calcio. Estos resultados parecerían contrarios a los obtenidos en el análisis del contenido de calcio en suero. Se podría suponer que si los iones de calcio ingresan a las MC en mayor proporción cuando se agrega lactato de calcio a las leches, la osmolalidad debería disminuir más en estas muestras que en las que tienen añadido cloruro de calcio. Pero debe considerarse que el lactato de calcio (CaL_2) presenta un equilibrio de disolución que consta de dos pasos (Kubantseva & Hartel, 2002; Vavrusova, Munk, & Skibsted, 2013; Vavrusova, & Skibsted, 2014):



En solución, la segunda disociación no se encuentra desplazada completamente hacia los productos, se alcanza un equilibrio (Kubantseva, & Hartel, 2002) del cual pueden derivar reacciones secundarias del ion lactato como, por ejemplo, la formación de ácido láctico por asociación con iones de hidrógeno. La presencia de iones comunes y contra iones puede modificar el estado de equilibrio (2) y favorecer la formación de productos o reactivos. Además, debe tenerse en cuenta la distribución de aniones entre las fases micelar y continua que también afectan dicho equilibrio (2). Por lo tanto, es difícil estimar el número de especies osmóticamente activas en estas muestras.

3.5. Reometría

La Figura 2 muestra los resultados obtenidos mediante barridos de temperatura para todas las muestras analizadas. En el rango de 20 a 60 °C, la viscosidad de las leches disminuye lentamente a medida que aumenta la temperatura. Varios cambios en los equilibrios de las especies presentes en la leche se modifican con la temperatura y podrían explicar los cambios de viscosidad en este rango. De 4 a 40 °C, la concentración de calcio en suero se reduce al aumentar la temperatura debido a la disminución de la solubilidad del fosfato de calcio (Koutina *et al.*, 2015b; Walstra *et al.*, 2006; Wang, & Ma, 2020). Si se compara la viscosidad de la leche sin agregados con la de las fortificadas con calcio a una misma temperatura puede observarse que el valor de viscosidad de éstas últimas aumenta a medida que aumenta la concentración de sales añadidas (Figura 2, inserto ampliado). Al parecer las muestras con 5 mmol kg⁻¹ de lactato de calcio agregado fueron las que menos vieron aumentada su viscosidad. Esta tendencia indicaría que la adición de calcio podría modificar la viscosidad de la estructura de la fase acuosa (suero) o la fase dispersa (MC), incluso a temperaturas relativamente bajas, generando cambios fisicoquímicos en las leches.

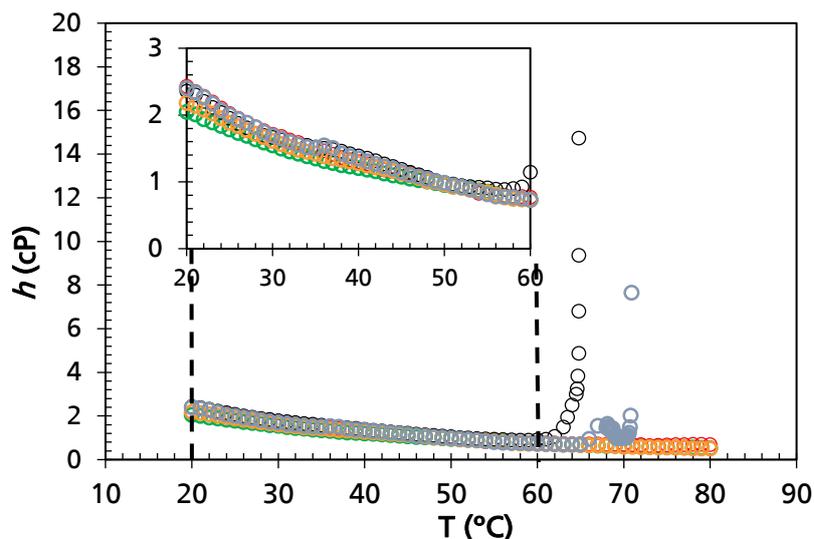


Figura 2. Barridos de temperatura de muestras de leches enriquecidas con diferentes sales de calcio. (○) Leche sin adición de sal. Leche con cloruro de calcio: (○) 5 mmol kg⁻¹; (○) 30 mmol kg⁻¹. Leche con lactato de calcio: (○) 5 mmol kg⁻¹; (○) 30 mmol kg⁻¹.

Se podría utilizar una ecuación de tipo Arrhenius para representar la disminución de la viscosidad con la temperatura en el rango de 20 a 60 °C como sugieren Meza *et al.* (2019) (Ecuación 3),

$$\eta = A_0 \exp\left(\frac{E_A}{RT}\right). \quad (3)$$

donde A_0 es el factor pre-exponencial, E_A la energía de activación, R la constante universal de gases y T la temperatura absoluta. El valor numérico de E_A es la barrera energética que debe superarse para que el proceso de flujo elemental pueda ocurrir (o flujo viscoso). Los valores de E_A para las diferentes condiciones estudiadas pueden observarse en el Cuadro 2. Estos se encuentran en el mismo orden de magnitud que los obtenidos para la leche desnatada reconstituida en un estudio previo para el rango de 25 a 60 °C (Meza *et al.*, 2019). El test de ANOVA indicó que el factor concentración de la sal tuvo un efecto significativo en este parámetro. Como puede apreciarse el valor de la E_A aumentó con el incremento de concentración de sal pero no se detectaron diferencias significativas entre las muestras con 5 y 30 mmol kg⁻¹ de calcio agregado. En tal sentido, se podría inferir que la adición de calcio afecta el cambio de viscosidad de la leche durante el calentamiento.

Cuadro 2. Valores medios de energía de activación y temperatura crítica para todas las muestras de leche fortificadas con calcio.

Tipo de sal	Concentración de sal (mmol kg ⁻¹)	E _A (kcal mol ⁻¹)	T _c (°C)
Lactato de calcio	0	4,48 ± 0,44	-
	5	5,00 ± 0,19	-
	30	5,46 ± 0,23	71,20 ± 0,54
Cloruro de calcio	0	4,48 ± 0,44	-
	5	5,28 ± 0,36	-
	30	5,12 ± 0,36	64,60 ± 0,07
Tipo de sal		NS	*
Concentración		*	
Interacción		NS	

NS: efecto no significativo (P>0.05); *: efecto significativo (P<0.05).

a-b: Valores medios en la misma columna con diferentes letras en el superíndice son significativamente diferentes (P<0,05).

Por encima de 60 °C, la viscosidad aumenta bruscamente en las muestras con 30 mmol kg⁻¹ de calcio agregado, pero a diferentes temperaturas dependiendo del tipo de sal utilizada (Figura 2). Las muestras con 5 mmol kg⁻¹ de calcio adicionado no mostraron divergencia de viscosidad en el rango de temperatura evaluado independientemente del tipo de sal utilizada.

En el caso de muestras con lactato de calcio, se puede observar una desestabilización en la viscosidad entre 65 y 70 °C hasta que finalmente se produce la divergencia. Esta característica se exhibió en todas las réplicas. Como se detalló anteriormente, el lactato de calcio en solución se somete a un proceso de equilibrio de dos pasos (Kubantseva, & Hartel, 2002; Vavrusova *et al.*, 2013). La presencia de otros iones en la leche y los cambios inducidos por la temperatura probablemente alteren ambos equilibrios, como sugieren Vavrusova *et al.*, (2013). A medida que aumenta la temperatura, las concentraciones de calcio en suero, fosfato inorgánico y citrato disminuyen, promoviendo la formación de estructuras de fosfato de calcio (Singh, 2004; Wang, & Ma, 2020). Estos cambios posiblemente afecten el equilibrio del lactato de calcio y su disociación durante el calentamiento de las leches, lo que provocaría esta inestabilidad en la viscosidad previa a la divergencia a 71,2 °C (Cuadro 2 y Figura 3).

La temperatura a la cual se observó la divergencia de la viscosidad en las muestras con 30 mmol kg⁻¹ de cloruro de calcio adicionado fue 64,6 °C (Cuadro 2 y Figura 3), este valor es significativamente menor que la temperatura de divergencia de las muestras con lactato de calcio a la misma concentración (Cuadro 2). Al calentar la leche por encima de 60 °C, pueden ocurrir otros cambios además de la alteración en el equilibrio mineral. La desnaturalización de las proteínas del suero tiene lugar a temperaturas por encima de 65 °C. Además, a pH 6,5, las proteínas desnaturalizadas del suero pueden formar agregados y adherirse a las MC a través de enlaces -S-S- (Koutina *et al.*, 2015b; Singh, 2004; Walstra *et al.*, 2006).

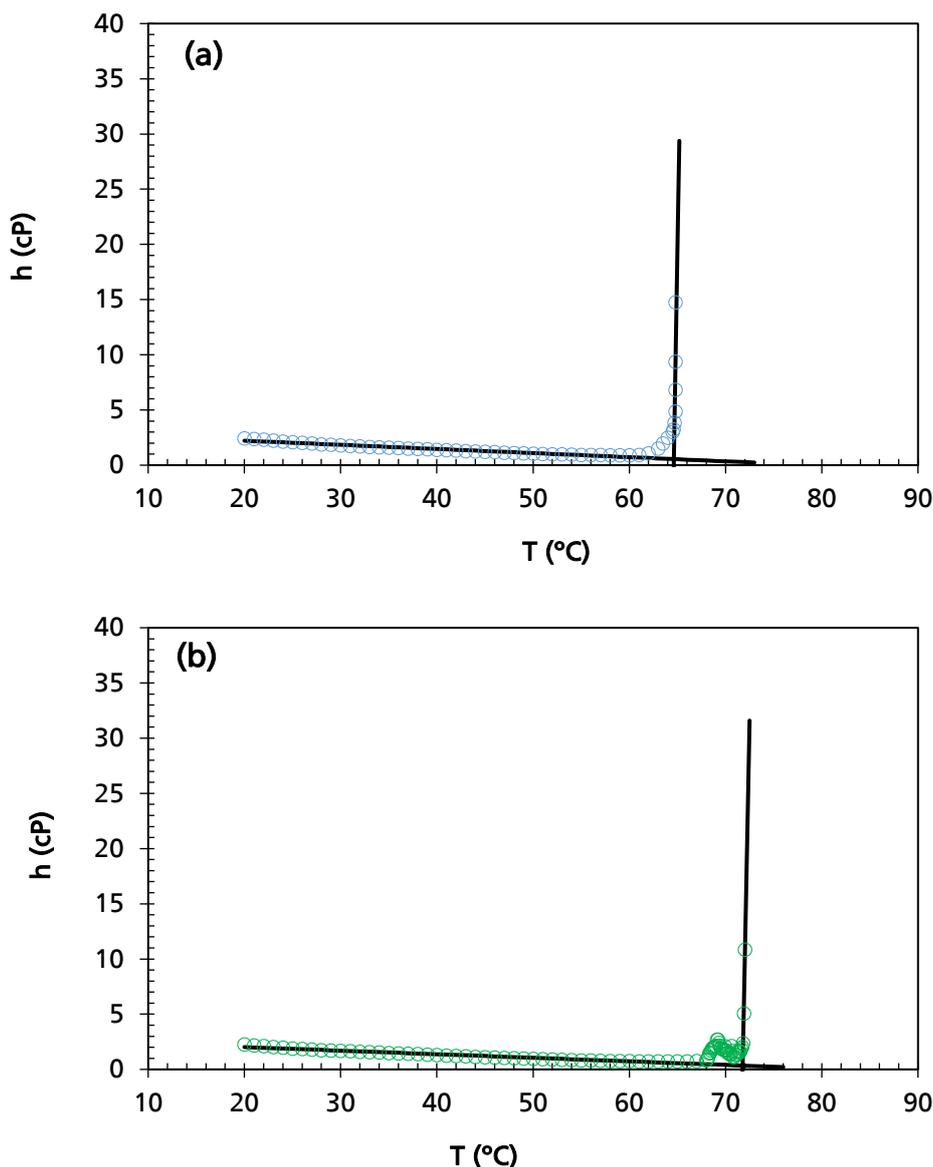


Figura 3. Ejemplos del procedimiento utilizado para obtener la temperatura crítica T_c de muestras de leche con 30 mmol kg^{-1} de calcio agregado: (a) leche con cloruro de calcio, (b) leche con lactato de calcio.

El pH de la leche disminuye durante el calentamiento, cuanto menor es el pH inicial, menor es la temperatura a la que se produce la coagulación de la misma (Walstra *et al.*, 2006). Bajar el pH debilita las repulsiones electrostáticas y estéricas de las MC. Asimismo, la adición de sales aumenta la fuerza iónica del medio, este efecto contribuye al debilitamiento de las interacciones. El exceso de iones de calcio aumenta la probabilidad de formar puentes $-\text{Ca}-$ entre grupos cargados negativamente de las capas superficiales de dos micelas de caseína. Además, a altas temperaturas podrían formarse enlaces covalentes entre los residuos de aminoácidos, fortaleciendo la unión entre éstas (Considine, Flanagan, & Loveday, 2014; Walstra *et al.*, 2006).

Como se detalló anteriormente, la disminución en el pH fue más pronunciada para las muestras con cloruro de calcio agregado que en el caso de muestras con lactato de calcio agregado a concentraciones similares. Adicionalmente, los contenidos de calcio y fósforo revelaron que el calcio añadido en forma de lactato de calcio podría ingresar en las micelas en mayor proporción. En

consecuencia, la cantidad de iones de calcio y fosfato fuera de las MC sería mayor en las muestras a las que se le agregó esta última sal. El efecto combinado de la adición de calcio (que aumentaría la fuerza iónica del medio) y la reducción del pH afectan el proceso de coagulación y la temperatura a la que inicia. Es relevante señalar que este estudio muestra cómo un parámetro macroscópico que puede ser fácilmente determinado, como la viscosidad, permite detectar diferencias a nivel microestructural de leches fortificadas con diferentes sales, aportando información para el análisis de la estabilidad coloidal.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se pudieron caracterizar desde el punto de vista fisicoquímico y reométrico leches fortificadas con cloruro y lactato de calcio. Los resultados obtenidos permitieron relacionar los cambios fisicoquímicos que modifican la estructura micelar y la estabilidad térmica de la leche. Las técnicas aplicadas indicarían que parte del calcio añadido migraría al interior de las MC formando CCP y que el calcio añadido como lactato de calcio ingresa en mayor proporción a las micelas que el añadido como cloruro de calcio. Una fracción de las proteínas del suero también podría integrarse a la estructura micelar.

De la información obtenida se concluye que sería factible la adición de hasta 5 mmol kg⁻¹ de cloruro y lactato de calcio, debido a que el balance mineral y la estabilidad térmica no se vieron afectados significativamente a este nivel de concentración. Sin embargo, el lactato de calcio sería el candidato más apropiado para utilizar en formulaciones con concentraciones de calcio más elevadas (por ejemplo, concentraciones intermedias en el rango de 5-30 mmol kg⁻¹).

Finalmente, como los resultados obtenidos de las técnicas fisicoquímicas normalmente utilizadas coinciden con los obtenidos por reometría, se ha podido demostrar que esta técnica sencilla y rápida, permite inferir sobre los cambios en el equilibrio mineral y los efectos sobre la estabilidad térmica cuando se utilizan diferentes sales para la fortificación de la leche.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con el apoyo financiero de la Universidad Nacional del Litoral.

(proyecto CAI + D: 504 201501 00051 LI) (Santa Fe, Argentina), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (proyecto CONICET: 11220150100606) (Argentina), Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (proyecto ANPCyT PICT 2016-249) (Argentina) e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (proyecto 2019-PD-E7-I152-001).

NOTA: Este trabajo fue previamente publicado: Acosta, N.B.; Sihufe, G.A.; Marino, F.; Costabel, L.M.; Zorrilla, S.E.; Olivares, M.L. (2020). Milk fortified with calcium: Changes in the physicochemical and rheological characteristics that affect the stability. *LWT-Food Science and Technology* 134, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110204>

6. BIBLIOGRAFÍA

- ANEMA, S. G. 2009. Stability of milk-derived calcium phosphate suspensions. *Dairy Science & Technology*, 89, 269–282. <https://doi.org/10.1051/dst/2009005>
- BACHMANN, L., SCHMIDT, B., RAUWOLF, U., WENGE, J., & COENEN, M. 2012. Change of plasma volume, osmolality, and acid–base status in healthy calves after feeding of milk and water- and milk-based oral rehydration solution. *Journal of Dairy Science*, 95, 6006–6014. <https://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5562>
- BIJL, E., VAN VALENBERG, H. J. F., HUPPERTZ, T., & VAN HOOIJDONK, A. C. M. 2013. Protein, casein, and micellar salts in milk: Current content and historical perspectives. *Journal of Dairy Science*, 96, 5455–5464. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6497>

- CONSIDINE, T., FLANAGAN, J., & LOVEDAY, S. M. 2014. Interactions between milk proteins and micronutrients. In: H. Singh, M. Boland & A. Thompson (Eds.), *Milk proteins from expression to food* (pp. 421–449), 2nd ed. New York: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-405171-3.00014-3>
- DALGLEISH, D. G., & CORREDIG, M. 2012. The structure of the casein micelle of milk and its changes during processing. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3, 449–467. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101214>
- DEETH, H. C., & LEWIS, M. J. 2014. Practical consequences of calcium addition to and removal from milk and milk products. *International Journal of Dairy Technology*, 67, 2-11. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12188>
- DE LA FUENTE, M. A. 1998. Changes in the mineral balance of milk submitted to technological treatments. *Trends in Food Science & Technology*, 9, 281–288. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(98\)00052-1](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00052-1)
- FAMELART, M. H., LE GRAET, Y., & RAULOT, K. 1999. Casein micelle dispersions into water, NaCl and CaCl₂: physicochemical characteristics of micelles and rennet coagulation. *International Dairy Journal*, 9, 293–297. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(99\)00077-1](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(99)00077-1)
- GAUCHER, I., PIOT, M., BEAUCHER, E., & GAUCHERON, F. 2007. Physico-chemical characterization of phosphate-added skim milk. *International Dairy Journal*, 17, 1375–1383. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.05.002>
- GAUCHERON, F. 2005. The minerals of milk. *Reproduction Nutrition Development*, 45, 473–483. <https://doi.org/10.1051/rnd:2005030>
- IDF. 2006. Milk. Determination of total phosphorus content. Method using molecular absorption spectrometry. IDF Standard 42, Brussels, Belgium.
- KOUTINA, G., KNUDSEN, J. C., & SKIBSTED, L. H. 2015a. The effect of pH on calcium and phosphorus distribution between micellar and serum phase after enrichment of skim milk with calcium D-lactobionate. *Dairy Science & Technology*, 95, 63–74. <https://doi.org/10.1007/s13594-014-0196-z>
- KOUTINA, G., CHRISTENSEN, M., BAKMAN, M., ANDERSEN, U., & SKIBSTED, L. H. 2015b. Calcium induced skim-milk gelation during heating as affected by pH. *Dairy Science & Technology*, 96, 79–93. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0240-7>
- KRUGER, N. J. 2002. The Bradford method for protein quantitation. In: J. M. Walker (Ed.), *The protein protocols handbook* (pp. 15-21), 2nd ed. New Jersey: Humana Press Inc. <https://doi.org/10.1385/1-59259-169-8:15>
- KUBANTSEVA, N., & HARTEL, R. W. 2002. Solubility of calcium lactate in aqueous solution. *Food Reviews International*, 18(2-3), 135–149. <https://doi.org/10.1081/FRI-120014355>
- LEWIS, M. J. 2010. The measurement and significance of ionic calcium in milk – A review. *International Journal of Dairy Technology*, 64(1), 1–13. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00639.x>
- LOMBARDI, J., SPELZINI, D., FOLMER CORRÊA, A. P., BRANDELLI, A., RISSO, P., BOERIS, V. 2016. Milk protein suspensions enriched with three essential minerals: Physicochemical characterization and aggregation induced by a novel enzymatic pool. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 140, 452–459. <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfb.2015.12.052>
- MEZA, B. E., ZORRILLA, S. E., & OLIVARES, M. L. 2019. Rheological methods to analyse the thermal aggregation of calcium enriched milks. *International Dairy Journal*, 97, 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.05.001>
- NOGUEIRA SILVA, N., BAHRI, A., GUYOMARC'H, F., BEAUCHER, E., & GAUCHERON, F. 2015. AFM study of casein micelles cross-linked by genipin: effects of acid pH and citrate. *Dairy Science & Technology*, 95, 75–86. <https://doi.org/10.1007/s13594-014-0199-9>
- NOVO, M., REIJA, B., & AL-SOUFI, W. 2007. Freezing point of milk: a natural way to understand colligative properties. *Journal of Chemical Education*, 84, 1673-1675. <https://doi.org/10.1021/ed084p1673>

