

Accepted Manuscript / Manuscrito Aceptado

Title Paper/Título del artículo:

Evaluación del calostro y su relación con los niveles séricos de inmunoglobulinas y crecimiento de las crías, en dos hatos de vacas doble propósito en el sureste de México

Evaluation of colostrum and its relationship with serum levels of immunoglobulins and growth of offspring, in two herds of dual-purpose cows in southeastern Mexico

Authors/Autores: Cortes-Guerra, S. A., Aguilar-Pérez, C. F., Magaña-Monforte, J. G., Santos-Ricalde, R. H.

ID: e1625

DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1625>

Received/Fecha de recepción: March 01th 2024

Accepted /Fecha de aceptación: November 21th 2024

Available online/Fecha de publicación: December 06th 2024

Please cite this article as/Como citar este artículo: Cortes-Guerra, S. A., Aguilar-Pérez, C. F., Magaña-Monforte, J. G., Santos-Ricalde, R. H. (2024). Evaluation of colostrum and its relationship with serum levels of immunoglobulins and growth of offspring, in two herds of dual-purpose cows in southeastern Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 11, e1625. <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1625>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Este archivo PDF es un manuscrito no editado que ha sido aceptado para publicación. Esto es parte de un servicio de Revista Bio Ciencias para proveer a los autores de una versión rápida del manuscrito. Sin embargo, el manuscrito ingresará a proceso de edición y corrección de estilo antes de publicar la versión final. Por favor note que la versión actual puede contener errores de forma.

Artículo original

**Evaluación del calostro y su relación con los niveles séricos de
inmunoglobulinas y crecimiento de las crías, en dos hatos de vacas doble
propósito en el sureste de México**

**Evaluation of colostrum and its relationship with serum levels of
immunoglobulins and growth of offspring, in two herds of dual-purpose
cows in southeastern Mexico**

Evaluación del calostro en vacas doble propósito/

Colostrum evaluation in dual purpose cows

Cortes-Guerra, S. A. (0009-0009-4055-7288), Aguilar-Pérez, C. F. (0000-0001-8102-1919), Magaña-Monforte, J. G. (0000-0002-0128-6747), Santos-Ricalde, R. H. (0000-0002-6730-619X)*

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Apartado Postal 4-115 Itzimná, Mérida, Yucatán, México.

***Author of correspondence**

Ronald Herve Santos-Ricalde. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Apartado Postal 4-115 Itzimná, Mérida, Yucatán, México. Phone: (52) 9999006482. E-mail: rsantos@correo.uady.mx

RESUMEN

Se evaluó la calidad del calostro en vacas y se relacionó con el nivel de inmunoglobulinas séricas y la ganancia de peso de sus terneros. Se utilizaron 30 vacas de dos fincas (20 de FMVZ y 10 de Kampepen) con sus respectivos terneros. El calostro se obtuvo dentro de las primeras 24 horas postparto. No se encontró diferencia significativa en la concentración de inmunoglobulinas séricas entre los terneros de ambas granjas, ni en sus ganancias de peso ($p > 0.05$). En ambos lugares, los terneros presentaron concentraciones de inmunoglobulinas superiores al mínimo recomendado para una adecuada protección (20 UTSZ o mg/mL). La correlación entre el nivel de inmunoglobulinas del calostro y las inmunoglobulinas séricas del ternero fue baja (0.27), lo que significa que la inmunidad pasiva del ternero no sólo depende de la calidad del calostro, sino también de la cantidad de calostro ingerido y el momento de la ingesta.

PALABRAS CLAVE: Crecimiento de los terneros, Inmunoglobulinas, Inmunidad pasiva, Vacas,

Doble propósito.

ABSTRACT

The colostrum quality from cows was evaluated and related to their calves' serum immunoglobulin level and weight gain. Thirty cows from two farms (20 from FMVZ and 10 from Kampepen) with their respective offspring were used. Colostrum was collected within the first 24 hours after birth. No significant difference in the concentration of serum immunoglobulins was found between the calves from the two farms, nor in their weight gains ($p > 0.05$). At both farms, calves had immunoglobulin concentrations above the minimum recommended for adequate protection (20 ZSTU or mg/mL). The correlation between the immunoglobulin content of the colostrum and the calves' serum immunoglobulins was low (0.27), suggesting that the calves' passive immunity depends not only on the quality of the colostrum but also on the quantity of colostrum ingested and the time of ingestion.

KEYWORDS: Calve growth, Immunoglobulins, Passive immunity, Cows, Dual-purpose.

