

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Efecto de diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio sobre la carga bacteriana del calostro bovino bajo un tiempo de exposición de 30 minutos

Por:

María Fernanda Ramírez Rosas

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Efecto de diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio sobre la carga bacteriana del calostro bovino bajo un tiempo de exposición de 30 minutos

Por:

María Fernanda Ramírez Rosas

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz
Presidente


M.C. Laura Alejandra Peña Revuelta
Vocal


M.C. Blanca Patricia Peña Revuelta
Vocal


Dr. Ramiro González Avalos
Vocal Suplente


MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Efecto de diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio sobre la carga bacteriana del calostro bovino bajo un tiempo de exposición de 30 minutos

Por:

María Fernanda Ramírez Rosas

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Asesor Principal



Dr. Ramiro González Avalos
Coasesor



M.C. Laura Alejandra Peña Revuelta
Coasesor



MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026



DEDICATORIA

A mi madre Reyna Rosas Pichardo que es la mujer más importante y admirable en mi vida, mi guía, mi mayor fortaleza, mi mejor amiga y mi mayor inspiración. Por tu amor incondicional, tus sacrificios y esfuerzos silenciosos que me ayudaron cada día a ser mejor persona, hija y profesional. Gracias por acompañarme en cada etapa de mi formación, por impulsarme a seguir adelante a pesar de las dificultades y enseñarme que con disciplina, constancia y determinación soy capaz de llegar lejos.

A mi padre José Luis Ramírez Guzmán que es mi mayor ejemplo para seguir y una de las personas que más admiro por ser mi ejemplo de fortaleza, esfuerzo y dedicación. Gracias por enseñarme con tu vida a no rendirme aun cuando las situaciones se ponen complicadas y demostrarme que el trabajo es la clave del éxito. Por tus palabras sabias, tu confianza en mí, tu apoyo y amor incondicional.

A mi tía Rosa María Ramírez Guzmán que a sido una persona muy especial para mí. Gracias por estar presente en esta y todas las etapas de mi vida brindándome su apoyo, consejos y palabras de aliento cuando más lo necesite. Por siempre tener el tiempo para compartir y celebrar mis alegrías, pero también mis complicaciones.

A mis hermanos Luis Alberto Ramírez Rosas y Sebastián Ramírez Rosas porque han sido parte fundamental en mi vida. Aunque cada uno a estado presente de distintas maneras ustedes han contribuido a que llegara hasta aquí. Gracias por compartir momentos inolvidables y por las risas que hicieron más ligeros los días difíciles.

A mis abuelos Mercedes Ramírez Medina y Celia Guzmán Ortiz que con sus años de experiencia me enseñaron a valorar el tiempo y me demostraron que nada era imposible si ponía todo mi esfuerzo y amor por lo que hago porque que soy capaz de lograr todo lo que me proponga.

A mi novio Francisco Sotelo Murillo que estuvo presente durante estos años, con su apoyo, motivación, paciencia y amor incondicional en los momentos más felices, pero también los días de cansancio, estrés e incertidumbre. Siempre me diste palabras de aliento y motivación para salir adelante. Me enseñaste que mis capacidades, mis valores y el amor por lo que hago un día me darían frutos.

AGRADECIMIENTOS

El principal agradecimiento es a mi madre Reyna Rosas Pichardo y a mi padre José Luis Ramírez Guzmán por su amor y apoyo incondicional, las enseñanzas y la compañía. Por ser mi sustento más grande y darme su ejemplo de perseverancia que ha sido mi mayor motivación para no rendirme nunca. Hoy que concluyo esta importante etapa de mi vida quiero que sepan que cada logro que alcanzo lleva una parte de ustedes, porque detrás de cada uno de ellos se encuentran sus días de trabajo, cansancios, desvelos y su amor infinito.

A mis hermanos Luis Alberto Ramírez Rosas y Sebastián Ramírez Rosas porque en cada meta alcanzada existen personas que demuestran ser un lugar seguro, con su amor, compañía y días llenos de risas en cada llamada y a lo largo de la vida.

Agradezco a mi tía Rosa María Ramírez Guzmán con mucho cariño y agradecimiento por el impulso en lo personal y lo profesional celebrando mis pequeños logros como si fueran suyos. Este trabajo refleja el esfuerzo que a hecho todos estos años.

A mis abuelos Celia Guzmán Ortiz y Mercedes Ramírez Medina gracias por ser ese hogar al que siempre quiero volver, donde los abrazos sanan y el amor no conoce límites, gracias por sus enseñanzas y el amor que siempre me han brindado

A mi novio Francisco Sotelo Murillo Por tu amor paciencia y apoyo incondicional. Gracias por escucharme cuando estaba estresada, por aguantar mis desvelos y animarme cuando más lo necesitaba y el día de hoy celebras conmigo este logro.

A mis amigos de la licenciatura que formaron parte importante en este camino a lo largo de los años compartiendo clases, practicas, exámenes, desvelos, estrés, risas y momentos inolvidables. Juntos enfrentamos desafíos y hoy celebramos grandes logros.

Al Hospital Veterinario Madero por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de poner en práctica mis conocimientos aprendidos durante mi formación académica y al equipo de Médicos Veterinarios Zootecnistas y amigos por compartir sus consejos, experiencias y habilidades para fortalecer mi aprendizaje, comprender la responsabilidad y el compromiso que tiene nuestra profesión.

Agradezco a mis asesores de tesis el Dr. Ramiro González Ávalos y la Dra. Reyna Roxana Guillén Enríquez por su apoyo, orientación, dedicación en el desarrollo de este trabajo y el compromiso con el que estuvieron presentes en cada etapa de esta investigación.

Índice general

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
Índice general	v
RESUMEN	vii
Índice de cuadros	viii
Índice de figuras	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	3
1.2 Objetivo específico	3
1.3 Hipótesis	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Calostro	4
2.2 El ternero y el calostro	8
2.3 Composición del calostro	9
2.4 Componentes del calostro bovino	15
2.5 Herramientas para medir calostro	20
2.6 Transferencia de Inmunidad	23
2.7 Bacterias presentes en el calostro	29

2.8 ¿Cómo tratamos de disminuir las bacterias?	30
2.9 Almacenamiento del calostro bovino	32
2.10 Aditivos para el calostro bovino	37
3.- MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1 Ubicación del estudio	39
3.2 Transporte de la muestra ya recolectada	39
3.3 Diseño experimental	40
3.4 Preparación de la muestra	40
3.4.2 Preparación de tubos de ensayo con diluyente	41
3.4.3 Diluciones decimales	41
3.5 Preparación de agares	42
3.5.1 Agar Triptona-Extracto de levadura (Agar para cuenta estándar)	42
3.6 Conteo por placa	44
3.7 Cálculo del método	45
3.8 Informe de la prueba	45
3.9 Análisis estadístico	46
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
5. CONCLUSIONES	53
6. LITERATURA CITADA	54

RESUMEN

El calostro bovino es indispensable para la transferencia de inmunidad pasiva al ternero recién nacido, pero con frecuencia presenta una elevada carga bacteriana que compromete su calidad y la salud del neonato, por lo que se buscan métodos sencillos y económicos para controlarla. El bicarbonato de sodio, un compuesto inocuo y de grado alimenticio al que se le han atribuido propiedades antimicrobianas, se planteó como una posible alternativa. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio sobre la carga bacteriana del calostro bovino bajo un tiempo de exposición de 30 minutos. El estudio se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con siete tratamientos —un control sin bicarbonato y seis concentraciones (0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 y 10.0 %)— con cuatro repeticiones cada uno. La carga bacteriana se determinó conforme a la NOM-092-SSA1-1994, expresada en UFC/mL, y los datos se transformaron a logaritmo base 10 para su análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($F_{(5,18)} = 10.71$, $p < 0.001$). El calostro control registró la menor carga bacteriana (2.6×10^7 UFC/mL), los tratamientos al 1 y 2 % la incrementaron de manera significativa y el tratamiento al 10 % presentó crecimiento confluyente ($> 2.5 \times 10^8$ UFC/mL). El pH aumentó de 6.0 en el control hasta 8.0. Se concluye que, en las condiciones evaluadas, el bicarbonato de sodio no reduce la carga bacteriana del calostro bovino.

Palabras clave: Calostro bovino, Bicarbonato de sodio, Carga bacteriana, UFC, pH, Calidad microbiológica

Índice de cuadros

Cuadro 1 Composición del calostro bovino, leche de transición y leche entera de vacas Holstein	14
Cuadro 2 Ingredientes de Agua Peptonada	40
Cuadro 3 Agar Triptona-Extracto de Levadura (Agar para cuenta estándar)	43
Cuadro 4 Carga bacteriana y pH del calostro bovino por tratamiento.	47

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación UAAAN	39
Figura 2 Muestra de calostro	40
Figura 3 Tubos de ensayo con diluciones	41
Figura 4 Tubos de ensayo para diluciones	42
Figura 5 Preparación del Agar para cuenta estándar.	43
Figura 6 Incubación de cajas Petri con muestra ya preparada	44
Figura 7 Concentraciones del bicarbonato de sodio	49

1. INTRODUCCIÓN

El calostro bovino constituye el primer alimento del ternero recién nacido y la única vía eficaz para la adquisición de inmunidad pasiva durante las primeras horas de vida. Debido a que la placenta sindesmocorial de los bovinos impide la transferencia de inmunoglobulinas de la madre al feto durante la gestación, los terneros nacen en estado de agammaglobulinemia y dependen por completo del consumo oportuno de calostro de buena calidad para obtener las inmunoglobulinas —principalmente IgG— que les confieren protección frente a los agentes infecciosos del entorno (Godden et al., 2019; López y Heinrichs, 2022).

Cuando este proceso no se realiza de manera eficiente se presenta la falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP), condición asociada a un incremento en las tasas de morbilidad y mortalidad neonatal. En sistemas de doble propósito del sureste de México se han reportado tasas de mortalidad predestete cercanas al 8 %, donde las diarreas representan la principal causa (56 %) y las enfermedades respiratorias la segunda (22 %) (Cortés et al., 2024). La eficiencia de esta transferencia depende de la cantidad de calostro ingerido, de su concentración de inmunoglobulinas y del momento de su administración, ya que la capacidad de absorción intestinal de macromoléculas es máxima durante las primeras horas y prácticamente nula a las 24 horas posteriores al parto (Weaver et al., 2000).

Sin embargo, la calidad del calostro no depende únicamente de su contenido inmunológico, sino también de su calidad microbiológica. Durante la recolección, el manejo y el almacenamiento, el calostro se contamina con frecuencia con

microorganismos, y una elevada carga bacteriana representa un doble riesgo: por un lado, constituye una de las primeras vías de exposición del neonato a patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*; por otro, interfiere directamente con la absorción intestinal de IgG, ya que las bacterias presentes en la luz intestinal se unen a las inmunoglobulinas libres o bloquean su transporte a través del epitelio, favoreciendo la FTIP (Godden, 2008; Dunn et al., 2017).

Por esta razón, las guías de manejo recomiendan que el calostro fresco destinado a la alimentación de terneros presente un recuento bacteriano total inferior a 100 000 UFC/mL y un recuento de coliformes totales menor a 10 000 UFC/mL (Stewart et al., 2005; McGuirk y Collins, 2004). No obstante, diversos estudios han documentado que una proporción importante del calostro producido en las explotaciones supera estos umbrales, lo que evidencia la necesidad de implementar estrategias accesibles para el control de la carga bacteriana.

Entre los métodos empleados para reducir la contaminación bacteriana del calostro destacan el tratamiento térmico (pasteurización a 60 °C durante 60 minutos), la refrigeración, la congelación y la adición de conservadores orgánicos o químicos de grado alimenticio (Johnson et al., 2008; McMartin et al., 2016; Lanuza, 1989). Si bien estas técnicas resultan eficaces, presentan limitaciones prácticas: el tratamiento térmico requiere equipo especializado y un control preciso de la temperatura, pues por encima de los 60 °C se compromete la concentración de IgG; la refrigeración solo conserva el calostro por períodos breves; y algunos conservadores pueden ocasionar pérdidas de nutrientes. Estas limitaciones cobran

especial relevancia para los pequeños y medianos productores, quienes no siempre disponen de la infraestructura necesaria.

En este contexto, el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) surge como una alternativa de bajo costo, inocua y de grado alimenticio. Además de su uso tradicional como aditivo, se le han atribuido propiedades antimicrobianas: estudios recientes han demostrado que el bicarbonato ejerce un efecto bacteriostático al disipar el gradiente de pH de la fuerza protón-motriz a través de la membrana citoplasmática, tanto en bacterias Gram-negativas como Gram-positivas (Farha et al., 2018), y que inhibe el crecimiento bacteriano y la formación de biopelículas de manera dependiente de la concentración (Dobay et al., 2018).

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio sobre la carga bacteriana del calostro bovino bajo un tiempo de exposición de 30 minutos.

1.2 Objetivo específico

- Determinar la carga bacteriana (UFC/mL) del calostro bovino sin tratamiento (control) y tras la adición de bicarbonato de sodio en concentraciones de 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 y 10.0 %, con un tiempo de exposición de 30 minutos, mediante el conteo en placa estándar.
- Comparar la carga bacteriana obtenida entre los distintos tratamientos y el control.

- Identificar la concentración de bicarbonato de sodio que produce la mayor reducción de la carga bacteriana en el calostro bovino.

1.3 Hipótesis

La adición de bicarbonato de sodio en alguna concentración reduce la carga bacteriana del calostro bovino obteniendo una mayor disminución de las unidades formadoras de colonias (UFC/mL), en un tiempo de exposición de 30 minutos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Calostro

El manejo adecuado del neonato es fundamental en la producción lechera, ya que permite garantizar la supervivencia y el buen estado de salud del nuevo individuo, así como favorecer la formación de futuros reemplazos (González et al., 2019). Los cuidados comienzan en el periodo periparto inmediato e incluyen prácticas como la secundinación, el suministro de calostro y la desinfección del ombligo (Gross, 2020). Estas acciones contribuyen a prevenir la morbilidad y la mortalidad, influyendo en el desarrollo y la productividad del animal (Hidalgo, 2019).

El calostro corresponde a la secreción mamaria inicial posterior al parto, la cual aporta un perfil nutricional completo junto con compuestos bioactivos esenciales para una nutrición adecuada, además de favorecer el crecimiento, el desarrollo y la protección inmunológica de los recién nacidos. La composición, estructura y

propiedades fisicoquímicas del calostro presentan variaciones importantes entre las distintas especies (Roy et al., 2020).

Se denomina calostro bovino a la primera secreción mamaria obtenida durante los primeros días posteriores al parto, la cual se caracteriza por su alto contenido de nutrientes, anticuerpos, factores de crecimiento y desarrollo, así como componentes que fortalecen las defensas inmunológicas, contribuyendo a la supervivencia y al adecuado estado de salud del ternero neonato. Además, contiene una amplia variedad de anticuerpos (inmunoglobulinas, Igs) y compuestos antimicrobianos, como la lactoferrina, lisozima y lactoperoxidasa, que proporcionan inmunidad pasiva al recién nacido (Agudelo y Bedoya, 2005).

La calidad del calostro está estrechamente relacionada con la condición nutricional de la vaca, ya que un adecuado aporte de nutrientes favorece su composición. En este proceso, la energía y los aminoácidos son elementos esenciales, pues contribuyen de manera importante a la formación de los componentes del sistema inmunológico (Dawson et al., 1999).

Por el contrario, una nutrición o suplementación deficiente durante el período seco puede ocasionar una disminución en la concentración de inmunoglobulinas en el calostro, lo que afecta su absorción en el ternero (Orskov, 1990).

Diversos factores pueden influir en la calidad del calostro, entre ellos la edad y el número de partos de la madre; la duración del periodo seco; el programa de alimentación; la condición corporal; la raza; las condiciones ambientales y de temperatura; el programa de vacunación; el tipo de parto; así como las prácticas de

almacenamiento, congelación y descongelación del calostro, además de la aptitud materna (Stockham y Scott, 2013).

Por otra parte, los becerros con bajos niveles de inmunoglobulinas presentan un mayor riesgo de morbilidad y mortalidad en la etapa neonatal, principalmente debido a enfermedades entéricas y respiratorias. Se han reportado tasas de mortalidad pre destete cercanas al 8 %, siendo las diarreas la principal causa (56 %) y, en segundo lugar, las enfermedades respiratorias (22 %) (Cortés et al., 2024).

El suministro de calostro de buena calidad, en el momento oportuno y en la cantidad adecuada, es esencial para asegurar el éxito de toda la etapa productiva, ya que no solo garantiza la sanidad del animal, sino que también favorece la maduración y el adecuado funcionamiento del tracto gastrointestinal neonatal, influyendo directamente en los índices de mortalidad a lo largo de su desarrollo (Nemocon et al., 2020).

Asimismo, el calostro constituye la primera fuente de nutrientes para la ternera después del nacimiento. Se caracteriza por contener casi el doble de sólidos totales en comparación con la leche, con mayores concentraciones de proteína y grasa, aunque con menor contenido de lactosa. Además, presenta niveles más elevados de vitaminas y minerales. Es importante destacar que la concentración de proteínas y péptidos disminuye rápidamente tras el inicio de la lactancia (Hadorn y Blum 1997).

El calostro bovino (CB) es la primera secreción láctea producida después del parto y constituye una fuente natural rica en macro y micronutrientes, inmunoglobulinas,

péptidos con actividad antimicrobiana y factores de crecimiento. Existe amplia evidencia que respalda su importancia en el aporte nutricional e inmunológico, así como en el crecimiento y desarrollo del ternero recién nacido. Además, es producido por la industria láctea y comercializado como un suplemento destinado a promover la salud general y el sistema inmunitario. De igual manera, se ha incrementado la evidencia sobre su utilidad en el tratamiento de diversas afecciones médicas en niños y adultos (Panahi et al., 2010; Playford et al., 2001), así como su uso como suplemento en deportistas, favoreciendo el rendimiento físico y la recuperación (Buckley et al., 2003; Kotsis et al., 2018). Su aplicación no se limita al ámbito humano, ya que también se ha documentado su uso en la ganadería, contribuyendo a la salud y bienestar de animales de producción y mascotas (Fenger et al., 2014; Yvon et al., 1993).

Las altas tasas de morbilidad y mortalidad en becerras recién nacidas se atribuyen principalmente a enfermedades infecciosas, siendo las más comunes la diarrea y los padecimientos respiratorios. La mortalidad en becerras antes del destete se sitúa alrededor del 7.8 %, donde la diarrea y otros trastornos digestivos representan el 56.5 % de las muertes, mientras que las enfermedades respiratorias constituyen la segunda causa con un 22.5 % (USDA, 2008).

El calostro bovino se produce en la glándula mamaria durante las últimas semanas de gestación, como resultado de la combinación de componentes provenientes de la leche y del suero sanguíneo (Baumrucker & Bruckmaier, 2014). Este fluido constituye la primera fuente de nutrición para el recién nacido, ya que aporta inmunoglobulinas, nutrientes y otros factores biológicamente activos indispensables

en los primeros días de vida. Además, sus beneficios se extienden más allá del periodo neonatal, contribuyendo al crecimiento, la salud y la supervivencia de las crías (Polidori et al., 2022).

2.2 El ternero y el calostro

El consumo oportuno y en cantidad adecuada de calostro de buena calidad constituye el factor más importante para asegurar la salud y la supervivencia del becerro durante los primeros días posteriores al nacimiento. Por ello, en las explotaciones ganaderas es fundamental verificar que el becerro haya ingerido calostro de buena calidad y en el momento adecuado (Tennant et al., 1979).

Las prácticas de manejo aplicadas al ternero recién nacido incluyen la observación y asistencia al momento del nacimiento, la implementación de procedimientos de reanimación cuando resulten necesarios, el manejo del cordón umbilical, la vigilancia de la salud neonatal durante el periodo perinatal y el suministro de un entorno limpio, seco y correctamente ventilado (Mee, 2008).

El éxito en el manejo de las becerras comienza con el primer suministro de calostro. Aquellas que reciben una cantidad adecuada presentan mayores concentraciones de inmunoglobulinas en sangre, lo cual se asocia con una disminución en la morbilidad y mortalidad causadas por enfermedades infecciosas como septicemia, enteritis, diarreas y afecciones respiratorias (Besser y Gay, 1994).

Dentro del manejo perinatal, es fundamental garantizar el suministro oportuno de calostro de alta calidad, ya que este constituye una fuente esencial de nutrientes y

proporciona protección inmunológica contra posibles agentes infecciosos durante las etapas perinatal y neonatal (Chase et al., 2008).

Asimismo, el suministro de calostro debe realizarse dentro de las primeras 0 a 2 horas de vida, considerando que la cantidad administrada dependerá de la concentración de inmunoglobulinas presentes (Dunn et al., 2017).

Una vez que las terneras ingieren el calostro, las inmunoglobulinas son absorbidas a nivel intestinal; sin embargo, esta capacidad de absorción disminuye conforme transcurren las horas y prácticamente es nula a las 24 horas después del nacimiento. Por ello, la ternera debe recibir aproximadamente el 10 % de su peso corporal en calostro de buena calidad (Goñi et al., 2017).

Una de las funciones más importantes del calostro en los neonatos es su acción laxante, la cual favorece la expulsión temprana del meconio tras el nacimiento. Asimismo, contribuye a la eliminación del exceso de bilirrubina, reduciendo el riesgo de aparición de ictericia (Santos et al., 2010). Por otra parte, los anticuerpos contenidos en el calostro desempeñan un papel fundamental en la protección contra enfermedades infecciosas, al tiempo que proporcionan inmunidad pasiva y aportan factores de crecimiento que estimulan la maduración y el desarrollo del tracto gastrointestinal (Uyama et al., 2022).

2.3 Composición del calostro

La composición química del calostro puede presentar variaciones significativas en su valor nutricional debido a diversos factores. Entre los principales se encuentran

los factores genéticos, como la especie y la raza del animal, así como las prácticas de alimentación implementadas en la unidad de producción. Posteriormente, el calostro experimenta una transición gradual hacia la leche madura, proceso durante el cual se produce la denominada leche de transición, correspondiente a la secreción mamaria generada entre las 24 y 48 horas posteriores al parto. Durante este periodo, su composición cambia progresivamente debido a la disminución gradual del contenido de sólidos totales (Alves et al., 2015).

Proteína: La concentración de proteínas en el calostro es aproximadamente del 15 % (peso/peso), disminuyendo hasta cerca del 3 % en la leche madura (Sats et al., 2020). Las inmunoglobulinas (IgG, IgA, IgE, IgD e IgM) representan entre el 70 % y el 80 % de las proteínas del calostro, siendo la IgG la principal, con una proporción del 80 % al 85 % del total de inmunoglobulinas (Playford y Weiser, 2021). El contenido total de estas varía entre 42 y 90 g/L en el calostro, reduciéndose a valores de 0.4 a 0.9 g/L en la leche madura. Las inmunoglobulinas, también conocidas como anticuerpos, son glucoproteínas producidas por los linfocitos B del sistema inmunológico, las cuales reconocen y se unen de manera específica a los antígenos presentes en bacterias y virus (Ulfman et al., 2018).

Las proteínas presentes en la leche pueden dividirse en dos grandes grupos: las proteínas séricas o del suero, caracterizadas por su solubilidad, y las caseínas, que constituyen la fracción insoluble. Ambas aportan importantes propiedades nutricionales y funcionales. Entre ellas, la caseína destaca como la principal fosfoproteína, representando cerca del 75 % del contenido proteico de la leche y del queso bovino, siendo la α s1-caseína la variante predominante en la leche de vaca

(Ginger y Grigor, 1999). Además de su valor nutricional, esta proteína contribuye a conservar la actividad biológica de diversos compuestos y favorece la absorción de otros péptidos bioactivos, al reducir su degradación por las enzimas pancreáticas mediante un mecanismo de competencia por el sustrato (Pompili et al., 2021).

Carbohidratos: La lactosa es el principal carbohidrato presente en el calostro, con una concentración aproximada de 2.5 %, siendo menor en comparación con la leche madura, donde alcanza cerca del 5 % (McGrath et al., 2016). Los oligosacáridos constituyen el tercer componente sólido más abundante en la leche, después de la lactosa y los lípidos. Estas moléculas, diversas tanto en su estructura como en su función biológica, son resistentes a la digestión y se asocian con múltiples efectos beneficiosos (Fong et al., 2011).

Las concentraciones de oligosacáridos son considerablemente más elevadas en el calostro (0.7–1.2 g/L) que en la leche madura (0.1 g/L) (ten Bruggencate et al., 2014). Entre los principales oligosacáridos del calostro bovino se encuentran la 3-sialil-lactosa (3SL), 6-sialil-lactosa (6SL), 6-sialil-lactosamina (6SLN) y la disialil-lactosa (DSL), siendo la 3SL la que predomina, representando aproximadamente el 70 % del contenido total de oligosacáridos (Bunyatratcata et al., 2021).

Grasas: El calostro contiene aproximadamente un 7 % de grasa, constituida principalmente por glóbulos de grasa láctea (Sats et al., 2020). En comparación con la leche madura, presenta menores concentraciones de ácidos grasos trans y de cadena corta (C4–C10) (Contarini et al., 2014). En su composición lipídica predominan los ácidos grasos saturados (AGS), que representan entre el 65 % y el 75 %, seguidos de los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) con un 24 % a 28 %,

y los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) con un 4 % a 5 % (O'Callaghan et al., 2020).

Además, los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 pueden encontrarse hasta en un 25 % más en el calostro que en la leche madura (Wilms et al., 2022). Entre los ácidos grasos predominantes se encuentran el ácido oleico (C18:1n-9), el ácido mirístico (C14:0) y el ácido palmítico (C16:0) (O'Callaghan et al., 2020; Wilms et al., 2022).

Vitaminas, minerales y hormonas: El calostro presenta concentraciones superiores de vitaminas liposolubles como A, D y E, así como de carotenoides, en comparación con la leche madura. De igual manera, contiene mayores niveles de vitaminas hidrosolubles, entre ellas tiamina, riboflavina, vitaminas B1, B2, B6, B12, folato y vitamina C (Scammell y Billakanti, 2022). Asimismo, el calostro se caracteriza por su elevado contenido de minerales esenciales, incluyendo calcio, sodio, cobre, selenio, hierro, zinc, magnesio, manganeso y fósforo (McGrath et al., 2016). Estos micronutrientes desempeñan funciones clave en el metabolismo de lípidos y proteínas, además de aportar efectos antioxidantes y contribuir al adecuado funcionamiento del sistema nervioso (Buttar et al., 2017). Por otra parte, el calostro contiene diversas hormonas, tales como la hormona del crecimiento, prolactina, somatostatina, oxitocina, hormona liberadora de la hormona luteinizante, leptina, hormona estimulante de la tiroides, tiroxina, calcitonina, estrógenos y progesterona. Durante el periodo neonatal, la mayor permeabilidad intestinal facilita la absorción de estos compuestos hacia el torrente sanguíneo, lo que influye en el desarrollo del ternero (López y Heinrichs, 2022).

El suministro de una mayor cantidad de calostro durante la primera hora posterior al parto se considera una práctica recomendable para mejorar la protección sanitaria de los terneros (Angulo et al., 2015). Esto se debe a que, tras este periodo inicial, la concentración de proteínas en el calostro comienza a disminuir, alcanzando una reducción aproximada del 17 % entre las 5 y 6 horas posparto. Este fenómeno ha sido asociado, según diversos autores, con la disminución de las caseínas, particularmente de los glicopéptidos vinculados a estas, los cuales poseen actividad antirotavirus (Inagaki et al., 2014).

Entre los factores que influyen en la composición del calostro y en su producción, especialmente en lo que respecta a la concentración de inmunoglobulinas, se encuentran la raza, la edad de la vaca, su estado nutricional previo al parto y la duración del periodo seco. En relación con la raza, se ha sugerido la existencia de un componente genético que podría afectar los niveles de inmunoglobulinas. Asimismo, se ha descrito un posible efecto de dilución, donde ciertas razas presentan un mayor volumen de calostro, lo que conlleva a una menor concentración de estos compuestos (Godden et al., 2019).

En términos generales, diversos estudios han demostrado que el calostro se caracteriza por presentar un menor contenido de lactosa y mayores concentraciones de grasa, proteínas, péptidos, nitrógeno no proteico, cenizas, vitaminas, minerales, hormonas, factores de crecimiento, citocinas y nucleótidos en comparación con la leche madura. No obstante, la concentración de la mayoría de estos componentes disminuye de manera rápida durante los primeros tres días de lactancia. En contraste, la lactosa muestra un comportamiento opuesto,

incrementándose progresivamente conforme transcurren los días posteriores al nacimiento del ternero (Vasek et al., 2004).

Cuadro 1 Composición del calostro bovino, leche de transición y leche entera de vacas Holstein

Parámetro	Calostro	Leche de transición		Leche
		2do ordeño	3er ordeño	
Gravedad específica	1056	1040	1035	1032
Sólidos totales (%)	23.9	17.9	14.1	12.9
Grasa (%)	6.7	5.4	3.9	4.0
Proteína total (%)	14	8.4	5.1	3.1
Caseína (%)	4.8	4.3	3.8	2.5
Albúmina (%)	6.0	4.2	2.4	0.5
Inmunoglobulinas (%)	6.0	4.2	2.4	0.09
IgG (g/100 mL)	3.2	2.5	1.5	0.06
Lactosa	2.7	3.9	4.4	5.0
IgGF-1 (µg/L)	341	242	144	15
Insulina (µg/L)	65.9	34.8	15.8	1.1
Ceniza (%)	1.11	0.95	0.87	0.74
Calcio (%)	0.26	0.15	0.15	0.13
Magnesio (%)	0.04	0.01	0.01	0.01
Potasio (%)	0.14	0.13	0.14	0.15
Sodio (%)	0.07	0.05	0.05	0.04
Cloro (%)	0.12	0.1	0.1	0.07
Zinc (mg/100 mL)	1.22	-	0.62	0.3
Manganeso (mg/100 mL)	0.02	-	0.01	0.004
Hierro (mg/ 100 g)	0.20	-	-	0.05
Cobre (mg/ 100 g)	0.06	-	-	0.01
Cobalto (µg/100 g)	0.5	-	-	0.10
Vitamina A (µg/100 mL)	295	190	113	34
Vitamina D (IU/g grasa)	0.89-1.81	-	-	0.41
Vitamina E (µg/g grasa)	84	76	56	15
Tiamina (µg/mL)	0.58	-	0.59	0.38
Riboflavina (µg/mL)	4.83	2.71	1.85	1.47
Biotina (µg/100 mL)	1.0 – 2.7	-	-	2.0
Vitamina B12 (µg/100 mL)	4.9	-	2.5	0.6
Ácido fólico (µg/100 mL)	0.8	-	0.2	0.2
Colina (mg/mL)	0.7	0.34	0.23	0.13
Ácido ascórbico (mm/100 mL)	2.5	-	2.3	2.2

Fuente: Godden *et al.* (2019).

2.4 Componentes del calostro bovino

El calostro es una secreción láctea producida por los mamíferos inmediatamente después del parto, caracterizada por su alto valor nutricional y su abundancia en compuestos bioactivos, lo que ha favorecido el incremento de su consumo a nivel mundial como suplemento, especialmente el de origen bovino. Este contiene elementos fundamentales como inmunoglobulinas, oligosacáridos, lactoferrina y lisozima, además de destacar por su elevada biodisponibilidad y su importante concentración de factores de crecimiento (Mert et al., 2024).

Por otra parte, tanto la cantidad como la calidad del calostro son aspectos determinantes en la crianza de terneros, debido a la necesidad de proporcionar niveles adecuados de inmunoglobulinas, citoquinas y factores de crecimiento que favorezcan un adecuado desarrollo del neonato (McGuirk y Collins, 2004).

Durante los primeros días posteriores al parto, el calostro presenta una mayor proporción de lactoalbúmina, alcanzando relaciones cercanas a 90:10. En contraste, a medida que se establece la leche madura, esta proporción disminuye hasta valores aproximados de 60:40 y 50:50 (Kunz, 1992; Lönnerdal, 1986).

Por otro lado, las bacterias ácido-lácticas constituyen un grupo de microorganismos ampliamente utilizados tanto en la nutrición humana como animal. Estas bacterias ejercen efectos inhibitorios frente a microorganismos patógenos responsables de diversas enfermedades, gracias a los metabolitos que producen. Debido a estas propiedades, han sido consideradas de gran interés en aplicaciones biotecnológicas, ya sea como aditivos en la alimentación, probióticos o agentes antimicrobianos (López et al., 2025).

Las bacterias ácido-lácticas (BAL) también desempeñan un papel importante en la salud animal, ya que contribuyen a mejorar la digestibilidad de los nutrientes, particularmente en rumiantes. Este efecto resulta relevante en becerras de reemplazo, donde un suministro inadecuado de calostro o el uso de sustitutos lácteos de baja calidad puede favorecer la aparición de diarreas, las cuales son responsables de tasas de mortalidad superiores al 10 % durante las primeras semanas de vida. Con el fin de disminuir esta problemática, se ha promovido el uso de probióticos basados en bacterias ácido-lácticas, los cuales ayudan a prevenir y/o reducir la incidencia de diarreas, además de favorecer la ganancia de peso. No obstante, es fundamental que estos productos contengan la cantidad mínima de microorganismos requerida para asegurar una adecuada colonización intestinal y mantener la salud del becerro (Landa et al., 2019).

La energía y la lactosa presentes en el calostro desempeñan un papel fundamental en los procesos de termogénesis y termorregulación del neonato. Asimismo, el calostro bovino contiene concentraciones importantes de vitaminas y minerales, entre los que destacan calcio, magnesio, zinc, vitamina A, vitamina E, caroteno, riboflavina, vitamina B12, ácido fólico, colina y selenio (Godden et al., 2019). En este sentido, el suministro oportuno de calostro en cantidades adecuadas y con buena calidad resulta determinante para el adecuado desarrollo digestivo y el desempeño productivo de los terneros.

Uno de los componentes del calostro bovino que suele recibir menor atención es la fracción lipídica; sin embargo, esta cumple funciones relevantes en el neonato. La grasa aporta energía necesaria para la producción de calor, contribuyendo a la

termogénesis y al mantenimiento de la temperatura corporal. Asimismo, la oxidación de ácidos grasos favorece la continuidad de la gluconeogénesis, lo que permite conservar la homeostasis de la glucosa. Adicionalmente, ciertos ácidos grasos no solo poseen valor nutricional, sino que también ejercen efectos específicos beneficiosos sobre la salud (Alais y Godina, 2017).

Los terneros nacen en condición de agammaglobulinemia, debido a que la placenta sindesmocorial característica de los bovinos impide la transferencia de inmunidad pasiva desde la madre hacia el feto durante la gestación. En consecuencia, el calostro bovino se convierte en una fuente fundamental de compuestos bioactivos, destacando su alto contenido de inmunoglobulina G (IgG), responsable de conferir inmunidad pasiva al neonato. Además, el calostro contiene una amplia variedad de componentes, como factores de crecimiento, lactoperoxidasa, lisozima, lactoferrina, citocinas, vitaminas, péptidos, leucocitos, hormonas, minerales y oligosacáridos. En conjunto, estos elementos participan en múltiples procesos biológicos, incluyendo la maduración del tracto gastrointestinal, la función inmunológica, la regulación de la homeostasis energética y la protección frente a agentes patógenos (López y Heinrichs, 2022).

Los anticuerpos, denominados también inmunoglobulinas (Igs), son proteínas circulantes que forman parte de los mecanismos de defensa del sistema inmunitario. Su función consiste en reconocer y neutralizar microorganismos y sustancias extrañas, además de favorecer su opsonización y posterior eliminación del organismo, contribuyendo así a la protección frente a infecciones y otros agentes invasores (Abul et al., 1996).

En el caso de los neonatos, es indispensable la adquisición de inmunidad pasiva a través del calostro materno; cuando esta transferencia es insuficiente, se refleja en bajas concentraciones de inmunoglobulinas en los terneros (Tizard, 1987). Este mecanismo constituye un factor clave para la supervivencia del neonato en su entorno, por lo que la falla en la transferencia pasiva de anticuerpos se asocia directamente con un incremento en la incidencia de enfermedades y mortalidad, generando además pérdidas económicas en los sistemas de producción (Flores et al., 2003).

La inmunoglobulina G (IgG) se encuentra distribuida en diversos fluidos corporales, como la linfa, la sangre, el suero, la leche, el lactosuero y el calostro bovino. Dentro de sus subtipos, la IgG1 destaca como la principal inmunoglobulina presente en secreciones como la saliva y la leche, además de desempeñar un papel clave en la transferencia de inmunidad hacia el neonato (Butler, 1969).

La concentración de inmunoglobulinas se considera el principal criterio para evaluar la calidad del calostro. No obstante, también es importante tener en cuenta otros componentes, como la grasa, las proteínas y los minerales, los cuales contribuyen de manera significativa a su valor nutricional (Zarei et al., 2017). En este sentido, una adecuada composición del calostro se refleja en un mejor desempeño de los animales, favoreciendo su crecimiento y productividad (Shivley et al., 2018).

Estas inmunoglobulinas desempeñan un papel fundamental en la activación de mecanismos bacteriolíticos, además de favorecer el reconocimiento de patógenos y la fagocitosis de bacterias por parte de los leucocitos (Silva-Del-Río et al., 2017). En consecuencia, contribuyen de manera significativa a la capacidad del ternero

para enfrentar los desafíos inmunológicos y sanitarios durante sus primeras etapas de vida.

Puppel et al. (2019) mencionan que diversos factores intrínsecos y extrínsecos pueden afectar la composición bioquímica del calostro, provocando cambios en la concentración y distribución de sus componentes nutricionales y bioactivos. Entre estos se incluyen condiciones de estrés ambiental, como la temperatura y la humedad relativa, así como la altitud, la raza, la edad de la vaca, el tipo de parto, la estación del año, la duración del periodo seco y factores de origen genético. Asimismo, Nguyen et al. (2019) reportan que diversos procesos tecnológicos pueden influir significativamente en la composición del calostro. Entre estos destacan la irradiación, el calentamiento, la deshidratación, la filtración y la homogeneización, los cuales pueden ocasionar cambios en sus características fisicoquímicas y biológicas.

La fracción proteica del calostro bovino está constituida por diversos componentes bioactivos, entre los que se incluyen las principales proteínas lácteas, así como hormonas, factores de crecimiento y citocinas. De acuerdo con Pakkanen y Aalto (1997), los elementos bioactivos más relevantes presentes en el calostro son los factores de crecimiento y los compuestos con actividad antimicrobiana. Gracias a su elevada concentración de estos compuestos, el calostro ejerce efectos beneficiosos en los terneros neonatos, especialmente durante los primeros días posteriores al parto y a lo largo de todo el periodo en que es secretado (Skrzypek, 2000; Kehoe et al., 2007).

Además de los nutrientes y componentes inmunológicos, el calostro y la leche materna contienen diversas hormonas y neuropéptidos que participan en importantes funciones fisiológicas. Entre ellos se encuentra la hormona del crecimiento (GH), la cual contribuye al desarrollo y adecuado funcionamiento del tracto gastrointestinal. Asimismo, se han identificado neuropéptidos como la neurotensina, la sustancia P, la somatostatina y el péptido intestinal vasoactivo; estos dos últimos destacan por su capacidad para modular la respuesta inmunitaria del organismo (Diehl y Askin, 2004; Field, 2005; Lönnerdal, 2003).

2.5 Herramientas para medir calostro

Una técnica práctica, rápida y de fácil aplicación en campo para evaluar la calidad del calostro es la calostrometría. Este método se fundamenta en el uso de un densímetro de vidrio, conocido como calostrómetro, que permite determinar la gravedad específica del calostro. Dicha medida presenta una alta correlación con la concentración de inmunoglobulinas, incluyendo IgG, IgA e IgM (Fleenor y Stott, 1980; Ahmann et al., 2021).

Existen también métodos directos de laboratorio para la evaluación de la calidad del calostro, entre los que se incluyen la inmunodifusión radial (RID) (Gelsinger et al., 2015), el ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA) (Dunn et al., 2017), la espectroscopía de transmisión infrarroja (IRS) (Elsohaby et al., 2018) y, más recientemente, diversos ensayos enzimáticos (Drikic et al., 2018), siendo estos últimos menos utilizados y aún en fase de mayor exploración.

La RID es una técnica cuantitativa de inmunodifusión empleada para determinar la concentración de antígenos en fluidos biológicos (Pechová et al., 2019). Este método permite la medición directa de la IgG y ha servido como base para el desarrollo de otros modelos indirectos que estiman su concentración mediante su correlación con parámetros como la gravedad específica, el índice de refracción o la proteína total plasmática (Pechová et al., 2019).

Por su parte, el ELISA, también denominado ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas, es ampliamente reconocido como una técnica de referencia o “gold standard” en el diagnóstico clínico, utilizada para la detección y cuantificación de biomarcadores proteicos (Thiha y Ibrahim, 2015).

El calostrómetro y la prueba de glutaraldehído no presentan una relación directamente proporcional; sin embargo, ambos pueden emplearse de manera independiente como herramientas orientativas para evaluar la calidad del calostro y verificar si el ternero ha ingerido una cantidad adecuada (Cedeño et al., 2015).

Por otra parte, Quijano et al. (2025) reportaron que el 50 % de las muestras de calostro analizadas correspondían a una calidad excelente (≥ 22 °Brix), mientras que el 30 % fueron clasificadas como de calidad intermedia y el 20 % como deficientes. En cuanto a la transferencia de inmunidad pasiva (TPI), el 80 % de los neonatos presentó resultados satisfactorios, en contraste con un 20 % en los que se evidenció falla. Asimismo, el 80 % de las muestras registró concentraciones de IgG superiores a 50 g/L, lo que indica una adecuada calidad inmunológica. No obstante, se observó un elevado conteo bacteriano total (1×10^6 UFC/mL), lo que podría comprometer la TPI, aunque el 40 % de las muestras cumplió con el estándar

de coliformes totales ($< 10,000$ UFC/mL). Cabe destacar que la aplicación de tratamiento térmico permitió una reducción significativa de la carga bacteriana

El refractómetro es un instrumento de laboratorio diseñado para medir la concentración de sólidos totales disueltos en una solución. Su desarrollo se atribuye al físico alemán Ernst Karl Abbe, quien trabajó en conjunto con el óptico Carl Zeiss durante el siglo XX para la creación y perfeccionamiento de este dispositivo (Masters, 2020).

En el caso de los refractómetros digitales, estos determinan el índice de refracción de los compuestos presentes, expresándolo en grados Brix (Bartens et al., 2016).

Por su parte, el calostrómetro está calibrado en intervalos de 5 mg/mL, permitiendo clasificar la calidad del calostro según su concentración de inmunoglobulinas. De esta manera, valores inferiores a 22 mg/mL se consideran de baja calidad (indicados en rojo), concentraciones entre 22 y 50 mg/mL corresponden a una calidad intermedia (amarillo), y valores superiores a 50 mg/mL se clasifican como de alta calidad (Shearer et al., 1992).

Un aspecto clave en el uso del calostrómetro es la temperatura del calostro al momento de la medición, ya que esta puede influir en la precisión de los resultados. Se ha reportado que las lecturas pueden variar aproximadamente 0.8 mg/mL por cada grado Celsius de cambio en la temperatura, por lo que se recomienda realizar la medición cuando el calostro se encuentre entre 20 y 25 °C (Godden, 2008). En este sentido, temperaturas superiores a este rango tienden a generar valores inferiores a los reales, mientras que temperaturas por debajo del rango

recomendado pueden producir lecturas artificialmente más altas (Heinrichs y Jones, 2011).

2.6 Transferencia de Inmunidad

Entre las inmunoglobulinas presentes en el calostro bovino destacan la IgG, la IgM y la IgA, siendo la primera la más abundante. La IgG comprende los subtipos IgG1 e IgG2 y constituye alrededor del 85 al 90 % del total de inmunoglobulinas encontradas en el calostro. Asimismo, la IgG1 se presenta en concentraciones superiores respecto a la IgG2 (Becker y Märtlbauer, 2016; Bellof y Granz, 2019).

Inmunoglobulinas. La leche contiene diferentes tipos de inmunoglobulinas, entre las que se incluyen IgG1, IgG2, IgA e IgM, las cuales presentan resistencia a la digestión gástrica y desempeñan un papel protector a nivel intestinal. Estas proteínas son capaces de impedir la adhesión de bacterias patógenas a las células epiteliales, promover la aglutinación bacteriana, neutralizar toxinas y contribuir a la inactivación de virus. Dentro de este grupo, la IgA, presente tanto en la leche como en el calostro, resulta especialmente relevante en los neonatos, ya que les proporciona inmunidad pasiva hasta que su barrera intestinal alcanza un adecuado grado de madurez funcional. Por otra parte, se ha demostrado que la IgM presenta una mayor eficiencia en procesos como la neutralización viral y la aglutinación bacteriana, además de ejercer una acción protectora frente a patógenos Gram-negativos como *Escherichia coli* y *Salmonella* (Diehl y Askin, 2004).

La adecuada transferencia de inmunoglobulinas calostrales, especialmente de IgG1, es un factor determinante en la prevención de la falla en la transferencia de

inmunidad pasiva. Cuando este proceso no se lleva a cabo de manera eficiente, aumenta el riesgo de que los terneros desarrollen enfermedades como enteritis, septicemia, artritis, onfalitis y neumonía. Esto se debe a que los neonatos inmunocomprometidos no producen cantidades suficientes de anticuerpos endógenos para alcanzar niveles protectores durante su primera semana de vida. Se ha reportado que las deficiencias en la transferencia de inmunidad pasiva pueden presentarse hasta en un 25 % de los neonatos (Logan, 1997).

La supervivencia del recién nacido está estrechamente relacionada con una adecuada transferencia de inmunidad pasiva materna, la cual se logra principalmente a través de la ingestión de calostro durante las primeras seis horas posteriores al nacimiento. La eficacia de esta transferencia puede determinarse mediante pruebas de campo, entre las que destacan la utilización de refractómetros para estimar la concentración de proteínas séricas y la prueba de turbidez con sulfito de sodio. De igual manera, pueden emplearse técnicas de laboratorio como la colorimetría, la electroforesis, la inmunodifusión radial y la cuantificación de enzimas indicadoras, incluyendo la gamma glutamil transferasa (GGT) y la fosfatasa alcalina, para evaluar el estado de inmunidad pasiva del neonato (Weaver et al., 2000).

Diversos estudios han demostrado que la inmunidad inducida en las vacas mediante la administración de bacterinas elaboradas con cepas atenuadas de *Escherichia coli* puede ser transferida eficazmente a los terneros a través de la ingestión de calostro durante las primeras horas posteriores al nacimiento (Godden et al., 2019). En este sentido, la vacunación de las vacas durante el periodo seco con biológicos polivalentes ha sido propuesta como una estrategia para incrementar la producción

de anticuerpos maternos, favoreciendo su posterior transferencia pasiva a las crías mediante el consumo de calostro (Sherwin y Down, 2018).

La inmunidad pasiva puede adquirirse por diferentes vías. Una de las principales es a través de la vacunación, la cual busca inducir memoria inmunológica en el animal, permitiendo que, ante una exposición posterior al agente patógeno, se genere una respuesta rápida, específica y de intensidad suficiente para conferir protección (Gamietea, 2019). Otra vía fundamental es el consumo oportuno de calostro de buena calidad y en cantidad adecuada por parte del neonato bovino, lo que permite la transferencia de inmunoglobulinas que brindan protección frente a diversos patógenos (Abdullahoğlu et al., 2019). También existe la posibilidad de adquirir inmunidad mediante la exposición directa al agente infeccioso.

De igual manera, se ha reportado que los animales que consumen calostro materno con contenido de leucocitos desarrollan una respuesta inmunitaria celular más intensa, particularmente cuando las vacas han sido inmunizadas previamente con un antígeno específico. Este efecto es superior al observado en crías provenientes de madres que no recibieron dicha inmunización (Godden et al., 2019).

El intestino delgado de la ternera recién nacida tiene la capacidad de absorber macromoléculas intactas, como inmunoglobulinas y otras proteínas, únicamente durante las primeras 24 horas de vida (Stott y Menefee, 1978; Larson et al., 1980). Posteriormente, ocurre el denominado “cierre intestinal”, proceso que limita la absorción de estos compuestos (Bush y Staley, 1980). Por ello, la incorporación de una cantidad suficiente de inmunoglobulinas que garantice la transferencia de

inmunidad pasiva debe llevarse a cabo dentro de este periodo crítico. En consecuencia, el suministro temprano y adecuado de calostro de alta calidad constituye uno de los factores de manejo más importantes para asegurar la salud y supervivencia de las terneras (Nocek et al., 1984).

Los problemas asociados a la transferencia de inmunidad pasiva suelen presentarse cuando los terneros no ingieren una cantidad suficiente de calostro durante las primeras 24 horas de vida. Diversos factores pueden influir en esta situación, entre ellos el nacimiento de crías débiles, el rechazo por parte de la madre, el tamaño de los pezones y las dificultades físicas para acceder a la glándula mamaria, como ocurre en casos de ubres péndulas o pezones de gran tamaño. Asimismo, la falta de supervisión durante partos nocturnos, la presencia de distocia y condiciones ambientales adversas, como lluvias intensas o temperaturas extremas, también pueden afectar el consumo de calostro. Por otro lado, los terneros nacidos por cesárea suelen presentar cuadros de acidosis, lo que disminuye su capacidad de ingestión de calostro. De igual manera, los partos prolongados asociados con anoxia o el uso de tracción pueden dar lugar a neonatos debilitados, con dificultad para incorporarse y localizar la ubre; a su vez, la madre puede presentar agotamiento, reduciendo su capacidad de cuidado hacia la cría. Finalmente, las vacas primíparas suelen mostrar menor habilidad materna debido a su inexperiencia, lo que limita la estimulación del ternero para que se levante y consuma calostro oportunamente (Zhao et al., 2003).

La mayor parte de las inmunoglobulinas G (IgG) presentes en el suero de los terneros proviene del calostro materno, siendo absorbidas principalmente durante

las primeras 16 horas de vida. La transferencia pasiva de IgG proporciona protección frente a agentes infecciosos a los que la madre ha estado expuesta, ya sea de forma natural o mediante vacunación, constituyendo una de las primeras líneas de defensa contra bacterias encapsuladas y estreptococos. Con el paso del tiempo, los niveles de IgG disminuyen progresivamente, alcanzando aproximadamente el 50 % de su concentración inicial entre los 20 y 30 días de edad. Posteriormente, los terneros comienzan a sintetizar sus propias inmunoglobulinas G en cantidades suficientes a partir de los 30 a 80 días de vida (Mate et al., 2013).

Niveles insuficientes de inmunoglobulinas en el suero sanguíneo incrementan el riesgo de enfermedad en las terneras, al disminuir su capacidad de respuesta frente a diversos patógenos. La adecuada transferencia de estas inmunoglobulinas a partir del calostro está condicionada por factores como la edad del neonato al momento de la administración, el volumen ingerido y la concentración de inmunoglobulinas contenida en el calostro. Dado que múltiples variables afectan el contenido de inmunoglobulinas, es fundamental seleccionar calostro de alta calidad para la alimentación de las crías. Además, el almacenamiento mediante refrigeración se presenta como una alternativa viable para conservar calostro de buena calidad sin comprometer sus propiedades (Elizondo, 2007).

Cuando el ternero no ingiere de manera oportuna una cantidad suficiente de inmunoglobulinas, se reduce de manera significativa su probabilidad de supervivencia. Este fenómeno se conoce como Falla en la Transferencia de Inmunidad Pasiva (FTIP) y se encuentra positivamente asociado con un incremento en las tasas de morbilidad y mortalidad (Parra, 2003).

Debido a que la placenta bovina no permite el paso de inmunoglobulinas desde la madre hacia el feto, estas deben ser suministradas a través del calostro y posteriormente absorbidas en el intestino del neonato. El calostro contiene las inmunoglobulinas necesarias para proporcionar protección frente a los principales agentes infecciosos presentes en el entorno. En este sentido, el momento de ingestión y la eficiencia en la absorción de las inmunoglobulinas calostrales resultan factores críticos para la supervivencia del ternero. Martínez et al. (2000) demostraron que aquellos terneros que consumieron calostro por primera vez después de las dos horas posteriores al parto presentaron un riesgo 8.24 veces mayor de enfermar en comparación con aquellos que lo ingirieron dentro de las primeras dos horas de vida.

Es importante considerar que, a partir del momento del parto, la composición del calostro comienza a modificarse progresivamente, adquiriendo características cada vez más similares a la leche madura, lo que conlleva una rápida disminución en la concentración de inmunoglobulinas. Paralelamente, ocurre un proceso fisiológico conocido como “cierre intestinal”, mediante el cual el intestino del neonato pierde gradualmente su capacidad para absorber macromoléculas, volviéndose prácticamente nula alrededor de las 24 horas de vida. En este contexto, el momento de ingestión es determinante, ya que durante la primera hora de vida se puede absorber aproximadamente el doble de inmunoglobulinas en comparación con lo que se absorbe a las nueve horas de edad (Perino et al., 1995).

2.7 Bacterias presentes en el calostro

El calostro no es un fluido estéril. Aun cuando presente una calidad inmunológica excelente, puede contener una carga bacteriana considerable, por lo que su evaluación no debe limitarse al contenido de inmunoglobulinas. Las bacterias presentes en el calostro tienen dos orígenes principales: por un lado, los microorganismos que provienen de la propia glándula mamaria, incluidos los agentes asociados a infecciones intramamarias o mastitis; por otro, la contaminación que ocurre durante el ordeño, la manipulación, el equipo de recolección y el almacenamiento, frecuentemente de origen ambiental y fecal (Godden, 2008; Miranda et al., 2023).

Los estudios recientes basados en secuenciación del gen ARNr 16S han permitido caracterizar la microbiota del calostro bovino con mayor detalle. Estos trabajos coinciden en que los filos más abundantes son Firmicutes, Actinobacteriota, Bacteroidota y Proteobacteria, con predominio a nivel de género de *Acinetobacter*, *Corynebacterium*, *Facklamia*, *Jeotgalicoccus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Psychrobacter* y *Staphylococcus* (Conboy-Stephenson et al., 2025). De manera similar, se han identificado géneros y familias bacterianas centrales (core) comunes a distintos hatos (Chen et al., 2021).

No obstante, el calostro también puede albergar bacterias patógenas y de deterioro de relevancia sanitaria. Entre las de mayor preocupación se encuentran los coliformes (principalmente *Escherichia coli*), *Salmonella spp.*, *Mycoplasma spp.*, *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis* —agente de la paratuberculosis o enfermedad de Johne— y patógenos asociados a mastitis como *Staphylococcus*

aureus y *Streptococcus spp.* (Miranda et al., 2023). Dado que el calostro es uno de los primeros alimentos que recibe el ternero, constituye también una de sus primeras vías de exposición a estos agentes, capaces de provocar cuadros de septicemia y diarrea neonatal. Además, desde un enfoque de "Una Salud" (One Health), el calostro contaminado puede actuar como vehículo de transmisión de patógenos zoonóticos y de genes de resistencia a los antibióticos hacia otros animales y hacia el ser humano que consume calostro o sus derivados (Miranda et al., 2023).

Por lo anterior, las guías de manejo establecen como criterios microbiológicos de aceptación un recuento bacteriano total inferior a 100 000 UFC/mL y un recuento de coliformes totales menor a 10 000 UFC/mL. Sin embargo, los estudios de campo evidencian que una proporción importante del calostro producido en las explotaciones no cumple con estos estándares: en hatos lecheros de Colombia, por ejemplo, se reportó que solo el 82 % de las muestras de calostro fresco cumplió el estándar de menos de 100 000 UFC/mL y el 76 % el de coliformes (menos de 10 000 UFC/mL) (Guzman et al., 2020).

2.8 ¿Cómo tratamos de disminuir las bacterias?

El control de la carga bacteriana del calostro se aborda mediante dos líneas de acción complementarias. La primera, de carácter preventivo, busca limitar la contaminación desde el origen a través de buenas prácticas de higiene durante la recolección y el manejo: la desinfección de los pezones antes del ordeño, la limpieza y desinfección del equipo de recolección y alimentación después de cada uso, y el

enfriamiento rápido del calostro. Se ha demostrado que la limpieza poco frecuente del equipo de recolección se asocia con un mayor recuento bacteriano, mientras que la desinfección de los pezones previa al ordeño y la pasteurización del calostro se asocian con su reducción (Guzman et al., 2020; Miranda et al., 2023).

El tratamiento térmico es el método más estudiado y eficaz para reducir la carga bacteriana del calostro. El protocolo recomendado consiste en calentar el calostro a 60 °C durante 60 minutos, condición que disminuye de manera marcada el recuento bacteriano total, los coliformes y patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis* y *Mycoplasma spp.*, conservando al mismo tiempo la concentración de inmunoglobulinas. Por el contrario, temperaturas superiores a 60 °C desnaturalizan la IgG y comprometen la calidad inmunológica del calostro, por lo que el control preciso de la temperatura resulta indispensable (Denholm, 2022).

El empleo de bajas temperaturas constituye otra estrategia ampliamente utilizada. La refrigeración limita la proliferación bacteriana durante períodos breves, mientras que la congelación permite conservar el calostro por períodos prolongados (Denholm, 2022).

Finalmente, los conservadores químicos y orgánicos representan una alternativa de bajo costo y fácil aplicación en campo. Entre los más empleados se encuentran los ácidos orgánicos (propiónico y fórmico), el sorbato de potasio, el benzoato de sodio y la fermentación natural con bacterias ácido-lácticas; en términos generales, su acción consiste en acidificar el calostro y reducir su pH, lo que inhibe el crecimiento de los microorganismos y prolonga su vida útil, aunque algunos pueden ocasionar

pérdidas de nutrientes (Denholm, 2022; Lanuza, 1989). En esta misma búsqueda de aditivos inocuos, de bajo costo y de grado alimenticio con capacidad antimicrobiana se inscribe el bicarbonato de sodio, al cual se le ha atribuido un efecto bacteriostático dependiente de la concentración (Farha et al., 2018; Dobay et al., 2018), y cuyo efecto sobre la carga bacteriana del calostro bovino constituye el objeto del presente estudio.

2.9 Almacenamiento del calostro bovino

La implementación de estrategias para la conservación del calostro representa una práctica de gran importancia en las unidades de producción ganadera de México, ya que permite contar con reservas disponibles para la alimentación de las terneras cuando sea necesario. La selección del método de almacenamiento debe considerar las condiciones y recursos de cada explotación. En este sentido, se ha señalado que el calostro fresco puede mantenerse en buenas condiciones durante un periodo de 2 a 3 días, siempre que se almacene en recipientes apropiados y a temperaturas inferiores a 12–15 °C (Lanuza, 1989).

Las vacas que paren en condiciones de salud óptimas producen calostro en cantidad y calidad suficientes para cubrir las necesidades de las terneras recién nacidas, lo que facilita una transferencia exitosa de inmunidad pasiva. El calostro que no se consume de inmediato, siempre que mantenga un alto valor inmunológico y propiedades fisicoquímicas adecuadas, puede almacenarse para su uso posterior en terneras con riesgo de deficiencia de inmunidad pasiva, emplearse en sistemas de calostro artificial o incluso incorporarse como suplemento a la alimentación de

terneras de mayor edad. Este calostro conservado recibe el nombre de “Banco de calostro” (INIA, 2017).

La adopción de procedimientos adecuados para la recolección y manejo del calostro es fundamental para garantizar que las terneras reciban cantidades suficientes de calostro de alta calidad durante sus primeros días de vida. Esto es especialmente importante debido a que este producto biológico influye de manera significativa en la salud, el desarrollo y el desempeño productivo futuro de los animales (Bottema et al., 2021). De acuerdo con Stewart et al. (2005), una vez obtenido, el calostro no debe permanecer a temperatura ambiente, ya que la proliferación bacteriana puede incrementarse rápidamente en poco tiempo. Para su conservación pueden utilizarse métodos como la refrigeración y la congelación; asimismo, se han propuesto alternativas basadas en el uso de conservadores orgánicos y químicos aptos para uso alimentario (Hernández et al., 2014).

Usuga et al. (2022) señalan que, para garantizar una correcta conservación mediante refrigeración, el calostro debe recolectarse en recipientes de plástico debidamente desinfectados, con una capacidad mínima de 250 ml destinada a cada animal evaluado. Además, se recomienda evaluar de manera inmediata el contenido de inmunoglobulina G (IgG) durante las primeras horas tras el parto, empleando técnicas de cuantificación como la refractometría Brix.

Diversos estudios recientes indican que el calostro conservado mediante congelación a -4°C puede almacenarse hasta un año, siempre que no se haya producido ningún proceso de descongelación durante ese tiempo (INIA, 2017). Por

otro lado, la congelación a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ puede provocar una reducción en las concentraciones de IgM y de IGF-1, mientras que la liofilización no altera de manera significativa los componentes bioactivos. Asimismo, la adición de preservantes orgánicos o químicos permite prolongar la conservación del calostro, aunque este procedimiento puede generar pérdidas de nutrientes, principalmente lactosa y proteínas (Abd Fattah et al., 2014).

El calostro conservado durante 10 horas a temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$) puede ser utilizado para alimentar a terneros recién nacidos que no hayan logrado consumir calostro directamente de la ubre en las primeras dos horas de vida. Además, si el calostro presenta una densidad adecuada ($>1.057\text{ g/ml}$), puede emplearse como refuerzo inmunológico; de lo contrario, se puede aprovechar como complemento nutricional. Esta misma consideración aplica para calostros acidificados, refrigerados o congelados durante los periodos evaluados en el estudio (Hernandez et al., 2014).

De acuerdo con Quigley et al. (2013), la creación de bancos de calostro constituye una estrategia efectiva para minimizar los problemas asociados con vacas que producen calostro de baja calidad. Las muestras congeladas suministradas por estos bancos pueden cubrir las necesidades de los terneros en situaciones imprevistas; sin embargo, los animales alimentados con calostro previamente congelado podrían presentar una respuesta inmune innata más lenta que aquellos que reciben calostro fresco (Costa et al., 2017). Estudios previos han evidenciado que la congelación afecta la viabilidad celular del calostro (Reber et al., 2008), por

lo que, aunque su almacenamiento es una alternativa útil, es fundamental conocer cómo se mantiene la calidad del calostro durante el proceso de congelación.

La concentración de inmunoglobulinas en el calostro se mantiene estable a temperatura ambiente hasta cuatro horas después del parto; transcurrido este tiempo, los niveles de IgG disminuyen de manera significativa (Angulo et al., 2015). No obstante, la congelación del calostro no provoca una pérdida de su calidad inmunológica. Este producto biológico se conserva frecuentemente mediante refrigeración por períodos limitados, mientras que la congelación permite almacenar el calostro prácticamente sin pérdida de nutrientes esenciales como proteínas, sólidos totales, minerales y lactosa, aunque requiere un manejo adecuado y un proceso de descongelación cuidadoso para garantizar su efectividad (Fleenor et al., 1980; Borad y Singh, 2018). De igual forma, el contenido de IgG no se ve alterado por la congelación.

El propósito de congelar el calostro es mantener su calidad para ser utilizado en terneros durante situaciones críticas, tales como la producción de calostro de baja calidad por parte de la madre, volúmenes insuficientes de calostro, o incluso en casos severos de pérdida materna (Johnson et al., 2008).

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (2015) señala que, para garantizar una adecuada conservación del calostro congelado, este debe almacenarse a una temperatura de -20 °C en envases de plástico esterilizados y herméticamente cerrados. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que la repetición de los procesos de congelación y descongelación puede ocasionar modificaciones en sus propiedades fisicoquímicas y en su capacidad inmunológica (Morrill et al., 2012).

Entre los métodos recomendados para descongelar el calostro se encuentran el baño maría a 37 °C y el uso de microondas a 312 W, calentando el calostro entre 37 y 41 °C (Robbers et al., 2021). El uso de microondas a potencias mayores se asocia con pérdidas más significativas de IgG; por ejemplo, a 200 W se observa una reducción del 20%, mientras que a 350 W la pérdida asciende al 31% (Balthazar et al., 2015). Por otro lado, el calentamiento a baño maría a 50 y 60 °C provoca una disminución de IgG similar a la obtenida a 40 °C (aproximadamente 8%), pero elevar la temperatura por encima de 60 °C genera una pérdida considerable de IgG, cercana al 26% (Novo et al., 2017).

El manejo de las vacas durante el período preparto tiene un impacto directo en la calidad del calostro. Por otro lado, factores como el grupo genético y la paridad de la vaca no parecen afectar ni la calidad del calostro ni la transferencia de inmunidad pasiva a la ternera. Asimismo, la congelación del calostro no altera su calidad inmunológica ni su composición centesimal, aunque con el tiempo se observa una disminución en el contenido de grasa (Schogor et al., 2020).

La liofilización es un método de conservación de alimentos cuyos antecedentes se remontan a la cultura Inca y que, con el tiempo, fue incorporado por la industria alimentaria para la elaboración de productos destinados a grupos con necesidades específicas, como alpinistas, astronautas y personal militar. Actualmente, los alimentos liofilizados también forman parte de la oferta comercial para el consumidor en general. Este procedimiento consta de cuatro etapas fundamentales: preparación, congelación, secado primario y secado secundario (SAGyP, 2017). Su principio consiste en congelar el producto y posteriormente eliminar el agua

contenida en forma de hielo mediante sublimación, aplicando calor bajo condiciones de vacío, lo que permite que el agua pase directamente del estado sólido al gaseoso sin atravesar la fase líquida.

Diversos estudios han demostrado que el calostro liofilizado favorece una mayor absorción intestinal de inmunoglobulina G en comparación con el calostro conservado mediante congelación (Castro et al., 2005). Asimismo, esta técnica ofrece ventajas adicionales, como la disminución de la carga bacteriana, una mayor vida útil del producto almacenado y un mejor control de agentes infecciosos potencialmente perjudiciales para los neonatos (Moretti et al., 2012). Sin embargo, su aplicación puede verse limitada por la necesidad de contar con equipos especializados de alto costo, así como por la capacitación técnica requerida para su correcta operación, factores que representan un desafío para los pequeños productores (Usuga et al., 2022).

2.10 Aditivos para el calostro bovino

Disponer de diversas estrategias para la conservación del calostro es de gran importancia dentro de los sistemas de producción, siendo la incorporación de aditivos orgánicos y/o químicos una alternativa ampliamente utilizada. Una vez añadidos y bajo condiciones adecuadas de almacenamiento, estos compuestos ayudan a limitar la proliferación de microorganismos presentes en el calostro, permitiendo prolongar su vida útil hasta aproximadamente 15 a 20 días. En general, su mecanismo de acción se basa en la rápida acidificación del producto, creando condiciones desfavorables para el crecimiento microbiano. Entre los preservantes

más empleados se encuentran el ácido propiónico al 0.5 % (v/v), el ácido acético al 0.5 % (v/v), el formaldehído al 0.1 % (v/v) y los cultivos lácteos al 1 % (v/v) (Lanuza, 1989).

3.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del estudio

Este experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el laboratorio de química del departamento de ciencias básicas; Ubicado en Periférico Raúl López Sánchez, valle verde, 27054 Torreón, Coahuila.

Coordenadas 25°23'36"N 101°00'02"O

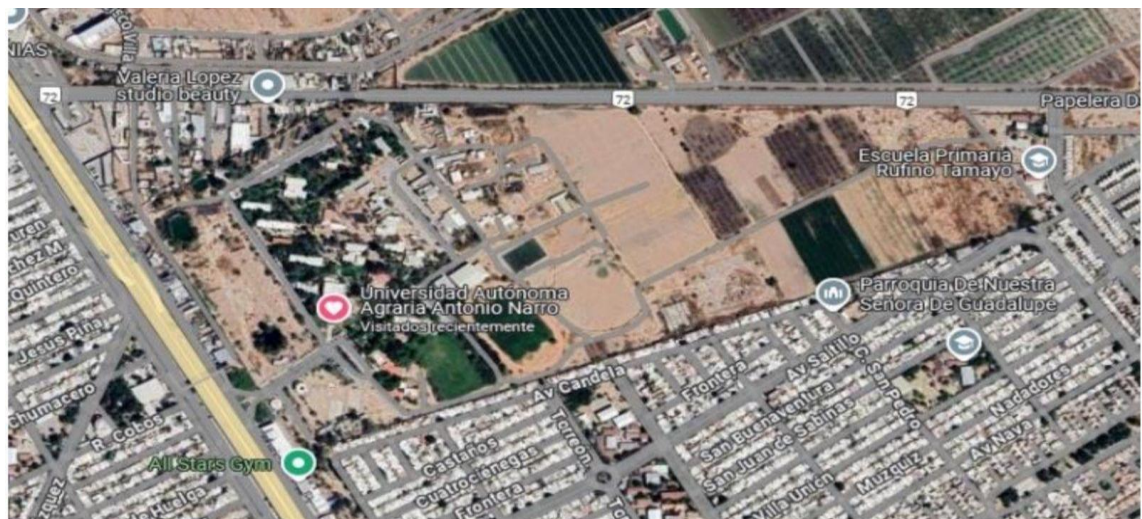


Figura 1 Ubicación UAAAN

3.2 Transporte de la muestra ya recolectada

Una vez recolectada, la muestra de calostro se colocó en una hielera con hielo para mantener la cadena de frío a una temperatura de entre 2 y 7 °C durante su traslado al laboratorio, con el fin de evitar la proliferación bacteriana antes de su procesamiento.



Figura 2 Muestra de calostro

3.3 Diseño experimental

El estudio se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con siete tratamientos: un control (calostro sin bicarbonato) y seis concentraciones de bicarbonato de sodio (0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 y 10.0 %), evaluados bajo un mismo tiempo de exposición de 30 minutos. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, para un total de 28 unidades experimentales, aplicadas sobre muestras independientes de calostro bovino.

3.4 Preparación de la muestra

3.4.1 Agua peptonada

Preparación del agua peptonada (Cuadro 2) para realizar las diluciones decimales.

Cuadro 2 Ingredientes de Agua Peptonada

Ingredientes	Cantidades
Peptona	0.5 g
Cloruro de sodio	4.25 g
Agua	500 ml

Disolvemos todo en 500 ml de agua, ajustando el pH a 7. Después esterilizamos a °C en minutos. Considerando que el pH y los volúmenes finales de la solución deberá ser igual que la de un inicio. En caso de no usar inmediatamente el diluyente, almacenamos en un lugar sin luz a temperatura 0°C a 5°C que no pase de un mes en tiempo para no alterar su volumen o composición.

3.4.2 Preparación de tubos de ensayo con diluyente

Se tomó 1 mL de la muestra de calostro y se transfirió a un tubo con 9 mL del diluyente —previamente atemperado a una temperatura similar a la de la muestra, evitando que la pipeta entrara en contacto con el diluyente para no contaminarlo. Esta proporción (1:10) constituye la dilución primaria (10^{-1}). Posteriormente, los tubos se homogeneizaron con ayuda de un agitador tipo vórtex.



Figura 3 Tubos de ensayo con diluciones

3.4.3 Diluciones decimales

A partir de la dilución primaria (10^{-1}), se transfirió 1 mL a un tubo con 9 mL de diluyente estéril atemperado, evitando el contacto de la pipeta con el diluyente, para

obtener la dilución 10^{-2} . El procedimiento se repitió de forma seriada, mezclando con cuidado en cada paso, hasta obtener diluciones decimales desde 10^{-1} hasta 10^{-7} , conforme a la NOM-110-SSA1-1994.



Figura 4 Tubos de ensayo para diluciones

3.5 Preparación de agares

3.5.1 Agar Triptona-Extracto de levadura (Agar para cuenta estándar)

Para la determinación de la carga bacteriana se empleó agar triptona-extracto de levadura (agar para cuenta estándar), medio recomendado por la NOM-092-SSA1-1994 para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Su preparación se realizó bajo condiciones de asepsia, como se describe a continuación.

Cuadro 3 Agar Triptona-Extracto de Levadura (Agar para cuenta estándar)

Ingredientes	Cantidades
Extracto de Levadura	1.25 g
Triptona	2.25 g
Dextrosa	0.5 g
Agar	7.5 g
Agua	500 ml

**Figura 5** Preparación del Agar para cuenta estándar.

Disolvemos los componentes en 500 ml de agua para después hervir y tener una disolución total. Mantenemos limpia y acomodada la mesa de trabajo para colocar las cajas petri de forma que podamos manejar la inoculación cómodamente, la adición del medio de cultivo y la homogeneización. Es importante marcar las cajas con la información necesaria de identificación antes de realizar el procedimiento.

Una vez inoculadas las diluciones en cajas petri añadimos de 15 a 20 ml de agar. Mezclamos mediante 6 movimientos a la derecha en círculos y 6 movimientos a la izquierda, trabajando sobre una mesa firme y horizontal. Asegurando que el inoculó se incorporé de manera adecuada sin tener contacto con la tapa de las cajas y esperamos a que se solidifiquen. Para el control de esterilidad del inoculó, se agregó una caja preparada solo con diluyente. El manejo no debe exceder los 20 min una vez que la muestra se incorpora al diluyente.

Para la incubación es necesario mantener las cajas invertidas (con la tapa hacia abajo) durante el tiempo y temperatura adecuadas, esto dependerá del tipo de alimento y del microorganismo.

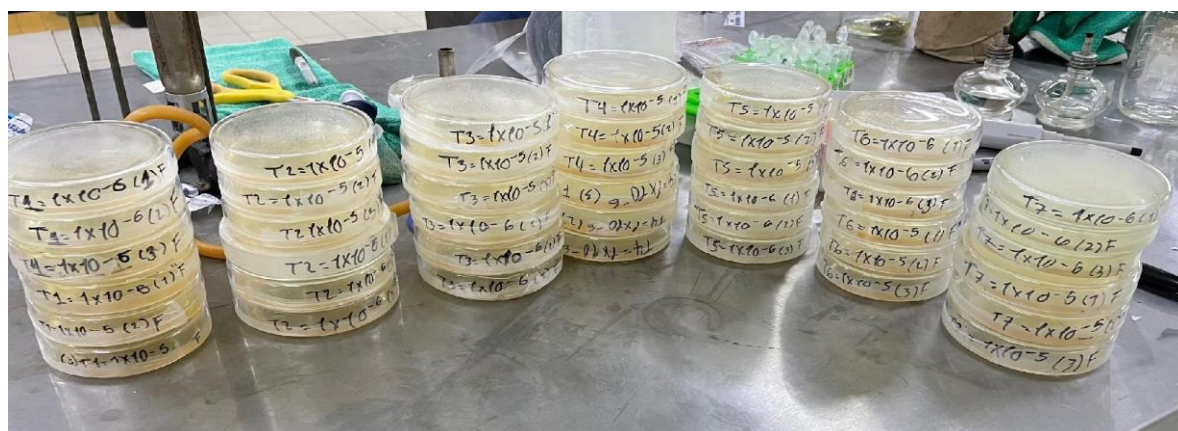


Figura 6 Incubación de cajas Petri con muestra ya preparada

3.6 Conteo por placa

Transcurrido el periodo de incubación (35 ± 2 °C durante 48 ± 2 h para bacterias mesófilas aerobias), se realizó el conteo de colonias con ayuda de un contador de colonias. De acuerdo con la NOM-092-SSA1-1994, se seleccionaron únicamente las placas que presentaron entre 25 y 250 colonias, con el fin de reducir el error de

la cuenta. Se contabilizaron todas las colonias desarrolladas, incluidas las puntiformes, con excepción de las de mohos y levaduras, y se registró el número de colonias junto con la dilución correspondiente. Cuando fue necesario, se empleó el microscopio para distinguir las colonias de las partículas de la muestra.

3.7 Cálculo del método

El número de unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL) se obtuvo multiplicando el número de colonias contadas por el inverso de la dilución correspondiente (NOM-092-SSA1-1994). Cuando una sola dilución se encontró dentro del intervalo de 25 a 250 colonias, se aplicó:

$$\text{UFC/mL} = \text{N.º de colonias} \times (1 / \text{dilución})$$

Cuando dos diluciones consecutivas presentaron placas dentro del intervalo contable, el resultado se calculó mediante el promedio ponderado:

$$N = \Sigma C / [(n_1 + 0.1 n_2) \times d]$$

Donde ΣC es la suma de las colonias contadas en todas las placas consideradas, n_1 el número de placas de la dilución menos diluida, n_2 el número de placas de la dilución siguiente y del factor de la dilución más baja contada.

3.8 Informe de la prueba

El resultado se redondeó a dos cifras significativas, conforme a la NOM-092-SSA1-1994: cuando el tercer dígito de izquierda a derecha fue cinco o mayor, el segundo se elevó a la cifra inmediata superior (por ejemplo, 128 se reporta como 130); cuando fue cuatro o menor, el tercer dígito se sustituyó por cero (por ejemplo, 2 417

se reporta como 2 400). El recuento se expresó como: "Unidades formadoras de colonias, UFC/mL de bacterias aerobias en placa en agar triptona-extracto de levadura (agar para cuenta estándar), incubadas 48 horas a 35 °C". Cuando el número de colonias quedó fuera del intervalo de 25 a 250, el valor se reportó como una estimación, según los criterios de la norma.

3.9 Análisis estadístico

Los recuentos bacterianos (UFC/mL) se transformaron a logaritmo base 10 ($\log_{10}$ UFC/mL) para cumplir los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) correspondiente a un diseño completamente al azar, conforme al modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde Y_{ij} es el recuento bacteriano ($\log_{10}$ UFC/mL) del tratamiento i en la repetición j ; μ es la media general; τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento (concentración de bicarbonato de sodio) y ε_{ij} es el error experimental. Cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). El análisis estadístico se realizó con el lenguaje R, versión 4.6.0, mediante el entorno de desarrollo integrado RStudio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La carga bacteriana del calostro bovino mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados (ANOVA, $F_{(5,18)} = 10.71$, $p < 0.001$). Los valores de recuento, expresados como unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL), junto con el pH de cada tratamiento, se presentan en el Cuadro 4, mientras que la Figura 1 ilustra de manera conjunta el comportamiento de la carga bacteriana y del pH a lo largo del gradiente de concentraciones. Conviene precisar que el análisis de varianza se realizó únicamente sobre los seis tratamientos cuyos recuentos se ubicaron dentro del intervalo contable establecido por la NOM-092-SSA1-1994 (25 a 250 colonias por placa), ya que el tratamiento con bicarbonato al 10 % presentó crecimiento confluyente en sus cuatro repeticiones, lo que impidió su cuantificación precisa y obligó a reportarlo como una cuenta estimada superior a 2.5×10^8 UFC/mL.

Cuadro 4 Carga bacteriana y pH del calostro bovino por tratamiento.

Tratamiento	pH	Media UFC/mL	$\log_{10}$ (media $\pm$ DE)	Grupo ¹
Control	6.0	2.6×10^7	7.41 ± 0.08	a
0.2 %	6.5	5.9×10^7	7.77 ± 0.02	ab
0.5 %	8.0	5.6×10^7	7.71 ± 0.23	ab
1 %	8.0	1.0×10^8	7.98 ± 0.13	bc
2 %	8.0	1.5×10^8	8.17 ± 0.04	c
5 %	8.0	4.4×10^7	7.55 ± 0.30	a
10 %	8.0	$>2.5 \times 10^8$ (estimado)	—	— ²

¹ Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$). ²

Excluido del ANOVA por crecimiento confluyente.

El calostro control, es decir, sin adición de bicarbonato, registró la menor carga bacteriana, con una media de 2.6×10^7 UFC/mL. A partir de este punto de referencia, se esperaba que la incorporación de bicarbonato de sodio produjera una disminución progresiva del recuento; sin embargo, los datos describieron una tendencia contraria. Las concentraciones de 0.2 %, 0.5 % y 5 % presentaron cargas bacterianas de 5.9×10^7 , 5.6×10^7 y 4.4×10^7 UFC/mL, respectivamente, valores que no difirieron estadísticamente del control y que quedaron agrupados con él en una misma categoría. En cambio, los tratamientos con 1 % y 2 % de bicarbonato alcanzaron recuentos de 1.0×10^8 y 1.5×10^8 UFC/mL, significativamente superiores a los del control ($p < 0.05$, prueba de Tukey), de modo que el tratamiento al 2 % constituyó la mayor carga bacteriana entre los tratamientos contables, seguido por el 10 %, que resultó incontable. En síntesis, ninguna de las concentraciones de bicarbonato evaluadas logró reducir la carga bacteriana del calostro respecto al control, y algunas de ellas la incrementaron.

El comportamiento del pH ayuda a comprender este patrón. Mientras que el calostro control mantuvo un pH de 6.0 y el tratamiento al 0.2 % uno de 6.5, todas las concentraciones iguales o superiores a 0.5 % elevaron el pH hasta 8.0 (Figura 1). De esta forma, el aumento en la concentración de bicarbonato se tradujo en una alcalinización marcada del calostro, que coincidió, en el intervalo de 0.5 a 2 %, con el incremento de la carga bacteriana. La robustez de estas diferencias fue

confirmada mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($H = 17.34$, $p = 0.004$), la cual coincidió con el ANOVA pese a la ligera desviación de la normalidad detectada en los residuales; las varianzas, por su parte, resultaron homogéneas (prueba de Levene, $p = 0.62$).

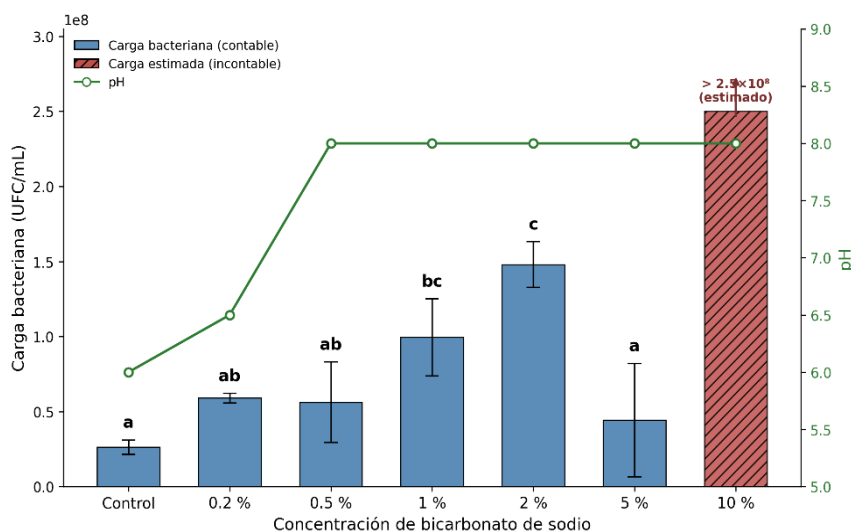


Figura 7 Concentraciones del bicarbonato de sodio

En conjunto, estos resultados no respaldan la hipótesis de partida, según la cual el bicarbonato de sodio reduciría la carga bacteriana del calostro de manera dependiente de la concentración. Por el contrario, el efecto observado fue nulo en las concentraciones bajas y desfavorables en las intermedias. Para interpretar este hallazgo es necesario contrastar las condiciones del presente ensayo con aquellas en las que se ha descrito la actividad antimicrobiana del bicarbonato. Dicha actividad se ha documentado principalmente en medios de cultivo definidos, a concentraciones del orden de 25 a 100 mmol/L, donde el ion bicarbonato actúa como un dissipador selectivo del gradiente de pH de la fuerza protón-motriz a través de la membrana citoplasmática (Farha et al., 2018), y se ha verificado tras periodos

de incubación prolongados, de varias horas, sobre cultivos puros (Dobay et al., 2018). El escenario evaluado en esta investigación fue sustancialmente distinto: el bicarbonato se aplicó durante un tiempo de exposición breve, de apenas 30 minutos, sobre una matriz biológica compleja, rica en nutrientes y dotada de una elevada capacidad amortiguadora, como es el calostro. Es razonable suponer que estas condiciones impidieron que el bicarbonato ejerciera el efecto bacteriostático observado en sistemas más simples y controlados. Cystic Fibrosis News Today

A la limitación del tiempo y de la matriz se suma un factor adicional de gran relevancia: el carácter dual del bicarbonato frente a las bacterias. Revisiones recientes han subrayado que el bicarbonato constituye un "arma de doble filo", ya que, si bien posee propiedades antimicrobianas en determinadas condiciones, en otras regula la expresión génica, promueve el crecimiento y la formación de biopelículas e incrementa la virulencia de diversas bacterias (Aspatwar et al., 2025). Bajo esta perspectiva, la alcalinización del calostro hasta pH 8 pudo haber generado un ambiente más favorable para el desarrollo de bacterias tolerantes a medios neutros y alcalinos, al tiempo que el propio bicarbonato pudo actuar como un estímulo metabólico para parte de la microbiota presente. Este comportamiento dual ofrece una explicación plausible al aumento de la carga bacteriana registrado en las concentraciones de 1 y 2 %, donde se conjugaron una elevada disponibilidad de bicarbonato y un pH alcalino.

No obstante, el patrón observado no fue estrictamente proporcional a la concentración. El tratamiento al 5 %, por ejemplo, presentó una carga menor que los de 1 y 2 %, además de una variabilidad considerable entre repeticiones, reflejada

en su elevada desviación estándar. Esta falta de una relación dosis-respuesta clara, sumada al reducido número de repeticiones por tratamiento, aconseja prudencia en la interpretación y sugiere que, junto con el efecto del bicarbonato, intervinieron la variabilidad biológica propia del calostro y la heterogeneidad de su contaminación inicial. De hecho, conviene destacar que el calostro control partió de una carga bacteriana de 2.6×10^7 UFC/mL, valor muy superior al límite de 1×10^5 UFC/mL recomendado para el calostro destinado a la alimentación de terneros (Guzman-Carazo et al., 2020; Miranda et al., 2023). Esta elevada contaminación de origen, frecuente en las explotaciones, no solo dificulta la detección de efectos sutiles de un aditivo, sino que refuerza la importancia de disponer de métodos de control bacteriano verdaderamente eficaces.

En este último sentido, los resultados adquieren un significado práctico claro. A diferencia de estrategias de eficacia comprobada, como el tratamiento térmico a 60 °C o la conservación en frío (Denholm, 2022), el bicarbonato de sodio no demostró capacidad para disminuir la carga bacteriana del calostro bajo las condiciones aquí evaluadas, por lo que no puede recomendarse como sustituto de aquellas. Ello no descarta de manera definitiva su utilidad, pero sí delimita las condiciones en que fue probado.

Finalmente, deben reconocerse las limitaciones del estudio, que a su vez señalan líneas de investigación futuras. Entre ellas se encuentran el breve tiempo de exposición de 30 minutos, la ausencia de identificación de los géneros bacterianos presentes en el calostro, el número reducido de repeticiones y la imposibilidad de cuantificar el tratamiento al 10 % por crecimiento confluyente. Investigaciones

posteriores podrían evaluar tiempos de exposición más prolongados, ensayar la combinación del bicarbonato con otros conservadores o con tratamiento térmico, e incorporar la caracterización de la microbiota del calostro mediante técnicas moleculares, con el fin de esclarecer los mecanismos que subyacen al comportamiento observado en el presente trabajo.

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones evaluadas en el presente trabajo, la adición de bicarbonato de sodio no redujo la carga bacteriana del calostro bovino tras un tiempo de exposición de 30 minutos. Ninguna de las seis concentraciones probadas disminuyó el recuento bacteriano respecto al calostro control; por el contrario, las concentraciones de 1 y 2 % lo incrementaron de manera significativa, mientras que el tratamiento al 10 % produjo un crecimiento confluyente que impidió su cuantificación. En consecuencia, no se cumple la hipótesis planteada, según la cual el bicarbonato reduciría la carga bacteriana de forma dependiente de la concentración.

El incremento en la concentración de bicarbonato se asoció con una alcalinización progresiva del calostro, que alcanzó un pH de 8.0 en las concentraciones iguales o superiores a 0.5 %. Esta modificación del pH, aunada al breve tiempo de exposición y a la naturaleza rica en nutrientes y altamente amortiguadora del calostro, constituye la explicación más probable de la ausencia del efecto bacteriostático esperado e, incluso, del aumento bacteriano observado en las concentraciones intermedias.

Desde el punto de vista práctico, se concluye que el bicarbonato de sodio, en las concentraciones y el tiempo de exposición evaluados, no representa una alternativa eficaz para mejorar la calidad microbiológica del calostro bovino, por lo que no puede sustituir a los métodos de control de eficacia comprobada, como el tratamiento térmico o la conservación en frío. La pertinencia de su uso en otras condiciones —tiempos de exposición más prolongados o en combinación con otros tratamientos— queda como una interrogante abierta para futuras investigaciones.

6. LITERATURA CITADA

- Abd, F. A. M., Abd, R. F. H., El-Dieb, S. M., y Satar, El-Kashef. H. A. 2014. Preservation methods of buffalo and bovine colostrum as a source of bioactive components. *International Dairy Journal*. 39(1): 24-27.
- Abdullahoğlu, E., Duru, S., Özlüer, A., y Filya, İ. 2019. Factors affecting colostrum quality and calf passive transfer levels in Holstein cattle. *Animal Science Papers & Reports*. 37(1):29-39.
- Abul, K. A., Lichtman, H.A., y Poher, S. J. 1996. *Inmunología celular y molecular*. 3d ed, México DF:Interamericana
- Agudelo, D., y Bedoya, O. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*. 2: 38 - 42, 32 - 61.
- Ahmann, J., Steinhoff, W. J., y Büscher, W. 2021. Determining immunoglobulin content of bovine colostrum and factors affecting the outcome. A Review. *Animals*. 11(12): 35-87.
- Alais, C., y Godina, A. 2017. *Principios de Técnica Lechera*. (2.^a ed.). Reverté S. A. 23 - 52.
- Alves, A. C., Alves, I. J. Ascari, F. B. Junqueira, A. S. Coutinho, R. R. Lima, J. R. O. Pérez, De Paula, S. O., Furusho, I. F., y Abreu, L. R. 2015. Colostrum composition of Santa Inês sheep and passive transfer of immunity to lambs. *J. Dairy Sci*. 98(6):3706- 3716.
- Angulo, J., Gómez, L. M., Mahecha, L., Mejía, E., Henao, J., y 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. *Trop anim health prod*. 47(4):699-705.
- Aspatwar, A., Parkkinen, J., y Parkkila, S. 2025. Physiological role of bicarbonate in microbes: A double-edged sword? *Virulence*, 16(1):2474865.
- Balthazar, E., Doligez, E., Leray, O., y Cozler, Y. Í. 2015. A comparison of thawing methods on IgG1 co

centration in colostrum of dairy cows. *Rev Med Vet.* 166(12):341-344.

Bartens, M. C., Drillich, M., Rychli, K., Iwersen, M., Arnholdt, T., Meyer, L., y Klein, J. D. 2016. Assessment of different methods to estimate bovine colostrum quality on farm. *New Zealand Veterinary Journal* 64(5): 263-267.

Baumrucker, C. R., y Bruckmaier, R. M. 2014. Colostrogenesis: IgG1 transcytosis mechanisms. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia.* 19(1–2):103–117.

Becker, H., y Märtlbauer, E. 2016. *Milchkunde und Milchhygiene.* 1 ed. Stuttgart (Baden-WurtembergAlemania): ULM. 368

Bellof, G., y Granz, S., 2019. *Tierproduktion: Nutztiere züchten, halten und ernähren.* 15 ed. Stuttgart (Baden-Württemberg-Alemania):Thieme. 640.

Besser, T. E., y Gay, C. C. 1994. The importance of colostrum to the health of the neonatal calf. Department of Veterinary Microbiology and Pathology, Washington State University College of Veterinary Medicine, Pullman. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 10(1):107117.

Borad, S. G., y Singh, A. 2018. Colostrum immunoglobulins: Processing, preservation and application aspects. *Int Dairy J.* 85: 201-210.

Bottema, C., Hue, D., Chen, T., Skirving, R., Petrovski, K., y Williams, L. J. 2021. Colostrum source and passive immunity transfer in dairy bull calves. *Journal of Dairy Science.* 104(7): 8164–8176.

Buckley, J. D., Brinkworth, G. D., y Abbott, M. J. 2003. Effect of bovine colostrum on anaerobic exercise performance and plasma insulin-like growth factor I. *J. Sports Sci.* 21:577–588.

Bunyatratchata, A., Weinborn, V., y Barile, D. 2021. Bioactive oligosaccharides in colostrum and other liquid feeds for calf's early life nutrition: a qualitative and quantitative investigation. *Int. Dairy J.* 121:105100

Bush, L. J., y Staley, T. E. 1980. Absorption of colostral immunoglobulins in newborn calves. *J. Dairy Sci.* 63:672-680.

- Butler, J. E. 1969. Bovine Immunoglobulins: A Review. *Journal of Dairy Science*. 52(12):1895–1909.
- Buttar, H. S., Bagwe, S. M., Bhullar, S. K., y Kaur, G. 2017. Health benefits of bovine colostrum in children and adults. In *Dairy in Human Health and Disease Across the Lifespan*. 1.^a ed. Watson, R. R. Collier, R. J. Preedy, V. R. Cambridge, MA: Academic. 3–20.
- Castro, N., Argüello, A., Capote, J., y Álvarez, S. 2005. Effects of lyophilized colostrum and different colostrum feeding regimens on passive transfer of immunoglobulin G in majorera goat kids. *Journal of Dairy Science*. 88(10): 3650- 3654.
- Cedeño, A., Padilla, G., Gonzalez, A., y Chamizo, E. 2015. Evaluación de la calidad inmunológica del calostro por la prueba del calostrómetro y Test de Glutaraldehído en becerros recién nacidos en la Hacienda Los Ángeles, San Pedro de Macorís. *UCE Ciencia. Revista de postgrado*. 3(2)
- Chase, C. C. L., Hurley, D. J., y Reber, A. J. 2008. Neonatal Immune Development in the Calf and Its Impact on Vaccine Response. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 24:87-104.
- Chen, B., Tang, G., Guo, W., Lei, J., Yao, J., y Xu, X. 2021. Detection of the core bacteria in colostrum and their association with the rectal microbiota and with milk composition in two dairy cow farms. *Animals*. 11(12): 33-63.
- Conboy, S. R., Patangia, D., Linehan, K., Ross, R. P., y Stanton, C. 2025. The microbial composition of bovine colostrum as influenced by antibiotic treatment. *Antibiotics*. 14(12):12-17.
- Contarini, G., Povolio, M., Pelizzola, V., Monti, L., y Bruni, A. 2014. Bovine colostrum: changes in lipid constituents in the first 5 days after parturition. *J. Dairy Sci*. 97:50-65–72.
- Cortes, A., Aguilar, P., Magaña, J., y Santos, R. 2024. 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. *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán*

- Costa, J. F. D., Novo, S. M. F., Baccili, C. C., Sobreira, N. M., Hurley, D. J., y Gomes, V. 2017. Innate immune response in neonate Holstein heifer calves fed fresh or frozen colostrum. *Res Vet Sci.* 115(1):54-60.
- Dawson, L. E. R., Carson, A. F., y Kilpatrick, D. J. 1999. The effect of the digestible undegradable protein concentration of concentrates and protein source offered to ewes in late pregnancy on colostrum production and lamb performance. *Anim Feed Sci Tech.* 82:21-36.
- Denholm, K. 2022. A review of bovine colostrum preservation techniques. *Journal of Dairy Research.* 89(4):345–354.
- Diehl, J. W. L., y Askin, D. F. 2004. Nutritional modulation of neonatal outcomes. *AACN Clin Issues.* 15:83-96.
- Dobay, O., Laub, K., Stercz, B., Kéri, A., Balázs, B., Tóthpál, A., Kardos, S., Jaikumpun, P., Ruksakiet, K., Quinton, P. M., y Zsembery, Á. 2018. Bicarbonate inhibits bacterial growth and biofilm formation of prevalent cystic fibrosis pathogens. *Frontiers in Microbiology.* 9:22-45.
- Drikic, M., Windeyer, C., Olsen, S., Fu, Y., Doepel, L., y De-Buck, J. 2018. Determining the IgG concentrations in bovine colostrum and calf sera with a novel enzymatic assay. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 9:69
- Dunn, A., Ashfield, A., Earley, B., Welsh, M., Gordon, A., y Morrison, S. J. 2017. Evaluation of factors associated with immunoglobulin G, fat, protein, and lactose concentrations in bovine colostrum and colostrum management practices in grassland-based dairy systems in Northern Ireland. *J. Dairy Sci.* 100:2068-2079.
- Elizondo, J. A. 2007. Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía mesoamericana.* 18(2):271-281.
- Elsohaby, I., Claire, W. M., Haines, D.M., Homerosky, E. R., Pearson, J. M., McClure, T. J., y Keefe, G. P. 2018. Application of transmission infrared spectroscopy and partial least squares regression to predict immunoglobulin g concentration in dairy and beef cow colostrum. *J. Anim. Sci.* 96:771-782.

- Farha, M. A., French, S., Stokes, J. M., y Brown, E. D. 2018. Bicarbonate Alters Bacterial Susceptibility to Antibiotics by Targeting the Proton Motive Force. *ACS Infectious Diseases*. 4(3):382–390.
- Fattah, A. M., Abd, F. H. R., Dieb, S. M., y Satar, K. H. A. 2014. Preservation methods of buffalo and bovine colostrum as a source of bioactive components. *International Dairy Journal*. 39(1):24-27.
- Fenger, C. K., Tobin, T., Casey, P. J., Roualdes, E. A., Langemeier, J. L., y Haines, D. M. 2014. Bovine colostrum supplementation optimises earnings, performance and recovery in racing thoroughbreds. *Comp. Exerc. Physiol.* 10:233–238.
- Field, C. J. 2005. The immunological components of human milk and their effect on immune development of infants. *J Nutr.* 135:1-4.
- Fleenor, W. A., y Stott, G. H. 1980. Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrums. *Journal of Dairy Science*. 63(6):973-977.
- Flórez, D. H., Martínez, S. G., Silva, S. J., Romero, D., y Díaz, A. E. 2003. Prevención de enfermedades y de la muerte de terneros [en línea]. Colombia: Corpoica
- Fong, B., Ma, K., y McJarrow, P. 2011. Quantification of bovine milk oligosaccharides using liquid chromatography selected reaction monitoring mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 59:9788–95
- Gamietea, I. J. 2019. Ganadería bovina en el área de influencia de la EEA San Pedro. Recomendaciones sobre sanidad, nutrición y manejo. AER San Pedro, INTA.
- Gelsinger, S. L., Jones, C. M., y Heinrichs, A. J. 2015. Effect of colostrum heat treatment and bacterial population on immunoglobulin G absorption and health of neonatal calves. *Journal of Dairy Science*. 98(7):4640–4645.
- Ginger M. R., y Grigor, M. R. 1999. Comparative aspects of milk caseins. *ScienceDirect*. 124(2):133-145.

- Godden, S. 2008. Colostrum management for dairy calves. The Veterinary clinics of North America. Food animal practice. 24(1):19- 39.
- Godden, S. M., Lombard, J. E., y Woolums, A. R. 2019. Colostrum management for dairy calves. Veterinary Clinics: Food Animal Practice. 35(3):535-556.
- González, R., Peña, P., Rodríguez, N., Ávila, R., y González, J. 2019. Costos de alimentación en becerras Holstein suministrando leche entera adicionada con extracto de plantas medicinales. Revista Mexicana de Agronegocios. 45:339-354.
- Goñi, J. I. 2017. Relación entre las variables que influyen en el calostrado, la transferencia de inmunidad pasiva y la sanidad de terneros (Tesis de grado). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina
- Gross, A. C. 2020. Ganancia de peso en terneras de raza Holstein y Normando durante dos meses en la hacienda lechera "La Primavera" en Tambillo, Pichincha, Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Guzman, C. V., Reyes, V. J., Elsohaby, I., y Olivera, A. M. 2020. Factors associated with microbiological quality of bovine colostrum in Colombian dairy herds. International Dairy Journal. 105:10-46-70.
- Hadorn, U., y Blum, J. W. 1997. Effects of feeding colostrum, glucose or water on the first day of life on plasma immunoglobulin G concentrations and glutamyl transferase activities in calves. J. Vet. Med. A. 44:531-537.
- Heinrichs, J., y Jones, C. M. 2011. Colostrum Management Tools: Hydrometers and Refractometers. En línea. <https://extension.psu.edu/colostrum-management-tools-hydrometers-and-refractometers>.
- Hernández, C. L. E., Almeida, A. M., Castro, N., y Arguello, A. 2014. The colostrum proteome, ruminant nutrition and immunity: a review. Current Protein & Peptide Science. 15(1):64–74.
- Hernandez, T. E., Olaya, B. J., Parra, A. J., y Martinez, S. M. 2014. Caracterización inmunológica del calostro en un sistema doble propósito y evaluación de cuatro métodos de conservación. Rev Sist Prod Agroecol. 5: 1

- Hidalgo, N. 2019. Evaluación de dos sistemas de crianza de terneras lactantes, medida a través de parámetros zootécnicos. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Inagaki, M., Muranishi, H., Yamada, K., Kakehi, K., Uchida, K., Suzuki, T., Yabe, Y., Nakagomi, T., Nakagomi, O., y Kanamaru, Y. 2014. Bovine K-casein inhibits human rotavirus (HRV) infection via direct binding of glycans to HRV. *J. Dairy Sci.* 97:2653-2661.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2017. Manejo del calostro. En línea: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7209/1/72-Lecheria-2017>.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). (2015). Cómo evaluar la calidad del calostro y la inmunidad de las terneras. INIA Remehue, Chile.
- Johnson, J. L., Godden, S. M., Molitor, T., Ames, T., y Hagman, D. 2008. Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immune and nutritional parameters in neonatal dairy calves. *J Dairy Sci.* 90(11): 5189–5198.
- Kehoe, S. I., Jayarao, B. M., y Heinrichs, A.J. 2007. A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. *J. Dairy Sci.* 90:4108–4116.
- Kotsis, Y., Mikellidi, A., Aresti, C., Persia, E., Sotiropoulos, A., Panagiotakos, D. B., Antonopoulou, S., y Nomikos, T. 2018. A low dose, 6-week bovine colostrum supplementation maintains performance and attenuates inflammatory indices following a Loughborough Intermittent Shuttle Test in soccer players. *Eur. J. Nutr.* 57:1181–1195.
- Kunz, C., y Lönnerdal B. 1992. Reevaluation of the whey protein/casein ratio of human milk. *Acta Paediatr.* 81(2):107-112.
- Landa, S. P., Caballero, C., Ramírez, B. E., Hernández, A. A., Ramírez, H. L. M., Espinosa, V. D., y Hernández, S. D. 2019. Aislamiento e identificación de bacterias ácido-lácticas con potencial probiótico para becerros del altiplano mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* 10(1):68–83.
- Lanuz, A. F. 1989. Excedentes de calostro. *Investigación y Progreso Agropecuario Remehue* (10):1322.

- Larson, B L., Heary, H. L., y Devery, J. E. 1980. Immunoglobulin production and transport by the mammary gland. *J. Dairy Sci.* 63:665-671.
- Logan, E. F. 1997. The influence of husbandry on colostrum yield and immunoglobulin concentration in beef cows. *British Veterinary Journal.* 133(2):120-125.
- Lonnerdal, B. 1986. Effects of maternal dietary intake on human milk composition. *J Nutrition.* 116(4):499–513.
- Lonnerdal, B. 2003. Nutritional and physiologic significance of human milk proteins. *Am J Clin Nutr.* 77:1537-1543
- Lopez, A. J., y Heinrichs, A. J. 2022. Invited review: the importance of Colostrum in the newborn dairy calf. *J. Dairy Sci.* 105:27-33–49
- López, V., Martínez, M., Gamboa, J., Pelaez, A., Zepeda, A., y Carreon, D. 2025. Uso de bacterias ácido lácticas en nutrición y/o como antimicrobiano. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP.* 12:74-80
- Martínez, G., Romero, A., Donado, M. P., y Flórez, H. 2000. Viabilidad, inmunidad pasiva y mortalidad de terneros de vacas doble propósito en fincas del caribe colombiano. *World Biatrics Congress.* Punta del Este, Uruguay. *Book of Abstracts.* 94.
- Masters, B. R. 2020. *Superresolution Optical Microscopy.* Springer Series in Optical Sciences. United States. 277
- Mate, A., Berra, G., y Osacar, G. 2013. Herramientas simples en el Siglo XXI para la atención del ternero recién nacido Test de Glutaraldehído y Calostrímetro. INTA Castelar – Instituto de Patobiología. Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias (CICV), Buenos Aires, Argentina.
- McGrath, B. A., Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., y Kelly, A. L. 2016. Composition and properties of bovine colostrum: a review. *Dairy Sci. Technol.* 96:133–58.
- McGuirk, S.M., y Collins, M. 2004. Managing the production, storage, and delivery of colostrum. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 20:593-603.

- McMartin, S., Godden, S., Metzger, L., Feirtag, J., Bey, R., y Stabel, J. 2016. Heat treatment of bovine colostrum. *J Dairy Sci.* 89(6):2110– 2118.
- Mee, J. F. 2008. Newborn Dairy Calf Management. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice.* 24:1-17.
- Mert, Y., Dumman, H., Miranda, J., Mondragon, A., Lombardo, M., Khalluki, F., Koch, W., Bordiga, M., El-Seedi, H., y Raposo, A., 2024. Revealing the Potency of Growth Factors in Bovine Colostrum. *Nutrients.* 16:23-59.
- Miranda, C., Igrejas, G., y Poeta, P. 2023. Bovine colostrum: Human and animal health benefits or route transmission of antibiotic resistance—One Health perspective. *Antibiotics.* 12(7):11-56.
- Moretti, D. B., Nordi, W. M., Lima, A. L., y Neto, M. R. 2012. Lyophilized bovine colostrum as a source of immunoglobulins and insulin-like growth factor for newborn goat kids. *Livestock Science.* 145(1- 3): 223-229.
- Morrill, K. M., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., y Tyler, H. 2012. Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science.* 95(7): 3997–4005.
- Nemocon, A., Angulo, J., Gallo, J., y Mahecha, L. 2020. Alimentación: factor estratégico durante la crianza artificial de terneros provenientes de lecherías. *Agronomía Mesoamericana.* 31(3):803-819.
- Nguyen, D. N., Currie, A. J., Ren, S., Bering, S. B., y Sangild, P. T. 2019. Heat treatment and irradiation reduce anti-bacterial and immune-modulatory properties of bovine colostrum. *Journal of Functional Foods.* 57:182- 189.
- Nocek, J. E., Braund, D. G., y Warner, R.G. 1984. Influence of neonatal colostrum administration, immunoglobulin, and continued feeding of colostrum on calf gain, health, y serum protein. *J. Dairy Sci.* 67:319-333.
- Novo, S. M., Costa, J. F., Baccili, C. C., Sobreira, N. M., Silva, B. T., De Oliveira, P-L., Hurley, D. J., y Gómez, V. 2017. Effect of maternal cells transferred with colostrum on the health of neonate. *Research in veterinary science.* 112(97):97–104.

- O'Callaghan, T. F., O'Donovan, M., Murphy, J. P., Sugrue, K., y Mannion, D. 2020. Evolution of the bovine milk fatty acid profile: from colostrum to milk five days post parturition. *Int. Dairy J.* 104:104-655.
- Orskov, E.R., 1990. *Nutrición de los rumiantes*. Editorial Acribia. Pp. 119
- Pakkanen, R., y Aalto, J. 1997. Growth factors and antimicrobial factors of bovine colostrum review paper. *Int. Dairy J.* 7:285–297.
- Panahi, Y., Falahi, G., Falahpour, M., Moharamzad, Y., Khorasgani, M. R., Beiraghdar, F., y Naghizadeh, M. M. 2010. Bovine colostrum in the management of nonorganic failure to thrive: A randomized clinical trial. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 50:551–554.
- Parra, J. L. 2003. Modelo de asistencia integral pecuaria para pequeños y medianos productores del sistema doble propósito del Piedemonte Llanero. Informe final. *Corpoica-Pronatta*. 96:142-147.
- Pechová, A., Slosarkova, S., Stanek, S., Nejedla, E., y Fleischer, P. 2019. Evaluation of colostrum quality in the Czech Republic using radial immunodiffusion and different types of refractometers. *Veterinární Medicína*. 64(2):51–59.
- Perino, L. J., Wittum, T., y Gary, R. 1995. Effects of various risk factors on plasma protein and serum immunoglobulin concentrations of calves at postpartum hours 10-24. *Journal American Veterinarian Research*. 56 (9):1144-1148.
- Playford, R. J., Macdonald, C. E., Calnan, D. P., Floyd, D. N., Podas, T., Johnson, W., Wicks, A. C., Bashir, O., y Marchbank, T. 2001. Coadministration of the health food supplement, bovine colostrum, reduces the acute non-steroidal anti-inflammatory drug-induced increase in intestinal permeability. *Clin. Sci.* 100:627–633.
- Playford, R. J., y Weiser, M. J. 2021. Bovine colostrum: its constituents and uses. *Nutrients*. 13:265.
- Polidori, P., Rapaccetti, R., Klimanova, Y., Zhang, J. J., Santini, G., y Vincenzetti, S. 2022. Parameters in Colostrum of Different Mammalian Species. *Beverages*. 54(8):1- 15.

- Pompili, S., Latella, G., Gaudio, E., Sferra, R., y Vetuschi, A. 2021. The Charming World of the Extracellular Matrix: A Dynamic and Protective Network of the Intestinal Wall. *Front Med.* 8:1- 19.
- Puppel, K., Gołębiewski, M., Grodkowski, G., Slószarz, J., Kunowska, S. M., Solarczyk, P., Łukasiewicz, M., Balcerak, M., y Przysucha, T. 2019. Composition and Factors Affecting Quality of Bovine Colostrum: A Review. *Animals.* 9(12).
- Quigley, J. D., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., y Polo, J. 2013. Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *J Dairy Sci.* 96(9):1148-1155.
- Quijano, V. D., Coloma, G. S., Ramón, C. R., Arias, R. J., y Becerra, S. C. 2025. Evaluación de las condiciones inmunológicas y microbianas del calostro bovino antes y después de la pasteurización en Yagui Chico, San Miguel, Bolívar – Ecuador. *Revista Científica UNEMI.* 18(49):38-48.
- Reber, A. J., Donovan, D. C., Gabbard, J., Galland, K., Aceves, A. M., Holbert, K. A., Marshall, L., y Hurley, D. J. 2008. Transfer of maternal colostrum leukocytes promotes development of the neonatal immune system Part II: Effects on neonatal lymphocytes. *Vet Immunol Immunopathol.* 123:305-313.
- Robbers, L. R., Jorritsma, M., y Nielen, A. 2021. A scoping review of on-farm colostrum management practices for optimal transfer of Immunity in dairy calves. *Front. Vet. Sci.* 8: 1- 16.
- Roy, D. Ye. A., Moughan, P. J., y Singh, H. 2020. Composition, structure, and digestive dynamics of milk from different species a review. *Front. Nutr.* 7:57-77-59.
- SAGyP (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca). 2017. Tecnologías para la industria alimentaria liofilización de alimentos. En línea. https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_03_Liofilizado s.pdf.
- Santos, G. T., Massuda, E. M., Da S. Kazama, D. C., Jobim, C. C., y Branco, A. F., 2010. Bovinocultura leiteira: Bases zootécnicas, fisiológicas e de produção. (1.^a ed.). Maringá, Brasil: EDUEM.

- Sats, A., Kaart, T., Poikalainen, V., Aare, A., y Lepasalu, L. 2020. Bovine colostrum whey: postpartum changes of particle size distribution and immunoglobulin G concentration at different filtration pore sizes. *J. Dairy Sci.*103:6810–19
- Scammell, A. W., y Billakanti, J. 2022. Colostrum. In *Encyclopedia of Dairy Sciences*, ed. PLH McSweeney, JP McNamara. Oxford,UK: Academic.3rd ed. 18-30.
- Schogor, B. A. L., Glombowsky, P., Both, F., Danielli, B., Rigon, F., Reis, J. H., y Silva, A. 2020. Calidad del calostro bovino y su relación con la genética, el manejo, la fisiología y su congelación. *Revista MVZ Córdoba.* 25(1):14-65.
- Secretaría de Salud. 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. *Diario Oficial de la Federación.*
- Shearer, J., Mohammed, H. O., Brenneman, J. S., y Tran, T. Q. 1992. Factors associated with concentrations. *Preventive Veterinary Medicine.* 14(1-2):143- 154.
- Sherwin, G., y Down, P. P. 2018. Calf immunology and the role of vaccinations in dairy calves. *In Practice.* 40(3):102-114.
- Shivley, C. B., Lombard, J. E., Urie, N. J., Haines, D. M., Sargent, R., Koprak, C. A., Earleywine, T. J., Olson, J. D., y Garry, F. B. 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.
- Silva-Del-Río, N., Rolle, A. D., García, M. S., Rodríguez, J. A., Valdecabres, A. L., y Pandey, P. 2017. Colostrum immunoglobulin G concentration of multiparous Jersey cows at first and second milking is associated with parity, colostrum yield, and time of first milking, and can be estimated with Brix refractometry. *J. Dairy Sci.* 100:5774-5781.
- Skrzypek, R. 2000. Koncentracja białek surowiczych u cieląt pochodzących z krzyżowania rodzimego bydła czarno-białego z rasą holsztyńsko-fryzyjską. *Rocz. Nauk. AR Poznań.* 330:127–135

- Sobczuk-Szul. M., Wielgosz-Groth. Z., Wroski. M., Rzemieniewski, A. 2012. Changes in the bioactive protein concentrations in the bovine colostrum of Jersey and Polish Holstein–Friesian cows. *Turk J Vet Anim Sci.* 37(1):43-49.
- Stewart, S., Godden, S., Bey, R., Rapnicki, P., Fetrow, J., y Farnsworth, R. 2005. Preventing bacterial contamination and proliferation during the harvest, storage, and feeding of fresh bovine colostrum. *J Dairy Sci.* 88(7):2571–2578.
- Stewart, S., Godden, S., Bey, R., Rapnicki, P., Fetrow, J., Farnsworth, R., Scanlon, M., Arnold, Y., Clow, L., Mueller, K., y Ferrouillet, C. 2005. Preventing bacterial contamination and proliferation durin the harvest, storage, and feeding of fresh bovine colostrum. *Journal Of Dairy Science.* 88(7): 2571-2578.
- Stockham, S. L., Scott, M. A. 2013. *Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology.* 2nd Ed. 400.
- Stott, G. H., y Menefee, B. E. 1978. Selective absorption of immunoglobulin IgM in the newborn calf. *J. Dairy Sci.* 61:461-466.
- ten Bruggencate, S. J. M., Bovee-Oudenhoven, I. M. J., Feitsma, A. L., van Hoffen, E., y Schoterman, M. H. C. 2014. Functional role and mechanisms of sialyllactose and other sialylated milk oligosaccharides. *Nutrition Reviews.* 72(6):377–389
- Tennant, B., Baldwin, B. H., Braun, R. K., Norcross, N. L., y Sandholm, M. 1979. Use of the glutaraldehyde coagulation test for detection of hypogammaglobulinemia in neonatal calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 174(8):848-53.
- Thiha, A., y Ibrahim, F. 2015. A colorimetric Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) detection platform for a pointof-care dengue detection system on a lab-on-compact-disc. *Sensors (Basel).* 15:11431-11441.
- Tizard, I. 1987. Propiedades generales de las respuestas inmunitarias. En: *Inmunología Veterinaria.* 3ª ed. México DF:Nueva interamericana SA-McGraw-Hill. 4-11.

- Ulfman, L. H., Leusen, J. W. H., Savelkoul, H. F. J., Warner, J. O., y Van, N. 2018. Effects of bovine immunoglobulins on immune function, allergy, and infection. *Front Nutr.* 5:52
- USDA. 2008. Part III: Reference of dairy cattle health and management practices in the United States. USDA-APHIS-VS, CEAH, Fort Collins, CO. #N482.0908.
- Usuga A., Zabala, D. A., Medina, L. C., Hernandez, D. V., Ramirez, W. V., y Rojano, B. A. 2022. Effect of three storage methods on physical and chemical properties of colostrum from *Bos indicus* cows. *Ciencia Rural.* 52(9): 1- 10.
- Uyama, T., Kelton, D. F., Winder, C. B., Dunn, J., Goetz, H. M., S. J., LeBlanc, H. M., McClure, J. T., y Renaud, D. L. 2022. Colostrum management practices that improve the transfer of passive immunity in neonatal dairy calves. *PLoS one.* 17(6):1- 17.
- Vasek, O., Cabrera, R., Coronel, G., Giori, G., y Fusco, A. 2004. Análisis de riesgos en la elaboración de queso artesanal. Buenos Aires : FACENA. 1322.
- Weaver, D. M., Tyler J. W., Vanmetre, D. C., Hostetler, D. E., y Barrington, G. M. 2000. Passive Transfer of Colostral Immunoglobulins in Calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine.* 14:569-577.
- Wilms, J. N., Hare, K. S., Fischer, T. A. J., Vahmani, P., y Dugan, M. E. R. 2022. Fatty acid profile characterization in colostrum, transition milk, and mature milk of primi- and multiparous cows during the first week of lactation. *J. Dairy Sci.* 105(5):4692–710
- Yvon, M., Levieux, D., Valluy, M. C., Pelissier, J. P., y Mirand, P. P. 1993. Colostrum protein digestion in newborn lambs. *J. Nutr.* 123:586–596
- Zarei, S., Reza, G. G., Khorvash, M., Martin, O., Hossein, M. A., y Riasi, A. 2017. The impact of season, parity, and volume of colostrum on Holstein dairy cows colostrum composition. *Agric. Sci.* 8:572-581.
- Zhao, T., Tkalcic, S., y Doyle, M. P. 2003. Pathogenicity of enterohemorrhagic *Escherichia coli* in neonatal calves and evaluation of fecal shedding by treatment with probiotic *Escherichia coli*. *Journal of Food Protection.* 66(6):924-930.