- OMOARUKHE, E. D., ON-NOM, N., GRANDISON, A. S., & LEWIS, M. J. 2010. Effects of different calcium salts on properties of milk related to heat stability. *International Journal of Dairy Technology*, 63(4), 504–511. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00613.x>
- ON-NOM, N., GRANDISON, A. S., & LEWIS, M. J. 2012. Heat stability of milk supplemented with calcium chloride. *Journal of Dairy Science*, 95, 1623–1631. <https://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4697>
- PHILIPPE, M., GAUCHERON, F., LE GRAET, Y., MICHEL, F., & GAREM, A. 2003. Physicochemical characterization of calcium-supplemented skim milk. *Lait*, 83, 45–59. <http://doi.org/10.1051/lait:2002049>
- PHILIPPE, M., LE GRAËT, Y., & GAUCHERON, F. 2005. The effects of different cations on the physicochemical characteristics of casein micelles. *Food Chemistry*, 90, 673–683. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.001>
- RAMASUBRAMANIAN, L., D'ARCY, B., & DEETH, H. C. 2012. Heat-induced coagulation of whole milk by high levels of calcium chloride. *International Journal of Dairy Technology*, 65, 183–190. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2012.00823.x>
- RAMASUBRAMANIAN, L., WEBB, R., D'ARCY, B., & DEETH, H. C. 2013. Characteristics of a calcium–milk coagulum. *Journal of Food Engineering*, 114, 147–152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.08.015>
- SIEVANEN, K., HUPPERTZ, T., KELLY, A. L., & FOX, P. F. 2008. Influence of added calcium chloride on the heat stability of unconcentrated and concentrated bovine milk. *International Journal of Dairy Technology*, 61(2), 151–155. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2008.00391.x>
- SINGH, G., ARORA, S., SHARMA, G. S., SHINDHU, J. S., KANSAL, V. K., & SANGWAN, R. B. 2007. Heat stability and calcium bioavailability of calcium-fortified milk. *LWT - Food Science and Technology*, 40, 625–631. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.03.009>
- SINGH, H. 2004. Heat stability of milk. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 111–119. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00143.x>
- SINGH, H., & FOX, P. F. 1987. Heat stability of milk: role of β -lactoglobulin in the pH dependent dissociation of micellar κ -casein. *Journal of Dairy Research*, 54, 509–521. <https://doi.org/10.1017/S0022029900025711>
- UDABAGE, P., MCKINNON, I. R., & AUGUSTIN, M-A. 2000. Mineral and casein equilibria in milk: effects of added salts and calcium-chelating agents. *Journal of Dairy Research*, 67, 361-370. <https://doi.org/10.1017/S0022029900004271>
- USEPA. 1991. Method 200.3: Sample preparation procedure for spectrochemical determination of total recoverable element in biological tissues. Environmental Protection Agency Revision 1.0 EPA – 600/4 – 91 – 010.
- VAVRUSOVA, M., MUNK, M. B., & SKIBSTED, L. H. 2013. Aqueous solubility of calcium L-lactate, calcium D-gluconate, and calcium D-lactobionate: importance of complex formation for solubility increase by hydroxycarboxylate mixtures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 8207–8214. <http://doi.org/10.1021/jf402124n>
- VAVRUSOVA, M., & SKIBSTED, L. H. 2014. Calcium nutrition. Bioavailability and fortification. *LWT - Food Science and Technology*, 59, 1198-1204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.034>
- WALKER, J. M. 2002. SDS polyacrylamide gel electrophoresis of proteins. In: J. M. Walker (Ed.), *The protein protocols handbook* (pp. 61-67), 2nd ed. New Jersey: Humana Press Inc. <https://doi.org/10.1385/1-59259-169-8:61>
- WALSTRA, P., WOUTERS, J. T. M., & GEURTS, T. J. 2006. *Dairy science and technology* (2nd ed.). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- WANG, Q., & MA, Y. 2020. Effect of temperature and pH on salts equilibria and calcium phosphate in bovine milk. *International Dairy Journal* 110, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104713>

- WILLIAMS, R. P. W., D'ATH, L., & AUGUSTIN, M. A. 2005. Production of calcium-fortified milk powders using soluble calcium salts. *Lait*, *85*, 369–381. <http://doi.org/10.1051/lait:2005011>
- YE, R., & HARTE, F. 2013. Casein maps: effect of ethanol, pH, temperature, and CaCl₂ on the particle size of reconstituted casein micelles. *Journal of Dairy Science*, *96*, 799–805. <http://doi.org/10.3168/jds.2012-5838>
- ZURAW, J., SMIETANA, Z., SZPENDOWSKI, J., & CHOJNOWSKI, W. 1986. Influence de l'addition de sels de calcium et du chauffage sur les diverses formes de calcium dans le lait. *Le Lait*, *66*, 421–429. <https://doi.org/10.1051/lait:1986427>

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN



CARACTERIZACIÓN DE CURVAS DE LACTANCIA DE DOS GRUPOS RACIALES DE BOVINOS PARA LECHE

Pece, M.A.¹; Cuatrin, A.²; Maciel, M.¹; Vera, M.¹;
Salado, E.E.¹; Romero, L.¹; Scandolo, D.¹

¹ INTA EEA Rafaela

² INTA EEA Paraná

pece.mariela@inta.gob.ar.

INTRODUCCIÓN

La producción de leche durante la lactancia está condicionada por factores genéticos, fisiológicos y ambientales (Molinuevo, 2003). Caracterizarla, permite determinar la eficiencia biológica y económica (Comerón *et al*, 2007). Entre los factores que pueden afectarla se pueden mencionar el número de partos, la época de parición, los grupos raciales, la alimentación y el manejo.

La curva de lactancia es la representación gráfica de la producción de leche en el tiempo y es un resumen de los patrones de la misma. Ésta presenta una forma muy particular y se define a través de ciertos parámetros: duración de la lactación, producción total, producción inicial, producción diaria máxima o pico de producción, tasa de aumento en la fase ascendente, persistencia de la producción en la fase descendente y forma de la curva. No existe una metodología de cuantificación claramente definida, sin embargo, es claro que está determinada por tres factores fundamentales de los nombrados anteriormente: producción máxima, momento en que la alcanza y persistencia.

Debido al rol determinante de la producción de leche en la rentabilidad del tambo y por los numerosos factores biológicos y de manejo que pueden modificarla, esta caracterización de la producción podrá ser utilizada para propósitos de alimentación, selección y como medios de previsión y diagnóstico.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar de manera exploratoria las curvas de lactancia de vacas multíparas y primíparas paridas en 2020 de dos grupos raciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron los datos individuales de producción de leche diaria (kg/día), de vacas que componen el rodeo del Sistema de Producción de Leche Intensiva (UPLI) de la EEA Rafaela del INTA, obtenidos a través del control lechero oficial que se realiza mensualmente. Las características, resultados productivos, reproductivos y ambientales del sistema fueron descriptos por Pece *et al*. (en esta publicación).

Se analizaron las producciones de leche de vacas paridas desde el 28/2/2020 al 12/12/2020, bajo un sistema de pariciones continuas. El análisis se realizó diferenciando dos grupos raciales que recibieron el mismo manejo, uno de Holando (H) y otro de cruza (CR), éste último obtenido por cruzamiento alterno entre H y Jersey (JY) (Vera *et al*, 2016). Es importante aclarar que el grupo de CR incluyó animales de distintas filiales (F1 a F5). Se analizaron los datos de las producciones de la primera (54 H y 77 CR), segunda (33 H y 72 CR) y tercera o más lactancias (65 H y 125 CR). Los valores registrados por control lechero mensual se correspondieron con las mediciones de producción controladas desde el 17/3/2020 al 14/7/2021. La alimentación estuvo compuesta por (ración promedio, expresada en porcentaje de materia seca total) 36-51% pastura de *Medicago sativa*, 27-12% forraje conservado y 37-37% concentrado en otoño-invierno y primavera-verano, respectivamente. Cabe aclarar que la misma varió según grupo de

alimentación (grupos de punta y cola, determinados en función de los días de lactancia y los niveles de producción diaria), época del año y condiciones meteorológicas.

Los registros mayores a 400 días de lactancia fueron eliminados por ser escasos. Debido a las diferencias en contenido de sólidos se corrigió la leche por energía (LEC) = $\text{kg leche} \times (383 \times \% \text{grasa} + 242 \times \% \text{proteína} + 783,2) / 3140$ (Tyrrell y Reid, 1965). Las lactancias se ajustaron utilizando un modelo de regresión no lineales propuesto por Wood (1967) donde producción de leche en el día $t = a \cdot b \cdot t^c \cdot \exp(-c \cdot t)$, siendo t: semana de lactancia y a, b y c: parámetros que definen la curva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de leche ajustada a 305 días en las distintas lactancias para los grupos raciales se detalla en el Cuadro 1. En H como en CR la producción de leche en las 1ras lactancias fue menor a las 2das y 3ras o más esto se puede atribuir a que en vacas de 1ra lactancia su desarrollo no ha finalizado, por lo que primero satisfacen requerimientos de mantenimiento y crecimiento y luego de producción. Si bien la producción de las CR fue mayor que las H en la 2da lactancia, podría ser consecuencia de la constitución racial de las CR (mayor proporción racial H).

Los tres parámetros de las curvas de Wood ajustadas se muestran en el Cuadro 1. Los niveles productivos al inicio de la lactancia (parámetro a) en H fueron más bajos en la 1ra, 2da y 3ra o más lactancias que en CR. Las tasas de ascenso (parámetro b) fueron mayores en H que en CR. En las 3ras o más lactancias este parámetro resultó negativo para el grupo de las CR denotando que éstas no presentaron pico, sino que la producción descendió desde el inicio de la lactancia. En H las tasas de descenso (parámetro c) no presentaron mayores diferencias, en CR la tasa de descenso fue mayor en la 3ra o más lactancias.

En H, el pico en 1ra lactancia se retrasó 86 días con respecto al promedio de días al pico en 2da y 3ra o más lactancias. En CR el mayor atraso se observó en las 2das lactancias y los días al pico en las 3ras o más lactancias fueron "0". Las producciones de leche pico (kg/día) en H fueron mayores a medida que aumentaba el número de lactancia. Este valor en el grupo de CR, aumentó en las 2das lactancias y disminuyó nuevamente en las 3ras o más lactancias.

En H, se observó una tasa de ascenso de la producción, entre el inicio y el pico de lactancia y una fase de descenso baja asociada a mayor persistencia. En CR se observó un descenso desde el inicio. Existen antecedentes previos del ajuste de este tipo de curvas para la descripción de la producción en CR, pero bajo sistemas de pariciones en bloques (Pece *et al.*, 2014). Es probable que el bajo número de animales, no permita diferenciar el efecto de los meses y/o la estación del año sobre la producción y por ende no favorezca una buena descripción de la producción de las CR a través de los parámetros de la curva de Wood.

Cuadro 1: Parámetros del modelo de Wood, producción al pico de lactancia, días desde el parto al pico de lactancia y producción por lactancia ajustada a 305 días para dos grupos raciales H (Holando) y CR (cruzas H x JY) y tres categorías de número de lactancia (lact). (JY, Jersey; a, nivel productivo al inicio de la lactancia; b, tasa de ascenso; c, tasa de descenso).

Parámetros	Grupos raciales					
	Holando (H)			Cruzas (H x JY)		
	1 ^{ra} lact.	2 ^{da} lact.	3 ^{ra} o más lact.	1 ^{ra} lact.	2 ^{da} lact.	3 ^{ra} o más lact.
a	12,01	23,98	28,73	15,58	27,56	32,5
b	0,1971	0,0871	0,6827	0,0769	0,0429	-0,0000405
c	0,0017	0,0020	0,0025	0,0008	0,0002	0,0017
Producción al pico (kg/día)	25,30	30,59	33,63	20,54	33,24	32,50
Días desde el parto al pico	119	44	27	99	215	0
Producción lactancia ajustada a 305 días (kg)	7255	8230	8366	6074	9991	7765
Número de vacas evaluadas	54	33	65	77	72	125

Las curvas de ajuste para los dos grupos raciales analizados y tres niveles de lactancias acumuladas se muestran en la Figura 1.

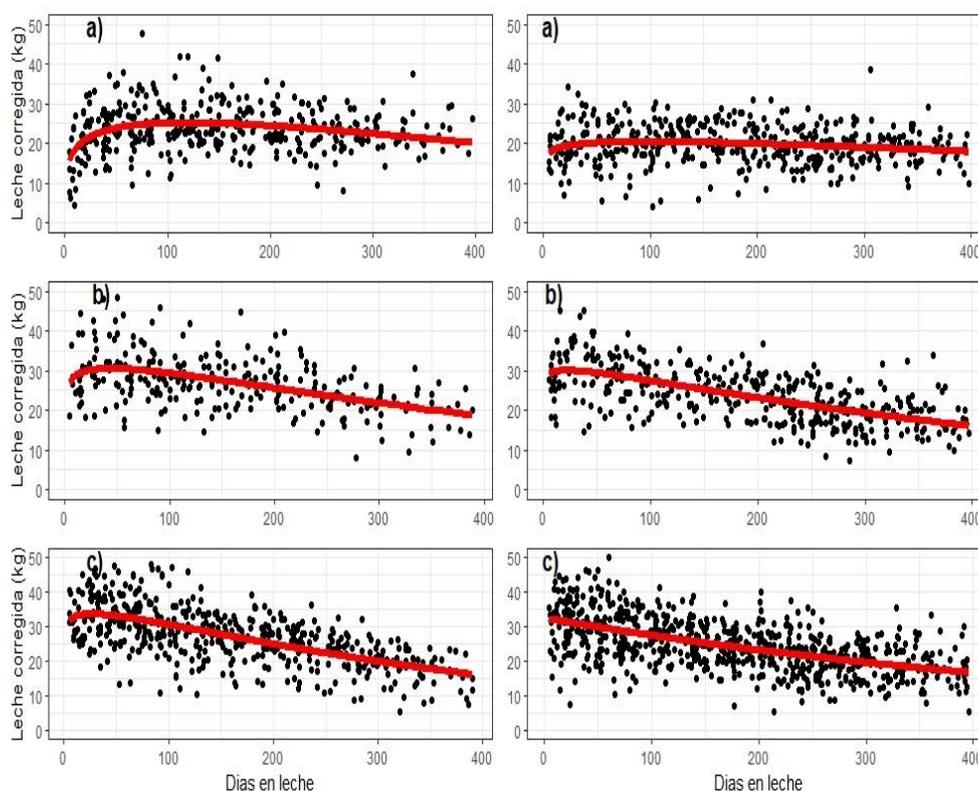


Figura 1. Producción de leche corregida por vaca ordeño por día (kg/día) por lactancias. Vacas Holando (izquierda), Vacas Cruzas (derecha). a) 1ra, b) 2da y c) 3ra o más lactancia. Valores registrados por control lechero mensual desde el 17/3/2020 al 14/7/2021.

CONCLUSIÓN

Existen diferencias en los kilos de leche por día producidos al pico, los días desde el parto al pico de lactancia y en la producción de leche ajustada a 305 días en las distintas lactancias de los distintos grupos raciales.

El modelo ajustado utilizado resultó adecuado para caracterizar la curva total de producción en H no así en CR puesto que no describió la forma de la curva de producción de este grupo racial. Es necesario aumentar la representatividad de los grupos a fin de poder dilucidar los distintos factores que puedan estar afectando la producción de leche, especialmente los referidos a los meses o a la estación del parto.

Conocer las características de la curva resulta de utilidad para evaluar las respuestas a diferentes factores y así poder tomar las decisiones de manejo adecuadas para el uso eficiente de los recursos que componen los sistemas de producción de leche. En este sentido, deberán considerarse en un futuro trabajo otros modelos de ajuste.

BIBLIOGRAFÍA

- COMERÓN, E.A., BAUDRACCO, J., LOPEZ VILLALOBOS, N., COLMES, C.W. y ROMERO, L.A. 2007. Producción de leche en sistemas pastoriles. IDIA XXI Lechería. Ediciones INTA. Año VII. N° 9. Págs.: 26-31.
- CUATRIN, A., VERA, M., FRANCO, L., MACIEL, M., SCANDOLO, D., ROMERO, L. y COMERÓN, E. 2009. Razas y cruza lecheras: Efectos sobre la producción y composición de leche. Revista Argentina de Producción Animal 29, Supl.1:350
- MOLINUEVO, H.A. 2003. Genética Bovina y producción en pastoreo. Ediciones INTA. ISBN N° 987-521-081-1. 128p.
- PECE, M.A., MACIEL, M., CUATRÍN, A., TIERI, M.P., SALADO, E.E., SCANDOLO, D. y ROMERO, L.A. 2014. Caracterización de curvas de lactancia en un sistema de producción de leche con pariciones biestacionadas. Revista Argentina de Producción Animal 34, Supl. 3: 271.
- TYRRELL, H.F. y REID, J.T. 1965. Prediction of the energy value of cow's milk. J. Dairy Sci. 48: 1215–1223.
- VERA, M., TIERI, M.P., MACIEL, M., FRANCO, L., COMERÓN, E., SCANDOLO, D. y ROMERO, L. (2016). Unidad de Producción de Leche Intensiva. Síntesis histórica 1981-2009 y resultados obtenidos a partir de la incorporación de cruza. INFORMACIÓN TÉCNICA DE PRODUCCIÓN ANIMAL 2016, ISSN 2314-3126. Publicación Miscelánea. Año 4 – N° 2. INTA. CERSAN. EEA Rafaela. Pág.: 104
- WOOD, P.D.P. 1967. Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle. Nature. Vol. 216: 164–165.

UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE LECHE INTENSIVA CON DOS GRUPOS RACIALES. RESULTADOS 2019-2021

Pece, M.A.; Maciel, M.; Salado, E.E.; Romero, L.; Vera, M.;
Tieri, M.P.; Scandolo, D.; Smulovitz, A.; Vitulich, C.; Charlon, V.

INTA EEA Rafaela
pece.mariela@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La Unidad de Producción de Leche Intensiva (UPLI) de la EEA Rafaela (INTA), creada en 1980, transitó distintas etapas con modificaciones estructurales y planteos técnicos (Tieri *et al.*, 2014), con la particularidad de que los resultados de una etapa dieron lugar a la siguiente.

En el 2000, con el objetivo de aumentar la eficiencia física (kilos de sólidos útiles por hectárea vaca total por año, kg SU/ha VT/año) y económico-financiera e incrementar la calidad composicional de la leche se implementó el cruzamiento alterno entre Holando (H) y Jersey (JY) (Vera *et al.*, 2016). Entre 2007 y 2009 se realizó un ensayo para evaluar el efecto de la carga (1,6, 2,1 y 2,6 VT/ha VT) sobre la eficiencia del sistema usando vacas Cruzas H x JY (CR) en pasturas base alfalfa suplementadas con silaje de sorgo. Con el aumento de la carga de 1,6 a 2,6 VT/ha total, la producción de leche se incrementó de 11.366 a 17.206 kg/ha/año (Baudracco *et al.*, 2011). Debido a que el efecto de la carga se evaluó solo para el bloque de parición primaveral (época de mayor oferta de forraje), situación que no representa el esquema productivo de las explotaciones lecheras regionales, resultó de interés evaluar el aumento de la carga con dos bloques de parición (otoño y primavera). Así en el año 2011 se propuso aumentar la carga de 2,1 VT/ha VT a 2,7 VT/ha VT. Esta propuesta se implementó durante 8 ciclos productivos (2011-2019).

En febrero de 2020 se reemplazó parte del rodeo de vacas CR por vacas H para evaluar ambos grupos raciales (GR) bajo las mismas condiciones. En este trabajo se presentan resultados de dos ciclos productivos, correspondientes al período 2019-2021.

MATERIALES Y MÉTODOS

La UPLI está ubicada sobre la Ruta Nacional N° 34, en el km 227 a 7 km de la ciudad de Rafaela, en el centro oeste de la Provincia de Santa Fe (Lat. Sud: 31°12', Long. Oeste: 61°30' a 99 msnm). Se han identificado hasta el presente tres series de suelos: Rafaela (Argiudol típico), Lehmann (Argiudol ácuico) y Castellanos (Argialbol típico)¹. La rotación de cultivos comprende un ciclo de 5 años, que incluye 3 años de pasturas y 2 años de cultivos anuales destinados a la confección de reservas para la alimentación del rodeo.

Se manejaron dos grupos raciales, uno de vacas H y otro de vacas CR. Los servicios durante el año 2020, en ambos rodeos, fueron "concentrados" desde el 12 de mayo al 28 de diciembre y se correspondieron con partos desde febrero a septiembre de 2021. La detección de celos (DC) se realizó con ayuda de pinturas en la base de la cola y la inseminación artificial (IA) se realizó una vez por día (a la mañana) a todas las vacas con celo y/o "despintadas", con toros H y JY, según correspondiera. El primer

¹Responsable: R. Tosolini y R. Giorgi; Participantes: V. Sapino, C. León, D. Gialebra y D. Zapatero

diagnóstico de “No Retorno” se realizó a los 32 días de la IA. Si se consideraba servicio retenido, se confirmaba la preñez a los 60 y 180 días pos IA.

Los terneros/as, luego del calostro se entregaron a la Unidad de Crianza Artificial para su posterior recría en Unidades específicas pertenecientes a la EEA Rafaela del INTA. Las vaquillonas preñadas reingresaron al sistema 30 días previos al parto. Así las categorías que componen el rodeo del sistema son vacas en ordeño (VO) + vacas secas (VS) = vacas totales (VT).

La alimentación de las VO se compuso de pasturas base alfalfa aprovechadas a través de pastoreo directo en franjas diarias, las mismas representaron entre un 40 y 60% del total de la ración según el rodeo, la época del año y condiciones meteorológicas. El resto de la ración se completó con una ración parcialmente mezclada (PMR) compuesta por silaje de planta entera de maíz o sorgo, grano de maíz, semilla de algodón y harina de soja. En la sala de ordeño se suministró un balanceado comercial. Se manejan 3 rodeos de ordeño (H punta, CR punta y H+CR cola), recibiendo los dos rodeos “punta” la misma alimentación. Para armar los rodeos se contempló el grupo racial, momento de la lactancia, producción individual, condición corporal y preñez. Mensualmente, con la información del control lechero brindado por la Sociedad Rural de Rafaela y los registros del sistema, se revisó la constitución de los grupos y se realizaron ajustes de las raciones.

El ordeño se realizó dos veces por día, a las 4:30 y a las 15:30. La duración del mismo fue de aproximadamente 2 hs. Las vacas se secaron 60 días previos a la fecha probable de parto o cuando su producción (según control lechero) fue menor a 10 litros. El secado fue terapéutico. Las vacas secas se alimentaron con pasturas a través de pastoreo rotativo en franjas, pudiendo suministrarse silaje según la condición corporal. Veintiún días previos al parto se las encerró en corral con ración preparto que contiene sales aniónicas mientras que vaquillonas preñadas recibieron la misma ración sin sales.

Se registró y relevó información correspondiente al período 2019-2021 sobre características agroecológicas, superficie, uso de la tierra, dinámica del rodeo (ingresos y egresos), suplementación, productividad, calidad higiénico-sanitaria de la leche, consumo de energía, de combustible, instalaciones y planteos técnicos (sistemas de labranza, uso de plaguicidas y aplicación de fertilizantes). A partir de la misma, se estimaron en 2 ciclos productivos (2019-2020 y 2020-2021) los indicadores productivos, de calidad higiénico sanitaria de la leche y ambientales mediante las metodologías descriptas en Tieri *et al.*, (2014). Los indicadores reproductivos se calcularon para el año 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las precipitaciones acumuladas fueron de 854,8 y 817,5 mm para cada ciclo (serie histórica 1930-2020: 961,5mm).

En el Cuadro 1 se presentan los indicadores evaluados para los dos ciclos junto a los valores de referencia. La productividad promedio fue de 18.187 ± 1.003 litros/ha VT (1.314 kg SU/ha VT), con 2,50 vaca total/ha VT y 23,7 litros/VO/día, utilizando en promedio 387 gramos de concentrado/litro de leche (incluido balanceado en sala ordeño).

Cuadro 1. Indicadores productivos de calidad de leche y ambientales para los ciclos 2019-2020 y 2020-2021 y valores de referencia en la Unidad de Producción de Leche Intensiva (UPLI) de la EEA Rafaela del INTA.

	2019-2020	2020-2021	Valores de referencia
Indicadores productivos			
Superficie (ha total)	85,8	85,8	-
Carga Animal (vaca total/haVT)	2,57	2,50	2,7 ³
Producción (litros/vaca ordeño/día)	23	24,4	22
Productividad (litros/haVT)	17.477	18.896	18.371
Gramos concentrado/ litro ¹	337 (236)	403 (256)	350-360
Litros libres de alimentación (LLA)	15,5	15,0	
Grasa butirosa (%GB)	3,88	3,78	
Proteína (%prot)	3,54	3,26	
Sólidos útiles (kgSU/ha/año)	1.297	1.330	1.377
Calidad leche			
Recuento células somáticas/ml	400.758	374.875	200.000ml ⁴
Recuento Mesófilas (UFC/ml)	27.854	31.833	<10.000
Indicadores ambientales			
Balance de N (kgN/ha/año)	271	312	260 ⁵
Eficiencia uso del N (%)	27	24	21,3
Balance de P (kgP/ha/año)	21	28	10,8
Eficiencia uso del P (%)	43	37	53,2
Consumo de agua (litros agua/kg leche)	4,80	4,80	
Huella de carbono (kgCO ₂ eq/litros) ²	0,70	0,70	0,75

¹Valores entre paréntesis corresponden a balanceado incluido en valor de gramos concentrado

²Calculador de emisiones para tambo (CREA). ³Objetivo, ⁴Vitulich com. per. ⁵CREA Santa Fe Centro.

En el ciclo 2020-2021, debido a las bajas precipitaciones se vieron afectados negativamente tanto los cultivos anuales, que se destinan a confección silo planta entera, como las pasturas implantadas en 2020. Así se recurrió a un mayor uso de concentrados (excepto el balanceado comercial cuyo suministro se mantuvo en los niveles habituales) lo que se refleja en el valor de gramos de concentrado/litro (Cuadro 1).

En relación a los indicadores ambientales, los balances fueron positivos con valores de 271 y 312 kg N/ha/año, respectivamente y de 21 y 28 kg P/ha/año para los ciclos 2019-2020 y 2020-2021, respectivamente. Charlón *et al.*, (2015) informaron para un sistema con características similares valores de 332 kg N/ha/año y 45 kg P/ha/año. El mayor uso de concentrados en el ciclo 2020-2021 estaría indicando una mayor existencia de excedentes de ambos nutrientes en el sistema. Los valores de eficiencia de uso de N (27 y 24%) y de P (21 y 28%) resultaron similares a los planteados por Spears *et al.* (2003 a y b). El consumo de agua representa el agua de bebida de las vacas y la utilizada en rutina ordeño, refrescado de la leche y limpieza. La huella de carbono (kg CO₂ equivalente por litro de leche) presentó un valor levemente inferior a la obtenida en ciclos anteriores de 0,76 kg CO₂ equivalente por litro de leche promedio (Pece *et al.*, 2016) y al valor de referencia.

En cuanto al desempeño reproductivo se presentan los resultados obtenidos en el servicio del año 2020 (Cuadro 2). Las CR presentaron menor intervalo parto –concepción ($P < 0,019$) y mayor preñez general ($P < 0,0253$).

Cuadro 2. Desempeño reproductivo de Holando (H) y Cruzas (CR, Holando x Jersey) durante 2020 (Maciel et al. (2021)).

	H	CR	P
Intervalo parto concepción (días)	122±56	101±50	0,0190
Preñez general (%)	69	84	0,0253

En la UPLI, durante 8 años se ha generado información en diversas condiciones ambientales (Pece et al. 2019, datos no publicados) sobre la respuesta del rodeo de vacas cruzas (Figura 1). En el período 2011-2015 (primeros 4 ciclos productivos) la carga se mantuvo en 1,93 VT/haVT ($\pm 0,04$) con 13.357±762 litros/haVT en promedio. En el ciclo 2015-2016, con inundación (837mm entre enero y marzo), se obtuvo un valor máximo de carga de 2,5 VT/ha VT con 16.448 litros/ha VT.

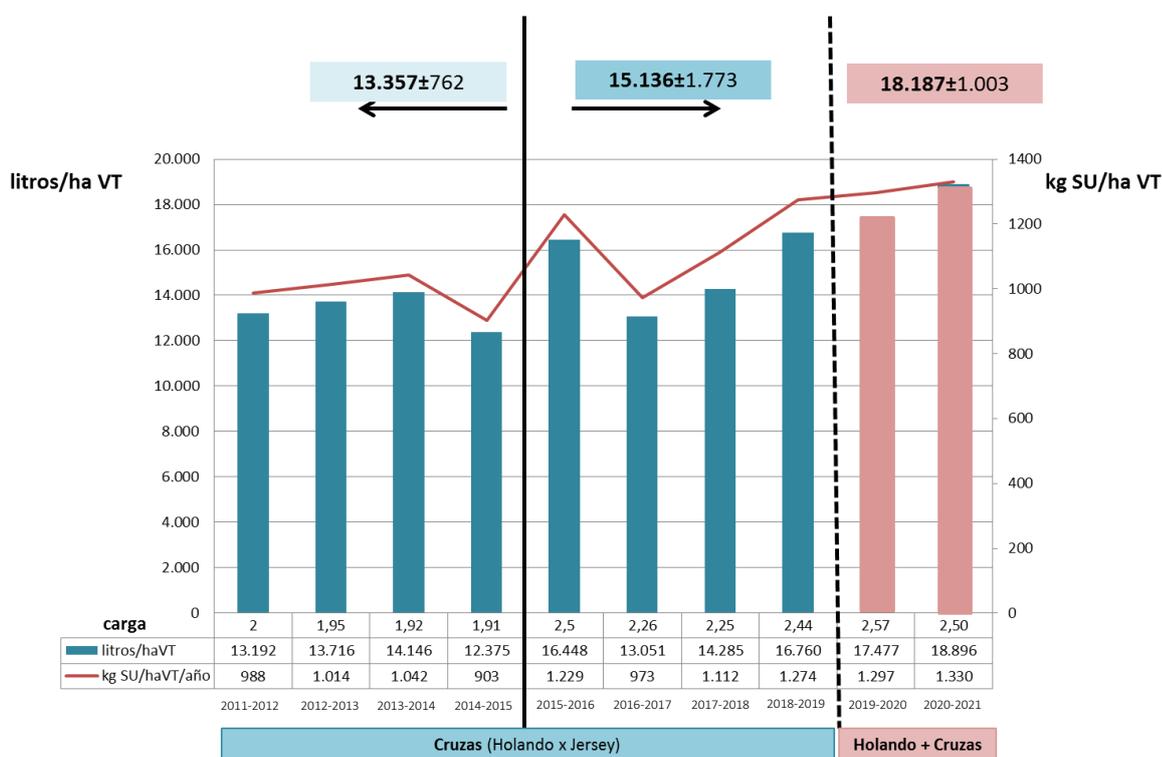


Figura 1. Productividad (litros/ha VT; kg SU/haVT/año), carga (VT/haVT) y grupos raciales de la Unidad de Producción de Leche Intensiva (UPLI) de la EEA Rafaela del INTA en los últimos diez ciclos productivos del período 2011-2021. (VT: vaca total; SU: sólidos totales).

Mientras que para el ciclo 2017-2018 con efecto sequía (en el período enero-marzo se registraron 248 mm versus 387,6 mm de la serie histórica 1930-2020 según Sapino y Petrabissi (2020)) se obtuvieron 14.285 litros/ha VT con 2,25 VT/ha VT.

Para una carga similar de 2,5 VT/ha VT, en los dos últimos ciclos 2019-2020 y 2020-2021 se obtuvieron 1.739 litros/haVT más que en el ciclo 2015-2016.

CONCLUSIÓN

El sistema alcanzó valores de carga de 2,5 VT/haVT con un rodeo compuesto por dos grupos raciales, carga similar a la obtenida con un rodeo de vacas cruza, superando los valores de productividad debido a la mayor producción individual aportada por las vacas Holando. Si bien las vacas CR registraron un mejor desempeño reproductivo es necesario seguir con las evaluaciones en el tiempo. En futuros análisis de indicadores ambientales será necesario incorporar secuestro de carbono (C) para poder calcular balance de C (emisiones – secuestro) y así no solo tener en cuenta emisiones sino la capacidad del sistema de capturar C como posible estrategia de mitigación de la problemática de gases efecto invernadero.

BIBLIOGRAFÍA

- BAUDRACCO, J., LOPEZ-VILLALOBOS, N., ROMERO, L.A., SCANDOLO, D.A., MACIEL, M., COMERON, E.A., HOLMES, C.W. Y BARRY, T.N. 2011. Effects of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of supplemented crossbred Holstein-Jersey dairy cows grazing lucerne pasture. *Animal Feed Science and Technology* 168: 131-143.
- CHARLÓN, V., TIERI, M.P., ENGLER, P., BAUDRACCO, J. Y FARIÑA, S. 2015. Eficiencia de uso de nutrientes en sistemas lecheros de la Argentina. Proyecto MIRAS. Parte III. *Revista Argentina de Producción Animal*. Supl. 1: pág. 123.
- MACIEL, M.G., PECE, M.A., SALADO, E.E., ROMERO, L., VERA, M., SCANDOLO, D., CUATRÍN, A., SCHMIDT, G. Y ARIAS, D. 2021. Un sistema de producción de leche intensificado con dos grupos raciales: producción de leche y desempeño reproductivo. 44° Congreso Argentino de Producción Animal.
- PECE, M.P., MACIEL, M., SALADO, E.E., ROMERO, L., SCANDOLO, D., TIERI, M.P., VERA, M., VITULICH, C. Y CHARLÓN, V. 2016. Unidad de Producción de leche intensiva: resultados 2011-2016. *Información técnica de producción animal 2016*. ISSN 2314-3126 Publicación Miscelánea Año 4 – N° 2. EEA Rafaela. AIPA.
- SAPINO, V. Y PETRABISSI, 2020. *Anuario Meteorológico*. EEA Rafaela (INTA). 10 pág.
- SPEARS, R. A., KOHN, R. A., YOUNG, A. J. 2003a. Whole-farm Nitrogen Balance on Western Dairy Farms. *Journal of Dairy Science* 86 (12): 4178 - 4186.
- SPEARS, R. A., YOUNG, A. J., KOHN, R. A. 2003b. Whole-farm Phosphorus Balance on Western Dairy Farms. *Journal of Dairy Science* 86 (2): 688 - 695.
- TIERI, M.P., PECE, M., COMERÓN, E., MACIEL, M., SCANDOLO, D., CASTIGNANI, H., SALADO, E., ROMERO, L., BERCA, R., VERA, M., HERRERO, M.A., CHARLÓN, V. Y GARCÍA, K. 2014. Evaluación de la sustentabilidad de un tambo de alta productividad con especial énfasis en los aspectos ambientales. INTA. ISSN 2314-3126. Año 2 – N° 2.
- VERA, M., TIERI, M.P., MACIEL, M., FRANCO, L., COMERÓN, E., SCANDOLO, D. Y ROMERO, L. 2016. Unidad de producción de leche intensiva – Síntesis histórica 1981-2009 y resultados obtenidos a partir de la incorporación de las cruza. *Información Técnica de Producción Animal 2016*. EEA Rafaela (INTA). INTA Ediciones. Colección Investigación, Desarrollo e Investigación.

EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS Y MACRÓFITAS PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES CLOACALES UTILIZANDO HUMEDALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL

Schierano M.C.¹; Panigatti, M.C.²; Maine M.A.³; Boglione, R.¹; Griffa, C.¹; Gaggiotti, M.⁴

¹ Universidad Tecnológica Nacional, Fac. Reg. Rafaela, Santa Fe, Argentina.

² UTN Regional Rafaela – CONICET.

³ Universidad Nac. del Litoral, Fac. Ingeniería Química.