Introducción

En los bovinos, durante la gestación no existe paso de anticuerpos maternos al feto, por lo que para que el neonato adquiera protección contra enfermedades infecciosas, es indispensable que antes de sus primeras 24 horas de vida consuma suficiente calostro, con la cantidad de inmunoglobulinas (Ig's) necesarias, para brindarle protección durante sus primeras semanas de vida. En general, el becerro debe ingerir entre el 8 y 12 % de su peso vivo en calostro, en las primeras dos a cuatro horas de vida (Godden, 2008; McGee & Earley, 2019)

Los becerros con bajos niveles de inmunoglobulinas presentan mayor riesgo de tener altas tasas de morbilidad y mortalidad neonatal (Besser & Gay, 1994), principalmente por padecimientos entéricos y respiratorios. Se han reportado tasas de mortalidad pre destete cercanas al 8 %, ocasionadas principalmente por diarreas (56 %) y, en segundo lugar (22 %), por enfermedades respiratorias (NAHMS, 2010). En México, en el sistema doble propósito, Rojo-Rubio *et al.* (2009) reportaron 10-15 % de mortalidad de becerros al destete, puntualizando que el 63 % de las pérdidas ocurrieron en los dos primeros meses de vida, asociándose esto a problemas nutricionales, enfermedades parasitarias, respiratorias y gastrointestinales. Los becerros que enferman en la etapa pre destete suelen tener menores pesos al destete, con cuantiosas pérdidas económicas para el productor, a lo que se suman los costos por tratamientos y las pérdidas por mortalidad (Rocha *et al.*, 2019).

Una prueba de campo sencilla y rápida para estimar la calidad del calostro es la calostrometría, que se basa en el uso de un densímetro (calostrómetro) de vidrio, que permite medir la gravedad específica del calostro, la cual tiene una alta correlación con su contenido de inmunoglobulinas, IgG, IgA e IgM (Fleener & Stott 1980; Ahmann *et al.*, 2021).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad del calostro en vacas de doble propósito y correlacionarlo con los niveles de inmunoglobulinas séricas y el crecimiento de sus crías, hasta los 45 días de edad. Esto con el fin de proponer medidas para la selección, conservación y uso de calostros de calidad superior, así como estrategias de manejo, que propicien menores tasas de morbilidad y mortalidad pre destete, en ganaderías de doble propósito.

Material y Métodos

El estudio se realizó en dos ranchos de doble propósito, ubicados en la zona centro del Estado de Yucatán, México. El clima es cálido subhúmedo, con lluvias en verano y temperatura media anual de 26 °C, con humedad promedio del 78 %. La precipitación media es de 1 100 mm anuales, con lluvias en verano, en los meses de junio a octubre (García, 1988).

La primera unidad de estudio pertenece a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), de la Universidad Autónoma de Yucatán y está ubicada en el kilómetro 15.5 de la carretera Mérida-Xmatkuil. El segundo sitio de estudio fue el rancho "Kampepen", ubicado en la comisaría de San José Tzal, perteneciente a la ciudad de Mérida, Yucatán.

El experimento inició en septiembre 11 de 2018 y concluyó en marzo 19 de 2019. Se utilizaron 30 vacas cruzadas (20 de la FMVZ y 10 de Kampepen), de Cebú con Holstein o con Suizo Pardo, de 1 a 6 partos, con sus respectivas crías

Manejo rutinario de las vacas en las unidades de producción

En la FMVZ, las vacas en producción reciben al día desde el parto y durante toda la lactancia, 5 kg (base fresca) de un alimento concentrado comercial, con 16 % de PC. Este concentrado se administra durante la ordeña, la cual se realiza de forma mecánica, en el horario de 7:00-10:30 h. Después de la ordeña, las vacas se mantienen en corral para amamantar a sus crías, hasta las 12:00 h, cuando son llevadas a potreros de pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) o a potreros mixtos de pasto Estrella y Leucaena (*Leucaena leucocephala*). Las vacas permanecen en los potreros hasta las 6:00 h del día siguiente, cuando son regresadas para la ordeña. Todos los potreros cuentan con riego por aspersión.

En el rancho Kampepen, las vacas al parir reciben el mismo alimento comercial referido, en la misma cantidad (5 kg/vaca/día), durante la ordeña, la cual se realiza de forma manual, de 10:00-14:30 h. Posteriormente, las vacas son llevadas al pastoreo, en potreros mixtos de pasto Tanzania (*Megathyrus maximus*), Brizantha (*Brachiaria brizantha*) y Leucaena (*Leucaena leucocephala*). El horario de pastoreo es de las 14:30 horas hasta la mañana siguiente, cuando son regresadas al corral a las 9:00 h, en preparación para la ordeña. Esta unidad también cuenta con riego por aspersión.

En ambos ranchos las vacas son secadas a los 240 días de lactancia, momento en el que también se desteta al becerro. Durante el periodo seco, las vacas de ambos ranchos reciben en el corral 2 kg del mismo alimento concentrado usado para vacas en producción, así como pastoreo nocturno (16:00 a 6:00 h) en potreros establecidos con las especies forrajeras previamente descritas. Durante la época de escasez de forraje, la alimentación se complementa con pacas de heno, pasto Taiwán (*Cenchrus purpureus*) y sales minerales.

