

Artículo científico

Suplementación con paredes celulares y cultivos de levaduras en yeguas y su efecto sobre calidad de calostro¹

Yeilin Castro-Silva², Augusto Rojas-Bourrillon³, Carlos M. Campos-Granados⁴

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la suplementación con paredes celulares y cultivos de levaduras en yeguas sobre la calidad del calostro, la transferencia de inmunidad pasiva y el crecimiento de los potros. El experimento se llevó a cabo en un sistema de producción equino en la zona occidental de Costa Rica. Se utilizaron 20 yeguas Pura Raza Española, asignadas a uno de dos tratamientos con un total de 10 repeticiones cada uno: control no suplementado y suplementación con 30 g del producto comercial durante los 30 días previos a la fecha estimada de parto. Una vez que las yeguas parieron, se tomaron muestras de calostro mediante el uso de jeringas modificadas y se evaluó la concentración de inmunoglobulinas totales con un calostrómetro equino. A las 24 horas posnacimiento, se tomaron muestras de sangre de los potros para determinar la concentración de inmunoglobulinas G, y se evaluó su crecimiento hasta el día 45. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en la concentración de

¹Esta investigación forma parte del trabajo de graduación de licenciatura del primer autor. Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Escuela de Zootecnia. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica.

²Escuela de Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Correo electrónico: yeilin.castro@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-0314-358X>)

³Escuela de Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Correo electrónico: arojasbourrillon@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-9834-2361>)

⁴Escuela de Zootecnia y Centro de Investigación en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Autor para correspondencia: carlosmario.campos@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-0079-2621>)

Recibido: 16 setiembre 2026 Aceptado: 11 marzo 2026

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0.



inmunoglobulinas del calostro entre tratamientos (calostrómetro equino: $1,07 \pm 0,006$ y $1,08 \pm 0,006$; refractómetro de mano: $25,20 \pm 1,63$ grados Brix y $25,30 \pm 1,62$ grados Brix, grupo control y grupo suplementado, respectivamente). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la concentración de inmunoglobulinas G en el suero sanguíneo de los potros ($2548,95 \pm 234,39$ mg/dl y $1403,43 \pm 234,39$ mg/dl, para el grupo control y el grupo suplementado, respectivamente). No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en el peso a los diferentes días de evaluación ni en la ganancia diaria de peso de los potros entre tratamientos. Se concluye, que bajo las condiciones en las que se realizó este trabajo la suplementación con paredes celulares y cultivos de levaduras en yeguas parto no tuvo efecto sobre la calidad del calostro producido ni sobre el crecimiento de los potros, pero sí en la concentración de inmunoglobulinas G en el suero de los potros.

Palabras clave: levaduras, potros, inmunidad, crecimiento, calostro, suplementación.

ABSTRACT

Supplementation with yeast cell walls and yeast cultures in mares and its effect on colostrum quality. The effect of yeast culture and cell wall supplementation during the prepartum period in mares on colostrum quality, passive immunity transfer, and foal growth was evaluated. The experiment was conducted in an equine production system in western Costa Rica. Twenty Purebred Spanish mares were assigned to one of two treatments, with a total of 10 replicates each: an unsupplemented control and supplementation with 30 g of a commercial product during the 30 days prior to the estimated foaling date. After foaling, colostrum samples were collected using modified syringes, and the total immunoglobulin concentration in the colostrum was evaluated using an equine colostrometer. Blood samples were taken from foals 24 hours after birth to determine immunoglobulin G (IgG) concentration, and foal growth was assessed until day 45. No significant differences ($p > 0.05$) were found in colostrum immunoglobulin concentrations between treatments (equine colostrometer: 1.07 ± 0.006 and 1.08 ± 0.006 ; handheld refractometer: 25.20 ± 1.63 degrees Brix and 25.30 ± 1.62 degrees Brix,

for the control and supplemented groups, respectively). Significant differences ($p < 0.05$) were found for immunoglobulin G concentration in foal blood serum (2548.95 ± 234.39 mg/dl and 1403.43 ± 234.39 mg/dl, for the control and supplemented groups, respectively). No significant differences ($p > 0.05$) were found in body weight at the different evaluation time points or in average daily gain of the foals between treatments. It is concluded that, under the conditions of this study, supplementation with cell walls and yeast cultures in prepartum mares had no effect on colostrum quality or on foal growth but did affect the concentration of immunoglobulin G in foal serum.

Keywords: yeast, foals, immunity, growth, colostrum, supplementation.

INTRODUCCIÓN

La etapa neonatal de los potros, desde el nacimiento hasta el día 15 de vida, representa uno de los mayores retos inmunitarios en la vida del equino, ya que corresponde al período en el que se presenta la mayor incidencia de enfermedades que comprometen la vida del recién nacido (Estepa et al., 2007; Franco y Oliver, 2014). Debido a esto, la administración de calostro de buena calidad como fuente de las inmunoglobulinas que le brindan protección a los potros representa una estrategia muy efectiva para reducir el riesgo de que se presenten complicaciones de salud en esta etapa (Lizcano y López, 2009).

Además, el calostro transfiere al potro factores de crecimiento, leucocitos, lactoferrina y otros componentes clave para el desarrollo de funciones inmunitarias, como la captación de hierro, lo que contribuye a prevenir la colonización de bacterias patógenas en el tracto gastrointestinal y a disminuir el riesgo de diarreas; asimismo, el calostro aporta energía al neonato (Elizondo, 2007; Lizcano y López, 2009; Auad et al., 2010).