⁴ IDICAL INTA - CONICET

celeste_schierano@hotmail.com

cecipanigatti@hotmail.com

RESUMEN

En poblaciones pequeñas, que no cuentan con sistemas de desagüe cloacal y/o plantas de tratamiento, el destino de los efluentes cloacales constituye un problema cada vez más preocupante. Una alternativa para un manejo adecuado y sustentable podrían ser los humedales construidos, específicamente los de flujo subsuperficial horizontal (HSSH). En este estudio se evaluaron las macrófitas *Typha domingensis* y *Vetiveria zizanoides* y los sustratos canto rodado y Arqlite® (Leca Plástica) con el objetivo de determinar una combinación de "sustrato+macrófita" óptima para el tratamiento de efluentes cloacales utilizando HSSHs. Se realizaron experimentos en invernadero a través de microcosmos simulando HSSHs y se evaluaron por duplicado seis tratamientos: T1 (*T. domingensis* + canto rodado); T2 (*T. domingensis* + Arqlite®); T3 (*V. zizanoides* + canto rodado); T4 (*V. zizanoides* + Arqlite®); T5 (canto rodado) y T6 (Arqlite®). Se midió la concentración de diferentes contaminantes en el líquido cloacal al inicio y al final del tratamiento en los microcosmos, luego de un tiempo de residencia de 7 días. Se calcularon las eficiencias de remoción para cada contaminante, en cada tratamiento, y se realizó un análisis estadístico de los datos. Para sólidos suspendidos resultaron más eficientes los tratamientos T4 y T6 mientras que para amonio y fósforo T2 fue el más eficiente, con eficiencias promedio del 88% para ambos contaminantes. Para DQO el tratamiento más eficiente resultó T4 mientras que para DBO los tratamientos más eficientes fueron los que utilizaron macrófitas (T1, T2, T3 y T4). Los tratamientos más eficientes fueron los que utilizaron Arqlite® como sustrato, con ambas especies de macrófitas (T2 y T4).

Palabras clave: humedales, sustratos, macrófitas

INTRODUCCIÓN

Los efluentes cloacales o municipales, contienen principalmente materia orgánica, nitrógeno, fósforo, metales y contaminantes emergentes (Chen *et al.*, 2015; Robinson *et al.*, 2016). En los grandes centros urbanos, estos efluentes son tratados a través de diferentes métodos fisicoquímicos y biológicos previo a su vertido. Sin embargo, en poblaciones pequeñas, que no cuentan con sistemas de desagüe cloacal y/o plantas de tratamiento, el destino de estos líquidos residuales constituye un problema cada

Presentado en: *Caderno da Conferência Panamericana de Sistemas Wetlands para Tratamento e Melhoramento da Qualidade da Água e do 5º Simpósio Brasileiro sobre Aplicação de Wetlands Construídos no Tratamento de Águas Residuárias*. ISBN 978-65-00-22546-4. 2021, 282pg

vez más preocupante. Una alternativa para un manejo adecuado y sustentable de los mismos podrían ser los humedales construidos.

La aplicación de humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales se ha difundido en muchos países, debido a su fácil operación y mantenimiento y al apoyo gubernamental con el que cuentan (Wu *et al.*, 2015). Además, resultan adecuados para el tratamiento descentralizado de aguas residuales en aquellas áreas que no tienen acceso a los sistemas públicos de alcantarillado o que están económicamente subdesarrolladas y donde la reutilización y el reciclaje del agua son objetivos importantes para la economía de escala (Pérez-Salazar *et al.*, 2019).

Los humedales de flujo subsuperficial horizontal (HSSH) han sido aplicados para el tratamiento de efluentes cloacales en diversas regiones del mundo con eficiencias de remoción variables (Labella *et al.*, 2015, Vera *et al.*, 2017). El sustrato y la especie vegetal utilizada influyen directamente en la eficiencia de los humedales, y son considerados componentes fundamentales del sistema. Se han estudiado previamente HSSHs para el tratamiento de diversos efluentes utilizando la especie *Typha domingensis* y canto rodado como sustrato, obteniéndose eficiencias de remoción satisfactorias (Schierano *et al.*, 2017; 2018). En el presente estudio, además de la especie y el sustrato ya mencionados, se evaluará la macrófita *Vetiveria zizanioides*, la cual es una especie con alto potencial de fitorremediación (Truong, 2000) y se estudiará un sustrato obtenido en su totalidad a partir de residuos plásticos. El objetivo del trabajo será determinar una combinación de “sustrato+macrófita” óptima para el tratamiento de efluentes cloacales utilizando un HSSH.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron experimentos en invernadero a través de doce microcosmos simulando HSSH. Las dimensiones de los mismos eran 0,40 x 0,25 x 0,30 m (largo x ancho x profundidad) y fueron dispuestos por duplicado de acuerdo al diseño experimental detallado en el Cuadro 1.

Los ejemplares de *T. domingensis* fueron recolectados de un canal natural mientras que los de *V. zizanioides* fueron provistos por un vivero. El canto rodado es un sustrato que se ha utilizado en experimentos anteriores. Arqlite®, también denominada “leca plástica”, es un material innovador obtenido en su totalidad a partir de residuos de plásticos, que en su composición posee polietileno, polyester y polipropileno. Puede reemplazar a los sustratos tradicionales, aportando mayor eficiencia y una reducción de costo y peso.

Cuadro 1. *Diseño experimental.*

Tratamiento	Sustrato	Macrófita
T1 (Por duplicado)	Canto Rodado	<i>T. domingensis</i>
T2 (Por duplicado)	Arqlite®	<i>T. domingensis</i>
T3 (Por duplicado)	Canto Rodado	<i>V. zizanioides</i>
T4 (Por duplicado)	Arqlite®	<i>V. zizanioides</i>
T5 (Por duplicado)	Canto Rodado	--
T6 (Por duplicado)	Arqlite®	--

Las plantas fueron aclimatadas durante dos meses previo al inicio de los experimentos. Durante el primer mes fueron regadas con agua de red tres veces por semana y durante el segundo mes, con efluente cloacal. El mismo, provenía de la planta de tratamiento de efluentes cloacales de la ciudad de Rafaela, Argentina; y poseía un tratamiento previo de rejillas. Se realizaron cuatro experimentos donde en cada uno se midió la concentración de diferentes contaminantes en el líquido cloacal al inicio y al final del tratamiento en los microcosmos, luego de un tiempo de residencia de 7 días. Los parámetros analizados fueron pH, Conductividad eléctrica (CE), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Nitrógeno Total

Kjeldhal (NTK), Amonio (NH₄⁺), Nitrato (NO₃⁻), Nitrito (NO₂⁻), Fósforo Total (PT), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5). Para todos los análisis se utilizó la metodología propuesta por APHA (2017). La evapotranspiración fue compensada con agua destilada.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó ANOVA a fin de evaluar la influencia del tipo de tratamiento utilizado (factor con 6 niveles: T1 a T6) en una variable de interés (eficiencia de remoción para cada contaminante) con bloques completamente aleatorizados (experimentos con 4 niveles). Se chequeó a priori homocedasticidad de variancias y normalidad de datos y se aplicó el Test de comparaciones múltiples de Duncan cuando las medias fueron diferentes. Se utilizó el software Statgraphics Centurion XVI.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En el Cuadro 2 pueden observarse los valores de ingreso y salida del efluente para cada tratamiento (se informa promedio y desviación estándar).

Cuadro 2. Valores de ingreso y salida para cada tratamiento.

	pH	CE (mS/cm)	SST (mg/l)	NTK (mg N/l)	NH ₄ ⁺ (mg N/l)	NO ₃ ⁻ (mg N/l)	NO ₂ ⁻ (mg N/l)	PT (mg P/l)	DQO (mg O ₂ /l)	DBO (mg O ₂ /l)
Ingreso	7.17±0.43	3.2±0.1	101±47	61±18	47±17	46±24	ND(0.05)	2.7±1.2	299±150	185±100
Salida T1	7.68±0.14	3.2±0.5	27±17 (c)	15±5	7.6±4.0 (b)	25.8±8.2 (b)	0.14±0.11 (a)	0.44±0.25 (b)	35.5±14.0 (b)	5.7±2.7 (a)
Salida T2	7.31±0.07	3.0±0.4	13±10 (b)	17±11	4.7±3.6 (a)	14.7±3.3 (a)	0.03±0.02 (a)	0.26±0.09 (a)	37.4±15.5 (b)	6.1±2.9 (a)
Salida T3	8.16±0.17	3.2±0.4	15±12 (b)	29±14	6.2±4.7 (b)	28.9±8.8 (b)	0.16±0.09 (a)	1.37±0.49 (c)	34.0±9.2 (b)	5.8±3.4 (a)
Salida T4	7.96±0.17	3.2±0.2	2±2 (a)	25±10	8.1±4.6 (b)	33.6±9.0 (b)	0.42±0.43 (b)	2.02±0.78 (d)	27.9±10.9 (a)	6.9±2.1 (a)
Salida T5	8.51±0.08	3.1±0.4	30±14 (c)	33±26	8.3±3.6 (b)	37.9±12.8 (c)	0.48±0.16 (b)	2.53±0.19 (e)	49.0±9.3 (c)	9.7±1.6 (b)
Salida T6	8.24±0.04	3.0±0.2	2±2 (a)	24±8	16.2±6.2 (c)	35.9±17.3 (c)	0.51±0.40 (b)	2.87±0.1 (f)	62.6±20 (c)	11.4±3.6 (b)

Las letras entre paréntesis indican grupos homogéneos. ND: No Detectado y entre paréntesis se indica el límite de detección del método.

En todos los tratamientos se verificaron diferencias significativas entre los valores iniciales y finales de pH, siendo éste más alto a la salida. La conductividad eléctrica, en cambio, no mostró diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Las eficiencias de remoción de SST presentaron diferencias entre los distintos tratamientos, resultando más eficientes los tratamientos T4 (Arqlite® + *V. zizanooides*) y T6 (Arqlite®). Los procesos de remoción de sólidos suspendidos son principalmente físicos, donde el sustrato tiene un rol preponderante facilitando la adsorción de partículas en suspensión. En este sentido, podría afirmarse que la leca plástica resultó más eficiente que el canto rodado para este propósito.

Las concentraciones de NTK disminuyeron satisfactoriamente en todos los tratamientos, sin embargo, no se hallaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Las rutas de eliminación de NTK en los wetlands subsuperficiales son varias, sin embargo, una de las principales es el proceso de nitrificación-desnitrificación (Saeed y Sun, 2017). Los porcentajes de eliminación de NH₄⁺ también presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, resultando T2 (Arqlite® + *T. domingensis*) con una eficiencia promedio del 88%. Es probable que este contaminante haya sido eliminado a través del proceso de nitrificación-desnitrificación, debido a que, en el efluente inicial, el

77% del NTK era amonio. Debido a que los valores de NO₂- fueron en todos los casos superiores a la salida que a la entrada es factible una alta tasa de nitrificación, seguido de una desnitrificación que contribuye a la eliminación del nitrógeno. En cuanto a nitrato se presentaron diferencias entre los tratamientos, resultando más eficiente el sistema Arqlite® + *T. domingensis*.

Para PT, el comportamiento fue igual que para amonio, resultando T2 (Arqlite® + *T. domingensis*) significativamente más eficiente que el resto de los tratamientos, con una eficiencia promedio del 89%. Para DQO, el tratamiento más eficiente fue T4 (Arqlite® + *V. zizanooides*), seguido de los tratamientos T1, T2 y T3, lo cual verifica el rol positivo de las macrófitas en la remoción de materia orgánica, ya que los tratamientos sin plantas resultaron significativamente menos eficientes. La red radicular que desarrollan ambas especies, favorece el desarrollo de microorganismos que degradan la materia orgánica presente en el efluente. De hecho, esta materia orgánica es necesaria para el crecimiento y metabolismo de los microorganismos adheridos a las raíces de las plantas (Zhang *et al.*, 2019). El factor “experimento” no resultó significativo en ninguno de los casos analizados. Esto también se verifica al observar los resultados para DBO₅: con eficiencias promedio del 96%, resultaron más eficientes los cuatro tratamientos con plantas (T1, T2, T3 y T4). En este caso podría afirmarse que ni el sustrato ni la especie vegetal influyen en la eficiencia del sistema.

A partir de los porcentajes de remoción obtenidos para los contaminantes analizados se puede afirmar que los tratamientos más eficientes fueron los que utilizaron Arqlite® como sustrato. En cuanto a la especie de macrófita, debido a que el desempeño no fue homogéneo entre los diferentes parámetros analizados, podría inferirse que ambas plantas resultan eficientes, lo cual verifica en rol fundamental de las plantas en los humedales construidos. De esta manera, tanto *T. domingensis* como *V. zizanooides* combinadas con el sustrato Arqlite®, podrían utilizarse en HSSHs para el tratamiento de efluentes cloacales, logrando una significativa mejora en la calidad de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA. RICE, E. W., BAIRD, R. B., & EATON, A. D. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 9-56. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- CHEN, Q., NI, J., MA, T., LIU, T., & ZHENG, M. 2015. Bioaugmentation treatment of municipal wastewater with heterotrophic-aerobic nitrogen removal bacteria in a pilot-scale SBR. *Bioresource technology*, 183, 25-32.
- LABELLA, A., CANIANI, D., HUGHES-RILEY, T., MORRIS, R.H., NEWTON, M.I., HAWES, P., PUIGAGUT, J., GARCIA, J., AND UGGETTI, E. 2015. Assessing the economic suitability of aeration and the influence of bed heating on constructed wetlands treatment efficiency and life-span. *Ecological Engineering*, 83, 184–190.
- PÉREZ-SALAZAR, R., MORA-APARICIO, C., ALFARO-CHINCHILLA, C., SASA-MARÍN, J., SCHOLZ, C., & RODRÍGUEZ-CORRALES, J. Á. 2019. Biogardens as constructed wetlands in tropical climate: A case study in the Central Pacific Coast of Costa Rica. *Science of The Total Environment*, 658, 1023-1028.
- ROBINSON, C. S., TETREULT, G. R., MCMASTER, M. E., & SERVOS, M. R. 2016. Impacts of a tertiary treated municipal wastewater effluent on the carbon and nitrogen stable isotope signatures of two darter species (*Etheostoma blennioides* and *E. caeruleum*) in a small receiving environment. *Ecological indicators*, 60, 594-602.
- SAEED, T., & SUN, G. 2017. A comprehensive review on nutrients and organics removal from different wastewaters employing subsurface flow constructed wetlands. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 47(4), 203- 288.

- SCHIERANO, M. C., MAINE, M. A., & PANIGATTI, M. C. 2017. Dairy farm wastewater treatment using horizontal subsurface flow wetlands with *Typha domingensis* and different substrates. *Environmental technology*, 38(2), 192-198.
- SCHIERANO, M. C., PANIGATTI, M. C., & MAINE, M. A. 2018. Horizontal subsurface flow constructed wetlands for tertiary treatment of dairy wastewater. *International journal of phytoremediation*, 20(9), 895-900.
- TRUONG, P. 2000. The global impact of vetiver grass technology on the environment. In *Proceedings of the Second International Conference on Vetiver*. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok (pp. 48-61).
- VERA, I. ; GARCÍA, J. SÁEZ, K. MORAGAS, L & VIDAL, G. 2017 Performance evaluation of eight years experience of constructed wetland systems in Catalonia as alternative treatment for small communities. *Ecological engineering* 37 (2), 364-371
- WU, S., WALLACE, S., BRIX, H., KUSCHK, P., KIRUI, W.K., MASI, F., AND DONG, R. 2015. Treatment of industrial effluents in constructed wetlands: Challenges, operational strategies and overall performance. *Environmental Pollution*, 201, 107–120.
- ZHANG, Y., LIU, X., FU, C., LI, X., YAN, B., & SHI, T. 2019. Effect of Fe²⁺ addition on chemical oxygen demand and nitrogen removal in horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Chemosphere*, 220, 259-265.

IMPACTO DEL BIENESTAR DE LOS OPERARIOS SOBRE LA MORTALIDAD DE TERNEROS EN CRIANZAS ARTIFICIALES DE LA PROVINCIA DE SANTA FE

Welschen, N.¹; Signorini, M.L.¹; Cellone, I.²; Neder, V.¹; Suárez Archilla, G.¹;
Camussone, C.¹; Zbrun, V.¹; Molineri, A.I.¹

¹ IDICAL (INTA-CONICET).

² UNL Fac. Cs. Veterinarias.
welschen.nicolas@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La crianza artificial de terneros (CAT) es una de las actividades centrales del sistema productivo lechero, ya que permite reponer el descarte natural de hembras y genera ingresos por venta de excedentes (Azizzadeh *et al.*, 2012). Sin embargo, esta actividad es normalmente despreciada y se registran importantes tasas de mortalidad debido al mal calostrado, problemas sanitarios, nutrición deficiente, entre otros (Mee, 2008). La mano de obra involucrada en la (CAT) cumple un rol muy importante. Es reconocida la importancia del personal en la sobrevivencia del ternero en los primeros 15 a 20 días de vida (Raboisson *et al.*, 2016). En los últimos años se ha puesto atención a aptitudes y actitudes de la mano de obra involucrada en las actividades del tambo. En este sentido, conocer las necesidades del personal para el correcto desempeño de las actividades laborales pareciera explicar, por lo menos en parte, la performance de la CAT. (Reimus *et al.*, 2017). Si se logra comprender las necesidades de estos operarios en términos de acceso a condiciones de vida adecuada, capacitación y presencia de condiciones adecuadas de trabajo, será posible revertir algunas de las razones por las cuales fallan las CAT (Cuttance *et al.*, 2017). El objetivo de este trabajo fue evaluar la retribución económica, el acceso a servicios básicos y las condiciones de vida de los operarios de las CAT en la Provincia de Santa Fe y su impacto sobre la mortalidad de terneros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron aleatoriamente 83 establecimientos lecheros localizados en la provincia de Santa Fe (estimado a partir del número total de tambos registrados en la zona (N= 3458), una confianza de la estimación del 95%, un error estimado <10% y un 20% de mortalidad, a partir de datos previos. Los propietarios de los establecimientos lecheros fueron contactados, se les explicó el objetivo del proyecto y las actividades a realizar. Se realizó un estudio transversal, mediante la aplicación de una encuesta personal al operario responsable de la CAT (información general del establecimiento, mortalidad de terneros, condiciones en las que realiza el trabajo y aspectos asociados con el *confort* del operario en cuanto a la retribución económica recibida y acceso a servicios básicos). Se les informó que no era interés de esta investigación conocer la realidad u opinión de ningún operario en particular sino la frecuencia a nivel poblacional, por lo que la encuesta fue anónima.

Se realizó un análisis descriptivo y se evaluó la existencia de asociaciones empleando χ^2 y Modelos Lineales Generalizados (distribución binomial y función logarítmica). Los análisis se realizaron empleando el software Infostat (Universidad Nacional de Córdoba).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los encuestados llevaban 4,9 años (rango= 0 – 58 años) trabajando como encargado CAT con un promedio de edad de 38 años. La mayor parte había alcanzado educación primaria (86,4%), y tenían <2 hijos (64,2%) o ≥ 4 hijos (18,5%).