En las dos unidades de estudio, el sistema de apareamiento es por monta libre, con una relación 1:40 (semental:vacas).

Manejo rutinario de los becerros en las unidades de producción

En la FMVZ, el becerro, al nacer, permanece con su madre durante la primera semana. A partir de la segunda semana, éste es separado de su madre y es estabulado en grupo. Para su alimentación, el becerro se sujeta a un esquema de amamantamiento restringido, que consiste en dejarle, durante los primeros 45 días, un cuarto de ubre completo sin ordeñar, más la leche residual. A partir del día 46, el becerro sólo se alimenta de la leche residual, pues la vaca es ordeñada en su totalidad. El esquema de amamantamiento permite que los becerros permanezcan con sus madres

en un corral por espacio de 30 minutos después de la ordeña. Después de ser separados, las vacas salen al pastoreo y los becerros permanecen en el corral, donde reciben forraje Taiwán picado, a razón de 2-3 kg (base fresca) por animal. Los becerros disponen de agua a libertad y se suplementan con un concentrado a base de salvado de trigo, maíz molido, soya, calcio, sal, vitaminas y minerales, a razón de 2 kg/animal/día (base fresca).

En el rancho Kampepen, durante la primera semana de vida, el becerro permanece con su madre en un potrero, donde ambos disponen de agua *ad libitum*. Posteriormente, el becerro es separado y permanece en corral, con otros becerros, de 10:30 a 15:30 horas. Aquí se les suministra un alimento concentrado, elaborado en el rancho, a razón de 2 kg/becerro (base fresca). El esquema de amamantamiento en este rancho permite que los becerros salgan a pastoreo con sus madres, a partir de las 16:00 horas, hasta el día siguiente, cuando las vacas son regresadas para la ordeña.

En ambos ranchos, los becerros son utilizados como “apoyo” para la ordeña, lo que consiste en permitir que el becerro mame y estimule la ubre por unos minutos, para procurar el reflejo de eyección de la leche. Después de ocurrida la “bajada” de la leche, el becerro es separado y atado a un costado de la vaca hasta el fin de la ordeña.

Esquema de inmunizaciones

El esquema de inmunizaciones que se aplica en ambas unidades se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Esquema de inmunizaciones seguido en las unidades de estudio

	1ª aplicación (edad, días)		Revacunación	
	FMVZ	Kampepen	FMVZ	Kampepen
Rabia paralítica bovina	60	180	anual	semestral
Bacterina doble (Cl. Chauvoei, Manheimia haemolytica, Pasteurella multocida)	30	No se aplica	semestral	No se aplica

Esquema de desparasitaciones

En la FMVZ, se desparasitan a los becerros contra nemátodos gastrointestinales y garrapatas, a partir de los cuatro meses de edad y, después, cada seis meses. El producto utilizado es ivermectina, a una dosis de 200 µg/kg (1mL/50kg PV). No se desparasitan animales mayores de 24 meses. En Kampepen, los becerros son desparasitados en una sola ocasión, al destete, utilizando ivermectina, a la dosis señalada. En animales adultos o cuando la infestación por garrapatas es evidente, en ambos ranchos se utilizan baños de aspersión con Amitraz, a una dosis de 10 mL/100 L de agua.

Manejo del becerro recién nacido

Al nacimiento, en ambas unidades se verifica que el becerro se levante y mame directamente de su madre. Después, en la FMVZ se procede a la desinfección de la zona umbilical del becerro con una solución de yodo, procedimiento que se realiza una vez al día, durante la primera semana

de vida. En Kampepen, a los becerros no se les realiza ningún procedimiento de desinfección de ombligo.

Colección de los calostros

La colección del calostro se efectuó a la brevedad posible dentro de las primeras 12 a 24 horas después del parto, mediante el siguiente procedimiento: La vaca era atada de las patas posteriores, la ubre era lavada con agua limpia y era secada con toallas desechables de papel. Posteriormente, por ordeño manual, se colectaba una muestra de 200-500 mL de calostro, de los cuatro pezones, en un recipiente limpio. El calostro se depositaba en botellas de plástico limpio, etiquetadas con la identificación de la vaca, fecha y hora de parto, así como hora de toma de la muestra. Minutos después, se procedía a evaluar el calostro, conforme a lo descrito a continuación.

Procedimiento e interpretación de la prueba de calostrometría.

Se utilizó un calostrómetro de vidrio, para calostro de vaca, provisto con jarra (probeta) de plástico de 100 ml (Biogenics®).

El calostro se vertía en la jarra de 100 mL, hasta su límite. Posteriormente, se procedía a introducir el calostrómetro, dejándolo caer suavemente y se esperaba a que éste se eleve y quedara en una posición fija, momento en el cual se realizaba la lectura, observando y ubicando el punto de emergencia de la columna del instrumento. El resultado se registraba tanto en la escala cualitativa como en la escala cuantitativa.

Los calostros se clasificaron en tres categorías: superior, mediocre y pobre, conforme a lo descrito por Medina Cruz (1994) (Tabla 2).

Tabla 2. Categorización y características de los calostros evaluados por calostrometría.

Categoría	Color	Gravedad específica	Ig's (mg/mL)
Superior	Verde	>1.047	>50
Mediocre	Amarillo	1.035-1.047	20-50
Pobre	Rojo	< 1.035	<20

Evaluación de inmunoglobulinas en los becerros

La evaluación de inmunoglobulinas séricas se realizó mediante la Prueba de Turbidez por Sulfato de Zinc. Esta prueba se basa en la precipitación de las inmunoglobulinas del suero al estar en contacto con las sales del reactivo y tiene una correlación de 0.96 con el contenido de IgG o IgM del suero (Medina Cruz, 1994). La prueba se realizó en todos los becerros, en tres momentos: a los 2-7 días, a los 30 y a los 45 días de edad.

La sangre se extrajo por punción venosa de la yugular, utilizando un equipo Vacutainer®. Una vez obtenida la muestra, de al menos 3 mL de sangre, ésta se mantuvo en el tubo Vacutainer bajo sombra, en forma vertical, por 15-20 minutos, para permitir la separación del suero. Los sueros se colectaban con micropipeta y eran depositados en tubos Eppendorf de 1.5 mL, los cuales se mantuvieron en congelación, hasta su análisis.

Los sueros se analizaron en el laboratorio de Inmunología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán. Cada muestra se analizó por triplicado, conforme a lo descrito por Medina Cruz (1994).

En primera instancia, se preparó la solución de sulfato de zinc, colocando 104 mg de sulfato de zinc heptahidratado ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) en un frasco ámbar de 500 mL de capacidad. Se añadió agua destilada hasta la marca de 500 mL, se cerró el frasco y se agitó hasta alcanzar la disolución total de la sal. El suero se centrifugó a 3000 rpm, después de lo cual se tomó 0.1 mL y se depositó en un tubo de ensayo, al cual se le agregó 6 mL de la solución de sulfato de zinc; seguidamente se agitaba suavemente la muestra y se dejaba incubar en los tubos durante una hora a 20 °C. La lectura del grado de turbidez se realizó en un espectrofotómetro Genesys 10 VV “Thermospectronic” a una longitud de 660 nm. El equipo se calibró a 0, utilizando un tubo control, conteniendo el reactivo de sulfato de zinc. Después de leer el grado de absorbancia (turbidez), el resultado se multiplicó por 10 y se expresó en unidades de turbidez por sulfato de zinc (UTSZ), que se consideró equivalente a mg/mL. La interpretación de resultados se hizo conforme a lo descrito por Medina Cruz (1994) (Tabla 3).

Tabla 3. Interpretación de la prueba de Turbidez por Sulfato de Zinc (Medina Cruz, 1994)

UTSZ	Interpretación
< 10	Nivel insuficiente para una protección adecuada. Puede haber muerte por septicemia o diarrea (colibacilosis) a pesar de recibir tratamiento, en un 60 y 30 % respectivamente.
10-20	Aproximadamente el 20 % de los becerros con esta concentración de inmunoglobulinas, fallecen a causa de microorganismos patógenos en la mucosa intestinal (frecuentemente diarreas).
> 20	Nivel mínimo necesario para lograr una lactación exitosa en el neonato. A medida que aumentan los niveles de inmunoglobulinas, la mortalidad por causas infecciosas se reduce hasta eliminarse por completo cuando los animales pasan los 40 UT SZ.

Pesaje de becerros

Cada becerro se pesó dentro de las primeras 48 horas de su nacimiento y, posteriormente, a los 15, 30 y 45 días de edad. Las ganancias de peso se calcularon considerando el pesaje actual – el pesaje previo. Se utilizó una báscula ganadera con capacidad de 1,500 kg y precisión de 0.5 kg, en ambas unidades de estudio.

Análisis estadístico

Los resultados fueron procesados utilizando el software estadístico SAS (SAS Institute, 2000). El número y frecuencia de calostros pertenecientes a cada categoría (superior, mediocre, pobre) fue determinado utilizando la opción “Proc freq.”. Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre la concentración de Ig’s de los calostros y la concentración de Ig’s séricas en los becerros. Las diferencias entre ranchos para las Ig’s en calostro y en suero, fueron analizadas por ANOVA,

mediante la opción “*Proc glm*”. Las ganancias de peso de los becerros fueron analizadas como medidas repetidas, utilizando la opción “*Proc mixed*”.

Resultados

Calidad de los calostros evaluados

En la Tabla 4 se presentan los resultados para el total de calostros evaluados en ambos ranchos, clasificándolos en función de su calidad.

Según se puede apreciar (Tabla 4), del total de calostros evaluados en ambos ranchos, prácticamente el 67 % estuvo en la categoría de calidad superior (color verde, >50 mg/mL), la cual se considera que brinda protección adecuada para el becerro durante sus primeras semanas de vida (Medina Cruz 1994). Los rangos máximo y mínimo en concentración de Ig's fueron 126 mg/mL y 19 mg/mL, respectivamente; con un promedio de 66.5 mg/mL. Sólo 10 % de las muestras de calostro evaluadas en el presente estudio se clasificó como de calidad pobre (rojo, <20 mg/mL de inmunoglobulinas).

Tabla 4. Clasificación del total de los calostros evaluados en los dos ranchos

Clasificación	Color	Concentración de Ig's	n	%
Superior	Verde	>50 mg/mL	20	66.7
Mediocre	Amarillo	20-50 mg/mL	7	23.3
Pobre	Rojo	<20 mg/mL	3	10.0

En la Tabla 5 se reporta la clasificación de los calostros por rancho. De acuerdo con esta Tabla, en la FMVZ, el 75 % de los calostros evaluados fue de calidad superior y sólo el 5 % se clasificó como de calidad pobre. En la unidad Kampepen, la tendencia fue la misma, pero con menor proporción de calostros de calidad superior (50 %) y mayor proporción de calostros de calidad pobre (20 %).

Tabla 5. Clasificación de los calostros por rancho (número y porcentaje)

Rancho	Pobre	Mediocre	Superior
FMVZ	1 (5 %)	4 (20 %)	15 (75 %)
Kampepen	2 (20 %)	3 (30 %)	5 (50 %)

Niveles de inmunoglobulinas séricas y el crecimiento en los becerros

La Tabla 6 presenta los resultados correspondientes a las concentraciones de inmunoglobulinas en los calostros en el suero de los becerros y sus ganancias de peso en los dos ranchos.

Aunque los valores de concentración de Ig's en el calostro de las vacas y en el suero de los becerros parecen ser superiores para los animales de la FMVZ, no se encontraron diferencias ($p >$

0.05) entre ranchos. En la Tabla 6 se puede apreciar que la concentración promedio de inmunoglobulinas séricas de los becerros durante el estudio, en ambos ranchos, estuvo por encima de 26 mg/mL (UTSZ). También se encontró que el coeficiente de correlación entre el nivel de Ig's calostrales e Ig's séricas del becerro fue bajo (0.27).

Tabla 6. Concentración de inmunoglobulinas en el calostro, suero de los becerros y ganancia de peso por rancho.

Rancho	n	Concentración de Calostro (mg/mL)	EE	Ig's séricas (mg/mL)	EE	G.D.P. (kg/día)	EE
FMVZ	20	55.6 ^a	9.1	38.1 ^a	4.5	0.740 ^a	0.06
Kampepen	10	47.3 ^a	9.9	26.4 ^a	5.1	0.827 ^a	0.06

^{a, b} literales distintas entre líneas denotan diferencias significativas (p<0.05)

Discusión

Calidad de los calostros evaluados

En un estudio realizado por Jácome *et al.* (2016) en Veracruz, México, utilizando 22 vacas con sus respectivos becerros, en un sistema de doble propósito, encontraron resultados de calostrometría similares a los del presente estudio, al obtener una concentración promedio de 66.13 mg/mL, con rango de 50-140 mg/mL, pertenecientes todos a calostros de calidad superior o excelente. De igual forma, trabajando también en uno de los sitios del presente estudio (FMVZ), Pat Chay (2003) reportó que el 89 % de los calostros evaluados fueron de calidad superior (>50 mg/mL) y sólo una muestra (11 %) clasificó como mediocre (21-50 mg/mL), destacando también que no hubo calostros de clasificación pobre. Esto también concuerda con los hallazgos de Cedeño *et al.* (2015), quienes reportaron que los calostros evaluados por calostrometría se encontraron dentro del rango de 60-140 mg/mL, sin encontrar ninguna muestra de calidad pobre o deficiente.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo en la FMVZ, el 75 % de los calostros evaluados fue de calidad superior y sólo el 5 % fue de calidad pobre. En Kampepen, el 50 % fue de calidad superior y 20 % de calidad pobre. Al respecto, se sabe que la densidad del calostro de la vaca y su concentración de inmunoglobulinas dependen de varios factores, tanto intrínsecos (raza, edad, número de partos) como extrínsecos (nutrición, vacunaciones, historia clínica de la vaca, condiciones de manejo, higiene de instalaciones) (Bouda *et al.*, 1998; Fortín & Perdomo 2009; Angulo *et al.*, 2015). Aunque no se contó con la información, es posible que las diferencias encontradas entre los calostros en ambos ranchos estuvieran en función de la edad y número de partos de las vacas. Al respecto, Fortín & Perdomo (2009) encontraron en Honduras, que la mayor densidad del calostro (evaluado por inmunodifusión radial) en vacas Holstein, Pardo Suizo y sus cruces, se obtuvo en las vacas de dos y tres partos con 115.38 y 120.00 mg/mL respectivamente; la mayor concentración de IgG se encontró en las vacas de tres partos, con 232.46 mg/mL.

Otro posible factor, que pudo haber influido en la mayor proporción de calostros de calidad superior en la FMVZ, es el mayor número de inmunizaciones que las vacas reciben, de acuerdo con el esquema de vacunaciones descrito. La inmunización de vacas gestantes es una estrategia seguida en varias unidades de producción, con el fin de asegurar anticuerpos específicos en el calostro, que aseguren la protección del neonato (Godden, 2008).

Niveles de inmunoglobulinas séricas y el crecimiento en los becerros.

Como se mencionó en la sección de resultados no se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre la concentración de Ig's en el calostro de las vacas y en el suero de los becerros. Así mismo, el coeficiente de correlación entre el nivel de Ig's calostrales e Ig's séricas del becerro fue bajo (0.27). Esto indicaría que la adquisición y nivel de inmunidad pasiva por parte del becerro no solo dependen de la calidad de calostro, sino también de factores relacionados con el manejo de la vaca y su cría, como la cantidad de calostro ingerida y la prontitud de su ingesta. Al igual que en el presente estudio, Pat Chay (2003) y Vaz *et al.* (2004) tampoco encontraron correlación entre la calidad de calostro de las vacas y la concentración de inmunoglobulinas séricas en sus crías. El coeficiente de correlación (0.21) reportado por Vaz *et al.* (2004) fue muy similar al obtenido en el presente estudio. Por su parte, Cedeño *et al.* (2015) reportaron que algunos becerros cuyas madres tenían calostros de buena calidad (140 mg/mL), presentaron falla en la transferencia de inmunoglobulinas, lo que fue atribuible a la falta de vigilancia del becerro al nacimiento y a la poca habilidad materna para estimular al becerro para mamar con prontitud. Jácome *et al.* (2016) coinciden también en que no existió correlación positiva en todos los casos que estudiaron. Por lo anterior, los protocolos de atención al parto y de manejo de la cría son aspectos determinantes en los sistemas de doble propósito, para asegurar la protección inmunológica del becerro durante sus primeras semanas de vida.

Arroyo-Arroyo & Elizondo-Salazar (2014) señalan que los factores más importantes para prevenir fallas en la transferencia de la inmunidad pasiva son el momento en que el becerro recibe el calostro, así como la cantidad de calostro consumido; ambos factores se pueden controlar por medio del manejo y atención de la vaca al momento del parto, así como la verificación de que el becerro se encuentre mamando a libre acceso, desde las primeras horas de nacido.

El contar con registros reproductivos, que permitan la programación de los partos, es un factor decisivo para facilitar el manejo de la vaca y la vigilancia de la cría al nacimiento, para asegurar que ésta adquiera la inmunidad pasiva a través del calostro.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede asumir que, en ambas unidades de estudio, las prácticas de manejo y atención de las vacas y las crías fueron apropiadas, al verse reflejadas en las concentraciones de inmunoglobulinas séricas en los becerros, las cuales estuvieron por arriba del mínimo necesario (20 mg/mL) para una óptima protección (Medina Cruz, 1994). Lo anterior se reflejó en adecuadas ganancias de peso en los becerros en ambos lugares de estudio.

En un estudio en Colombia, en dos sistemas de producción de leche, los valores obtenidos en becerros fueron 26 UTSZ en lechería especializada y 25.33 UTSZ en lechería tradicional (Aricada *et al.*, 2004). En otro estudio con 305 vacas Holstein-Friesian y sus crías, Bouda *et al.* (1998) concluyeron que niveles de inmunoglobulinas séricas de al menos 18 mg/mL, durante los primeros cuatro días de edad, representan una adecuada transferencia de inmunidad calostrual. Estos autores destacan la importancia de la determinación de los niveles de Ig's durante los primeros seis días de edad, con el fin de predecir la salud del becerro, especialmente durante las primeras tres semanas de edad.

En el presente estudio, las concentraciones promedio de Ig's séricas en los becerros de ambos ranchos, fueron 35.08 mg/mL (a los 2-7 días de edad), 25.41 mg/mL (a los 30 días de edad) y 24.50 mg/mL (a los 45 días de edad). Estos resultados indican que, en ambos ranchos, los becerros lograron alcanzar niveles adecuados de inmunoglobulinas a una edad temprana. Aunque las concentraciones de Ig's séricas descendieron en los siguientes muestreos, éstas siempre se mantuvieron por encima del mínimo recomendable. Esto significa que, en ambas unidades de estudio, las prácticas de manejo vaca-cría garantizaron la transferencia temprana de inmunoglobulinas del calostro al becerro, antes del cierre de la permeabilidad del intestino para ser absorbidas hacia la sangre. Medina Cruz (1994) señala que, a medida que el tiempo transcurre

después del nacimiento, la eficiencia en la absorción de inmunoglobulinas del calostro va disminuyendo, siendo 50 % a las nueve horas y cercana a cero por ciento a las 24 horas de edad.

Pat Chay (2003) encontró que, a los siete días de edad, los niveles séricos de Ig's en los becerros disminuyeron respecto a lo registrado a las 12 h de vida. Este descenso continuó hasta los 28 días de edad, cuando se obtuvo el nivel más bajo de la prueba, pero aún dentro del nivel mínimo necesario de 20 mg/mL (Medina Cruz, 1994).

Por otra parte, la ganancia de peso de los becerros no fue diferente ($p < 0.05$) entre ranchos (Tabla 6). Ello reflejaría, por un lado, las similitudes en el manejo alimenticio de los becerros en ambas unidades, que incluyen amamantamiento restringido, pastoreo y suplementación con concentrados. También estaría en relación con la pronta y efectiva adquisición de niveles protectores de Ig's séricas a partir del calostro, y consecuentemente, menor incidencia de enfermedades. Se sabe que los becerros con concentraciones de Ig's séricas menores de 10 mg/mL son más susceptibles a enfermedades e infecciones por diversos patógenos, y, en consecuencia, retrasos en el crecimiento (Elizondo, 2007).

Las ganancias diarias de peso encontradas en los becerros en el presente estudio coinciden con las reportadas por de Meneses *et al.* (2015) en Brasil, quienes registraron 0.81 kg/día, en becerros cruzados de Holstein con cebú, con amamantamiento restringido y 1 kg de suplementación con alimento concentrado. Estos autores indican que, en sistemas doble propósito, la ganancia de peso en becerros alimentados de forma tradicional, sin concentrados, ronda en los 600 g/día. Aunque la oferta de alimento concentrado a los becerros en el presente estudio (2 kg/día) fue mayor al del estudio de los citados autores, se esperaría que el consumo efectivo haya sido menor, dado que no hubo lotificación alguna, y los becerros compartían comedero con animales de mayor peso y edad, que pudieron haber impuesto su jerarquía.

Conclusiones

La mayoría de los calostros evaluados en ambas unidades (67 %) fueron de calidad superior. Aunque el porcentaje de calostros de calidad superior fue mayor para las vacas de la FMVZ, la tendencia fue la misma para los calostros de Kampepen, pues la mayoría de éstos se encontraron en el rango de calidad superior.

No se encontró diferencia significativa en la concentración de inmunoglobulinas séricas entre los becerros de ambos ranchos, ni en las ganancias de peso.

En ambas unidades los becerros tuvieron concentraciones de inmunoglobulinas por encima del mínimo recomendado para una adecuada protección (20 UTSZ o mg/mL), desde la primera semana de edad, lo que indica que no existieron problemas en la transferencia de inmunidad pasiva a través del calostro.

La correlación entre el nivel de inmunoglobulinas calostrales e inmunoglobulinas séricas del becerro fue baja, lo que significa que la adquisición y nivel de inmunidad pasiva por parte del becerro no solo dependen de la calidad del calostro, sino también de factores asociados al manejo, como la cantidad de calostro ingerida y la prontitud de su ingesta.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, CGSA; desarrollo del protocolo de investigación, APCF; Colaboración en el desarrollo del proyecto de investigación y dirección del trabajo de campo, MMJG;

recopilación, análisis estadístico de los datos y elaboración de las tablas de resultados, SRRH, CGSA; escritura y preparación del documento, SRRH, CGSA, APCF, MMJG; revisión y redacción del documento final.

Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Agradecimientos

Se agradece a la unidad de producción de leche de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán y al rancho Kampepen las facilidades para realizar este trabajo.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Ahmann, J., Steinhoff-Wagner, J., & Büscher, W. (2021). Determining immunoglobulin content of bovine colostrum and factors affecting the outcome: A Review. *Animals*, 11(12), 3587. <https://doi.org/10.3390/ani11123587>
- Angulo, J., Gómez, L. M., Mahecha, L., Mejía, E., Henao, J., & Mesa, C. (2015). Calf's sex, parity and the hour of harvest after calving affect colostrum quality of dairy cows grazing under high tropical conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 47(4), 699-705 <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0781-z>
- Aricada, H., Bedoya, R., Ceballos, A., García del Pilar, A., Heredia, C., Maldonado, A., & Peláez, C. (2004). Competencia inmunológica en la primera semana de vida en terneros mantenidos bajo dos sistemas de producción de leche. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 17(2), 167-174. <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295026087007.pdf>
- Arroyo-Arroyo, J. J., & Elizondo-Salazar, J. A. (2014). Prevalencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. *Agronomía Mesoamericana*, 25 (2), 279-285 http://www.mag.go.cr/rev_meso/v25n02_279.pdf
- Besser, T. E., & Gay, C. C. (1994). The importance of colostrum to the health of the neonatal calf. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 10(1), 107-117. [https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)30591-0](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30591-0)
- Bouda, J., Medina Cruz, M., Núñez Ochoa, L., Quiroz Rocha, G.F., & Yabuta Osorio, A, K. (1998). Impacto de la administración y calidad de calostro sobre los niveles de inmunoglobulinas séricas en becerros. *Veterinaria México*, 29(2), 161-166 <https://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-1998/vm982f.pdf>
- Cedeño Rodríguez, A. E., Chamizo Pestana, E. G., González Marín A. A., & Padilla Berrios, G. (2015). Evaluación de la calidad inmunológica del calostro por la prueba del calostrímetro y test de Glutaraldehído en becerros recién nacidos en la hacienda Los Ángeles, San Pedro de Macorís. *UCE Ciencia. Revista de Postgrado*, 3(2) <http://uceciencia.edu.do/index.php/OJS/article/view/46>

- Meneses, G. C. D. C., Valadares Filho, S. D. C., Lopez-Villalobos, N., Mendes Ruas, J. R., Detmann, E., Zanetti, D., de Castro Meneses, A., Morris, S., Silva Mariz, L. D., & de Duarte, M. D. S. (2015). Effect of feeding strategies on weaning weight and milk production of Holstein × Zebu calves in dual purpose milk production systems. *Tropical Animal Health and Production*, 47, 1095–1100. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0832-5>
- Elizondo, J. A. (2007). Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana*, 18(2), 271-277. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43718213>
- Fleener, W. A., & Stott, G. H. (1980). Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrums. *Journal of Dairy Science*, 63(6), 973-977 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7400425/>
[https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(80\)83034-7](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(80)83034-7)
- Fortín Cabrera, A. M. & Perdomo Carbajal, J. J. (2009). Determinación de la calidad del calostro bovino a partir de la densidad y de la concentración de IgG y del número de partos de la vaca y su efecto en el desarrollo de los terneros hasta los 30 días de edad. Tesis Doctoral. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/430>
- García, A. E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F
- Godden, S. (2008). Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24(1), 19-39. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.005>
- Jácome, M. F., Hernández, B. A., Cervantes, A. P., Domínguez, M. B., Gómez-Boucrín, F., & Barrientos, M. M. (2016). Calidad del calostro e inmunoglobulinas en vacas de doble propósito en unidades de producción del municipio de Comapa, Veracruz, México. Memorias del 1er Congreso de la Asociación de Médicos Veterinarios Zootecnistas Especialistas en Bovinos del Estado de Veracruz. 23-25 de Mayo de 2016, Boca del Río Veracruz, pp 5-7. [https://www.researchgate.net/publication/305398736 CALIDAD DEL CALOSTRO E INMUNOGLOBULINAS EN VACAS DE DOBLE PROPOSITO EN UNIDADES DE PRODUCION DEL MUNICIPIO DE COMAPA VERACRUZ MEXICO](https://www.researchgate.net/publication/305398736_CALIDAD_DEL_CALOSTRO_E_INMUNOGLOBULINAS_EN_VACAS_DE_DOBLE_PROPOSITO_EN_UNIDADES_DE_PRODUCION_DEL_MUNICIPIO_DE_COMAPA_VERACRUZ_MEXICO)
- McGee, M. & Earley, B. (2019). Review: passive immunity in beef-suckler calves. *Animal*, 13 (4), 810-825. <https://doi.org/10.1017/s1751731118003026>
- Medina Cruz, M. (1994). Medicina productiva en la crianza de becerras lecheras. UTEHA, Editorial Limusa, Noriega Editores, México. pp 173-191
- Pat Chay, F. E. (2003). Calidad del calostro en vacas cruzadas y niveles de inmunoglobulinas en sus crías, durante los primeros 120 días de edad en un hato de doble propósito en la zona centro del estado de Yucatán. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México
- Rocha-Valdez, J., Gonzalez-Avalos, R., Avila-Cisneros, R., Peña-Revuelta, B-, & Reyes-Romero, A. (2019). Impacto económico de la mortalidad y morbilidad por enfermedades en becerras lecheras. *Abanico Veterinario*, 9, e920. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.920>
- Rojo-Rubio, R., Vázquez-Armijo, J. F., Pérez-Hernández, P., Mendoza-Martínez, G. D., Salem, A. Z. M., Albarrán-Portillo, B., González-Reyna, A., Hernández-Martínez, J., Rebollar-Rebollar, S., Cardoso-Jiménez, D., Dorantes-Coronado, E. J., & Gutiérrez-Cedillo, J. G. (2009). Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 41, 715-721. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9249-8>

Statistical Analysis Systems Institute (SAS) (2000). User's Guide Statistic. SAS Institute, Cary, North Carolina. (Version 8,1)

Vaz, A. K., Furtado, A. C., Marca, A., & Paterno, M, R. (2004) The quality of bovine colostrum and the transfer of immunity to newborn calves in Lages, SC, Brazil. *Revista de Ciencias Agroveterinarias*, 3(2), 116-120. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vti-714063>

ARTÍCULO EN PRENSA