Cuando los potros no consumen calostro de buena calidad se presenta una falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) (Lizcano y López, 2009), la cual aumenta el riesgo de enfermedades digestivas y respiratorias en los potros (Galindo, 2009). Para evitarlo, los potros deben tener una concentración de inmunoglobulinas en su suero sanguíneo entre 400 a 800 mg/dl en los primeros siete días de vida (Tizard, 2018).

Con el fin de mejorar la calidad del calostro producido por las yeguas y reducir la incidencia de FTIP en los potros, se ha intensificado la búsqueda de alternativas nutricionales. Estas incluyen la modificación de la oferta energética de la dieta (Hammer et al., 2011) y el uso de aditivos nutricionales como las levaduras (Koke, 2014; Leimbach, 2015; Campos-Granados y Rojas-Bourillon, 2015). En este sentido, se ha demostrado que la inclusión de paredes celulares y cultivos de levaduras en la dieta puede ejercer efectos inmunoestimuladores e inmunorreguladores, lo que favorece una mayor resistencia frente a diversos patógenos del tracto respiratorio y digestivo, así como mejoras en parámetros productivos como la eficiencia alimenticia y la ganancia diaria de peso (Weedman et al., 2011; Gerritsen et al., 2012; Tran et al., 2012; Campos-Granados y Rojas-Bourillon, 2015).

Debido a la importancia del calostro en la vida del potro y a que la investigación sobre los efectos inmunológicos de la suplementación con levaduras en equinos en Costa Rica ha sido limitada, se planteó la realización del presente estudio, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la suplementación con paredes celulares y cultivos de levaduras en la dieta de yeguas preñadas sobre la calidad del calostro producido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El trabajo experimental fue llevado a cabo en la Ganadería Meza ubicada en Peralta en el cantón de Grecia, Alajuela, Costa Rica, durante los meses de junio de 2017 a agosto de 2018.

La finca presenta una altitud de 760 m s.n.m., una precipitación anual promedio de 2084,5 mm y una temperatura promedio de 23,8 °C (IMN, 2018). Se dedica a la cría de caballos de pura raza española e iberoamericana para su venta tanto dentro como fuera del país. El manejo dentro de la ganadería se realiza en áreas de pastoreo y cuadras individuales, divididas según los grupos de yeguas de cría, potros en desarrollo y otros animales de la finca.

Descripción de animales y tratamientos

Se utilizaron 20 yeguas preñadas pura raza española, considerando el número de parto y la edad como criterios de agrupamiento, de manera tal que ambos grupos fueran lo más similares posible. En este sentido, ambos grupos presentaron un promedio de 3 partos y 6 años. Esto se consideró importante en el agrupamiento de los animales, dada la influencia que estos factores tienen sobre la calidad del calostro (Walther et al., 2015).

Se evaluaron dos tratamientos experimentales con 10 repeticiones cada uno: control no suplementado y suplementación diaria durante los últimos 30 días previos a la fecha proyectada de parto con 30 g de Celmanax®, un producto comercial que contiene paredes celulares y cultivos de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*).

Las 20 yeguas se mantuvieron en cuadras individuales (parideras) durante los 30 días previos a la fecha estimada de parto y se les ofreció una ración diaria compuesta por: 2 kg de alimento balanceado comercial, pasto brachipará (*Urochloa arrecta* × *Urochloa mutica*) de 60 días de cosecha ad libitum, 3,5 kg de heno de pasto transvala (*Digitaria decumbens*) y agua ad libitum. La composición nutricional de los ingredientes antes mencionados se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición nutricional en base seca de los ingredientes ofrecidos a las yeguas durante el desarrollo del experimento.

| Nutriente | Alimento balanceado | Pasto brachipará | Heno transvala |
|--------------------------------|---------------------|------------------|----------------|
| Materia seca, % | 87,00* | 29,70** | 80,10** |
| Proteína cruda, % | 14,00* | 12,10** | 5,92** |
| Extracto etéreo, % | 3,00* | 1,91** | 2,28** |
| Fibra Detergente Neutro, % | - | 66,40** | 63,92** |
| Fibra Detergente Ácido, % | - | 41,70** | 57,70** |
| Lignina Detergente Ácido, % | - | 4,09** | 9,20** |
| Cenizas, % | - | 11,37** | 12,80** |
| Energía Digestible, Mcal/kg MS | 3,35*** | 1,92*** | 1,79*** |

*Laboratorio de Aseguramiento de Calidad, Dos Pinos.

**Laboratorio de Química y Laboratorio de Bromatología. Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA), Universidad de Costa Rica. Metodología de química húmeda (AOAC, 1998; Van Soest et al., 1991).

***Datos obtenidos mediante la ecuación $ED \text{ (Mcal/kg)} = 4,22 - 0,11 \times (\%FDA) + 0,0332 \times (\%PC) + 0,00112 \times (\%FDA)^2$ (NRC, 2007).

Determinación de la calidad de calostro

Para obtener las muestras de calostro se utilizó una metodología manual mediante el uso de jeringas plásticas de 60 cc modificadas (Lizcano y López, 2009). La preparación del instrumento de recolección consistió en retirar el émbolo, realizar un corte en el barril de la jeringa a 1 cm por encima de donde se coloca la aguja y reposicionar el émbolo en el extremo opuesto del barril. Para la obtención de la muestra, se colocó el pezón en la abertura de la jeringa y se accionó el émbolo lentamente, lo que permitió la succión del calostro.