Las CAT eran atendidas por uno o dos operarios (90,1%), no observándose correlación entre el número de operarios y el número de vacas en ordeño ($X= 227$ vacas, $DS= 141$ vacas) ni con el número de terneros criados ($X= 220,2$ terneros; $DS= 342,2$ terneros). Esto explica, al menos parcialmente, la correlación ($r= 0,613$; $P < 0,001$) entre el número de terneros criados anualmente y la mortalidad registrada en las CAT.

La mayoría de los operarios contaba con movilidad propia (97,5%) y tenían que cubrir una distancia promedio de 6,8 Km y 18,2 Km al pueblo más cercano y al lugar donde realizan habitualmente las compras, respectivamente. Los caminos por los que debían transitar eran, en su mayoría, de tierra (32,1%) y de ripio (42,0%).

En términos generales, en sus casas tenían acceso a luz eléctrica (91,4%), baño interno (80,2%) y televisión por cable (81,5%). No obstante, ese acceso era menor para el agua potable (25,9%), internet (13,6%) y agua caliente (37,0%).

Los encargados de la CAT estaban mayormente conformes con su trabajo (59,3%), a pesar de que no contaban con fines de semanas libres (65,0%) o no recibían premios por terneros criados (63,6%). A pesar de lo anterior, la mayoría de los encargados de CAT (89,6%) manifestaron que no sufrían descuentos por mortalidad. Los encargados de la CAT no cambiarían el sistema de pago actual (64,5%), volverían a trabajar como operarios de CAT (80,0%) y planeaban seguir realizando estas actividades (67,5%). Aproximadamente la mitad de estos operarios (45,6%) habían recibido capacitaciones, de las cuales, el 55,6% las realizaron hace menos de dos años y las consideraron como útiles para el desempeño de sus actividades (64,9%).

La tasa de mortalidad anual de terneros en las CAT evaluadas fue, en promedio, del 12%, con rangos entre 1% y 42%. Los operarios con más de 3 años de experiencia ($P < 0,001$), que no recibían un premio por productividad ($P < 0,001$) que querían trabajar muchos años más en ese puesto ($P < 0,001$) y las CAT con más de 3 operarios ($P < 0,001$), presentaron menor tasa de mortalidad de terneros. (acá se debe poner una comparación de tasas de mortalidad comparando lo que se menciona ¿cuánto menos mortandad).

CONCLUSIONES

Recientemente (Sischo *et al.*, 2019) postulo que la intensificación de los tambos y la especificidad de las tareas operativas de los empleados se veía totalmente afectada por la estructura edilicia. Aquellos establecimientos que cuentan con estructuras que facilitan el trabajo operativo rutinario, por lo general tienden a alcanzar mejores resultados productivos con menor necesidad de recurso humano.

Otro efecto positivo de la mejora en infraestructura en los sistemas lecheros y en las crianzas en particular es la motivación a comprender nuevos paradigmas de trabajo, complementando el trabajo de alimentación, limpieza con la recolección de datos e interpretación de resultados. Esto esta fuertemente asociado a la autoevaluación positiva de la mano de obra lo que implica sentido de pertenencia y permanencia en la empresa.

En Estados Unidos (Schuenemann *et al.*, 2013) concluyo que el nivel de escolarización del personal involucrado en tambo no estaba asociado con el resultado productivo de la empresa. No ocurre lo mismo con las capacitaciones efectuadas en el establecimiento programas de extensión, formación continua de los asesores profesionales en los establecimientos.

En nuestros sistemas de producción los encargados de la CAT en su mayoría, no están disconformes con sus condiciones laborales, sin embargo, los mejores resultados de mortalidad en terneros fueron alcanzados aquellas crianzas que contaban con mayor cantidad de empleados. Esto

podría explicarse, de manera provisoria, a falta de infraestructura involucrada en la crianza de terneros de la zona de estudio.

Cuando las CAT cuentan con un número adecuado de operarios con experiencia y con deseos de continuar con su labor, se pueden alcanzar índices de mortalidad considerados como óptimos.

AGRADECIMIENTOS

Coop.Tambera Ltd “Villa Ana”. A los Med. Veterinarios P. Mozo, M. Beltramo, V. Monje F. Barra, D. Astesana por facilitarnos el contacto con sus asesores.

BIBLIOGRAFÍA

AZIZADEHA, M. 2012. *Prev. Vet. Med.*, 104:335– 340.

CUTTANCE EL et al CVC 2017 *J D Sci* 100:8347–8357

MEE, J.F., BERRY, D.P. and CROMIE, A.R. 2008 *Animal*, 2(04); 10.1017/s1751731108001699.

REIMUS, K. 2017. *Livestock Science*, 198: 1–9.

RABOISSON, D., TRILLAT, P., AND CAHUZAC, C. 2016. Failure of Passive Immune Transfer in Calves: A Meta-Analysis on the Consequences and Assessment of the Economic Impact. *PLoS ONE* 11, e0150452.

SCHUENEMANN, G.M., BAS, S., GORDON, E., AND WORKMAN, J.D. 2013. Dairy calving management: Description and assessment of a training program for dairy personnel. *Journal of Dairy Science* 96, 2671–2680.

SISCHO, W.M., MOORE, D.A., PEREIRA, R., WARNICK, L., MOORE, D.L., VANEGAS, J., KURTZ, S., HEATON, K., KINDER, D., SILER, J. 2019. Calf care personnel on dairy farms and their educational opportunities. *Journal of Dairy Science* 102, 3501–3511.

IMPACTO DEL ASESORAMIENTO VETERINARIO SOBRE EL MÉTODO DE CALOSTRADO EMPLEADO

Welschen, N.¹; Signorini, M.L.¹; Cellone, I.²; Neder, V.¹; Molineri, A.I.¹

¹ IDICAL (INTA-CONICET).

² UNL Fac. Cs. Veterinarias.
welschen.nicolas@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La crianza artificial de terneros (CAT) es la alternativa más redituable para el crecimiento del rodeo lechero. Sin embargo, esta actividad es considerada como la más débil dentro del tambo (Moore et al., 2021). La mortalidad de terneros representa una gran preocupación desde el punto de vista económico y de bienestar animal en los tambos de todo el mundo. El calostrado es considerado como la principal herramienta para reducir la mortalidad en los primeros 25 días de vida (Godden *et al.*, 2012). Considerando la CAT como una actividad estrictamente dependiente de la mano de obra, es fundamental identificar aquellas prácticas de manejo que estén asociadas a la mortalidad de terneros. Sólo a partir de esta información será posible diseñar estrategias de comunicación tendientes a la adopción de buenas prácticas de crianza por parte de los encargados de éstas, reducir la mortandad de terneros y mejorar la productividad de los rodeos. El objetivo de este trabajo fue evaluar las prácticas de manejo aplicadas y los factores que influyen en la adopción de medidas de manejo adecuadas para la CAT en rodeos lecheros de la provincia de Santa Fe.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio transversal seleccionando aleatoriamente 80 establecimientos lecheros localizados en la provincia de Santa Fe (estimado a partir del n° total de tambos registrados en la zona, una confianza de la estimación del 95%, un error estimado <10% y un 20% de mortalidad, a partir de datos previos). Los propietarios de los establecimientos lecheros fueron contactados, se les explicó el objetivo del proyecto y las actividades a realizar. Se aplicó encuesta personal al operario responsable de la crianza artificial de terneros (información general del establecimiento, mortalidad de terneros, prácticas de manejo aplicadas, conocimiento del tema por el operario, organización de la rutina de trabajo, condiciones en que realiza el trabajo). La encuesta no pretendió discutir las prácticas de manejo de un establecimiento en particular sino la frecuencia a nivel poblacional, por lo que fueron anónimas.

Se realizó un análisis descriptivo de la información obtenida y se buscaron asociaciones entre las variables empleando χ^2 , ANOVA o Kruskal-Wallis, según el tipo de variable analizada. Los análisis se realizaron empleando el software Infostat (Universidad Nacional de Córdoba).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

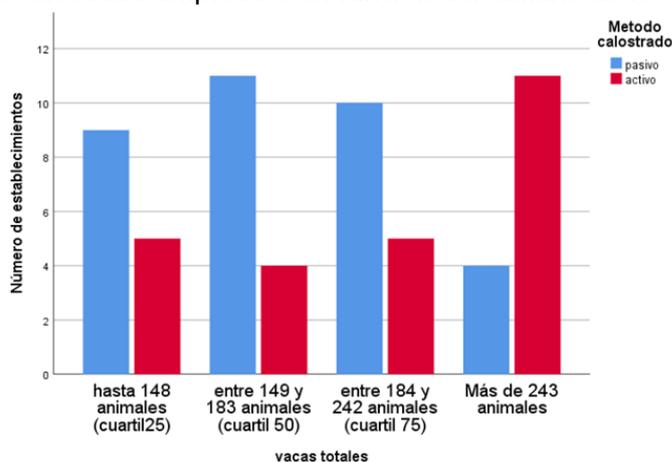
Las características generales de los establecimientos relevados pueden verse en el cuadro 1. El tamaño del establecimiento se encontró asociado al método de calostrado empleado ($P=0,046$). Los tambos con mayor n° de vacas totales usaban en mayor medida los métodos activos (mamadera o sonda; Figura 1). El método de calostrado empleado se encontró asociado a la antigüedad en el puesto de trabajo ($P=0,05$). El 77,7% de los tambos donde los operarios tenían más de 10 años de antigüedad utilizaban el método al pie de la madre. El 22,5% de los tambos contaba con veterinario exclusivo (VE) en la CAT. Además, los establecimientos que contaban con VE, tenían más vacas totales, en promedio ($P=0,094$). Ningún establecimiento que contara con VE de la CAT empleaba calostrado al pie de la madre

($P=0,002$). Este tipo de calostrado está asociado a una alta falla en la transferencia de inmunidad pasiva (TIP) a nivel poblacional y por eso no es el recomendado por los asesores (Robbers *et al.*, 2021). El 84,6% de los establecimientos que cuentan con VE empleaban métodos de calostrado activo, que son más eficientes en la TIP. Por otro lado, el 80% de los que contaban con VE realizaban siempre control de calostrado y el 87,9% de los que no contaban con VE nunca lo hacían.

Cuadro 1: Características generales de los establecimientos productores de leche de la provincia de Santa Fe relevados.

Variable	Categoría	N (%)	Mín - Máx
Vaca total	Menos de 227	41 (66,1)	73 - 921
	Más de 227	21 (33,8)	
Terneros/año	Menos de 222	43 (76,7)	30 - 2500
	Más de 222	13 (33,8)	
Terneros	Menos de 19	30 (63,8)	1 - 60
	Más de 19	17 (36,1)	

Figura 1: Métodos de calostrado empleados en función del tamaño de los tambos.



CONCLUSIONES

Estos resultados acentúan la importancia del asesoramiento veterinario en las CAT como determinante en la elección del método de calostrado activo lo que permitiría reducir la mortalidad en el ternero joven. Se necesitan más investigaciones para conocer cuáles serían los potenciales determinantes de la falta de interés en el asesoramiento profesional vinculado a la crianza de terneros en la zona de influencia de INTA Rafaela

BIBLIOGRAFÍA

- GODDENS, M., SMOLENSKI, D.J., DONAHUE, M. 2012. Heat-treated colostrum and reduced morbidity in preweaned dairy calves: Results of a randomized trial and examination of mechanisms of effectiveness. *J. Dairy Sci.* 95 :4029–4040
- MOORE, D.A., BLACKBURN, C.C., AFEMA, J.A., KINDER, D.R., SISCHO, W.M. 2021. Describing motivation for health and treatment decisions and communication choices of calves-care workers of Western US dairies. *J. D. Sc.* 104,3: 3197-3209.
- ROBBERS, L., BIJKERK, H.J.C., KOETS, A.P., BENEDICTUS, L., NIELEN, M. and JORRITSMA, R. 2021. Survey on Colostrum Management by Dairy Farmers in the Netherlands. *Front. Vet. Sci.* 8, 656391.

AMBIENTE



EFICIENCIA EN EL USO DEL NITRÓGENO EN VACAS LECHERAS Y SU IMPACTO EN EL AMBIENTE

María Paz Tieri

Tesis para optar al Grado Académico de Doctor en Ciencia Animal¹
Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Tandil, 2021
tieri.maria@inta.gob.ar

RESUMEN

El productor agropecuario se enfrenta al desafío de mejorar la eficiencia de uso de los recursos disponibles y, al mismo tiempo, reducir la contaminación ambiental. La producción animal representa una fuente significativa de gases de efecto invernadero (GEI) a través de la emisión de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de la contaminación del agua con nitratos (NO₃⁻) y la volatilización de amoníaco (NH₃). La optimización de la nutrición del ganado lechero es una herramienta clave para la problemática ambiental provocada por la acumulación de nitrógeno (N) y la emisión de CH₄ en los sistemas lecheros. A pesar de la importancia que tiene en nuestro país la producción lechera, hasta el presente existe poca información sobre emisiones de CH₄ y sobre la relación entre la eficiencia de utilización del N de la dieta (EUN) y las emisiones de CH₄ en vacas lecheras.

En este contexto, la presente tesis doctoral tuvo como objetivo estudiar el efecto de distintos niveles de proteína bruta (PB) de la dieta sobre la productividad animal, la fermentación ruminal, el destino del N consumido y el impacto ambiental de vacas Holando Argentino en lactancia.

En la revisión bibliográfica del tema, se realizó la evaluación de la situación actual con respecto a los niveles de PB utilizados y recomendados a nivel nacional e internacional, y la EUN. Para ello, se estudió la variabilidad de los niveles de PB en las dietas utilizadas en vacas en ordeño a nivel nacional, la secreción de N en leche, su relación con la EUN de la dieta, y las emisiones de CH₄ entérico en 122 sistemas lecheros de las principales cuencas lecheras del país. Los valores de PB en los sistemas de Argentina observados fueron altos con respecto a las recomendaciones internacionales. Las EUN observadas fueron menores a las deseadas, demostrando que aún quedan muchas estrategias para mejorar este indicador.

A continuación, se realizó una revisión sistemática y un análisis global de las relaciones entre las variables en los resultados de 53 ensayos de alimentación publicados que tuvieron como objetivo evaluar diferentes concentraciones de PB en la dieta de vacas lecheras. Se realizó un análisis de componentes principales para evaluar las relaciones de las variables bajo estudio, y posteriormente, a fin de determinar la función que relaciona la concentración de PB (%) y variables productivas, se realizó un análisis a través de regresiones aleatorias. La revisión sistemática permitió generar una síntesis de la evidencia disponible para proseguir con el análisis en profundidad de las relaciones entre las variables. Si bien en algunas variables, como el consumo de materia seca (CMS), el contenido de proteína en leche y el N ureico en leche (NUL) tuvieron poca variabilidad de respuesta, la producción de leche individual y la EUN tuvieron una respuesta variable, siendo ambas variables de importancia para el costo de la dieta y el resultado

¹ Tieri M.P. 2021. *Eficiencia en el uso del nitrógeno en vacas lecheras y su impacto en el ambiente. Doctor en Ciencia Animal. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias.*

económico final. La alta correlación negativa entre la concentración de NUL y la EUN demostró su utilidad como indicador de la eficiencia de utilización del N.

Con el objetivo de evaluar la EUN de la dieta, la emisión de CH₄ entérico, la producción de leche (PL) y el resultado económico, se llevó a cabo un ensayo a campo en vacas Holando Argentino en lactancia alimentadas con dietas con distinto contenido de PB; 13, 16 y 19 % PB. Con CMS y materia orgánica (MO) digestible similares, al aumentar el contenido de PB en la dieta) aumentó de forma lineal la PL (+ 16 %), el contenido y la excreción de proteína en leche (PBL). La excreción de N en leche (NL) mostró la misma tendencia que la PBL. Con respecto a la EUN, cuanto mayor fue el consumo de N (CN), menor fue la EUN. El volumen de orina, el N excretado en orina (NOr), y el N en forma de urea en orina (NUOr), al igual que la proporción de CN excretado en orina en forma de NOr y NUOr, aumentaron significativamente en respuesta al contenido de PB. La emisión diaria de CH₄ entérico, la intensidad de emisión y la tasa de conversión de CH₄ (Y_m) no se vieron afectadas por el nivel de PB de la dieta. Con respecto a los indicadores económicos, el costo de la ración fue mayor a medida que aumentó el porcentaje de PB de la dieta. Sin embargo, al aumentar la PB de la dieta aumentó la PL, lo que permitió un mayor rendimiento de leche libre de ración, un mayor ingreso por vaca, y un mayor margen bruto. No obstante, los costos potenciales debido a una mayor excreción de N, y por lo tanto un mayor riesgo de lixiviación de NO₃⁻ y de emisión de N₂O, fueron mayores a medida que se incrementó en contenido de PB. Estos resultados muestran que la optimización del contenido de PB en la dieta deberá ser un balance entre los impactos económicos y ambientales en la PL, ya que el consumo excesivo de N implicaría una mayor pérdida en forma de urea a través de la orina, lo que llevaría a un aumento de las emisiones de NH₃ y N₂O.

Por último, se llevó a cabo un ensayo en un sistema *in vitro* de doble flujo continuo con el objetivo de evaluar los efectos del aumento de los niveles de PB dieta utilizadas en ganado lechero sobre la fermentación ruminal, el metabolismo ruminal del N, la eficiencia de síntesis microbiana, la población microbiana y la producción de CH₄ y. El aumento de la PB en la dieta (13, 16 y 19 % PB) no tuvo un efecto significativo en la digestibilidad *in vitro* de la MS, la MO o de la fibra. A medida que el contenido de PB aumentó, el pH ruminal medio aumentó linealmente, al igual que el pH máximo y mínimo. Las concentraciones de ácidos grasos volátiles totales (AGVT) y proporciones molares de acetato (C2), butirato (C4) y valerato (C5) no se vieron afectadas por los tratamientos, existiendo una tendencia a disminuir los AGVT de forma lineal a medida que aumenta el nivel de PB. Para el caso del propionato (C3), al igual que el iso-valerato y contrariamente al iso-butirato, si bien no hubo diferencias entre tratamientos, se observó una disminución en la proporción molar con el aumento en el contenido de PB de la dieta. La relación C2:C3 aumentó linealmente con el contenido de PB en la dieta. La emisión de CH₄, y la densidad de la población de bacterias totales y metanogénicas no difirieron entre tratamientos. En lo que respecta al metabolismo del N, la concentración ruminal de N-NH₃ en el efluente (mg/dL), así como el flujo de N total y N-NH₃ (g/d), aumentaron linealmente al aumentar el contenido proteico de la dieta. Por el contrario, el flujo de N no amoniacal y de N bacteriano disminuyeron linealmente con el aumento de la PB de la dieta, siendo este último 32% menor en el tratamiento con mayor respecto al de menor contenido de PB. La digestibilidad de la proteína y la eficiencia de síntesis bacteriana (g N/kg MO), no se vieron afectadas por el contenido proteico en la dieta, observándose una tendencia a una disminución lineal a medida que el contenido de PB fue mayor. Dietas con niveles decrecientes de PB dieron como resultado patrones alterados de fermentación ruminal, como el pH ruminal y los cambios en el metabolismo de parte de los AGV y el N. Las dietas con 13% y 16% de PB proporcionaron efectos positivos sobre el flujo de N microbiano y una tendencia hacia una mejor eficiencia microbiana en el rumen; por lo tanto, fueron la mejor estrategia para una mejorar la utilización de N en el rumen. Más allá de ese nivel, no hubo más beneficios de alimentar una mayor PB en la dieta.

