

EFFECTO DE LA METOCLOPRAMIDA SOBRE LA TRANSFERENCIA PASIVA EN TERNEROS ALIMENTADOS CON CALOSTRO MATERNO O REEMPLAZADOR DE CALOSTRO

EFFECT OF METOCLOPRAMIDE ON PASSIVE TRANSFER IN CALVES FED MATERNAL COLOSTRUM OR COLOSTRUM REPLACER

Derling José Pichardo Matamoros^{1,2*}, Jorge Alberto Elizondo Salazar³ y Carlos Francisco Jiménez Sánchez⁴

¹ Universidad Nacional Agraria. Juigalpa, Chontales 55000, Nicaragua
<https://orcid.org/0000-0002-5358-0470>

² Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca 11501, Costa Rica

³ Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca 11501, Costa Rica
<https://orcid.org/0000-0003-2603-9635>

⁴ Unidad de Diagnóstico e Investigación en Virología Veterinaria, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional. Barreal de Heredia 40101, Costa Rica
<https://orcid.org/0000-0002-9544-5285>

* Autor para correspondencia: derling.pichardo@ci.una.edu.ni

RESUMEN

El fallo de la transferencia pasiva es uno de los problemas más importantes en la cría de reemplazos. Los objetivos de este estudio fueron determinar el efecto de la metoclopramida (MCP) sobre la transferencia pasiva (TP), y comparar la calidad de la TP en terneros alimentados con calostro materno (CM) o reemplazador de calostro (RC). En total, 40 terneros fueron asignados a 1 de 4 grupos: [1] suministro de CM sin MCP (A1P0), [2] suministro de CM con aplicación de MCP (A1P1), [3] suministro de RC sin MCP (A2P0) y [4] suministro de RC con aplicación de MCP (A2P1). Se recolectaron muestras de sangre antes (cero días) y después (dos días) del calostrado para estimar el hematocrito y cuantificar glucosa, proteína y sólidos totales asociados con la calidad de la TP. Dos días después del calostrado, la concentración de glucosa fue elevada para el grupo A1P0 (85,5 mg/dL) comparado con el grupo A2P0 (54,0 mg/dL) ($p < 0,05$). El grupo A1P1 mostró la concentración más alta de proteína (6,3 g/dL) en comparación con el grupo A2P0 (4,0 g/dL) ($p < 0,05$). El porcentaje Brix fue más elevado en los grupos A1P0 y A1P1 (10,3%) comparados con el grupo A2P0 (7,8%) ($p < 0,05$). No se demostró efecto significativo de la MCP sobre la TP ni interacción entre el calostrado x procinético ($p > 0,05$). Los resultados de este estudio indicaron que la MCP no afecta la TP y que el calostrado con CM fue mejor porque aumentó la calidad de la TP de glucosa, proteína y sólidos totales en sangre en comparación con el RC.

Palabras clave: Biomarcadores, bovino, calostro, metoclopramida, terneros, inmunidad pasiva.

ABSTRACT

Passive transfer failure is one of the most important problems in replacement breeding. The objectives of this study were to determine the effect of metoclopramide (MCP) on passive transfer (PT), and to compare the quality of PT in calves fed maternal colostrum (MC) or colostrum replacer (CR). In total, 40 calves were assigned to 1 of 4 groups: [1] fed MC without MCP (A1P0), [2] fed MC with MCP application (A1P1), [3] fed CR without MCP (A2P0), and [4] fed CR with MCP application (A2P1). Blood samples were collected before (0 days) and after colostrum intake (2 days) to estimate hematocrit, serum concentration of glucose, protein and total solids associated with the quality of PT. At 2 days after colostrum intake, glucose concentration was high for the A1P0 group (85.5 mg/dL) compared to the A2P0 group (54.0 mg/dL) ($p < 0.05$). The A1P1 group showed the highest protein concentration (6.3 g/dL) compared to the A2P0 group (4.0 g/dL) ($p < 0.05$). The Brix percentage was higher in the A1P0 and A1P1 groups (10.3%) compared to the A2P0 group (7.8%) ($p < 0.05$). The application of MCP had no significant effect on PT and there was no interaction between the types of colostrum and the prokinetic agent ($p > 0.05$). The results of this study indicated that MCP does not affect PT and that intake of MC was better compared to the CR because it increased the quality of PT to glucose, protein, and total solids in blood.

Keywords: Biomarkers, bovine, colostrum, metoclopramide, newborn calf, passive immunity.

INTRODUCCIÓN

La ingesta de calostro materno (CM) y reemplazador de calostro bovino (RC) promueven una transferencia pasiva (TP) que difiere en muchos factores y la valoración clásica por medio de la concentración de inmunoglobulina G (IgG) o proteína sérica total (PST) genera una información limitada del estatus inmune y nutricional de los terneros (Desjardins-Morrisette et al., 2018; Inabu et al., 2019; López et al., 2020a; Geiger y Lago, 2021). La IgG representa la mayor proporción de proteínas en los terneros recién nacidos, como resultado, la concentración de PST y el porcentaje Brix en sangre son buenos indicadores indirectos de la TP (López y Heinrichs, 2022). No obstante, el hematocrito y la cuantificación de glucosa son variables que permiten una evaluación más amplia de la calidad de la TP cuando se ofrece CM o RC a los neonatos (López et al., 2020a; Renaud et al., 2022).

La calidad pobre o fallo de la TP (FTP) se define por niveles séricos de IgG $< 10,0$ g/L, equivalente a un nivel de PST $< 5,1$ g/dL y Brix $< 8,1\%$ en una proporción inferior al 10,0% de los terneros calostrados (Lombard et al., 2020). El FTP se presenta de forma muy variable en dependencia de la región geográfica y de las estrategias de manejo del calostro; por ejemplo, en terneras de lechería de los Estados Unidos se reportó una prevalencia de 9,9% (197/1,972) (Shivley et al., 2018), en Canadá de 13,0% (50/380) y 16,0% (65/402) (Atkinson et al., 2017) y en Costa Rica de 38,8% (970/2,500) (Elizondo-Salazar, 2015). El FTP está asociado con el aumento de la morbilidad y la mortalidad debido a la alta incidencia de diarrea y neumonía del ternero en

el periodo neonatal (Urie et al., 2018).

Dado que, los factores más determinantes para promover el éxito de la TP son el contenido de IgG calostrado y el suministro del calostro a los terneros recién nacidos dentro de las primeras seis horas de vida (Osaka et al., 2014) y que el paso de IgG materna a través de las células epiteliales del intestino delgado es elemental para que los terneros puedan adquirir inmunidad pasiva (Ghoreishi et al., 2015), los esfuerzos por controlar la ocurrencia de FTP se han centrado en el uso de alternativas para mejorar las propiedades del calostro, sustituir el calostro de mala calidad (contenido de IgG $< 50,0$ g/L) (López et al., 2020a) y en mejorar la tasa de absorción de la IgG a nivel intestinal (Ghoreishi et al., 2015, Clark et al., 2020).

En ese sentido, se ha observado que la eficiencia de absorción intestinal (EAA) para el CM y RC difieren debido a la masa de IgG suministrada o por su composición (López et al., 2020a; Elizondo-Salazar y Zumbado-Alpizar, 2021), pero también la EAA fisiológica reportada para la IgG calostrado en terneros antes de las seis horas de vida oscila entre 7,6 y 60,0% con una media de 28,1% (Halleran et al., 2016). Si bien, la EAA es muy variable entre terneros y la tasa de vaciamiento abomasal es un factor determinante de la tasa de EAA de la IgG calostrado (Mokhber-Dezfooli et al., 2012), se utilizó cisaprida oral como agente procinético no antimicrobiano para mejorar la EAA de IgG en 1,7% (Ghoreishi et al., 2015); no obstante, se observó interferencia con elementos contenidos en el calostro para determinar la tasa de vaciamiento abomasal (Ghoreishi et al., 2015). Por su parte, el uso de metoclopramida (MCP) como agente procinético en ganado bovino ya ha sido documentado (Takayasu et al., 2015) y por

su analogía con la cisaprida y uso en terneros de forma intramuscular podría mostrar ventajas para promover la TP. Entonces, es necesario mejorar la información sobre la TP de elementos esenciales para la sobrevivencia del neonato. Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron determinar el efecto de la MCP sobre la TP y comparar la calidad de la TP de elementos asociados con la inmunidad y estado nutricional de terneros alimentados con CM o RC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Finca y aprobación ética

La investigación se realizó bajo las condiciones de una lechería bovina especializada, con 600 vacas en producción, ubicada en San Cayetano de Venecia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica desde marzo hasta septiembre del 2021. Los procedimientos fueron revisados y aprobados por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales en la Universidad de Costa Rica (Oficio CICUA-067-2020).

Manejo del parto y recolección del calostro materno

La recolección del calostro se realizó desde vacas primíparas y multíparas recién paridas entre febrero y mayo del año 2021. El calostro con gravedad específica de 1.055 o más alta (concentración de IgG \geq 50,0 g/L) fue recolectado después del parto mediante ordeño manual y de forma aséptica desde 30 vacas donadoras aparentemente sanas y sin mastitis; se depositó en recipientes limpios, de plástico, con capacidad de 1,8 L y se conservó a -45°C . Una vez reunidos 103,2 L de CM, se descongelaron a temperatura ambiente y mezclaron en un recipiente limpio para homogeneizarlo y formular 55 dosis de CM en envases nuevos y limpios a un volumen de 1,8 L que contenían \approx 95,0 g/L de IgG con base en la lectura realizada mediante el calostrómetro (Heinrichs y Jones, 2016). Seguidamente, las dosis de CM fueron pasteurizadas a $60^{\circ}\text{C} \times 30$ minutos usando un pasteurizador (MilkWorks Gold Colostrum Pasteuriser, Dairytech Inc., USA), con agitación continua, finalizada la pasteurización, se enfriaron con agua fresca durante 10 minutos y se conservaron a -45°C hasta su uso. Además, la calidad microbiológica del CM fue determinada por recuento total en placa (80 UFC/mL), Coliformes totales (UFC/mL $<$ 10), *E. coli* (UFC/mL $<$ 10) y resultado negativo para la presencia de *Mycobacterium avium ssp. Paratuberculosis*.

Diseño experimental

Los terneros con buena vitalidad fueron incluidos en el ensayo experimental. Los terneros

recién nacidos fueron separados de su madre entre 20 y 45 minutos después del nacimiento, una vez incorporados para evitar la succión de calostro. Cuarenta terneros de diferentes razas lecheras (Jersey, Holstein, Pardo Suizo, Ayrshire, Brahman, Gyr y sus cruces) fueron asignados al nacer a uno de cuatro grupos de forma sistemática para estructurar un ensayo con diseño experimental de tipo factorial 2×2 con bloques. El diseño generó cuatro condiciones de tratamientos con 10 réplicas cada una, como sigue: [1] suministro de 1,8 L de CM pasteurizado sin tratamiento con MCP (A1P0, $n=10$), [2] suministro de 1,8 L de CM pasteurizado con aplicación intramuscular de MCP a una dosis de 0,2 mg/kg de peso vivo (A1P1, $n=10$), [3] suministro de 1,5 L de RC sin tratamiento con MCP (A2P0, $n=10$) y [4] suministro de 1,5 L de RC con aplicación intramuscular de MCP a una dosis similar a la del grupo A1P1 (A2P1, $n=10$). De los 40 terneros, cinco hembras y cinco machos recibieron el tratamiento 1, siete hembras y tres machos recibieron el tratamiento 2, diez hembras recibieron el tratamiento 3 y siete hembras y tres machos recibieron el tratamiento 4.

Manejo de los terneros y suministro de calostro

Los terneros seleccionados fueron trasladados desde los repastos a una de dos jaulas de madera (1,5 m largo \times 1,0 m ancho) bajo techo; las cuales estaban limpias, secas y tenían cama de aserrín. Los terneros nacidos de parto con cría única fueron alojados de forma individual o en pareja. Las jaulas se limpiaron de forma periódica durante el día y la noche. Los tratamientos fueron aplicados después de extraer una muestra de sangre y desinfectar el ombligo con alcohol yodado al 70,0%. La dosis de calostro (proteína cruda, 14%; extracto etéreo, 6,7%; lactosa, 2,7% y cenizas, 1,1%) fue sumergida en baño maría a una temperatura constante de 50°C , se agitó periódicamente hasta que se descongeló y alcanzó una temperatura de 39°C . Así, se ofreció un volumen de 1,8 L de CM (\approx 171,0 g de IgG) a temperatura corporal, empleando un biberón (de plástico de polietileno, 2 L de capacidad) entre 2,5 y 3,3 horas después del nacimiento, si el ternero no consumió la dosis total, el CM se mantuvo tibio y se ofreció nuevamente pasadas dos horas para suministrar la dosis completa o se forzó la alimentación cuando se rehusó a alimentarse. Mientras, el RC (Premolac[®] 150, Zinpro Corporation, Eden Prairie, MN) (proteína cruda, 65,0% y extracto etéreo, 0,5%) fue manipulado según instrucciones del fabricante y se suministró de forma similar al CM a una dosis de 1,5 L (\approx 150,0 g de IgG). La MCP se administró inmediatamente después del suministro de calostro. La primera alimentación con leche pasteurizada se ofreció a las 12 horas posteriores

a la ingesta de calostro; luego en la tercera toma, se ofreció una mezcla de leche fresca (proteína cruda, 3,1%; extracto etéreo, 4,0%; lactosa, 4,5% y cenizas, 0,7%) obtenida en cada ordeño, a las 0400 y 1600 horas según el momento de finalización del ensayo a los dos días de edad.

Toma de muestras de sangre

Muestras de sangre fueron recolectadas antes de la ingesta de calostro (cero días, entre 1,4 y 1,7 horas después del nacimiento) y después de la primera alimentación (dos días, entre 28,0 y 31,0 horas después del nacimiento). La muestra se obtuvo por punción de la vena yugular empleando el sistema vacutainer® y tubos de ensayo con y sin anticoagulante debidamente rotulados. El suero fue separado de la sangre a 4500 r.p.m. x 5 minutos empleando una centrífuga (Modelo 5804 R, Eppendorf, USA Scientific, Inc.). Las muestras fueron sometidas a análisis para determinar el hematocrito, la concentración sérica de glucosa, proteína total y porcentaje Brix.

Análisis de la transferencia pasiva

Después de extraer cada muestra de sangre, *in situ* se cuantificó la concentración de glucosa empleando el equipo FreeStyle Optium Neo Strip Glucose Monitoring System (Abbott Diabetes Care Ltd., UK) según instrucciones del fabricante. El hematocrito fue determinado mediante el método de microhematocrito usando una centrífuga para microhematocrito a 10000 r.p.m. x 10 minutos. La calidad de la TP fue estimada de forma indirecta, considerando un punto de corte de PST < 5,1 g/dL sobre muestras de suero empleando un refractómetro de mano con compensación automática de la temperatura a 20°C (ATC) (Atago® Master-SUR/Na, USA); asimismo, mediante el porcentaje Brix < 8,1% utilizando un refractómetro mecánico Brix 0-32 ATC (Aichose®, China). Antes de evaluar cada muestra de suero, el prisma del refractómetro fue limpiado y calibrado con agua destilada (Elsohaby et al., 2019; Lombard et al., 2020).

Análisis estadístico

La normalidad fue determinada mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Los datos descriptivos de las variables al nacimiento fueron determinados mediante análisis univariante. El efecto principal de cada factor y las interacciones entre tratamientos fueron determinados mediante análisis de ANOVA factorial. La dosis de IgG fue incluida en el modelo como covariable. Las comparaciones múltiples entre medias del hematocrito, glucosa, PST y Brix de los distintos grupos en cada evaluación se realizaron mediante la prueba HSD de Tukey-Kramer. El análisis

estadístico se consideró significativo cuando el valor de $P < 0,05$. Los análisis estadísticos se realizaron empleando el programa estadístico JMP® Pro 15.1.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios en el hematocrito y niveles de glucosa

En general, no se demostró diferencia significativa entre grupos de terneros al nacimiento con respecto al hematocrito y niveles de glucosa sanguínea. En este estudio, los valores para la glucosa sanguínea preprandial en los terneros a los cero días mostraron gran variabilidad y oscilaron entre 20,0-104,0 mg/dL, muy similar a los niveles (rango: 45,0-90,0 mg/dL) descritos en la literatura alrededor de las dos horas después del nacimiento (Desjardins-Morrisette et al., 2018; Inabu et al., 2019). Por su parte, la media de la concentración de glucosa sanguínea para los grupos experimentales en este estudio no superó los 59,0 mg/dL al nacimiento (Tabla 1), mientras Steinhoff-Wagner et al. (2010) reportaron medias de 72,0 y 100,8 mg/dL.

A los dos días, la diferencia entre valores medios para el hematocrito de los distintos grupos tampoco fue significativa. Los terneros alimentados con CM mostraron una media de 32,8% para el grupo A1P0 y 33,2% para el grupo A1P1; mientras, los terneros alimentados con RC presentaron medias de 33,7% para el grupo A2P0 y 30,8% para el grupo A2P1, valores similares a los reportados por López et al. (2020a) para terneros alimentados con CM (31,5%) y RC (30,5%). Aunque, se observó una reducción generalizada del hematocrito entre 2,6 y 4,9% a los dos días en comparación con el nacimiento, similar a la disminución de 4,1% descrita por López et al. (2020a) para grupos tratados con CM y RC. Además, ninguno de los terneros en este estudio presentó valores inferiores a 24,0% asociado con anemia (Niesen y Rossow, 2019) (Fig. 1a).

Una vez administrados los tratamientos, se determinó un aumento general de la concentración de glucosa sanguínea (Fig. 1b). La concentración media de glucosa sanguínea preprandial fue significativamente más baja para el grupo A2P0 (54,0 mg/dL) en comparación con el grupo A1P0 (85,5 mg/dL). Aunque, Steinhoff-Wagner et al. (2010) e Inabu et al. (2019) determinaron altas concentraciones de glucosa sanguínea a las 24 horas de vida en terneros alimentados con CM o RC desde 85,0 hasta 120,7 mg/dL y existe un efecto de la alimentación y el tiempo sobre las concentraciones de glucosa; en este estudio las evaluaciones a los dos días se realizaron antes de la alimentación, cuando los terneros suelen mostrar niveles de glucosa sanguínea similares (Inabu et al., 2019). Es probable que los niveles bajos de glucosa en ambos grupos y la diferencia

Tabla 1. Medias (error estándar) al nacimiento de variables asociadas con cada grupo experimental.
Table 1. Means (standard error) at birth of variables associated with each experimental group.

Parámetro	Tratamientos				P-valor
	A1P0	A1P1	A2P0	A2P1	
Sangrado 0 días, h	1,5 (0,1)	1,5 (0,1)	1,5 (0,2)	1,6 (0,2)	0,98
Edad calostrado, h	2,7 (0,2)	3,3 (0,5)	2,5 (0,4)	2,7 (0,5)	0,64
Sangrado 2 días, h	29,2 (0,4)	29,0 (0,8)	28,1 (0,5)	30,9 (1,5)	0,18
Peso al nacer, kg	30,2 (1,4)	36,1 (2,8)	31,0 (2,2)	34,8 (2,6)	0,24
Hematocrito, %	34,8 (2,2)	37,3 (2,0)	37,7 (2,3)	35,2 (2,6)	0,76
Glucosa, mg/dL	43,1 (4,8)	43,1 (5,5)	42,2 (4,1)	58,7 (8,1)	0,16
Proteína, g/dL	3,2 (0,1)	3,2 (0,1)	3,1 (0,0)	3,3 (0,1)	0,57
Brix, %	7,0 (0,1)	6,9 (0,1)	6,8 (0,1)	7,1 (0,1)	0,34

A1P0=grupo con suministro de calostro materno (CM) sin aplicación intramuscular de metoclopramida (MCP); A1P1=grupo con suministro de CM y aplicación intramuscular de MCP; A2P0=grupo con suministro de reemplazador de calostro bovino (RC) sin aplicación intramuscular de MCP; A2P1=grupo con suministro de RC y aplicación intramuscular de MCP. Las medias con $P < 0,05$ son estadísticamente diferentes.

entre grupos esté asociada con la producción de glucosa endógena en terneros recién nacidos y la composición del calostro a como lo sugirió Steinhoff-Wagner et al. (2011). Además, en este estudio las concentraciones medias para la glucosa sanguínea fueron menores a 89,1 mg/dL en las dos evaluaciones, lo que indicó hipoglucemia (Renaud et al., 2022); asimismo, Kirovski et al. (2011) determinaron concentraciones entre 27,0 y 126,1 mg/dL de glucosa sanguínea desde el nacimiento hasta las 32 horas, observando una alta proporción de animales hipoglucémicos, pero parece normal que una considerable proporción de terneros recién nacidos muestren niveles de glucosa sanguínea muy bajos en las primeras horas de vida, mientras normalizan el metabolismo de la glucosa con base en los resultados obtenidos por Steinhoff-Wagner et al. (2010), Desjardins-Morrisette et al. (2018) e Inabu et al. (2019).

Efecto de la metoclopramida y valoración de la transferencia pasiva

La concentración media de PST en los grupos experimentales a los cero días osciló entre 3,0 y 3,4 g/dL (Tabla 1), valores inferiores en 0,5 y 1,2 g/dL a los descritos por Steinhoff-Wagner et al. (2010) y López et al. (2020a), respectivamente. La concentración media de sólidos totales determinados mediante el porcentaje Brix a los cero días osciló desde 6,8 hasta 7,1% (Tabla 1), valores muy similares a los descritos por López et al. (2020a). El análisis de varianza factorial para la TP, medida de forma indirecta mediante la concentración de PST y Brix a los dos días, indicó diferencia significativa para el efecto simple de los distintos niveles de calostrado; mientras, para el efecto principal de la administración del fármaco

procinético y la interacción entre los factores de calostrado x procinético no fueron significativos (Tabla 2). No se demostró diferencia significativa entre los grupos alimentados con CM y entre grupos alimentados con RC; lo que indicó un efecto del tipo de calostro suministrado.

La concentración media de PST a los dos días fue más alta para los grupos A1P0 y A1P1 (6,2 y 6,3 g/dL, respectivamente) en comparación con los grupos A2P0 y A2P1 (4,0 y 4,5 g/dL, respectivamente); asimismo, el Brix sérico a los dos días confirmó la tendencia de la TP mostrada por la PST y las diferencias entre los grupos de terneros alimentados con CM versus RC (Tabla 2, Figs. 1c y 1d). En este estudio, los terneros fueron calostrados con biberón durante el periodo de mayor absorción intestinal, antes de las cuatro horas de vida, tiempo durante el cual la absorción de IgG es mayor y se alcanzan niveles asociados con el éxito de la TP cuando se ofrece una dosis mínima de 100,0 g de IgG; no obstante, se demostró diferencia significativa entre la media de la dosis de IgG suministrada al grupo A1P0 y A1P1 (168,3 y 169,1 g de IgG, respectivamente) con la media de IgG calostrado que recibieron los terneros del grupo A2P0 (151,6 g de IgG), por lo que, es probable que la masa de IgG ingerida por los terneros aumentara las diferencias entre el CM y RC; sin embargo, el contenido de 171,0 g de IgG por dosis de CM ofrecido en este estudio, permite inferir que la masa de IgG por dosis de CM y del RC (150,0 g de IgG) también fueron superiores a 120,0 g de IgG, dosis asociada con éxito de la TP a las 24 horas de vida (Osaka et al., 2014; López et al., 2020a). Además, Chen et al. (2022) e Immler et al. (2022) determinaron que la alimentación de las madres, semanas antes del parto, con dietas

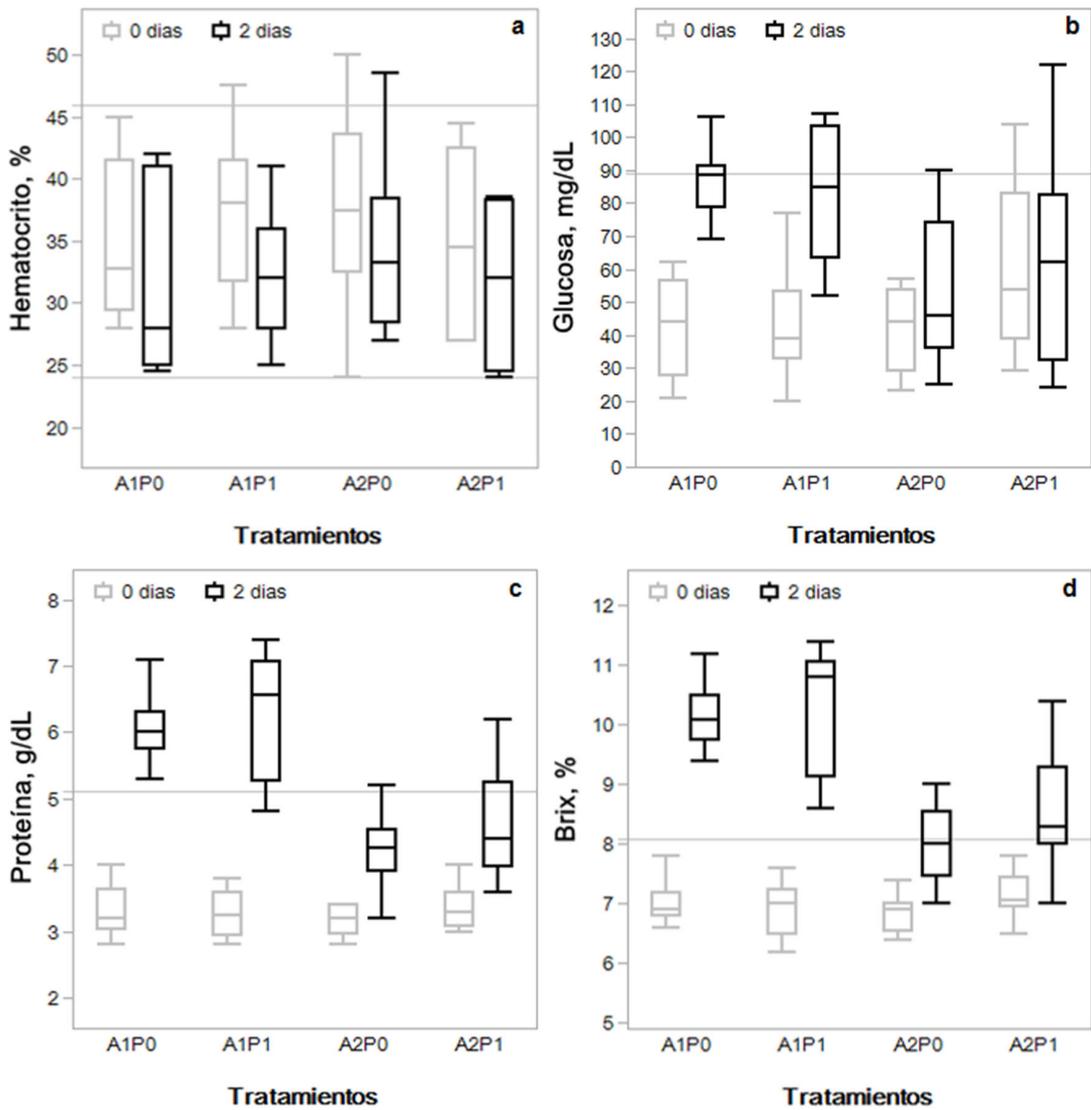


Fig. 1. Cambios en el hematocrito, concentración de glucosa, proteína sérica total y Brix de los terneros durante la transferencia pasiva (TP) en los diferentes grupos experimentales (cero días en color gris y dos días en color negro). (1a) Hematocrito, líneas horizontales marcan los límites de referencia 24,0 y 46,0%. (1b) Glucosa, línea horizontal limita los valores menores a 89,1 mg/dL (Hipoglucemia). (1c) Proteína sérica total, línea horizontal marca el punto de corte < 5,1 g/dL para evaluar la calidad de la TP. (1d) Brix, línea horizontal señala el punto de corte < 8,1% para evaluar la calidad de la TP. Los cuadros muestran la mediana (línea dentro del cuadro), percentiles 25th y 75th (cuadro) y los valores mínimos y máximos (líneas inferior y superior).

Fig. 1. Changes in hematocrit, glucose concentration, total serum protein and Brix of calves during passive transfer (PT) in the different experimental groups (zero days in gray and two days in black). (1a) Hematocrit, horizontal lines indicate reference limits 24.0 and 46.0%. (1b) Glucose, values lower than 89.1 mg/dL (Hypoglycemia) are separated by the horizontal line. (1c) Total serum protein, the horizontal line indicates the cut-off point < 5.1 g/dL to assess the quality of PT. (1d) Brix, the horizontal line indicates the cut-off point < 8.1% to assess the quality of PT. The boxes show the median (line within the box), 25th and 75th percentiles (box), and the minimum and maximum values (bottom and top lines).

Tabla 2. Medias de mínimos cuadrados para variables asociadas con la calidad de la transferencia pasiva a las 24 horas de vida.**Table 2. Least squares means for variables associated with the quality of passive transfer at 24 hours of life.**

Parámetro	Tratamientos				EE	P-valor		
	A1P0	A1P1	A2P0	A2P1		Calostro MCP		
						(A)	(P)	A x P
Dosis IgG, g	168,3 ^A	169,1 ^A	151,6 ^B	157,4 ^{A,B}	3,2	<0,01	-	-
Hematocrito, %	32,8 ^A	33,2 ^A	33,7 ^A	30,8 ^A	2,8	0,81	0,65	0,53
Glucosa, mg/dL	85,5 ^A	81,8 ^{A,B}	54,0 ^B	62,5 ^{A,B}	7,8	<0,01	0,74	0,41
Proteína, g/dL	6,2 ^A	6,3 ^A	4,0 ^B	4,5 ^B	0,2	<0,01	0,15	0,39
Brix, %	10,3 ^A	10,3 ^A	7,8 ^B	8,4 ^B	0,2	<0,01	0,15	0,25

A1P0=grupo con suministro de calostro materno (CM) sin aplicación intramuscular de metoclopramida (MCP); A1P1=grupo con suministro de CM y aplicación intramuscular de MCP; A2P0=grupo con suministro de reemplazador de calostro bovino (RC) sin aplicación intramuscular de MCP; A2P1=grupo con suministro de RC y aplicación intramuscular de MCP. Los valores medios con superíndice diferente en las filas son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

que tienen una densidad energética baja, genera efectos negativos sobre la TP de los terneros recién nacidos; por lo que, la diferencia en la dosis ingerida es muy controvertida y no es suficiente para explicar la diferencia entre tratamientos (López et al., 2020a; López y Heinrichs, 2022).

La valoración de la calidad de la TP de forma dicotómica, al superar o no el punto de corte para la PST $< 5,1$ g/dL y Brix $< 8,1\%$, clasificó al 25,0% (10/40) de los terneros con ocurrencia de fallo de la TP, mientras el 55,0% (22/40) presentó éxito de la TP y un 20,0% (8/40) de los terneros mostraron falso fallo de la TP. Además, dentro de las categorías aceptadas como éxito de la TP también se observan inconsistencias entre los niveles de PST y Brix utilizados para calificar la calidad de la TP (Tabla 3).

En este ensayo, los 10 fallos verdaderos se presentaron en los terneros calostrados con RC. El porcentaje Brix clasificó mayor número de animales con éxito de la TP al establecer el punto de corte en 8,1% y confirmó el problema de concordancia que enfrentan los métodos indirectos utilizados para determinar la calidad de la TP con base en la PST y Brix, tal y como lo describieron Geiger y Lago (2021). Las diferencias entre la calidad de la TP obtenida mediante el suministro de CM o RC ya han sido documentadas e indican un problema de composición del calostro, lo cual podría explicarse por las diferencias en la concentración de IgG ingerida y las proteínas presentes en el CM en mayor concentración en comparación con el RC (López et al., 2020a; Elizondo-Salazar y Zumbado-Alpizar, 2021; Geiger y Lago, 2021; López y Heinrichs, 2022); en consecuencia, se ha señalado que la cuantificación de PST mediante el refractómetro óptico en terneros calostrados con

RC puede ser inadecuada (López et al., 2021).

Por su parte, Deelen et al. (2014) y Giammarco et al. (2021) reportaron alta asociación entre la PST y el porcentaje Brix para monitorear la calidad de la TP, pero los resultados de este ensayo muestran diferencias dentro de cada grupo a nivel intraindividual con mayor incidencia en las categorías inferiores (Tabla 3) y sugieren que la concordancia entre la cuantificación de PST y el porcentaje Brix fue afectada por otros factores distintos de la dosis de IgG o composición del calostro. Además, López et al. (2020b) informaron que el sexo de los animales no tiene efecto sobre la TP, aunque el suministro de CM o RC y el tiempo de muestreo afectan las mediciones entre grupos, no explican la diferencia a nivel intraindividual. Desde otro punto de vista, considerando la asociación directa entre la concentración de proteína y sólidos totales en sangre, es más probable que la TP de anticuerpos en terneros seronegativos contra patógenos endémicos, los cuales pueden infectarse durante el periparto, obliga al uso inmediato de los anticuerpos obtenidos por medio de la TP para controlar la infección, lo que reduciría en mayor medida los niveles de proteína pero no la concentración de sólidos totales debido a que la medición se realizó empleando suero en lugar de plasma (Elsohaby et al., 2019).

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio indicaron que la MCP no tiene efecto sobre la calidad de la TP. La TP valorada mediante la concentración de PST y Brix generó inconsistencia en la evaluación de la calidad, en especial, para las categorías inferiores.

Tabla 3. Clasificación de la calidad de la transferencia pasiva en los grupos experimentales A1P0 (1), A1P1 (2), A2P0 (3) y A2P1 (4).**Table 3. Classification of the quality of the passive transfer in the experimental groups A1P0 (1), A1P1 (2), A2P0 (3) and A2P1 (4).**

Brix, %	Proteína sérica total, g/dL																Total
	<5,1				5,1-5,7				5,8-6,1				≥6,2				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
<8,1	0	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
8,1-8,8	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
8,9-9,3	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
≥9,4	0	0	0	0	2	1	0	1	4	0	0	0	4	6	0	1	19
Total	18				7				4				11				40

A1P0=grupo con suministro de calostro materno (CM) sin aplicación intramuscular de metoclopramida (MCP); A1P1=grupo con suministro de CM y aplicación intramuscular de MCP; A2P0=grupo con suministro de reemplazador de calostro bovino (RC) sin aplicación intramuscular de MCP; A2P1=grupo con suministro de RC y aplicación intramuscular de MCP.

El RC no es un recurso equivalente al CM debido a que los valores asociados con la concentración de glucosa, PST y Brix fueron inferiores a los valores obtenidos con el suministro de CM.

AGRADECIMIENTOS

Universidad de Costa Rica, Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales y Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias; así como, a la Universidad Nacional, Programa de Investigación en Enfermedades Tropicales y Unidad de diagnóstico e Investigación en Virología Veterinaria de la Facultad de Ciencias de la Salud.

LITERATURA CITADA

Atkinson, D.J., M.A.G. von Keyserlingk, and D.M. Weary. 2017. Benchmarking passive transfer of immunity and growth in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 100:3773-3782. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11800>

Chen, H., C. Wang, S. Huasai, and A. Chen. 2022. Effect of prepartum dietary energy density on beef cow energy metabolites, and birth weight and antioxidative capabilities of neonatal calves. *Scientific Reports-Nature* 12:4828. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08809-6>

Clark, M.O.C., T.C. Stahl, and P.S. Erickson. 2020. The effect of meloxicam on neonatal dairy calves: immunoglobulin G uptake and preweaning performance. *J. Dairy Sci.* 103:11363-11374. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18501>

Deelen, S.M., T.L. Ollivett, D.M. Haines, and K.E. Leslie. 2014. Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 97:3838-3844. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-7939>

Desjardins-Morrisette, M., J.K. van Niekerk, D. Haines, T. Sugino, M. Oba, and M.A. Steele. 2018. The effect of tube versus bottle feeding colostrum on immunoglobulin G absorption, abomasal emptying, and plasma hormone concentrations in newborn calves. *J. Dairy Sci.* 101:4168-4179. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13904>

Elsohaby, I., J.T. McClure, L.A. Waite, M. Cameron, L.C. Heider, and G.P. Keefe. 2019. Using serum and plasma samples to assess failure of transfer of passive immunity in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 102:567-577. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15070>

Elizondo-Salazar, J.A. 2015. Caracterización de la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. *Agron. Mesoam.* 26(2):203-209. <https://doi.org/10.15517/am.v26i2.19276>

Elizondo-Salazar, J.A., y L.R. Zumbado-Alpizar. 2021. Eficacia de un sustituto de calostro sobre la transferencia de inmunidad pasiva en terneras. *Agron. Mesoam.* 32(1):249-260. <https://doi.org/10.15517/am.v32i1.41096>

Geiger, A.J., and A.J. Lago. 2021. Are current cut-points for passive transfer of immunity appropriate for dairy calves fed colostrum replacers? *Prof. Anim. Sci.* 37:353-356. <https://doi.org/10.15232/aas.2021-02151>

- Giammarco, M., M. Chincarini, I. Fusaro, A.C. Manetta, A. Contri, A. Gloria, et al. 2021. Evaluation of Brix refractometry to estimate immunoglobulin G content in buffalo colostrum and neonatal calf serum. *Animals*. 11:2616. <https://doi.org/10.3390/ani11092616>
- Ghoreishi, S., M. Nouri, A. Rasooli, M. Ghorbanpour, M.R. Mokhber-Dezfouli, and P.D. Constable. 2015. Effect of orally administered cisapride, bethanechol, and erythromycin on the apparent efficiency of colostral IgG absorption in neonatal Holstein-Friesian calves. *J. Vet. Intern. Med.* 29(2):714-720. <https://doi.org/10.1111/jvim.12539>
- Halleran, J., H.J. Sylvester, and D.M. Foster. 2016. Short communication: apparent efficiency of colostral immunoglobulin G absorption in Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 100:3282-3286. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11904>
- Heinrichs, A.J., and C.M. Jones. 2016. Colostrum management tools: hydrometers and refractometers. Available at <https://extension.psu.edu/colostrum-management-tools-hydrometers-and-refractometers> (Accessed May 2016).
- Immler, M., K. Büttner, T. Gärtner, A. Wehrend, and K. Donat. 2022. Maternal impact on serum immunoglobulin and total protein concentration in dairy calves. *Animals* 12:755. <https://doi.org/10.3390/ani12060755>
- Inabu, Y., J. Pyo, S. Pletts, L.L. Guan, M.A. Steele, and T. Sugino. 2019. Effect of extended colostrum feeding on plasma glucagon-like peptide-1 concentration in newborn calves. *J. Dairy Sci.* 102:4619-4627. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15616>
- Kirovski, D., M. Lazarević, V. Stojić, H. Šamanc, I. Vujanac, N. Olgica, and M. Romana. 2011. Hormonal status and regulation of glycemia in neonatal calves during the first hours of postnatal life. *Acta Veterinaria* 61(4):349-361. <https://doi.org/10.2298/AVB1104349K>
- Lombard, J.E., N.J. Urie, F. Garry, S. Godden, J. Quigley, T.J. Earleywine, et al. 2020. Consensus recommendations on calf- and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. *J. Dairy Sci.* 103:7611-7624. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17955>
- López, A.J., C.M. Jones, A.J. Geiger, and A.J. Heinrichs. 2020a. Comparison of immunoglobulin G absorption in calves fed maternal colostrum, a commercial whey-based colostrum replacer, or supplemented maternal colostrum. *J. Dairy Sci.* 103:4838-4845. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17949>
- López, A.J., C.M. Jones, A.J. Geiger, and A.J. Heinrichs. 2020b. Short communication: variation in serum immunoglobulin G concentrations from birth to 112 days of age in Holstein calves fed a commercial colostrum replacer or maternal colostrum. *J. Dairy Sci.* 103:7535-7539. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18400>
- López, A.J., M.A. Steele, M. Nagorske, R. Sargent, and D.L. Renaud. 2021. Hot topic: accuracy of refractometry as an indirect method to measure failed transfer of passive immunity in dairy calves fed colostrum replacer and maternal colostrum. *J. Dairy Sci.* 104:2032-2039. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18947>
- López, A.J., and A.J. Heinrichs. 2022. Invited review: the importance of colostrum in the newborn dairy calf. *J. Dairy Sci.* 105:2733-2749. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20114>
- Mokhber-Dezfouli, M.R., M. Nouri, M. Rasekh, and P.D. Constable. 2012. Effect of abomasal emptying rate on the apparent efficiency of colostral immunoglobulin G absorption in neonatal Holstein-Friesian calves. *J. Dairy Sci.* 95:6740-6749. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5926>
- Niesen, A.M., and H.A. Rossow. 2019. The effects of relative gain and age on peripheral blood mononuclear cell mitochondrial enzyme activity in preweaned Holstein and Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 102:1608-1616. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15092>
- Osaka, I., Y. Matsui, and F. Terada. 2014. Effect of the mass of immunoglobulin (Ig) G intake and age at first colostrum feeding on serum IgG concentration in Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 97:6608-6612. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7571>
- Renaud, D.L., K.S. Hare, K.M. Wood, M.A. Steele, and M.C. Cantor. 2022. Evaluation of a point-of-care meter for measuring glucose concentrations in dairy calves: a diagnostic accuracy study. *JDS Communications* 3:301-306. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2021-0190>
- Shivley, C.B., J.E. Lombard, N.J. Urie, D.M. Haines, R. Sargent, C.A. Koprak, et al. 2018. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves. *J. Dairy Sci.* 101:9185-9198. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14008>
- Steinhoff-Wagner, J., S. Görs, P. Junghans, R.M. Bruckmaier, E. Kanitz, C.C. Metges, and H.M. Hammon. 2010. Intestinal glucose absorption but not endogenous glucose production differs between colostrum- and formula-fed neonatal calves. *J. Nutr.* 141: 48-55. <https://doi.org/10.3945/jn.110.128652>

- Steinhoff-Wagner, J., S. Görs, P. Junghans, R.M. Bruckmaier, E. Kanitz, C.C. Metges, and H.M. Hammon. 2011. Maturation of endogenous glucose production in preterm and term calves. *J. Dairy Sci.* 94:5111-5123. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4355>
- Takayasu, M., K. Hamamoto, H. Satoh, T. Ichijo, T. Takahashi, and K. Furuhashi. 2015. Pharmacokinetics of metoclopramide in calves with renal dysfunction. *J. Vet. Med. Sci.* 77(2):261-263. <https://doi.org/10.1292/jvms.14-0301>
- Urie, N.J., J.E. Lombard, C.B. Shivley, C.A. Koprak, A.E. Adams, and T.J. Earleywine. 2018. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *J. Dairy Sci.* 101:9229-9244. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14019>