Una vez obtenida la muestra, se utilizó un calostrómetro equino (Laboratorios Jorgensen, Loveland, Colorado, Estados Unidos) para determinar la concentración de inmunoglobulinas

totales o densidad relativa (mg/ml) del calostro. En una probeta plástica con agua destilada, se colocó una muestra de calostro de 15 ml (producto del ordeño de ambos pezones de las yeguas) junto con el calostrómetro, de manera tal que la medición se realizó con base en la flotación del instrumento.

Además, se determinó la concentración de grados Brix mediante el uso de un refractómetro de mano (ATAGO ATC-1, Atago Master-SUR/N α , Bellevue, Washington, Estados Unidos) con compensación automática de temperatura entre 10 y 35 °C y con una escala hasta 32 grados Brix. La interpretación de los resultados se realizó según los criterios propuestos por McCue (2014, 2016).

Determinación de la transferencia de inmunidad pasiva

A las 24 horas posnacimiento de los potros, se procedió a extraer una muestra de aproximadamente 10 ml de sangre por venopunción yugular en un tubo sin aditivos (Trotz et al., 2008). Las muestras fueron sometidas a centrifugación a 3000 rpm durante 10 minutos para separar el suero (Hodge et al., 2016) y posteriormente se mantuvieron congeladas hasta la finalización de los partos.

Posteriormente, las muestras fueron descongeladas para determinar la concentración de inmunoglobulinas G mediante el método de inmunodifusión radial (Equine IgG Test Kit 200–3000 mg/dl, Triple J Farms, Bellingham, Washington, Estados Unidos) en el Laboratorio de Fertilización in vitro de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional.

Crecimiento de los potros

Los potros fueron pesados después del nacimiento con una balanza móvil (TRU-TEST XR3000, hasta 5000,0 \pm 0,5 kg) y se mantuvo una vigilancia para verificar que fueran capaces de ponerse en pie e ingerir calostro de su madre durante las primeras 6 horas después del nacimiento (Doreau y Boulot, 1989; Devillers et al., 2004; Mauro et al., 2005).

Posteriormente, se dio seguimiento al crecimiento de los potros mediante pesaje cada 15 días y hasta el día 45; además se evaluó la salud general de los potros, registrando la presencia de diarreas u otros signos clínicos evidentes.

Análisis estadístico

Para las variables de concentración de inmunoglobulinas totales y grados Brix se utilizó un modelo irrestricto al azar con covarianza del factor número de parto de la yegua.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta\pi + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} es la medida de calidad de calostro obtenida con el calostrómetro o refractómetro para la j-ésima yegua que recibe el tratamiento i-ésimo

μ es el promedio general

τ_i es el efecto del tratamiento i-ésimo

π es la covariable del número de partos de la yegua, con su coeficiente β

ϵ_{ij} es el error aleatorio para la medición de la yegua j que recibió el tratamiento i

En el caso de la concentración de inmunoglobulinas en el suero de los potros se utilizó un modelo irrestricto al azar con covarianza de los factores número de parto de la yegua y peso al nacimiento del potro.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_1\pi + \beta_2\eta + \beta_3\gamma + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} es la medida de concentración de inmunoglobulina G para el j-ésimo potro, que recibe el tratamiento i-ésimo

μ es el promedio general

τ_i es el efecto del tratamiento i-ésimo

π es la covariable del número de partos de la yegua, con su coeficiente β_1

η es el efecto del peso al nacimiento del potro, con su coeficiente β_2

γ es el efecto de la concentración de proteínas del calostro, medido con el refractómetro, con su coeficiente β_3

ϵ_{ij} es el error aleatorio para la medición de la yegua j que recibió el tratamiento i

Con respecto al crecimiento de los potros se utilizó un modelo de medidas repetidas en el tiempo con estructura de efectos fijos.

$$Y_{ijkl} = \mu + Ti + Sj + Sexk + \beta_1 M + \beta_2 P + \beta_3 t + \beta_4 t^2 + \beta_5 T * t + \beta_6 T * t^2 + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} es la observación del peso para el animal l -ésimo

μ es el promedio general

Ti es el efecto del i -ésimo tratamiento

Sj es el efecto del j -ésimo padre

$Sexk$ es el efecto del sexo de la cría

β_i con $i=1,2,\dots,6$ son los coeficientes de regresión lineal para las variables cuantitativas

M es la covariable del peso de la madre

P es la covariable del peso del padre

t y t^2 son las covariables del tiempo de medición y tiempo de medición al cuadrado

$T * t$ y $T * t^2$ son, respectivamente, las interacciones entre el tratamiento y el tiempo y el tratamiento y el cuadrado del tiempo.

ϵ_{ijkl} es el error asociado a la medición del animal l -ésimo

Toda la información obtenida fue analizada mediante el software estadístico de código abierto R, versión 3.5.1 (R Core Team, 2018). Cuando en el análisis de los datos se observaron diferencias significativas se utilizó el paquete emmeans (Lenth, 2018) para obtener las medias de mínimos cuadrados (medias marginales) y determinar las diferencias entre grupos. Para el ajuste de los modelos se utilizó el paquete nlme, siguiendo las indicaciones de Pinheiro et al. (2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad del calostro

Los resultados obtenidos para la evaluación de la calidad del calostro se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Densidad relativa (inmunoglobulinas totales) y grados Brix promedio de los calostros producidos por las yeguas sometidas al experimento (N = 10).

| Tratamiento | Densidad relativa (mg/ml) | Grados Brix |
|--------------|---------------------------|--------------|
| Control | 1,07 ± 0,006 | 25,20 ± 1,63 |
| Suplementado | 1,08 ± 0,006 | 25,30 ± 1,62 |

No se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) con respecto a la calidad del calostro producido por las yeguas de los tratamientos evaluados. Sin embargo, los valores obtenidos para ambos grupos superan el mínimo esperado para un calostro de buena calidad (1,05-1,06 mg/ml) (Benítez et al., 2023), independientemente del tratamiento aplicado.