Palabras claves: ganadería, lechería, nitrógeno, eficiencia, excretas, ambiente, gases de efecto invernadero, metano.

USO DEL AGUA EN TAMBOS CONVENCIONALES Y ROBOTIZADOS EN ARGENTINA. COMUNICACIÓN.

Charlón V.¹; Herrero, M.A.²; Tieri, M.P.¹; Otero, A.³; Catala, M.⁴

¹ INTA EEA Rafaela.

² Asesor privado.

³ INTA EEA Villegas.

⁴ DeLaval®.

charlon.veronica@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El agua en el tambo es un recurso esencial en el proceso de obtención de leche. Si bien en Argentina su uso ha sido estudiado, en los últimos años se están instalando a un ritmo creciente sistemas de ordeño robotizados, sobre los cuales los informes sobre el consumo de agua son escasos. El objetivo de este estudio fue cuantificar y comparar el uso del agua en el ordeño en tambos convencionales y robotizados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron 122 tambos convencionales (TC) y 3 robotizados (TR). Los TR corresponden a 6 equipos robots, con un rango similar de tamaño, donde cada robot tiene asignado 60 Vacas Ordeño (VO) aproximadamente. La caracterización productiva para el ciclo 2018-2019 fue obtenida de informes (Taverna et al, 2018) y encuestas (Cuadro 1). Para los TC, los sistemas de alimentación estuvieron comprendidos entre sistemas con ración total (RTM) o sistemas pastoriles con alimentos separados o ración parcialmente mezclada (RPM), en un 12%, 30% y 58% de los tambos respectivamente. En los TR, dos de ellos eran pastoriles con PMR y uno estabulado con cama de compost. Para el caso de los TC se consideró el consumo de agua para lavado de pisos del corral espera y sala ordeño (LPi), de pezones (LPe), de máquina de ordeño (LM), de tanque de frío (LT), y se lo expresó en l agua por VO. En los TR se registró lavado de robot (LR) y el LPe que junto con LM formaban una misma fracción. En ningún establecimiento se consideró el uso de agua para la placa de refrescado, dado que el total de la misma, cuando existía, fue reutilizada en otras operaciones. Para TC y TR se expresó el consumo de agua en l.año⁻¹ y su distribución por sectores. También se determinaron indicadores de eficiencia de uso de agua: l.VO⁻¹ y por tambo.día⁻¹ y l agua por l leche. Se compararon los indicadores mediante las medianas y el rango, y se contrastaron con bibliografía nacional e internacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 figuran los valores productivos y los consumos de agua en cada sector analizado en los tambos. Las características productivas de los TC muestran que se encuentran en escala medio a muy buena. Los consumos totales de agua utilizada fueron para 1.333.166 l.año⁻¹ (0,3x10⁶;10x10⁶) para TC y 1.159.489 l.año⁻¹ (0,4x10⁶; 1,9x10⁶). Los consumos de agua empleada se dividieron para LPe (7%), LPi (57%), LM (26%), LT (5%) en TC, y LPi (46%), LT (27%) y 27% en el robot para TR. En ambos casos, el mayor volumen consumido fue para LPi. Si bien los TR constan de una menor superficie de cemento, no se ve reflejado en el consumo de agua para LPi día, donde en promedio los TC usaron 17 l por VO versus los 24 l de los TR. En ninguno de los TC encuestados se contempló la reutilización de esta fracción.

Considerando solo el proceso de ordeño (LPe, LM y LT) el consumo de agua diario fue de 12,5 l (0,7;65,2) y 13,4 (7,1;22,9) en los TC y TR respectivamente. La fracción de mayor impacto en los TC fue LM, observándose una gran variabilidad entre establecimientos.

Comparando con bibliografía internacional, el consumo de agua diario asociado al ordeño (Cuadro 1) para TC fue menor a los 45,5 l. VO⁻¹ y 3,47 l por l leche reportados por Murphy et al (2014) en sistemas convencionales. Para los TR los valores relevados difirieron de los 23 l.VO⁻¹ y 1,5 l agua por l leche presentados por Shortall *et al* (2018) para sistemas robotizados base pastoril. En este estudio, el rango de VO por robot fue entre 37 y 68 y el N° de ordeños varió entre 75 y 141; en Argentina el rango encontrado fue entre 60 y 64 VO y 128 a 134 ordeños por robot y por día, tenían menos de tres años en actividad, encontrándose en crecimiento. Esos rangos pueden explicar la variabilidad en los consumos de agua hallados. Cuando se observa los indicadores elegidos para expresar l agua según productividad y los valores mínimos relevados, se muestra que se puede mejorar la eficiencia de uso de agua tanto en TC como en TR.

Cuadro 1. Caracterización de tambos convencionales y robotizados, uso de agua e indicadores asociados en Argentina (mediana, mínimo; máximo).

PARÁMETROS	CONVENCIONALES	ROBOTIZADOS
N° establecimientos	122	3 (6 robots)
N° Vacas Ordeño (VO)	126 (24; 980)	124 (64; 187)
N° ordeños.d ⁻¹	2	2,2 (2; 2,3)
L leche.VO ⁻¹ .d ⁻¹	20 (10; 30)	32 (24; 40)
L leche.d ⁻¹	2.382 (488; 18.000)	3.747 (1.942; 4.800)
Consumo Agua por sectores (l agua.VO.d⁻¹)		
a) Rutina ordeño (lavado pezones)	2 (0; 9)	nc
b) Limpieza pisos (corrales+sala ordeño)	17,2 (0,6; 142)	23,6 (2,9; 62,5)
c) Higiene Máquina de ordeño	7,9 (0,5; 41)	nc
d) Higiene Tanque de frio	1,6 (0,2; 6,2)	5,4 (4,4; 7,2)
e) Robot*	nc	8 (2,7; 15,7)
Indicadores Uso de Agua		
L agua.VO ⁻¹ d ⁻¹	27,9 (4; 153)	36,9 (10,1; 85,45)
L agua. d ⁻¹	3.653 (723; 28.074)	3.177 (1.210; 5.440)
L agua. l leche	1,5 (0,2; 8,2)	1,2 (0,25; 2,8)

*nc: no corresponde. * Incluye agua lavado de robot, de pezones y piso dentro del box de ordeño.*

CONCLUSIONES

Tanto para TC como para TR el mayor consumo de agua se halla para Lavado de Pisos. Dependiendo del indicador utilizado (VO, día o l de leche) varían la magnitud de los consumos asignando un uso mayor a los TR o a los TC. Estos resultados preliminares identifican donde iniciar a focalizar estrategias de uso racional del agua en el tambo.

AGRADECIMIENTOS

Financiamiento INTA PNPA1126043 y Encuesta Sectorial Lechera y UBACyT Proyecto 20020170100226BA (2018-21).

BIBLIOGRAFÍA

- MURPHY, E., UPTON, J., HOLDEN, M.N. 2014. Biosyst. Eng. Res. 19, 146–148.
SHORTALL, J., O'BRIEN, B., SLEATOR, R. D. 2018. J. Dairy Sci. 101: 1565–1578
TAVERNA M., GHIANO, J., COSTAMAGNA, D. 2018. Informe Técnico N°61 Ed. INTA

INDICADORES DE CONSUMO DE LA ENERGÍA EN TAMBOS CONVENCIONALES Y ROBOTIZADOS EN ARGENTINA. COMUNICACIÓN.

Herrero, M.A.¹; Charlón V.²; Gil, S.B.¹; Demateis, F.³

¹ Asesor privado.

² INTA EEA Rafaela.

³ UBA, Fac. Cs. Veterinarias.

⁴ INTA Trenque Lauquen.

charlon.veronica@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

Los tambos tienen el desafío de mejorar la eficiencia en el consumo de electricidad, y al mismo tiempo reducir los costos de producción y las emisiones de carbono. Los indicadores permiten evaluar la eficiencia del consumo de la energía y reflejan el potencial de daño ecológico del sistema. Un aspecto clave es la optimización del uso de la energía durante el ordeño y el enfriamiento de la leche. La intensificación por aumento de tamaño del rodeo y por el uso de equipos automatizados son factores que incrementan el gasto energético (González Diez *et al*, 2011). En la Argentina es incipiente la incorporación de tambos robotizados. El objetivo es describir y cuantificar el uso de la energía en tambos convencionales y robóticos en Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron tambos convencionales (TC= 22) y robotizados (TR= 5) contando con 12 equipos robots, con un rango similar de tamaño, expresado como N° Vacas Ordeño (VO). La información obtenida por registros caracteriza productivamente a los predios para un período de un año y se detalla en el Cuadro 1. Para el caso de los TC se consideró la energía fósil utilizada como electricidad (EE) (kwh.año⁻¹) y gas natural comprimido (m³.año) expresado en kwh.año⁻¹, utilizando la equivalencia de 11,1 kwh por m³, considerando clima de la región. En el caso de los TR, los requerimientos energéticos en calidad y cantidad hacen que su consumo sea cubierto por EE. Si bien se dispone de equipos electrógenos a combustible para emergencias, no fueron considerados dado su utilización esporádica. Para TC y TR se expresó el consumo en kwh.año⁻¹ y se calculó el % que representa la EE dentro del total de energía en los TC. Se consideraron como indicadores de eficiencia de uso de EE a: 1) Consumo kwh por 1000 l leche; 2) Consumo kwh por VO y 3) Consumo kwh por l totales al año. Se compararon los indicadores mediante las medianas y el rango, y se contrastaron con bibliografía nacional e internacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 figuran los valores productivos y los indicadores de uso de EE de los tambos analizados.

Las características productivas de los tambos muestran que se encuentran en escala buena a muy buena según estadísticas nacionales (Gastaldi *et al*, 2018). Para el caso de los 5 TR se destaca que corresponden a 12 equipos robots para lo cual cada robot tiene asignado 60 VO aproximadamente. Para los TC se determinó en 12 predios que utilizan gas natural como aporte energético complementario. Respecto a los consumos totales se observa que en los TR los consumos superan a los de los TC. Esta situación es comprensible dado que el robot automatiza gran parte del trabajo del tambero.

Cuando se miran los indicadores ocurre lo mismo, siendo las relaciones para: 1) Consumo kwh por 1000 l leche de TR:TC=1,97; 2) Consumo kwh por VO de TR:TC= 2,84 y 3) Consumo kwh por total l al año de TR:TC= 1,66. En todos los casos en que los indicadores se expresan por l de leche se evidencian mejores eficiencias respecto al 2, es decir por VO.

Comparados con información internacional de tambos convencionales (Rodriguez *et al*, 2011), en los 22 TC se observan valores menores para Consumo kwh por 1000 l leche (29 vs 51), y para Consumo kwh por VO (207 vs 506), pareciéndose los valores internacionales más a los TR. Taverna et al (2016) a nivel nacional realiza una escala de consumos para Consumo kwh por 1000 l leche. En ella los TC se encuentran en consumos económicos a elevados (20 a 60) y los TR de medios a muy elevados (30 a >60). En TC y TR se observa un amplio rango en los indicadores analizados.

Cuadro 1. Caracterización de tambos convencionales y robóticos, uso de energía eléctrica e indicadores asociados en Argentina (mediana, mínimo; máximo).

PARÁMETROS	CONVENCIONALES	ROBÓTICOS
N° establecimientos	22	5 (12 robots)
N° Vacas Ordeño (VO)	180 (50; 230)	124 (64; 250)
N° ordeños.día ⁻¹	2	2,1 (2; 2,3)
L leche.VO ⁻¹ .d ⁻¹	21 (16; 27)	30 (24; 40)
L leche.d ⁻¹	3513 (800; 6098)	4500 (1942; 8000)
L leche.año ⁻¹	1,28 x10 ⁶ (2,9x10 ⁴ ; 2,2x10 ⁻⁶)	1,6 x10 ⁶ (7x10 ⁵ ; 2,9x10 ⁶)
Consumo eléctrico kwh.año ⁻¹	2,4 x10 ⁴ (6,3x10 ³ ; 6,5x10 ⁴)	7,3 x10 ⁴ (5,3x10 ⁴ ; 1,6x10 ⁵)
Consumo gas en kwh.año ⁻¹	7244 (2056; 61667)	
% aporte electricidad	85% (56; 100)	100%
Indicadores Ef. Uso energía		
1) kwh.1000 l leche ⁻¹	29 (11; 46)	57 (32; 88)
2) kwh.VO ⁻¹ .año ⁻¹	207 (87; 326)	589 (284; 980)
3) kwh. l leche ⁻¹ .año ⁻¹	0,03 (0,01; 0,05)	0,05 (0,03; 0,09)

CONCLUSIONES

Sin estudios nacionales que comparen estos consumos, este trabajo es un aporte para comenzar a evaluar, no solamente los indicadores de uso de la energía, sino también a futuro indicadores económicos. Para la instalación de TR será necesario considerar las diferentes localidades del país donde este aporte en cantidad y calidad de energía esté garantizado. Por otra parte, la mejora en la eficiencia de producción, como en otros indicadores, es fundamental para disminuir los consumos energéticos por litro de leche producida para que estos sistemas intensivos en uso de recursos sean más sustentables.

AGRADECIMIENTOS

Financiamiento UBACyT, proyecto 20020170100226BA (2018-2021).

BIBLIOGRAFÍA

GASTALDI, L., CUATRIN, A., MAEKWA, M. 2018. INTA. Informe Técnico Encuesta 2016-2017. Pp 28
 RODRIGUES D., POSADOS R., GARCÍA GARCÍA J.2011. Inst. Téc. Agrario de Castilla y León, España. Pp. 66
 TAVERNA M., RUSTAR R., GARCÍA K. 2016. INTA. Pp.35

PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN ESTABLECIMIENTOS LECHEROS DE LA ARGENTINA BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN

Verónica Charlón¹ y María Paz Tieri^{1,2}

¹ INTA EEA Rafaela

² UTN FRRA (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela)
charlon.veronica@inta.gob.ar

RESUMEN

Existe una continua demanda de agua tanto para la vida humana como para producir alimentos. El uso del agua a lo largo de las cadenas de suministro despierta la atención de todos los actores involucrados en cada eslabón, desde el productor hasta los consumidores. En una amplia gama de productos agropecuarios ha aumentado la conciencia para la preservación del agua dulce (Ridoutt *et al.*, 2009), y en ganadería de carne y leche hay muchas oportunidades para mejorar la productividad del agua (FAO, 2019). Estimar los consumos de agua de cada proceso es fundamental para reducir y eficientizar su uso. Si bien en los últimos años se ha avanzado incorporado tecnologías de procesos, es necesario ampliar los conocimientos en cuanto a la eficiencia de uso del agua en la lechería (Charlón y Tieri, 2019). El objetivo del presente estudio fue estudiar e identificar diferencias en el uso de agua durante el proceso de obtención de leche en los sistemas de producción de leche de la Argentina. Se analizó información obtenida a través de encuestas realizadas en 110 establecimientos lecheros ubicados en la región pampeana durante el ciclo productivo 2014-2015 (Gastaldi *et al.*, 2016). Los predios se agruparon según la ración ofrecida a las vacas en ordeño (VO), en tres tipos: Dieta 1 (D1) que consistió en pastura con alimentos entregados por separado, en Dieta 2 (D2) suministraban pastura con ración parcialmente mezclada y en Dieta 3 (D3) los que tenían una ración totalmente mezclada. Se recopilaron los indicadores productivos y se estimaron los consumos de agua de bebida de las VO y en el proceso de ordeño (rutina de ordeño, lavado equipamiento de ordeño e instalaciones). Se determinó la productividad directa del agua, y se expresó en litros de agua por kg leche corregida por grasa y proteína (l agua/kg LC). En el Cuadro 1 se muestran los indicadores productivos y de uso de agua de los tambos analizados. Los datos obtenidos de cada grupo se analizaron mediante análisis de varianza con Infostat®. En caso de diferencias significativas, las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Palabras clave: Productividad del agua, uso del agua, leche, sistemas de alimentación.

Cuadro 1. Principales indicadores productivos e indicadores de uso de agua de los predios lecheros analizados, según dieta ofrecida (media, (mínimo; máximo)).

PARÁMETROS	PREDIOS LECHEROS DE LA REGIÓN PAMPEANA (110)		
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
Tipo de ración suministrada*			
N° predios	32	66	12
Carga vaca adulta (cab/ha)	1,4 (0,7; 2,7)	1,4 (0,6; 3,3)	1,8 (1; 2,5)
N° Vaca Ordeño (VO)	135 (25; 556)	134 (28; 250)	273 (111; 550)
Litros Leche corregida (kgLC/día)	2104 (220; 9132)	2461 (401; 13369)	5740 (1821; 15587)
Litros Leche por VO (kgLC/VO.día)	14 (6; 29)	17,5 (5; 27)	19,8 (16; 23)
Producción Leche (mil l/año)	899,6 (153; 3168) ^{a**}	966 (178; 4895) ^a	2284 (794; 5504) ^b
Consumo de materia seca (kg/día)	17,5 (14,4; 23)	19 (14; 22)	20 (16; 23)
Consumo agua (bebida VO y sector ordeño) L AGUA/día	12791 (2807;44936) ^a	13833 (3806;62074) ^a	27591 (10925;60342) ^a
Litros AGUA (bebida) /VO	66 (30; 95) ^a	70 (35; 89) ^a	78 (67; 86) ^a
Litros AGUA (ordeño) /VO	33 (5; 97) ^a	36 (15; 77) ^a	21 (15; 38) ^b
Litros AGUA/ Kg Leche	8,2 (4; 17) ^a	6,6 (9; 29) ^{ab}	5,1 (4; 8) ^b

* Dieta 1: pastura con alimentos entregados por separado;

Dieta 2: pastura con ración parcialmente mezclada.