Esta concentración de inmunoglobulinas, expresada como densidad relativa, puede verse afectada por diversos factores asociados a la yegua o a su ambiente, como la pérdida de calostro previa al parto (prelactación), lo cual reduce la disponibilidad de inmunoglobulinas para el consumo del potro (Robertson, 2004; Walther et al., 2015), situación que no se observó en este estudio. Otro factor relevante es la edad, ya que se ha reportado que yeguas mayores de 12 años presentan mayor incidencia de FTIP en sus crías, asociado a una menor calidad del calostro (Robertson, 2004; Lizcano y López, 2009). En este sentido, era esperable que las yeguas utilizadas en esta investigación (6 años en promedio) produjeran calostros de buena calidad. Otros factores como el número de parto, la nutrición preparto, la condición corporal, la raza,

los programas de vacunación (Krakowski et al., 1999; Cauchard et al., 2004), así como la época del año y la temperatura ambiental, también influyen sobre la calidad del calostro (Walther et al., 2015). En este contexto, los resultados sugieren que las condiciones de manejo y ambientales, junto con la edad de las yeguas, tuvieron un mayor efecto que la suplementación, lo que pudo explicar la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos (Krakowski et al., 1999; Cauchard et al., 2004; Robertson, 2004; Lizcano y López, 2009; Walther et al., 2015).

Asimismo, el instrumento utilizado pudo influir en los resultados, ya que el calostrómetro es sensible a la temperatura y requiere un volumen exacto de muestra, lo que puede afectar la precisión de la medición (Quigley et al., 2013; McCue, 2016).

En cuanto a los grados Brix, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango óptimo (20–30 °Brix) para calostros de buena calidad (McCue, 2014; McCue, 2016). El uso del refractómetro se considera una metodología más práctica y precisa en condiciones de campo, debido a su facilidad de uso y menor sensibilidad a la temperatura (Bielman et al., 2010; Korosue et al., 2012).

Los datos obtenidos en el presente estudio difieren a los reportados por Leimbach (2015), quien encontró mayores concentraciones de inmunoglobulinas totales en el calostro de las yeguas que fueron suplementadas con levaduras vivas (*Saccharomyces cerevisiae*). De igual forma, Ayad et al. (2017) reportaron un incremento en IgG, al evaluar el efecto de la suplementación (10 g/d durante 30 días) con levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*) en yeguas árabes y barbe. Por otro lado, Robertson (2004) observó aumentos en IgG e IgA con el uso de mananoligosacáridos (MOS), al estudiar el efecto de la suplementación con 10 g de MOS mezclados con 45 g de maíz molido durante 56 días antes de la fecha esperada de parto y 28 días post parto. Los autores encontraron diferencias significativas ($p = 0.03$) en la concentración de IgG ($10242,2 \pm 1181,1$ vs. $12824,0 \pm 2245,6$ mg/dl, para los grupos control y suplementado, respectivamente), así como en la concentración de IgA ($p = 0,008$) ($47,7 \pm 9,5$ vs. $112,1 \pm 38,9$ mg/dl, respectivamente), en el calostro producido por las yeguas; sin embargo, no se observaron diferencias para la concentración de IgM ($p > 0.05$). Estos resultados difieren de

los obtenidos en el presente estudio, lo cual podría atribuirse al producto utilizado, ya que, si bien el suplemento empleado en esta investigación contiene MOS derivados de levadura, no presenta el mismo grado de pureza que el utilizado por dichos autores, lo que pudo limitar su efecto inmunoestimulante (Rondón, 2004).

No obstante, se esperaban diferencias en la producción de inmunoglobulinas en el calostro de las yeguas suplementadas con paredes celulares y cultivos de levaduras, dado que estos productos han demostrado efectos positivos sobre la salud animal. En particular, los β -glucanos, componentes de la pared celular, poseen una función inmunoestimulante al incrementar la actividad de macrófagos y linfocitos T, B y NK, además de unirse a receptores específicos en los fagocitos, lo que desencadena su activación. Como consecuencia, se incrementa la capacidad fagocítica, la destrucción de patógenos y la producción de citoquinas como IL-2, IFN- γ y TNF- α , las cuales estimulan la respuesta inmune; asimismo, estos compuestos pueden activar la explosión respiratoria de los fagocitos y, tras su ingestión, estimular receptores de células M en las placas de Peyer, promoviendo señales mediadas por citoquinas que activan componentes del sistema inmune (Rondón, 2004). Adicionalmente, factores metodológicos y biológicos, como la raza de las yeguas, podrían haber influido en los resultados, ya que Robertson (2004) trabajó con yeguas inglesas y cuarto de milla, mientras que en el presente estudio se utilizaron yeguas Pura Raza Española.

Transferencia de inmunidad pasiva

Los resultados obtenidos para la transferencia de inmunidad pasiva en los potros expresada como concentración sanguínea de IgG se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Concentración promedio de IgG en suero sanguíneo de los potros

| Tratamiento | Concentración de IgG (mg/dl) |
|--------------|------------------------------|
| Control | 2548,89 ± 234,39b |
| Suplementado | 1403,43 ± 234,39a |

*Letras diferentes en la misma columna (a, b) representan diferencias significativas ($p < 0.05$) según la prueba de medias de mínimos cuadrados.

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados, con una mayor concentración de IgG en los animales del grupo control. Estos resultados difieren de lo reportado por otros autores en bovinos, como Campos-Granados y Rojas-Bourillon (2015), quienes no encontraron diferencias significativas en la concentración de IgG en el suero sanguíneo de terneras entre el grupo control y aquel cuyas madres fueron suplementadas con pared celular y cultivo de levaduras (40 g/animal/día) durante los 30 días previos al parto.

Por otro lado, Kinal et al. (2007) sí reportaron diferencias significativas, con mayores concentraciones de inmunoglobulinas totales en el suero de terneras del grupo suplementado (1110 mg/dl) en comparación con el grupo control (1050 mg/dl), cuyas madres recibieron 60 g/día de metabolitos de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). De manera similar, Ayad et al. (2017) observaron mayores concentraciones de IgG en el suero de potros entre las 24 y 48 h de vida ($p < 0.05$) en el grupo suplementado con respecto al control.

Los resultados obtenidos en el presente estudio podrían asociarse con el fenómeno de saturación en la absorción intestinal de inmunoglobulinas, descrito en mamíferos de interés zootécnico (Tizard, 2009). Este fenómeno concuerda con lo reportado por Matte et al. (1982) y Besser et al. (1985), quienes observaron una disminución en la eficiencia de absorción de IgG, IgA e IgM a medida que aumenta la concentración total de inmunoglobulinas en el calostro, generando una correlación negativa significativa. No obstante, este no es el único factor involucrado, ya que la transferencia de inmunidad pasiva también depende de condiciones de manejo del potro (Tizard, 2009).

Entre estos factores se incluyen la cantidad de calostro producido por la yegua, el volumen ingerido por el potro, el momento de la ingestión y el estado sanitario del neonato (Knottenbelt et al., 2004; Pastrana, 2013). En este sentido, la capacidad de ingestión del potro, determinada por su habilidad para amamantarse y la disponibilidad de calostro, es clave, considerando que la mayor absorción de inmunoglobulinas ocurre durante las primeras 4 a 6 horas de vida; por tanto, un retraso en la ingestión compromete su absorción.

Adicionalmente, factores como la raza, edad de la yegua, número de partos, duración de la gestación, mes de parto, sexo del potro y manejo en finca pueden influir en la transferencia de inmunidad pasiva (Earhard et al., 2001). En el presente estudio, el sexo del potro pudo haber tenido un efecto relevante, ya que en el grupo control predominaron las hembras (7/10), mientras que en el grupo suplementado fueron menos frecuentes (3/10). Se ha reportado que los machos tienden a presentar menores concentraciones séricas de IgG debido a una menor eficiencia de absorción (Raidal, 1996).

A pesar de estas diferencias, la mayoría de los potros presentó una adecuada transferencia de inmunidad pasiva, con concentraciones de IgG superiores a 800 mg/dl, valor umbral utilizado para determinar la presencia o ausencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) (Buechner-Maxwell, 2005; Raidal et al., 2005; Galindo, 2009; Franco y Oliver, 2014).

Crecimiento de los potros

Los resultados obtenidos para peso vivo al nacimiento, 15, 30 y 45 días de vida de los potros se muestran en la Figura 1.

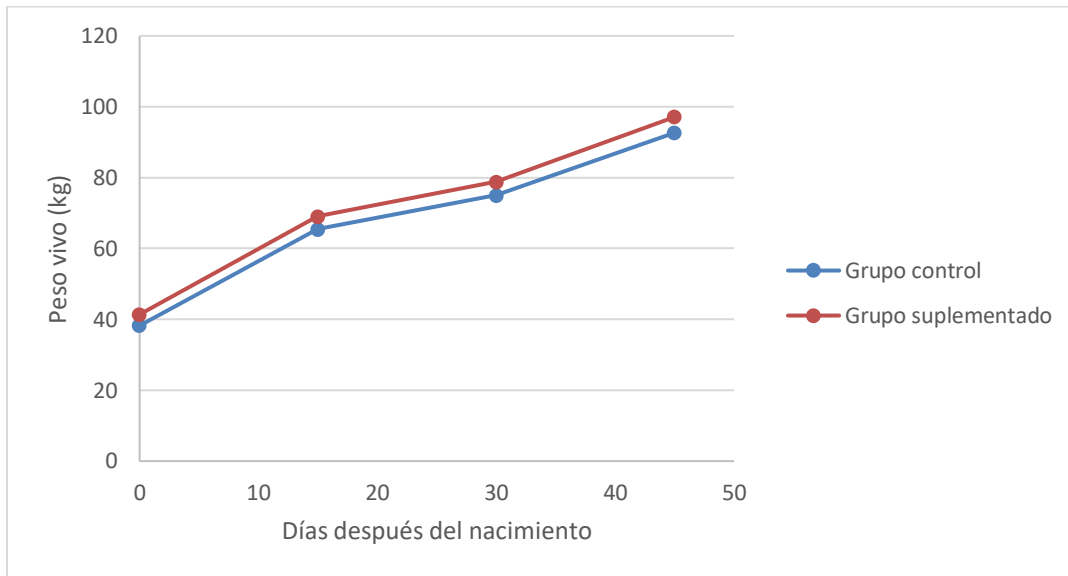


Figura 1. Peso promedio al nacimiento, día 15, día 30 y día 45 de vida de los potros evaluados (N = 10).

Los resultados obtenidos para el peso vivo al nacimiento y a los 15, 30 y 45 días de vida de los potros se muestran en la Figura 1.

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos para el peso en las distintas edades evaluadas, ni para la ganancia diaria de peso ($1,21 \pm 0,09$ y $1,24 \pm 0,09$ kg/día, para los grupos control y suplementado, respectivamente). Estos resultados coinciden con lo reportado por Robertson (2004), quien no encontró diferencias significativas ($p > 0.05$) en el crecimiento de potros provenientes de yeguas suplementadas con MOS en el período preparto en comparación con el grupo control.

Sin embargo, difieren de lo reportado por Ayad et al. (2017), quienes observaron mayores pesos en potros de yeguas suplementadas con levaduras vivas (*Saccharomyces cerevisiae*) a los 5 meses ($176,11 \pm 25,73$ kg vs. $195,75 \pm 14,21$ kg para los grupos control y suplementado, respectivamente; $p = 0.003$) y a los 6 meses ($186,93 \pm 28,50$ kg vs. $208,59 \pm 14,35$ kg; $p = 0.04$). De igual forma, Faubladiet et al. (2013) reportaron un mayor crecimiento en potros cuyas madres fueron suplementadas con productos fermentados que contenían probióticos en el período preparto, lo cual se asoció a cambios en la composición y cantidad de la leche producida por las yeguas.

El crecimiento de los potros está influenciado por diversos factores, tanto genéticos como ambientales, incluyendo la raza, la edad de la yegua, el año del parto, la presencia de enfermedades infecciosas e infestaciones parasitarias, así como la nutrición preparto (Çilek, 2009). Asimismo, el sistema inmune del potro, aún en desarrollo, se enfrenta a una alta carga antigénica tras el nacimiento, lo que requiere una adecuada regulación para sostener tanto la respuesta inmune como los procesos de crecimiento (Perkins y Wagner, 2015). En este sentido, una adecuada transferencia de inmunidad pasiva, junto con una nutrición materna apropiada, favorece la producción de leche en cantidad y calidad suficiente para el potro, lo que contribuye a su crecimiento (Buechner-Maxwell, 2005).

En el presente estudio, la ausencia de diferencias en el crecimiento podría explicarse porque la suplementación no generó cambios sustanciales en la nutrición global de las yeguas ni en la composición de la leche. Aunque se esperaría que un mejor estado inmune favorezca el crecimiento, este efecto no se evidenció con la suplementación utilizada. Por ello, futuros estudios podrían evaluar diferentes dosis o tipos de suplementos con mayor impacto sobre la nutrición materna y la producción láctea, lo que podría reflejarse en el crecimiento de los potros (Buechner-Maxwell, 2005; Raidal et al., 2005; Galindo, 2009; Franco y Oliver, 2014).

CONSIDERACIONES FINALES

La suplementación con paredes celulares y cultivo de levaduras en yeguas próximas al parto, bajo las condiciones de este estudio, no tuvo efecto sobre la producción ni la calidad del calostro, ni sobre el crecimiento de los potros hasta el día 45 de vida. Sin embargo, se observó una disminución significativa en la concentración de IgG en el suero sanguíneo de los potros del grupo cuyas madres fueron suplementadas. Este resultado debe interpretarse con cautela, ya que en dicho grupo se presentó una mayor proporción de machos, lo que podría haber actuado como un factor de confusión que influyó en los resultados.

Se recomienda que futuros estudios evalúen diferentes dosis del producto, así como periodos más prolongados de suplementación preparto y postparto, considerando que los efectos de

los cultivos de levaduras sobre la calidad del calostro y la transferencia de inmunidad pasiva pueden verse influenciados por factores como la dosis, la duración de la suplementación y las condiciones de manejo.

Asimismo, se sugiere ampliar la evaluación de parámetros inmunológicos, incluyendo concentraciones sanguíneas de células del sistema inmune (macrófagos, monocitos, neutrófilos, basófilos y eosinófilos), así como citoquinas y quimioquinas proinflamatorias, con el fin de comprender mejor los posibles efectos de la suplementación sobre la respuesta inmune y su relación con la salud y el desempeño productivo de los potros hasta el destete.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al señor Manuel Meza, propietario de Ganadería Meza, así como al personal de la finca por el apoyo brindado durante la ejecución de esta investigación. De igual manera, agradecen al personal del Laboratorio de Fertilización in vitro de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional, de los laboratorios de la Cooperativa Dos Pinos y del Centro de Investigación en Nutrición Animal de la Universidad de Costa Rica por su colaboración en la realización de los análisis de laboratorio.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1998). Official methods of analysis of AOAC International. 16th ed, 4th rev. Gaithersburg, MD: AOAC International, USA.
- Auad, J., Marini, V., Lozano, A., Cooper, L., Cerutti, J, Davalos, M., y Mangeaud, A. (2010). Fisiología de la transferencia pasiva de anticuerpos en equinos. Revista FAVE - Ciencias Veterinarias, 9 (2): 69-75. <https://doi.org/10.14409/favecv.v9i2.1504>.
- Ayad, M., Benallou, B., Saim, M., Derrar, S., Benzineb, F., Haddouch, Z., y Abdelhadi, S. (2017).

- Effects of supplementing Arabian and Barbe pregnant mares with *Saccharomyces cerevisiae* on colostrum IgG1 concentration in Algerian breed. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 7 (4): 1-6. ISSN: 2090-4274.
- Benítez, L.M., Miranda, K., Arce, J.V., González-Castro, A.Y., Báez-Escalante, M.C., y Lara-Núñez, M.B. (2023). Evaluación de la calidad calostrual post parto en yeguas y transferencia pasiva de la inmunidad en potrillos en un establecimiento del distrito de Filadelfia, departamento de Boquerón. *Revista Investigaciones y Estudios - UNA*, 14 (2): 7-14. <https://doi.org/10.57201/ieuna2323328>.
- Besser, T., Garmedia, A., Mcguire, T., y Gay, C. (1985). Effect of colostrum immunoglobulin G1 and immunoglobulin M concentrations on immunoglobulin absorption in calves. *Journal of Dairy Science*, 68 (8): 2033-2037. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)81065-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)81065-1).
- Bielman, V., Gillan, J., Perkins, N., Skidmore, A., Godden, S., y Leslie, K. (2010). An evaluation of brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 93 (8): 3713-3721. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2943>
- Buechner-Maxwell, V.A. (2005). Nutritional support for neonatal foals. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 21 (2): 487-510. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2005.04.003>.
- Campos-Granados, C., y Rojas-Bourillon, A. (2015). Suplementación con pared celular y cultivo de levaduras en vacas prontas y su efecto sobre la calidad del calostro y el estado inmunológico de las terneras. *Agronomía Costarricense*, 39 (1): 121-129. <https://doi.org/10.15517/RAC.V39I1.19550>.
- Cauchard, J., Sevin, C., Ballet, J., y Taouji, S. (2004). Foal IgG and opsonizing anti-*Rhodococcus equi* antibodies after immunization of pregnant mares with a protective VapA candidate vaccine. *Veterinary Microbiology*, 104 (1-2): 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2004.09.006>.
- Çilek, S. (2009). Environmental factors affecting growth characteristics in purebred Arabian foals reared at Anadolu state farm in Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 8 (1): 148-154. <https://doi.org/10.36478/javaa.2009.148.154>.

- Devillers, N., Van Milgen, J., Prunier, A., y Le Dividich, J. (2004). Estimation of colostrum intake on the neonatal pig. *Animal Science*, 78 (2): 305-313. <https://doi.org/10.1017/S1357729800054096>.
- Doreau, M., y Boulot, S. 1989. Methods of measurement of milk yield and composition in nursing mares: A review. *Le Lait*, 69 (3): 159-171. <https://doi.org/10.1051/lait:1989313>.
- Earhard, M., Luft, C., Remler, H.P., y Stangassinger, M. (2001). Assessment of colostral transfer and systemic availability of immunoglobulin G in new-born foals using a newly developed enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) system. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 85 (5-6): 164–173. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0396.2001.00313.x>.
- Elizondo, J. (2007). Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana*, 18 (2): 271-281. ISSN: 1021-7444.
- Estepa, J., Mendoza, F., y Aguilera, E. (2007). Consideraciones clínicas en neonatología equina. *Anales Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 20 (1): 159-172.
- Faubladier, C., Julliand, V., Danel, J., y Philippeau, C. (2013). Bacterial carbohydrate-degrading capacity in foal faeces: changes from birth to pre-weaning and the impact of maternal supplementation with fermented feed products. *British Journal of Nutrition*. 110(6): 1040–1052. <https://doi.org/10.1017/S0007114512006162>.
- Franco, M., y Oliver, O. (2014). Enfermedades de los potros neonatos y su epidemiología: Una revisión. *Revista de Medicina Veterinaria*, 29: 91-105. <https://doi.org/10.19052/mv.3449>.
- Galindo, C. (2009). Inmunodeficiencia pasiva en potranca media sangre y efectos colaterales sistémicos. *Revista de Medicina Veterinaria*, 17: 69-75. <https://doi.org/10.19052/mv.1186>.
- Gerritsen, R., Klaassen, G., Schuttert, G., Rouwers, M., Parmentier, H., y Molist, F. (2012). The effect of a mixture of dairy-based feed ingredients, vegetable fats, and yeast cell walls on performance and innate immunity of weaned piglets. *Journal of Animal Science*, 90 :269-271. <https://doi.org/10.2527/jas.51742>.

- Hammer, C., Winsco, K., Lucia, J., y Coverdale, J. (2011). Effect of dietary energy manipulation on mares and their foals: colostrum and IgG2. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31 (5): 308-309. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.03.140>.
- Hodge, L., Rude, B., Dinh, T., y Lemley, C. (2016). Effect of ω -3 fatty acid supplementation to gestating and lactating mares on milk IgG, mare and foal blood concentrations of IgG, insulin and glucose, placental efficiency, and fatty acid composition of milk and serum from mares and foals. *Journal of Equine Veterinary Science*, 51: 70-78. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.11.014>.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). (2018). Promedios mensuales de datos climáticos: La Argentina, Grecia. www.imn.ac.cr/ (Consultado 27 julio, 2018).
- Kinal, S., Korniewicz, A., Rzas, A., Korniewicz, D., Bialon, K., y Lubojemska, B. (2007). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast metabolites on colostrum quality and passive immunity transfer in calves. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 51: 105-108.
- Knottenbelt, D., Holdstock, N., y Madigan, J. (2004). *Equine neonatology: medicine and surgery*. Editorial Saunders Elsevier Science Limited. Reino Unido. p. 368.
- Koke, K. (2014). Effects of dietary yeast supplementation on serum immunoglobulin concentrations in quarter horse mares. Tesis M.Sc., The Ohio State University, Estados Unidos. p. 240.
- Korosue, K., Murase, H., Sato, F., Ishimaru, M., Kotoyori, Y., y Nambo, Y. (2012). Assessment for predicting parturition in mares based on prepartum temperature changes using a digital rectal thermometer and microchip transponder thermometry device. *Journal of Veterinary Medical Science*, 74 (7): 845-850. <https://doi.org/10.1292/jvms.11-0497>.
- Krakowski, L., Krzyzanowski, J., Wrona, Z., y Siwicki, A.K. (1999). The effect of nonspecific immunostimulation of pregnant mares with 1,3/1,6 glucan and levamisole on the immunoglobulins levels in colostrum, selected indices of nonspecific cellular and humoral immunity in foals in neonatal and postnatal period. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 68 (1): 1-11. [https://doi.org/10.1016/s0165-2427\(99\)00006-9](https://doi.org/10.1016/s0165-2427(99)00006-9).

- Leimbach, R. (2015). Influence of a maternal dietary yeast supplement on immunoglobulin concentrations on quarter horse foals from birth to four months of age. Tesis M.Sc., The Ohio State University, Estados Unidos. p. 150.
- Lenth, R. (2018). Emmeans: estimated marginal means, aka least-squares means. R package version 1.2.3. cran.r-project.org/package=emmeans. (Consultado 27 julio, 2018).
- Lizcano, L., y López, D. (2009). Creación de un banco de calostro comercial para potros. Tesis Lic, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. p. 57.
- Matte, J., Girard, C., Seoane, J., y Brisson, G. (1982). Absorption of colostral immunoglobulin G in the newborn dairy calf. *Journal of Dairy Science*, 65 (9): 1765-1770. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82414-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82414-4).
- Mauro, E., Queiroz, F., Assis, A., Batista, L., Corassa, A., Moreira, R., Pimentel, V., y Galzerano, L. (2005). Lactation in Mangalarga Marchador mares: yield production and composition of milk and weight gain of suckling foals. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34(2): 627-634. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000200032>.
- McCue, P. (2014). Equine colostrum: the elixir of life for a newborn foal. cvmbs.colostate.edu/documents/erl-colostrum-elixir-life-2014. (Consultado 27 julio, 2018).
- McCue, P. (2016). ARS equine colostrum refractometer. Colorado State University. www.arssales.com/refractometer.html. (Consultado 27 julio, 2018).
- NRC (National Research Council). (2007). Nutrient requirements of horses. Sexta Edición. National Academies Press, Estados Unidos. p. 341.
- Pastrana, D. (2013). Plan de acción para implementación de un banco de calostro en el criadero caballar Mancilla Policía Nacional. Tesis Lic., Universidad de La Salle, Colombia. p. 40.
- Perkins, G., y Wagner, B. (2015). The development of equine immunity: current knowledge of immunology on the young horse. *Equine Veterinary Journal*, 47 (3): 267-274. <https://doi.org/10.1111/evj.12387>.

- Pinheiro, J., Bates, D., Debroy, S., y Sarkar, D. (2018). nlme: linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-137. cran.r-project.org/package=nlme. (Consultado 27 julio, 2018).
- Quigley, J., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., y Polo, J. (2013). Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*. 96 (2): 1148-1155. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5823>.
- Raidal, S. (1996). The incidence and consequences of failure of passive transfer of immunity on a thoroughbred breeding farm. *Australian Veterinary Journal*, 73 (6): 201–206. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1996.tb10035.x>.
- Raidal, S., McTaggart, C., y Penhale, J. (2005). Effect of withholding macromolecules in the duration of intestinal permeability to colostral IgG in foals. *Australian Veterinary Journal*, 83 (1-2): 78-81. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2005.tb12202.x>.
- R Core Team. (2018). R: a language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. www.r-project.org/. (Consultado 27 julio, 2018).
- Robertson, K. (2004). Effect of mannan oligosaccharide (MOS) supplementation on the immune status of mares and their foals. Tesis M.Sc., Universidad de Florida, Estados Unidos. p. 73.
- Rondón, I. (2004). Inmunoestimulantes en Medicina Veterinaria. *Orinoquia*. 8(2): 56-75.
- Spring, P., Wenk, C., Connolly, A., y Kiers, A. (2015). A review of 733 published trials on BIO-MOS®, a mannan oligosaccharide, and Actigen®, a second-generation mannose rich fraction, on farm and companion animals. *Journal of Applied Animal Nutrition*, 3 (7): 1-11. <https://doi.org/10.1017/jan.2015.6>.
- Tizard, I. (2009). *Veterinary Immunology: An Introduction*. Sétima Edición. Saunders Elsevier. Missouri, Estados Unidos. p. 529.
- Tizard, I. (2018). *Inmunología Veterinaria*. Décima Edición. Elsevier. Barcelona, España. p. 539.
- Tran, H., Moreno, R., Hinkle, E., Bundy, J., Walter, J., Burkey, T., y Miller, P. (2012). Effects of lactose and yeast-dried milk on growth performance, fecal microbiota, and immune

- parameters of nursery pigs. *Journal of Animal Science*, 90 (9): 3049-3059. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4544>.
- Trotz, L., Leslie, K., y Peregrine, A. (2008). Passive immunity in Ontario dairy calves and investigation of its association with calf management practices. *Journal of Dairy Science*, 91 (10):3840-3849. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0898>.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., y Lewis, B.A. (1991). Method for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(91)78551-2).
- Walther, S., Rusitzka, T., Diesterbeck, U., y Czerny, C. (2015). Equine immunoglobulins and organization of immunoglobulin genes. *Developmental and Comparative Immunology*. 53 (2): 303-319. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2015.07.017>.
- Weedman, S., Rostagno, M., Patterson, J., Yoon, I., Fitzner, G., y Eicher, S. (2011). Yeast culture supplement during nursing and transport affects immunity and intestinal microbial ecology of weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 89 (6): 1908-1921. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2539>.