Dieta 3: ración totalmente mezclada

** Letras diferentes en sentido horizontal representa diferencias significativas.

La productividad del agua promedio en el estudio fue de 6,93 l agua/kg LC (mínimo:3,8; máximo:17,35), lo que muestra una amplia variabilidad entre los sistemas evaluados. Los establecimientos que su ración estaba representada con la D3, fueron los que tenían una mejor producción individual de leche (PL), mayor carga y el mayor consumo de materia seca (CMS). Si bien los consumos de agua de bebida no difirieron entre tambos, cuando se evaluó el uso del agua en el sector ordeño se encontraron diferencias significativas en D3 vs D1 y D2. Se encontró una alta correlación ($r=0,78; 0,66; 0,63$) entre el CMS y la PL para D1, D2 y D3 respectivamente. Cuando se analizó la productividad del agua (l agua/l leche), se encontró una relación inversa con el CMS, hallándose valores de $r= - 0,93; -0,92$ y $-0,95$ para D1, D2 y D3 respectivamente. Si se considera el enfoque de Análisis de Ciclo de Vida, una forma eficiente de disminuir el consumo de agua por kilogramo de leche producida, es mejorar la productividad de la vaca en producción, esto fue evidente en los tambos con D3. A partir de los resultados obtenidos se observa como la productividad en los tambos tiene un impacto positivo en la reducción del consumo de agua y por lo tanto impactará en el valor de huella hídrica de la leche. Es posible detectar prácticas de manejo que impactan en la productividad del tambo y en consecuencia al uso de agua, a partir de ellas se pueden proponer mejoras para un uso eficiente y racional del recurso.

BIBLIOGRAFÍA

- CHARLON, V. Y TIERI, M.P. 2019. Produção animal e recursos hídricos : tecnologias para manejo de resíduos e uso eficiente dos insumos Chapter: Water Use in Milk Production in Argentina. Embrapa.
- FAO. 2019. Water use in livestock production systems and supply chains. Guidelines for assessment (V1). Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. Rome.
- GASTALDI L., ENGLER P., LITWIN G., CENTENO A., MAEKAWA M. Y CUATRIN A. 2016. Lechería Pampeana. Ed.INTA.
- RIDOUTT, B., G., EADY, S.J., SELLAHEWA, J., SIMONS, L., BEKTASH, R. 2009. J Cleaner Production, 17, 13, 1228-1235.

¿CÓMO FACILITAR LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES PARA MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL DEL EXCESO DE NUTRIENTES? COMUNICACIÓN

Gil, S.B.¹; Herrero, M.A.¹; Rubio, R.²; Charlón, V.³, Faverín, C.⁴

¹UBA, Fac. Cs. Veterinarias.

²UNCPBA, Fac. Veterinaria.

³INTA EEA Rafaela.

⁴INTA EEA Balcarce- UNMDP, FCEyN.

sgil@fvet.uba.ar

INTRODUCCIÓN

La adopción de una innovación tecnológica es el proceso por el cual el productor agropecuario sustituye una práctica de uso común por otra, lo cual implica un proceso de aprendizaje y cambio del sistema de producción (Seré et al, 1990). En este trabajo se muestran los resultados de la apreciación cualitativa de distintas tecnologías críticas para el manejo de purines en el marco de diferentes procesos tecnológicos para producción ganadera, para analizar, así, obstáculos, facilidades e impactos de su adopción.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el marco del VII Taller de Indicadores Ambientales (41° Congreso AAPA, 2018) se desarrolló el trabajo de apreciación cualitativa de tecnologías críticas (TC). Los asistentes (n=60), profesionales e investigadores, se dividieron en 3 grupos al azar luego de una introducción al tema. Se les brindó un listado de TC consideradas para el manejo de purines (realizado previamente a través de consulta a expertos en la materia), el cual fue analizado según diferentes procesos tecnológicos (PT) en producción ganadera. Las consignas del trabajo se centraron en definir similitudes y diferencias entre PT de producción de carne, cerdos y leche, luego analizar las TC seleccionadas acorde al listado del Cuadro 1 (se podían agregar otras TC) según escalas de producción -baja, media y alta- definida por número de cabezas del predio. Finalmente, elegir las 2 TC que consideraran más importantes para ser analizadas, 2 obstáculos y 2 aspectos facilitadores para su aplicación en un PT y una escala determinada, y 2 indicadores de impacto de su adopción. La tarea se desarrolló en un marco acotado y estricto de tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tres grupos coincidieron en que los PT eran diferentes según especie animal porque el purín generado es distinto. Las diferencias obedecen a aspectos asociados a la biología de la especie, a cuestiones de manejo e instalaciones de los sistemas productivos, y a cuestiones de alimentación.

Cuadro 1. Listado de tecnologías críticas (TC) sugeridas para ser adoptadas para el manejo de purines.

Manejo General del Predio	Manejo Específico
- Planificación de recursos forrajeros	- Separador de sólidos
- Evaluación y manejo de la nutrición	- Lagunas de tratamiento
- Fertilización Fosfatada	- Impermeabilización por geomembrana
- Fertilización Nitrogenada	- Maquinaria para limpieza y manejo del estiércol
- Asesoramiento agronómico	- Instalaciones para el almacenamiento del estiércol
- Planeamiento integral empresarial	- Maquinaria de uso agronómico
	- Registros input-output de nutrientes
	- Compostaje de sólidos
	- Mano de obra calificada

Los grupos propusieron sumar al listado de TC original otras, generales y específicas, como el tipo de encierre -piso, techado o no, densidad animal- y su duración (definido como “niveles de confinamiento”), controles sanitarios, uso y reutilización de agua, diseño de instalaciones *ad hoc*, plan de manejo de nutrientes con tecnología adecuada, digestión anaeróbica y provisión de gas en zonas aisladas.

Luego, los grupos trabajaron en la selección de TC según la escala de producción elegida. El grupo que trabajó con escala baja, eligió priorizar registros e instalaciones, y los aspectos facilitadores propuestos fueron un mayor control del manejo de nutrientes, toma de conciencia ambiental y mejora del conocimiento con tecnologías locales. Sin embargo, los obstáculos se centraron en la presión existente para tomar decisiones complejas, con un Estado ausente en el proceso. No informaron impactos. El grupo que trabajó con escala media eligió, como TC más importantes, las lagunas de tratamiento y manejo del agua. Propusieron como facilitador la existencia de legislación y como obstáculos la falta de reglamentación, la percepción de falta de rédito económico y el desconocimiento de su calidad como abono. Vincularon los impactos a Indicadores de salinización y cambios de la calidad de agua. Finalmente, el grupo que trabajó en escala media-alta priorizó en importancia el uso de geomembranas y la implementación de registros adecuados para mejorar el manejo de nutrientes. Escogieron como facilitadores el asociarse entre productores para tener más información, y a la realización de controles, medición y monitoreos. Los obstáculos fueron costos altos, falta de mano de obra calificada y de información de referencia, mientras que los impactos se verían en la obtención de mayor número de registros e información, en calidad de suelos y de aguas.

CONCLUSIONES

Los grupos coincidieron que los PT difieren entre producciones en función del tipo de purín y de los niveles de confinamiento. Estuvieron de acuerdo con las TC sugeridas, aunque se focalizaron en temas diferentes. El trabajo realizado resultó en una reagrupación según prioridad, y en inclusión de nuevas TC. Es de destacar la criticidad en la aplicación de determinadas TC (aspectos facilitadores, obstáculos e impactos), es decir, en su adopción. No se resaltó la valoración económica de los purines como un aspecto estratégico para la misma, evitando el impacto negativo del exceso de nutrientes en sitios determinados.

AGRADECIMIENTOS

Financiamiento UBACyT, proyecto 20020170100226BA e INTA PNPA 1126043.

BIBLIOGRAFÍA

SERÉ.1990. Estudios de adopción e impacto en pasturas tropicales. En: Investigación con pasturas en fincas. CIAT. Doc. N° 124. Palmira, Colombia. 38p.

CARACTERIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE PURINES EN TAMBOS DE DISTINTAS CUENCAS LECHERAS DE LA ARGENTINA

Herrero, M.A.¹; Carbó, L.I.²; Vankeirsbilck, I.²; Charlon, V.³

¹ Asesor privado.

² UBA, Fac. Cs. Veterinarias, Cátedra de Bases Agrícolas.

³ INTA EEA Rafaela.

lcarbo@fvet.uba.ar

INTRODUCCIÓN

El conocimiento sobre los tipos de manejo de los purines en relación al sistema de tratamiento y disposición final en los establecimientos productores de leche es importante para la adecuación de los mismos a las normativas ambientales y para la capacitación de los actores en su gestión a escala predial y regional (Menzi, 2002). Hasta el momento en nuestro país se dispone de poca información en lo que respecta a esta temática

El objetivo de este trabajo es identificar y caracterizar los sistemas de gestión de purines en tambos de las principales cuencas lecheras de Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectó la información mediante un modelo de encuesta simple (Vankeirsbilck et al, 2016) que permite realizar una caracterización confiable y clasificar criterios de manejo de los purines de diferentes establecimientos lecheros del país.

Se consideró incorporar tambos de diferentes escalas según N° de Vacas en Ordeño, ubicados en cuencas Abasto Norte, Abasto Sur y Oeste de Buenos Aires (BA), en Cuenca Central (CC) pertenecientes a Córdoba y Santa Fe, y en la provincia de Entre Ríos (ER). En todos los casos la información se registró con un informante calificado para poder completar la encuesta en una entrevista y visitar las instalaciones.

Los sistemas de tratamiento fueron caracterizados de acuerdo a los elementos que lo componen, asignándose puntajes relativos a su nivel de importancia y a un tratamiento óptimo de cada etapa del mismo. Estas etapas y los puntajes considerados fueron: la separación de sólidos (SS; 20 puntos), la existencia y número de lagunas de tratamiento (LT; 70 puntos), y el destino final del purín (RA; 10 puntos), donde su reutilización fue como abono u otro uso (por ej. relleno lotes) (adaptado de Carbó, 2011).

Se realizó un ANOVA de la puntuación asignada a los sistemas de tratamiento clasificados por Cuenca, y una comparación de medias por test de Tukey ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encuestó un total de 470 tambos, de los cuales 229 pertenecían a BA, 221 a CC y 20 a ER. El 80% de estos (n=375) dispone los purines en por lo menos una laguna de tratamiento (243 en una laguna; 93 en dos lagunas y 39 en tres o más lagunas). El 13% separa los sólidos (n=60), de los cuales el 10% no disponen de ninguna laguna luego de la separación. El 13% (n=61) reutiliza como abono, ya sea los purines o el estiércol, de los cuales el 26% lo distribuye crudo (sin realizar un tratamiento previo).

Estos resultados muestran un mayor porcentaje de tambos que realiza algún tipo de tratamiento que relevamientos anteriores (Carbó, 2011; datos sin publicar), donde los resultados mostraban un 69%

de tambos con lagunas, y solo el 7% de los establecimientos separaban los sólidos. Los valores de reúso resultaron similares.

Se presentaron diferencias significativas en el puntaje obtenido entre las cuencas en BA= $31,3^a \pm 27,2$, CV 86,9%; en CC= $45,8^b \pm 23,3$, CV 50,8% y en ER= $30,1^a \pm 26,1$, CV 86,9%. Se observó que aún persisten tambos que no poseen laguna de almacenamiento temporario (<49 puntos, sin separación de sólidos). La CC presenta un mejor manejo en general que BA y ER. Solo ocho tambos obtuvieron el puntaje máximo, dado que cumplen con la SS, 3 ó más LT y RA.

En BA el 65,9% (151) son tambos que cuentan con lagunas de los cuales el 17,2% (26/151) de ellos separan sólidos, y a su vez el 26,9% de éstos (7/26) los reutiliza como abono. El reúso directo se realizaba en 29 establecimientos.

En CC el 87,3% (193) de los tambos contaban con lagunas, pero solo 8,1% (18) de éstos separaban sólidos, siendo un 22,2% (4/18) los que reutilizan como abono. Once establecimientos hacen reúso directo.

En ER el 60,0% (12) de los tambos tiene LT, solo un tambo separa sólidos y cerca del 50% (6/12) los reutilizan como abono. El reúso directo lo realizan 2 establecimientos.

CONCLUSIONES

Se lograron identificar una variedad de sistemas de tratamiento en la región, observándose diferencias entre cuencas lecheras. En general hay una mejora respecto a evaluaciones anteriores. El aumento de tamaño de los establecimientos lecheros y la creciente preocupación en el país por mantener un medio ambiente sano, se reflejan en los resultados de mayor cantidad de tambos que incorporan tecnología para los sistemas de tratamiento de purines, aprovechando los nutrientes contenidos en los mismos. Estos resultados son relevantes para los gobiernos provinciales que están desarrollando leyes y normativas para mejorar el manejo de purines en los establecimientos lecheros de Argentina.

AGRADECIMIENTOS

Financiamiento UBACyT, proyecto 20020170100226BA, INTA proyecto PNPA1126043.

BIBLIOGRAFÍA

- CARBÓ, L. 2011. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/especializacion/2011carbolornaileana.pdf>
- MENZI, H. 2002. RAMIRAN International Conference of the FAO/SCORENA Network on the recycling of Agricultural Municipal and Industrial Residues in Agriculture, pp. 93-102. <http://www.ramiran.net/DOC/B2.pdf>
- VANKEIRSBILCK, I.; HERRERO, M.A.; CARBÓ, L.I.; VOLPE, S.; DEMATTEIS, F. LA MANNA, A. 2016. RAPA Vol 36 (S1): 91

BALANCE DE NUTRIENTES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN ARGENTINA

Charlón, V.¹; Herrero, M.A.²; Cuatrín, A.³

¹ INTA EEA Rafaela.

² Asosor privado.

³ INTA EEA Parana.

charlon.veronica@inta.gob.ar

ABSTRACT

Nutrient balance is a good indicator to know the potential environmental risk in productive systems. Nitrogen (N) and phosphorus (P) balances and their utilization efficiencies were evaluated, at farm level (FGB), in primary milk production systems in different milk boundaries in Argentina. The balance calculation was made by measurable output-input differences for each mineral in 57 farms, expressed by year as kg.ha⁻¹ and as Kg N-P per ton of fat-and-protein-corrected milk. The nutrient efficiency was evaluated by the IEI% indicator that expresses the relation between the N-P surplus (balances) and N-P inputs. Descriptive statistic and multivariate analysis was performed. The N FGB were from -26.7 to 329.9 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ or -5.0 to 32.9 Tn FPCM⁻¹.yr⁻¹ and the P FGB from -4.9 to 131.9 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ or -4.9 to 131.0 Tn FPCM⁻¹.yr⁻¹. Major N inputs (70%) on all dairies farms were concentrates. The principal component analysis showed that a positive association between N-P FGB and the N-P inputs. Four cluster of farms were identified, characterized by different values of balances, outputs and kg FPCM.ha⁻¹. Milk was the main source of N-P exported in all cluster (>86%N; >80%P). A relation was observed between total milk production and the total N imported to the farm. The IEI found were from 0 to 94% for N and 96% for P. The nutrient management is different between farms. More information about some management practices will be need for future studies, in order to better understand the relationships between these components and the nutrients fluxes within farms.

RESUMEN

El balance de nutrientes es un buen indicador para conocer el riesgo ambiental potencial de los sistemas productivos. Se evaluaron los balances de nitrógeno (N) y fósforo (P) y sus eficiencias de utilización a nivel predial (BPr), en sistemas de producción primaria de leche en diferentes cuencas lecheras en Argentina. El cálculo del balance se realizó mediante la medición de las diferencias entre egresos e ingresos para cada mineral en 57 tambos, expresadas por año como kg N-P.ha⁻¹ y kg N-P por tonelada de leche corregida por grasa butirosa y proteína (LCGP). La eficiencia de los nutrientes se evaluó mediante el indicador IE% que expresa la relación entre el excedente (saldos) y los aportes de N-P. Se realizó estadística descriptiva y análisis multivariado. Los BPr_N fueron desde -26,7 a 329,9 kg.ha⁻¹.año⁻¹ o -5,0 a 32,9 Tn LCGP⁻¹.año⁻¹ y los BPr_P de -4,9 a 131,9 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ o -4,9 a 131,0 Tn LCGP⁻¹.año⁻¹. Los principales insumos de N (70%) en todos los predios lecheros fueron los concentrados. El análisis de componentes principales mostró una asociación positiva entre BPr de N y P y las entradas de los mismos. Se identificaron cuatro conglomerados de predios, caracterizados por diferentes valores de excedentes, rendimientos y kg LCGP.ha⁻¹. La leche fue la principal fuente de N-P exportada en todos los conglomerados (> 86% N;> 80% P). Se observó una relación entre la producción total de leche y el N total importado al predio. Los IE encontrados fueron de 0 a 94% para N y 96% para P. El manejo de nutrientes fue diferente entre predios. Se necesitará más información sobre algunas prácticas de manejo

en estudios futuros, a fin de comprender mejor las relaciones entre estos componentes y los flujos de nutrientes dentro de los tambos.

Palabras clave: indicadores de gestión ambiental, balance predial, nitrógeno, fósforo.

INTRODUCCIÓN

El enfoque del balance de nutrientes es uno de los métodos más comunes para cuantificar el impacto ambiental del uso de nutrientes (Oenema *et al.*, 2003), siendo un indicador clave para evaluar la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios. Son útiles para comprender la dinámica de los nutrientes y conocer su potencial para ser retenidos y ciclados dentro del propio sistema, estimando la magnitud del costo ambiental y económico (Gourley *et al.*, 2012; Öborn *et al.*, 2003; Spears *et al.*, 2003 a-b).

Los balances de nutrientes prediales (BPr) se calculan a partir de la diferencia en los nutrientes que entran y salen de un sistema, mostrando el excedente de nutrientes (balances), se pueden expresar por hectárea en el predio o por kilogramo de producto (leche o carne). El balance de N y P se estudia principalmente porque son los principales nutrientes que pueden limitar el crecimiento de los cultivos y también sus pérdidas pueden causar problemas ambientales (Thomassen & de Boer, 2005). Los balances de nutrientes son de reciente difusión en Argentina. Aunque la literatura internacional presenta una variedad de estudios de caso, no representan la realidad de los sistemas de producción de leche de Argentina. El objetivo fue evaluar los balances prediales de nitrógeno y fósforo a través de sus insumos y egresos (salidas) y su eficiencia en la utilización de nutrientes, en los sistemas de producción de leche en diferentes áreas productivas de Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron y encuestaron 57 tambos ubicados en tres regiones lecheras de Argentina. Los mismos pertenecían a las cuencas: Santa Fe (SF): 19, Buenos Aires Oeste (BA_W): 19 y Buenos Aires Este (BA_E): 19. Los balances prediales se calcularon considerando la diferencia entre el ingreso y la producción de cada mineral, expresado en kilogramos de N-P por hectárea y por año y en kg N-P por tonelada de leche corregido por grasas y proteínas (LCGP) utilizando la fórmula: [leche cruda (kg) * (0,337 + 0,116 * Contenido de grasa (%) + 0,06 * Contenido de proteína (%))] (FAO, 2010). Para N y P se consideraron los ingresos provenientes en alimentos y fertilizantes externos, y además para el N aportado por la lluvia. En cuanto a los egresos, se consideró el N y P exportados en la leche y la carne. Se consideraron las siguientes variables: total de área agrícola (ha), número de vacas en ordeño, carga ganadera (vaca.ha⁻¹), nivel de producción (kg de LCGP.vaca⁻¹) y eficiencia de producción de leche (kg de LCGP.ha⁻¹).

Para evaluar la eficiencia en la utilización de nutrientes, se construyeron los indicadores: Indicador de eficiencia de desbalance (IE,%): cociente entre el balance (que representa el exceso que queda en el establecimiento) y el nutriente total ingresado [(balance NP / ingreso NP) x100], donde los valores más bajos indican mayores eficiencias.

Para establecer la asociación entre las variables estudiadas, se realizó un análisis de componentes principales (ACP). Además, se propuso un análisis de conglomerados utilizando el criterio de Ward, basado en la distancia de Gower de los datos estandarizados, para identificar predios con manejo similar. Se realizó un análisis de Kruskal Wallis con los conglomerados logrados para determinar qué variables difieren entre ellos, así como una prueba de chi-cuadrado para determinar la asociación entre los conglomerados logrados y las cuencas evaluadas. Se utilizó Infostat (2017).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los BPr_N fueron de -26,7 a 329,9 kg.ha⁻¹.año⁻¹ o -5,0 a 32,9 Tn LCGP⁻¹.año⁻¹ y los BPr_P de -4,9 a 131,9 kg.ha⁻¹.año⁻¹ o -4,9 a 131,0 Tn LCGP⁻¹.año⁻¹. Los principales insumos de N (70%) en todas las granjas lecheras fueron concentrados.

Los resultados obtenidos de la ACP explicaron el 54% de la variabilidad de los datos, oponiéndose en el CP1 los tambos que tienen valores altos en el balance con respecto a los que tienen bajos. El CP2 discriminó los establecimientos que tienen altos rendimientos y kg de LCGP por ha, de aquellas con valores bajos.

A partir del análisis de conglomerados, los 57 tambos se clasificaron en 4 conglomerados (C) de predios discriminados por las variables seleccionadas. La distribución de los mismos según la cuenca en cada conglomerado se representa en la Figura 1. El Cuadro 1 muestra los valores medio, mínimo y máximo de N y P insumos, productos y balances para cada conglomerado.

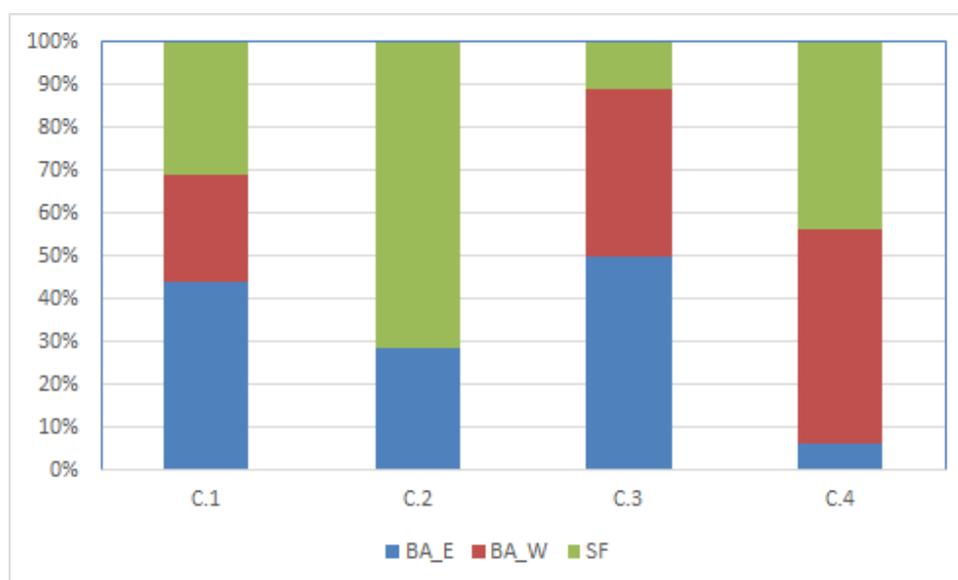


Figura 1. Distribución de los predios lecheras según la cuenca en cada conglomerado.

Cuadro 1. Balances de nutrientes y sus componentes en cuatro conglomerados en Argentina (valores medios, mínimo, máximo).

Parámetros	Cluster 1 (C1) n=16	Cluster 2 (C2) n=7	Cluster 3 (C3) n=18	Cluster 4 (C4) n=16
N entradas (kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹)	90,9 (37,1; 119)b	40,7 (5,9; 62,8)a	79,6 (8,6; 128,5)b	170,8 (51,2; 360,4)c
N salidas (kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹)	40,3 (18,9; 61,9)b	38,8 (27,9; 59,1)b	22,1 (4,0; 36,1)a	38,9 (30,4; 64,8)b
N balance (kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹)	36,8 (18,2; 78,4)b	1,9 (-26,7; 6,4)a	57,2 (4,6; 120,8)b	133,5 (0,8; 329,9)c
N balance (Tn FPCM ⁻¹ .año ⁻¹)	5,3 (2,3; 14,5)b	0,3 (-5,0; 0,7)a	14,2 (0,5; 20,6)c	15,7 (0,1; 32,9)c
P entradas (kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹)	21,7 (16,1; 39,7)bc	7,8 (1,7; 13,7)a	20,2 (0; 29,1)b	38,6 (13,6; 137,5)c
P salidas (kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹)	7,3 (5,7; 10,8)b	7,3 (5,2; 10,7)b	4,2 (1; 6,5)a	6,9 (3,4; 11,7)b
P balance (kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹)	14,6 (9,3; 31,5)b	1,4 (-4,9; 3,7)a	15,8 (-1,06; 23,7)b	28,5 (4,9; 131,9)b
P balance (Tn FPCM ⁻¹ .año ⁻¹)	2,4 (1,1; 5,2)b	0,2 (-0,8; 0,6)a	3,9 (-0,12; 6,5)b	4,05 (0,5; 13,2)b
% IE_N	50 (31,6; 65,8)b	5 (0; 10,7)a	72 (33,7; 94,5)c	76 (1,3; 91,5)c
% IE_P	71 (47,3; 81,4)b	14 (0; 35,7)a	80 (0; 85,9)c	77 (33,3; 95,9)bc

* Medianas seguidas de letras diferentes muestran diferencias significativas Prueba de Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$)

Los aportes de N de concentrados representaron 77% en C1, 62% en C2, 66% en C3 y 61% en C4. También se analizó el N-P por kg de concentrado, encontrando en orden la magnitud C2 < C1 < C3 < C4. La leche fue la principal fuente de N-P exportada en todos los cluster (> 86% N y > 80% P). Las salidas de N y P en animales, fue muy baja, sólo debido a la venta de vacas lecheras rechazadas.

En todos los casos los balances (N y P) fueron valores inferiores a otros estudios internacionales (Spears et al, 2003; Oenema *et al*, 2012; Mu *et al*, 2016). Los valores encontrados fueron de 1,88 (C2) a 133,46 (C4) Kg N por ha y 0,29 a 15,25 Kg N por tonelada LCGP. En cuanto al P, valores de 1,36 (C2) a 28,55 (C4) Kg P por ha y 0,2 a 4,05 Kg P por tonelada LCGP.

Hay dos conglomerados (C2 y C4) que difieren estadísticamente en la mayoría de los parámetros analizados. El C2 incluyó 7 tambos caracterizadas por un menor valor de aportes y balances de N y P y la mayor carga animal, con una media de 1,51 vaca.ha⁻¹ y eficiencia intermedia (6680 kg LCGP.ha⁻¹). En este conglomerado las lecherías tienen un promedio de 246 hectáreas, con 220 MC y 19 L.d⁻¹. El C4 incluyó 16 tambos que tienen una media de 410 hectáreas y 23 L.d⁻¹ como los mayores insumos y salidas y balances con mayor producción de leche (8464 kg LCGP⁻¹). Los predios lecheros en C2 tuvieron una menor pérdida de N en comparación con las de C4 que dependen más de alimentos y fertilizantes comprados para producir leche, mientras que los del C2 hicieron un uso más intensivo de los pastos. Los otros grupos se caracterizaron porque C1 tenía 16 tambos con la mayor producción de P y C3 tenía 18 con una producción de P más baja.

Se observó una relación entre la producción total de leche y el N total importado al tambo (Figura 2). Esto se puede explicar por el hecho de que existe una interdependencia entre los insumos (concentrados principalmente) y la productividad de la leche (kg LCGP.ha⁻¹). Las pérdidas de nutrientes por hectárea a nivel de finca pueden reflejar los impactos locales o regionales de la producción lechera, mientras que las pérdidas de nutrientes por unidad de producto brindan información sobre la eficiencia de un sistema de producción (Halberg *et al.*, 2005). Cuando se analizó la eficiencia de utilización de nutrientes, C2 fue el grupo con mejor IE_N (5%) e IE_P (14%), dado que con menor ingreso de N-P y con mayor carga animal, mayor producción de leche por hectárea.

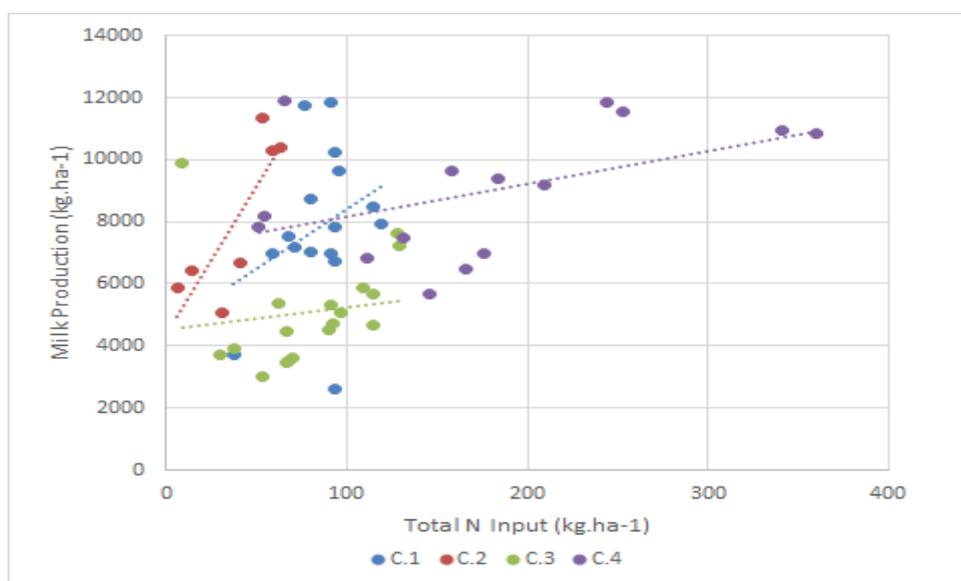


Figura 2. Diagrama de dispersión y líneas de tendencia de la relación entre el aporte total de nitrógeno y la producción total de leche para cada conglomerado o cluster.

CONCLUSION

La intensificación de los establecimientos lecheros en las diferentes cuencas de Argentina se debe, entre otros aspectos, al mayor uso de nutrientes, específicamente N y P. A partir de los balances es posible cuantificar y comparar las pérdidas de nutrientes, y brindar la información necesaria para mejorar en el uso de nutrientes a nivel de predio. Los balances de los sistemas de producción de leche en los tambos de las cuencas lecheras de Argentina mostraron que el manejo de nutrientes es diferente entre predios. Se necesitará información más detallada sobre las prácticas de fertilización, el manejo del pastoreo y las decisiones nutricionales para estudios futuros, a fin de comprender mejor las relaciones entre estos componentes y los flujos de nutrientes dentro de establecimientos productores de leche.

AGRADECIMIENTOS

Al apoyo financiero del programa UBACyT 2018-2021 (Universidad de Buenos Aires, Argentina) proyecto 20020170100226BA y PNPA 1126043 del INTA, Argentina.

BIBLIOGRAFIA

- DI RIENZO, J.A., CASANOVES, F., BALZARINI, M.G., et al. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Greenhouse gas emissions from the dairy sector. A life cycle assessment. FAO, Rome, Italy (2010) Prepared by P. Gerber, T. Vellinga, C. Opio, B. Henderson, and H. Steinfeld. FAO Rome, Italy, 2010
- GOURLEY, C.J.P., DOUGHERTY, W., WEAVER, D. et al. Farm-scale nitrogen, phosphorus, potassium and sulphur balances and use efficiencies on Australian dairy farms. *An Prod Sci*, 52: 929-944, 2012
- HALBERG, N., VAN DER WERF, H., BASSET-MENS, C. et al. Environmental assessment tools for the evaluation and improvement of European livestock production systems. *Livest. Prod. Sci.* 96, 33e50, 2005.
- MU, W.; VAN MIDDELAAR, C.E.; BLOEMHOF, J.M.; OENEMA, J.; DE BOER, I.J.M. Nutrient balance at chain level: a valuable approach to benchmark nutrient losses of milk production systems, *Journal of Cleaner Production*, Volume 112, Part 4, 2419-2428, 2016.
- OENEMA, O., KROS, H., de VRIES, W. Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. *Eur. J. Agric.* 20, 3-16, 2003.
- OENEMA, J.; VAN ITTERSUM, M.; VAN KEULEN, H. Improving nitrogen management on grassland on commercial pilot dairy farms in the Netherlands, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 162, 116-126, 2012.
- SPEARS, R. A.; KOHN, R. A.; YOUNG, A. J. Whole-farm Nitrogen Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Sc.* 86 (12): 4178-4186, 2003a
- SPEARS, R. A.; YOUNG, A. J.; KOHN, R. A. Whole-farm Phosphorus Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Sc.* 86 (2): 688-695, 2003b
- THOMASSEN, M.A.; DE BOER, I.J.M. Evaluation of indicators to assess the environmental impact of dairy production systems. *Agriculture Ecosystems & Environment* 111, 185–199, 2005.



APICULTURA

MUNDO MIEL ITINERANTE: UNA EXPERIENCIA DE COMUNICACIÓN CIENTÍFICA APÍCOLA

*Pacilio, L.¹; Asoli, C.D.J.²; Gaggiotti, M.¹; Merke, J.¹; Orellano, E.¹; Pacini, A.³;
Molineri, A.I.¹; Castignani, H.¹*

¹ INTA EEA Rafaela.

² INTA Centro Regional Santa Fe.

³ CONICET.

pacilio.lucrecia@inta.gob.ar

“Mundo miel itinerante” es una muestra interactiva de comunicación de la ciencia que fue financiada en 2019 por el Ministerio de Ciencia, tecnología e innovación productiva del Gobierno de Santa Fe, mediante la convocatoria “Comunicación de la Ciencia 2018”. La muestra comunica la información técnica mediante juegos, paneles informativos y objetos a diversos públicos, e incluye actividades asociadas con productores de miel y productos derivados de la colmena (mieles de diverso origen, hidromiel y cerveza con miel). Es una propuesta de comunicación científica en el territorio basada en información técnica obtenida como resultado de investigaciones y desarrollos del INTA en apicultura, e incluye el impacto del ambiente en la producción de miel, la permanencia de la actividad productiva en el tiempo, las herramientas de trabajo, la importancia de la biodiversidad, las flores, el proceso de polinización, la organización de la colmena, las etapas del proceso de producción de la miel, el rol de los apicultores y la voz en primera persona de los apicultores de cada localidad que visita (su historia, sus inicios y sus sueños en relación a la actividad).

Nació con la intención de promover el consumo interno de miel dentro de la “Semana de la miel” (campana anual del Ministerio de Agricultura de la Nación desde 2016) y fue pensada desde sus inicios como una muestra itinerante. Su primera edición fue en 2018, con el nombre “Mundo miel” en la ciudad de Rafaela (Santa Fe) organizada en conjunto por el INTA y el Museo Histórico Municipal dependiente de la Municipalidad local. En esa edición convocó a más de 5200 personas y en el 2019 recorrió las ciudades de Santa Fe y Rosario, con actividades asociadas en San Cristóbal, Rafaela, Santa Fe y San Jorge.

EFFECTO DE LA UBICACIÓN DE LAS COLMENAS Y EL PASO DEL TIEMPO SOBRE LA HUMEDAD, EL COLOR Y LA CONCENTRACIÓN DE HMF DE MIEL RECIÉN COSECHADA

Gaggiotti, M.; Orellano, E.; Wanzenried Zamora, R.; Signorini, M.

IDICAL (INTA – CONICET).
gaggiotti.monica@inta.gob.ar

Los alimentos azucarados son muy sensibles al calor y pueden deteriorarse durante el almacenamiento. El HMF es un compuesto formado por la deshidratación de la fructosa y su presencia en la miel está relacionada con alteraciones de color y desarrollo de flavor y olores extraños. El objetivo del trabajo fue evaluar el color, el porcentaje de humedad y la concentración de hidroximetilfurfural (HMF) en miel recién cosechada en relación con la ubicación de las colmenas (sol, S; sombra parcial, SP y sombra total, ST). El trabajo se realizó en dos apiarios de la EEA Rafaela INTA (provincia de Santa Fe, Argentina), campaña 2017-2018. Se monitorearon tres grupos de 5 colmenas 4 veces cada 30 días, identificándose las medias alzas por tiempo de permanencia en la colmena. La evaluación de las colmenas en los diferentes muestreos en función de los tres tratamientos evaluados mostró que la humedad promedio (17,6%) del tratamiento S fue significativamente superior ($P<0,001$) que la del SP (16,6%) y del ST (16,8%); no hubo diferencias ($P=0,777$) en la concentración promedio de HMF (6,47; 7,06 y 6,74 mg/kg para ST, SP y S, respectivamente) y color promedio de la miel ST (16,8 mm Pfund) fue significativamente menor ($P<0,001$) que la de los tratamientos S y SP (22,35 y 20,99 mm Pfund, respectivamente). La miel acumulada en la colmena para los tres tratamientos evaluados con diferentes tiempos de permanencia en la colmena presentó promedios de HMF (en mg/kg) de 4,9; 7,02; 6,79 y 9,9, para el muestreo inicial, 30, 60 y 90 días de permanencia, respectivamente. Esta tendencia no se modificó en función de la ubicación de las colmenas. No se observaron diferencias en la humedad según el tiempo de permanencia de la media alza (17,2%; 17,0%; 16,8% y 17,4% para el muestreo inicial, 30, 60 y 90 días de almacenamiento, respectivamente). El color de la miel se incrementó con el paso del tiempo, alcanzando valores (en mm Pfund) de 16,1; 20,07; 22,26 y 25,5, para el muestreo inicial, 30, 60 y 90 días de almacenamiento respectivamente, siendo independiente de la ubicación de las colmenas. Los resultados indicaron un incremento en los valores de color y de HMF en función del tiempo de permanencia de la miel en la colmena independientemente de su ubicación (S, SP y ST).

INFORMACIÓN TÉCNICA DE PRODUCCIÓN ANIMAL 2021

Publicación Miscelánea Año 9 – N° 3

CENTRO REGIONAL SANTA FE

ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA RAFAELA

Ruta 34 km 227 (2300) Rafaela, Santa Fe

Teléfonos: (03492) 440121/440125

inta.gob.ar/rafaela

earrafaela@inta.gob.ar

ISSN en línea 2314-3126



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina