

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Evaluación del efecto del tiempo de exposición del agua electrolizada en la
reducción de carga bacteriana en calostro bovino

Por:

Guadalupe Areli de León Fierro

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

Evaluación del efecto del tiempo de exposición del agua electrolizada en la
reducción de carga bacteriana en calostro bovino

Por:

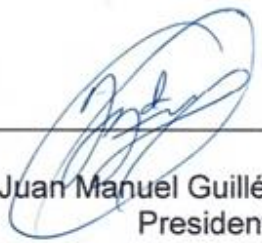
Guadalupe Areli de León Fierro

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


MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Vocal


Dr. Ramiro González Avalos
Vocal


Dra. Reyna Roxana Guillén Enríquez
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

Evaluación del efecto del tiempo de exposición del agua electrolizada en la
reducción de carga bacteriana en calostro bovino

Por:

Guadalupe Areli de León Fierro

TESIS

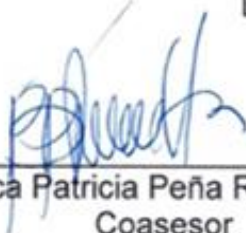
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Ramiro González Avalos
Asesor Principal



MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Coasesor



Dra. Reyna Roxana Guillén Enríquez
Coasesor



MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez

Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026



DEDICATORIAS

Este trabajo representa el esfuerzo, la dedicación y la perseverancia de muchos años de preparación para convertirme en profesional. Cada desvelo, cada reto y cada sacrificio han valido la pena para alcanzar esta meta tan significativa en mi trayectoria profesional.

Dedico este logro especialmente a mi madre, por ser mi mayor apoyo, mi inspiración y quien nunca dejó de creer en mí. Gracias por brindarme tus palabras de aliento, por motivarme y por impulsarme siempre a luchar por mis sueños, incluso en los momentos más difíciles.

A mi abuela, aunque ya no se encuentra físicamente conmigo, continúa ocupando un lugar invaluable en mi corazón y en mi historia. Gracias por sus enseñanzas, su amor y por motivarme siempre a seguir adelante. Este logro también es por ella y para ella.

Y finalmente, agradezco a Dios por concederme fortaleza, acompañarme en cada etapa brindándome la fuerza y la guía necesarias para hacer realidad este sueño.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo representa el esfuerzo, la dedicación y la perseverancia de años de preparación para convertirme en la profesionista que siempre soñé ser. Detrás de cada página existe una historia de sacrificios, aprendizajes, desvelos y momentos que marcaron profundamente mi vida.

A mi madre, gracias por nunca dejar de apoyarme, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por cada consejo, abrazo y palabra de aliento que me impulsó a seguir adelante. Este logro también es tuyo, porque sin ti nada de esto habría sido posible.

A mi abuela, aunque ya no estés físicamente conmigo, sé que siempre me cuidas y me acompañas desde el cielo. Gracias por confiar en mí, por nunca abandonarme y por ayudarme a cumplir cada sueño que me propuse desde niña. No existen palabras suficientes para reflejar cuanto te extraño cada día y llevo tu amor conmigo en cada paso que doy.

A mi familia, especialmente a mi tío Adán, mi tío Manuel, mi tía Lupe, mi tía Elvira y mi mamá Norma, así como a mis primos Adancito, Pepe, Juan y Lupis, gracias por siempre estar presentes en todo lo que he necesitado a lo largo de este camino. Gracias por nunca dejarme sola cuando más lo necesitaba, por su cariño, apoyo y preocupación constante.

A mis amigos, gracias por convertirse en un apoyo incondicional durante cada uno de mis días y por ser una familia que jamás imaginé encontrar. Especialmente a Rosy y Erika, gracias por estar presentes durante una de las experiencias mas

importantes de mi vida; son de las mejores cosas que me han pasado y siempre las llevaré conmigo. Las quiero muchísimo.

A mis asesores y profesores, gracias por su paciencia, dedicación y por ayudarme a resolver aquello que muchas veces parecía imposible de entender. Aunque en algunos momentos la frustración parecía ganarme, hoy entiendo que cada enseñanza contribuyó a formar la persona y profesionalista que soy actualmente.

Al doctor Octavio, al médico Jaime, al doctor Fitz y a la miss Jessica, gracias por apoyarme no solo dentro del aula, sino también fuera de ella. Gracias por su confianza, sus enseñanzas y por estar presentes cuando más lo necesité. Nunca los voy a olvidar.

Y finalmente, a mi alma mater, por abrirme las puertas de la universidad y permitirme convertirme orgullosamente en buitre. Gracias por regalarme algunos de los mejores recuerdos, experiencias y aprendizajes de mi vida.

Índice general

DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
Índice general	iv
RESUMEN	vii
Palabras clave: Calostro bovino, agua electrolizada, microbiología, carga bacteriana, análisis estadístico.....	viii
Índice de figuras.....	vi
1. INTRODUCCION	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos	2
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Calostrogénesis en los bovinos	3
2.2 Características y composición del calostro	4
2.3 Inmunoglobulinas.....	7
2.4. Transferencia de inmunidad pasiva	8
2.5 Administración del calostro	10
2.7 Métodos para evaluar la calidad del calostro	14
2.7.1 Calostrómetro	14
2.7.2 Refractómetro.	15
2.8 Prácticas de almacenamiento y conservación	15
2.9 Agua electrolizada.....	17
3. MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1 Ubicación	21
3.2 Recolección y preparación de muestras.....	21
3.3 Preparación de tratamientos y diluciones.....	22
3.4 Incubación y recuento de UFC	23
3.5 Análisis estadístico	23

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
5. CONCLUSIONES.....	27
6. LITERATURA CITADA.....	28

Índice de figuras

Figura 1 Principales componentes del calostro.....	5
Figura 2 Mecanismos germicidas del EW sobre microorganismos (Tomado de Yan et al., 2021).....	19
Figura 3 Localización del lugar en donde se realizó el experimento del proyecto de investigación.....	21
Figura 4 Promedio de la carga bacteriana ($\log_{10}$ UFC/mL) en calostro bovino en función del tiempo de exposición al agua electrolizada (0, 30 y 60 minutos). Las barras representan la desviación estándar y las letras indican la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$).....	24

RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad determinar si el tiempo de contacto con agua electrolizada influye en la cantidad de bacterias presentes en el calostro bovino, así como identificar el periodo de exposición más adecuado para favorecer su control microbiológico.

La investigación se desarrolló en el laboratorio de química perteneciente al Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Para ello, se utilizaron muestras de calostro bovino fresco obtenidas de una explotación lechera ubicada en Francisco I. Madero, Coahuila. Después de su recolección, las muestras fueron conservadas a 4 °C hasta su procesamiento.

Se aplicaron cuatro tratamientos con distintas concentraciones de agua electrolizada y se evaluaron tres tiempos de exposición: 0, 30 y 60 minutos. Posteriormente, se realizaron diluciones seriadas de las muestras y se sembraron en agar TEL para su posterior incubación a 35 ± 2 °C durante un periodo de 48 horas. Finalizado este proceso, se cuantificó el crecimiento microbiano mediante el conteo de unidades formadoras de colonias por mililitro.

La información generada fue procesada estadísticamente utilizando RStudio. Para comparar los tratamientos se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) complementado con la prueba de Tukey. Los resultados indicaron que las diferencias observadas entre los distintos tiempos de exposición no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$), debido a que todos los tratamientos presentaron un comportamiento similar dentro del análisis realizado.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el tiempo de exposición al agua electrolizada no produjo modificaciones significativas en la concentración bacteriana del calostro bovino bajo las condiciones evaluadas. En consecuencia, no se evidenció una disminución estadísticamente significativa de la carga microbiana asociada al uso de este tratamiento.

Palabras clave: Calostro bovino, agua electrolizada, microbiología, carga bacteriana, análisis estadístico

1. INTRODUCCION

La leche es un líquido secretado por la hembra de todas las especies de mamíferos, cuya función principal es satisfacer todos los requerimientos nutricionales del neonato, al tiempo que cumple varias funciones fisiológicas (Arslan *et al.*, 2021).

El calostro bovino se forma a partir de la combinación de secreciones mamarias y elementos derivados del suero sanguíneo, los cuales se concentran en la glándula mamaria durante las semanas previas al parto. (Chantal y Quesnel, 2020). Su formación está regulada principalmente por la acción hormonal de los estrógenos y la progesterona (Altomare *et al.*, 2016). Es la primera secreción producida por la glándula mamaria bovina, en las primeras 24 horas posparto. A partir de ese momento y hasta las 72 horas pasa a denominarse leche de transición. Su composición incluye una amplia variedad de nutrientes y compuestos bioactivos, entre ellos proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, péptidos funcionales, elementos inmunitarios y factores relacionados con el crecimiento, significativamente más rica que la leche madura (Reyes *et al.*, 2020).

El agua electrolizada es un nuevo tipo de agente de limpieza y desinfección obtenido mediante electrólisis utilizando una disolución acuosa de cloruro de sodio en baja concentración. Es económica y no daña el cuerpo humano, además de ser respetuosa con el medio ambiente, utilizada principalmente para inhibir el crecimiento bacteriano y desinfectar. (Farah y Sanaa, 2021). El agua electrolizada se produce mediante la electrólisis del agua con una solución de cloruro de sodio diluida. Como resultado de este procedimiento se obtienen dos fracciones

principales: una solución electrolizada de carácter ácido, asociada con propiedades desinfectantes, y otra de carácter alcalino, empleada principalmente para labores de limpieza (Yan *et al.*, 2021).

Aunque la aplicación de agua electrolizada en sistemas de producción lechera ha despertado interés en los últimos años, aún existe información limitada que permita comprender plenamente sus efectos desde una perspectiva científica. Aunque se ha reconocido su potencial como alternativa a los desinfectantes tradicionales y como promotor de la salud animal, se necesita más investigación para entender completamente sus beneficios y aplicaciones prácticas en este sector (Tomasello *et al.*, 2021).

1.1 Objetivo general

Establecer el periodo de exposición más adecuado al agua electrolizada para favorecer la disminución de la carga bacteriana presente en el calostro bovino.

1.2 Objetivos específicos

- Cuantificar la población bacteriana presente en muestras de calostro refrigerado tratadas con agua electrolizada antes de su administración al neonato.
- Analizar la eficacia del tratamiento con agua electrolizada para disminuir la concentración bacteriana presente en el calostro.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Calostrogénesis en los bovinos

La producción de leche en los bovinos comprende una serie de procesos fisiológicos que ocurren de manera secuencial durante el desarrollo y funcionamiento de la glándula mamaria. Generalmente, este proceso se divide en cuatro etapas: formación del precalostro, producción de calostro, secreción láctea y regresión o involución mamaria (Playford y Weiser, 2021).

La formación inicial del calostro comienza durante la fase conocida como lactogénesis I, la cual ocurre en el último tercio de la gestación. Durante este periodo se presentan modificaciones estructurales y metabólicas en las células epiteliales mamarias que favorecen la síntesis de los componentes necesarios para la futura secreción láctea. Entre estos cambios destacan el incremento de organelos celulares relacionados con la producción de proteínas y lípidos, así como una mayor captación de nutrientes esenciales para la síntesis de los constituyentes del calostro (Mota, 2022).

Posteriormente tiene lugar la lactogénesis II, considerada la fase de activación secretora. Esta etapa ocurre pocos días antes del parto y se caracteriza por un aumento importante en la síntesis de lactosa. La producción de este carbohidrato favorece el movimiento de agua hacia las células secretoras y contribuye a la formación del calostro. Asimismo, las células epiteliales mamarias presentan una intensa actividad metabólica, acumulando lípidos, enzimas y diversos compuestos bioactivos necesarios para la nutrición y protección del neonato (Playford y Weiser, 2021).

La regulación de la calostrogénesis depende de la interacción de múltiples hormonas. Entre las más importantes se encuentran la prolactina, la insulina, la hormona del crecimiento, el cortisol, los glucocorticoides, el lactógeno placentario, la progesterona y los estrógenos. Estas sustancias participan en la diferenciación de la glándula mamaria y en la síntesis de los componentes que conforman el calostro, garantizando que el recién nacido disponga de una fuente adecuada de nutrientes y factores inmunológicos inmediatamente después del nacimiento (Westhoff et al., 2024).

2.2 Características y composición del calostro

El calostro bovino presenta una composición altamente variable, la cual puede verse influenciada por diversos factores relacionados con el animal y su manejo. Entre los principales factores que afectan sus características se encuentran la raza, el número de partos, la alimentación durante el periodo preparto, la duración del periodo seco y el tiempo transcurrido desde el parto hasta la recolección del calostro (Schogor et al., 2020).

A diferencia de la leche madura, el calostro se distingue por su elevada concentración de compuestos biológicamente activos. Contiene mayores cantidades de proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, péptidos, hormonas, factores de crecimiento, citocinas y nucleótidos. En contraste, su contenido de lactosa es menor. La concentración de muchos de estos componentes disminuye progresivamente durante los primeros días posteriores al parto, conforme el calostro se transforma en leche de transición y posteriormente en leche madura (Polanco, 2021).

Desde el punto de vista físico, el calostro suele presentar una apariencia más densa y una coloración amarillenta característica. Estas propiedades están asociadas principalmente a su alto contenido de proteínas e inmunoglobulinas, las cuales desempeñan un papel fundamental en la protección del recién nacido. De manera general, los componentes del calostro pueden agruparse en tres categorías principales: componentes nutricionales, factores inmunológicos y factores de crecimiento.

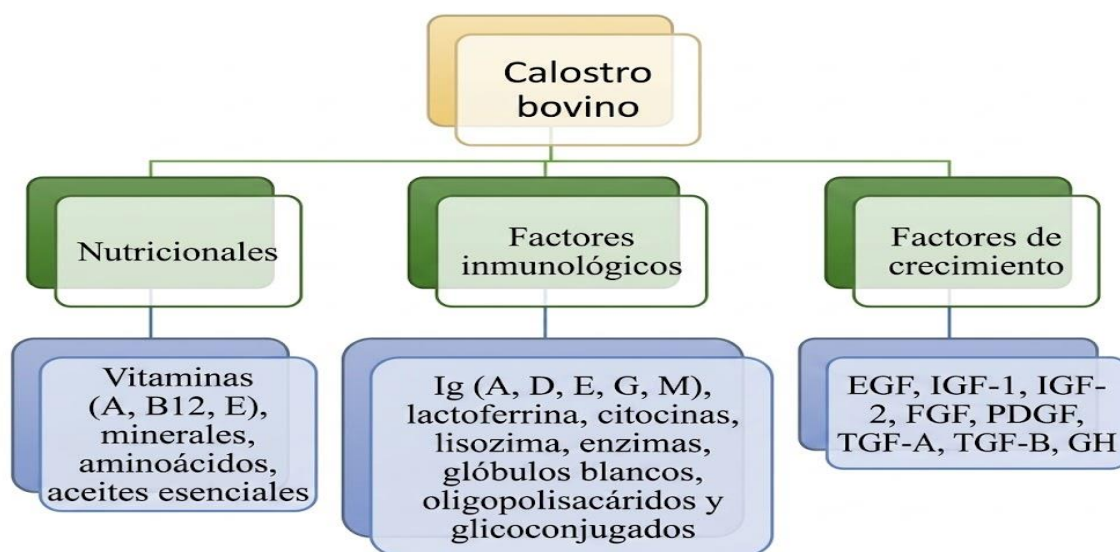


Figura 1 Principales componentes del calostro

Los componentes nutricionales proporcionan la energía y los nutrientes necesarios para el mantenimiento, crecimiento y desarrollo del neonato. Entre ellos se incluyen vitaminas liposolubles e hidrosolubles, minerales esenciales, aminoácidos y ácidos grasos indispensables para los procesos metabólicos iniciales de la vida extrauterina. Por otra parte, los factores de crecimiento, como el factor de crecimiento epidérmico (EGF), los factores de crecimiento similares a la insulina (IGF-I e IGF-II), el factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), los factores

transformantes del crecimiento (TGF- α y TGF- β) y la hormona del crecimiento (GH), participan en la proliferación y diferenciación celular, favoreciendo el desarrollo de tejidos y órganos (Rabaza et al., 2020).

Dentro de los factores inmunológicos destacan las inmunoglobulinas, principalmente la IgG, acompañada por IgA, IgM, IgD e IgE. Estas moléculas constituyen la principal fuente de inmunidad pasiva para el ternero recién nacido, ya que contribuyen a la neutralización de microorganismos patógenos presentes en el ambiente. Además, el calostro contiene otros componentes con funciones protectoras, como la lactoferrina, citocinas, lisozima, leucocitos, oligosacáridos y diversas enzimas con actividad antimicrobiana. En conjunto, estos compuestos fortalecen la respuesta inmune y favorecen la protección frente a infecciones durante las primeras etapas de vida (Mehra et al., 2021).

La calidad nutricional del calostro también está estrechamente relacionada con el manejo alimenticio de la vaca durante el periodo seco. Una adecuada suplementación favorece mayores concentraciones de vitaminas y otros nutrientes esenciales. Debido a que la transferencia placentaria de algunas vitaminas es limitada en los bovinos, el ternero depende en gran medida del calostro para obtener reservas adecuadas de estos compuestos después del nacimiento (NASEM, 2021).

Asimismo, tanto la concentración de inmunoglobulinas como la capacidad de absorción intestinal del neonato disminuyen rápidamente después del parto. Por esta razón, se recomienda suministrar el calostro durante las primeras horas de vida para maximizar la transferencia de inmunidad pasiva y aprovechar al mismo tiempo sus importantes beneficios nutricionales (Lopez y Heinrichs, 2022).

2.3 Inmunoglobulinas

Las inmunoglobulinas constituyen uno de los componentes más importantes del calostro bovino debido a su función en la protección inmunológica del recién nacido. Estas proteínas se encuentran en concentraciones considerablemente más elevadas en el calostro que en la leche madura y representan el principal mecanismo mediante el cual el ternero adquiere inmunidad pasiva durante las primeras horas de vida. Además de su contenido de inmunoglobulinas, el calostro aporta nutrientes esenciales, vitaminas, minerales y factores de crecimiento que favorecen el desarrollo neonatal (Mann et al., 2020).

Entre las diferentes clases de inmunoglobulinas presentes en el calostro, la inmunoglobulina G (IgG) es la más abundante y la de mayor importancia biológica. Su elevada concentración permite compensar la limitada capacidad inmunológica del ternero al nacimiento. Debido a las características fisiológicas del intestino neonatal durante las primeras horas de vida, estas moléculas pueden ser absorbidas intactas y pasar al torrente sanguíneo, proporcionando protección frente a diversos agentes infecciosos (Altomare et al., 2016).

La transferencia adecuada de inmunoglobulinas depende tanto de la calidad del calostro como del momento en que este es suministrado. Después del parto, la concentración de inmunoglobulinas en el calostro disminuye gradualmente, mientras que la capacidad de absorción intestinal del neonato también se reduce con el paso del tiempo. Por ello, es fundamental que el ternero reciba una cantidad suficiente de calostro de buena calidad durante las primeras horas posteriores al

nacimiento para garantizar una adecuada transferencia de inmunidad pasiva (Sánchez et al., 2021).

Además de su papel inmunológico, el consumo de calostro influye positivamente en diversos procesos fisiológicos del neonato. Su ingestión favorece el desarrollo y funcionamiento del tracto gastrointestinal, contribuye a la regulación metabólica y participa en la maduración de distintos sistemas corporales. Sin embargo, diversos estudios han señalado que una proporción importante del calostro producido en explotaciones lecheras no alcanza los estándares recomendados de calidad inmunológica y microbiológica, lo que puede comprometer la salud y el desempeño de los terneros durante las primeras etapas de vida (Morrill et al., 2012).

La concentración de IgG es comúnmente utilizada como indicador de calidad del calostro, ya que existe una relación directa entre la cantidad de inmunoglobulinas absorbidas por el ternero y su capacidad para resistir enfermedades. Por esta razón, la evaluación de la calidad calostrual constituye una práctica fundamental dentro de los programas de manejo neonatal en sistemas de producción bovina. (Morrill et al., 2012).

2.4. Transferencia de inmunidad pasiva

Al momento del nacimiento, el sistema inmunológico del ternero aún es inmaduro y no posee la capacidad suficiente para producir cantidades adecuadas de anticuerpos que le permitan responder eficazmente frente a los agentes infecciosos presentes en el ambiente. Debido a esta condición, la supervivencia y salud del neonato dependen en gran medida de la transferencia de inmunidad pasiva proporcionada por el calostro materno (Zumbado y Elizondo, 2020).

El calostro constituye la primera secreción mamaria producida después del parto y representa la principal fuente de inmunoglobulinas para el recién nacido. Además de anticuerpos, contiene una amplia variedad de células inmunitarias viables, entre las que se encuentran linfocitos, macrófagos y neutrófilos, así como hormonas y factores de crecimiento que participan en la maduración del sistema digestivo y en el desarrollo general del neonato (Costa et al., 2017; Hammon et al., 2020).

Desde el punto de vista nutricional, el calostro también proporciona elevadas concentraciones de proteínas, grasas, vitaminas y minerales esenciales. Estas características permiten cubrir los requerimientos energéticos inmediatos del ternero y favorecer su adaptación al medio extrauterino. Sin embargo, la composición del calostro cambia rápidamente después del parto, observándose una disminución progresiva de proteínas e inmunoglobulinas en los ordeños posteriores (Pichardo et al., 2023).

Las inmunoglobulinas presentes en el calostro son transportadas desde la circulación sanguínea materna hacia la glándula mamaria durante las últimas etapas de la gestación. Aunque existen diferentes clases de anticuerpos, la inmunoglobulina G, particularmente la subclase IgG1, constituye la fracción predominante en el calostro bovino y es la principal responsable de la transferencia de inmunidad pasiva al ternero (Barreto et al., 2019).

La proporción de inmunoglobulinas puede variar entre animales; sin embargo, la IgG representa la mayor parte del contenido total de anticuerpos presentes en el calostro. Debido a esta predominancia, la concentración sérica de IgG en los terneros es ampliamente utilizada como indicador de una transferencia exitosa de

inmunidad pasiva. Diversos estudios han demostrado que niveles adecuados de IgG en sangre se asocian con una menor incidencia de enfermedades y una mayor supervivencia durante las primeras etapas de vida (Wasowska y Puppel, 2018).

Tras la ingestión del calostro, las inmunoglobulinas atraviesan el aparato digestivo prácticamente intactas gracias a las particularidades fisiológicas del neonato. La gotera esofágica dirige el contenido ingerido directamente hacia el abomaso, evitando el paso por el rumen. Posteriormente, las inmunoglobulinas alcanzan el intestino delgado, donde pueden ser absorbidas y transportadas hacia la circulación sistémica, permitiendo el establecimiento de la inmunidad pasiva (Ego et al., 2019).

Esta capacidad de absorción es temporal. Durante las primeras horas posteriores al nacimiento, los enterocitos del intestino presentan una elevada permeabilidad que facilita el paso de macromoléculas, incluyendo inmunoglobulinas intactas. Conforme transcurre el tiempo ocurre el denominado “cierre intestinal”, proceso que reduce progresivamente la absorción de anticuerpos. Por esta razón, la administración temprana de calostro es fundamental para garantizar una transferencia adecuada de inmunidad pasiva y maximizar la protección del ternero frente a enfermedades infecciosas (Weaver et al., 2000).

2.5 Administración del calostro

La administración adecuada del calostro es una de las prácticas más importantes para garantizar la salud y el desarrollo de los terneros recién nacidos. El suministro puede realizarse de forma natural, permitiendo que el neonato mame directamente de la vaca, o mediante métodos artificiales, utilizando biberones o sondas esofágicas. La elección del método depende de las condiciones de manejo de cada

explotación y de la necesidad de asegurar una ingestión suficiente de calostro durante las primeras horas de vida (Robbers et al., 2021).

La lactancia natural presenta la ventaja de favorecer el comportamiento instintivo del ternero y estimular mecanismos fisiológicos asociados con la digestión y absorción de nutrientes. Sin embargo, este sistema dificulta el control preciso de la cantidad consumida y del momento exacto en que ocurre la primera ingestión, factores que son determinantes para una transferencia adecuada de inmunidad pasiva (Robbers et al., 2021).

Por otro lado, la administración artificial permite supervisar de manera más eficiente el volumen de calostro suministrado, así como asegurar que el ternero reciba una cantidad suficiente dentro del periodo de mayor capacidad de absorción intestinal. Esta práctica resulta especialmente útil cuando existen dificultades para la lactancia natural o cuando se busca implementar programas de manejo estandarizados en unidades de producción lechera (Desjardins-Morrisette et al., 2018).

Durante la ingestión voluntaria, el acto de mamar estimula el cierre de la gotera esofágica, estructura que dirige el calostro directamente hacia el abomaso, evitando su paso por los compartimentos anteriores del estómago. De esta manera, los nutrientes y las inmunoglobulinas llegan rápidamente al intestino delgado para su absorción. En contraste, cuando el calostro se administra mediante sonda, parte del contenido puede permanecer temporalmente en el rumen antes de alcanzar el abomaso, lo que puede modificar la velocidad de tránsito del alimento dentro del tracto digestivo (Desjardins et al., 2018).

2.6 Factores que modifican la calidad del calostro

La calidad del calostro bovino puede verse influenciada por diversos factores relacionados con el manejo, la fisiología y las características propias de la vaca. Estas variables afectan principalmente la concentración de inmunoglobulinas, el contenido nutricional y la capacidad del calostro para proporcionar protección inmunológica al neonato. Entre los factores más importantes se encuentran el tiempo de administración, la edad de la vaca, el número de partos, la duración del período seco, la época del año, la raza y el programa de alimentación implementado durante la gestación.

2.6.1 Tiempo

La administración oportuna del calostro es fundamental para garantizar una adecuada transferencia de inmunidad pasiva. Aunque el calostro mantiene sus propiedades nutricionales e inmunológicas inmediatamente después del parto, tanto la concentración de inmunoglobulinas como la capacidad de absorción intestinal del ternero disminuyen progresivamente con el paso de las horas. Por ello, se recomienda que el suministro ocurra lo más pronto posible después del nacimiento, preferentemente durante las primeras horas de vida, con el fin de maximizar la absorción de anticuerpos y mejorar la protección frente a enfermedades infecciosas (Puppel et al., 2019).

2.6.2 Edad y número de partos

La edad de la vaca y la cantidad de partos que ha tenido influyen directamente en la calidad del calostro producido. Generalmente, las vacas multíparas presentan

concentraciones más elevadas de inmunoglobulinas en comparación con las primíparas. Esto se debe a que los animales de mayor edad han estado expuestos a una mayor cantidad de antígenos a lo largo de su vida, desarrollando una respuesta inmunitaria más amplia que posteriormente puede ser transferida al neonato mediante el calostro (Polanco, 2021).

2.6.3 Período seco

El período seco representa una etapa esencial para la regeneración del tejido mamario y la acumulación de componentes inmunológicos en el calostro. Una duración cercana a los 60 días suele considerarse adecuada para favorecer la transferencia de inmunoglobulinas hacia la glándula mamaria. Cuando este periodo es insuficiente o se presenta un parto prematuro, la concentración de anticuerpos puede disminuir, afectando negativamente la calidad del calostro disponible para el ternero (Polanco, 2021).

2.6.4 Estación del año

Las condiciones ambientales asociadas a las diferentes estaciones también pueden influir en la composición calostrál. Diversos estudios han reportado que las vacas que paren durante el verano tienden a producir calostro de menor calidad en comparación con aquellas que paren en otras épocas del año. Factores como el estrés térmico y las variaciones en el manejo y alimentación pueden contribuir a estas diferencias estacionales (Jacome et al., 2016).

2.6.5 Raza

Las características genéticas propias de cada raza influyen tanto en la cantidad como en la calidad del calostro producido. En general, las razas especializadas en producción lechera generan mayores volúmenes de calostro, aunque con concentraciones relativamente menores de inmunoglobulinas. Por el contrario, las razas orientadas a la producción de carne suelen producir menores cantidades, pero con una mayor concentración de componentes inmunológicos. Esta relación debe considerarse al momento de evaluar la calidad calostrual dentro de los distintos sistemas de producción bovina (Zentrich et al., 2019; Polanco, 2021).

2.6.6 Programa de alimentación

La nutrición de la vaca durante el período seco desempeña un papel importante en la calidad del calostro. Dietas equilibradas que aporten cantidades adecuadas de energía, proteína, vitaminas y minerales favorecen una mejor producción calostrual y una mayor concentración de inmunoglobulinas. En contraste, deficiencias nutricionales pueden limitar tanto el volumen producido como el valor inmunológico del calostro, afectando la protección que recibirá el neonato durante sus primeros días de vida (Polanco, 2021).

2.7 Métodos para evaluar la calidad del calostro

2.7.1 Calostrómetro

El calostrómetro es un instrumento diseñado para estimar la calidad del calostro mediante la medición de su gravedad específica. Su funcionamiento se basa en la relación existente entre la densidad del calostro y la concentración de inmunoglobulinas, particularmente de inmunoglobulina G (IgG). Debido a que el contenido de proteínas influye directamente en la densidad de la muestra, valores

más elevados suelen estar asociados con una mayor concentración de anticuerpos (Fleenor y Stott, 1980).

Este instrumento clasifica el calostro en diferentes categorías de calidad utilizando escalas visuales de colores. Generalmente, los valores bajos indican una concentración insuficiente de inmunoglobulinas, mientras que los valores altos corresponden a calostro de excelente calidad. Su uso es sencillo y económico, por lo que continúa siendo una herramienta ampliamente empleada en explotaciones lecheras para la toma rápida de decisiones sobre el manejo del calostro (Bartier et al., 2015).

2.7.2 Refractómetro.

El refractómetro, especialmente el que utiliza la escala Brix, es uno de los métodos más utilizados actualmente para evaluar la calidad del calostro. Este equipo determina el índice de refracción de una muestra, el cual se encuentra relacionado con la concentración de sólidos totales presentes en el líquido. Aunque originalmente fue desarrollado para medir el contenido de azúcares en soluciones, su aplicación en el análisis de calostro ha demostrado ser útil para estimar indirectamente la concentración de inmunoglobulinas (Bielmann et al., 2010).

2.8 Prácticas de almacenamiento y conservación

La conservación adecuada del calostro es un aspecto esencial dentro de los programas de manejo neonatal, ya que permite preservar tanto su valor nutricional como su contenido inmunológico. Aunque el calostro constituye una fuente importante de anticuerpos y compuestos bioactivos para el recién nacido, una

manipulación inadecuada puede favorecer el crecimiento de microorganismos y comprometer su calidad sanitaria (Costa et al., 2017).

La contaminación bacteriana puede originarse tanto en la glándula mamaria como durante las etapas de recolección, almacenamiento y suministro del calostro. Entre los microorganismos que pueden encontrarse en muestras contaminadas destacan diversas bacterias patógenas capaces de afectar la salud de los terneros, por lo que es fundamental implementar medidas higiénicas estrictas durante todo el proceso de manejo (Costa et al., 2017).

La prevención de la contaminación comienza desde el momento del ordeño. La limpieza adecuada de los equipos, recipientes y superficies de contacto contribuye a reducir la incorporación de microorganismos al calostro. Asimismo, el almacenamiento a bajas temperaturas representa una de las estrategias más utilizadas para limitar la proliferación bacteriana y mantener la calidad del producto durante periodos cortos de conservación (Kovacs et al., 2020).

Cuando se requiere conservar el calostro por periodos prolongados, la congelación constituye una alternativa eficaz. Bajo condiciones adecuadas, el calostro puede mantenerse almacenado durante varios meses sin pérdidas importantes en la actividad de las inmunoglobulinas. Para facilitar su manejo y trazabilidad, es recomendable identificar cada muestra con información relacionada con la fecha de recolección, el origen y la calidad estimada del calostro (Borad y Sinha, 2018).

Previo a su utilización, el calostro congelado debe descongelarse cuidadosamente para evitar daños en sus componentes biológicos. El empleo de agua tibia suele ser

uno de los métodos más recomendados, ya que permite alcanzar temperaturas adecuadas sin afectar significativamente la estructura de las inmunoglobulinas. Por el contrario, el sobrecalentamiento puede provocar la desnaturalización de proteínas y reducir el valor inmunológico del producto (Schogor et al., 2020).

Además de la refrigeración y congelación, otras prácticas como la utilización de conservadores autorizados y la pasteurización controlada han sido evaluadas para reducir la carga microbiana del calostro. Estas estrategias buscan mejorar la seguridad sanitaria sin comprometer significativamente la concentración de inmunoglobulinas, contribuyendo así a optimizar la salud y el desempeño de los terneros durante sus primeras etapas de vida (Kovacs et al., 2020).

2.9 Agua electrolizada

El agua electrolizada (AE) es una solución con propiedades antimicrobianas obtenida mediante un proceso de electrólisis aplicado a una solución diluida de cloruro de sodio. Durante los últimos años ha despertado un gran interés en distintos sectores, especialmente en la industria alimentaria y sanitaria, debido a su capacidad para reducir la presencia de microorganismos y a su potencial como alternativa a los desinfectantes convencionales (Suárez et al., 2023).

Dependiendo de las condiciones de producción, el agua electrolizada puede clasificarse en ácida, alcalina o neutra. Entre estas variantes, el agua electrolizada neutra ha recibido especial atención debido a su eficacia antimicrobiana y a su menor efecto corrosivo sobre superficies y equipos. Su obtención se basa en la aplicación de corriente eléctrica a una solución que contiene cloruro de sodio,

generando una serie de compuestos químicos con capacidad desinfectante (Sarada et al., 2020; Rebezov et al., 2022).

Uno de los principales compuestos responsables de la actividad antimicrobiana del agua electrolizada es el ácido hipocloroso (HOCl), considerado una de las especies de cloro más efectivas para la inactivación de microorganismos. Su acción se relaciona con la capacidad de atravesar estructuras celulares y alterar procesos biológicos esenciales para la supervivencia microbiana. Debido a estas características, diversos organismos reguladores han reconocido su utilidad como agente desinfectante en diferentes aplicaciones (Takeda et al., 2020).

La actividad antimicrobiana del agua electrolizada ha sido documentada frente a una amplia variedad de bacterias, hongos, virus y esporas. Su eficacia depende de diversos factores, entre ellos la concentración de cloro libre disponible, el pH de la solución, el potencial de oxidación-reducción y el tiempo de contacto con los microorganismos. En condiciones adecuadas, puede producir reducciones significativas de la carga microbiana en periodos relativamente cortos (Pianpian et al., 2021).

El desarrollo y uso del agua electrolizada se originó en Japón durante la primera mitad del siglo XX. Inicialmente fue utilizada en hospitales y laboratorios clínicos, pero posteriormente sus aplicaciones se extendieron a la industria alimentaria debido a su efectividad para la desinfección de superficies, equipos y productos destinados al consumo humano. Actualmente continúa siendo objeto de investigación por su potencial en distintas áreas relacionadas con la inocuidad alimentaria y la salud animal (Rahman et al., 2016).

Los mecanismos de acción del agua electrolizada involucran la interacción de especies oxidantes con diferentes estructuras celulares. Estas sustancias pueden afectar la integridad de la pared celular y de la membrana plasmática, alterar procesos metabólicos internos e interferir con funciones esenciales para la viabilidad de los microorganismos. Como consecuencia, se producen daños estructurales y funcionales que limitan la supervivencia y multiplicación microbiana (Pianpian et al., 2021).

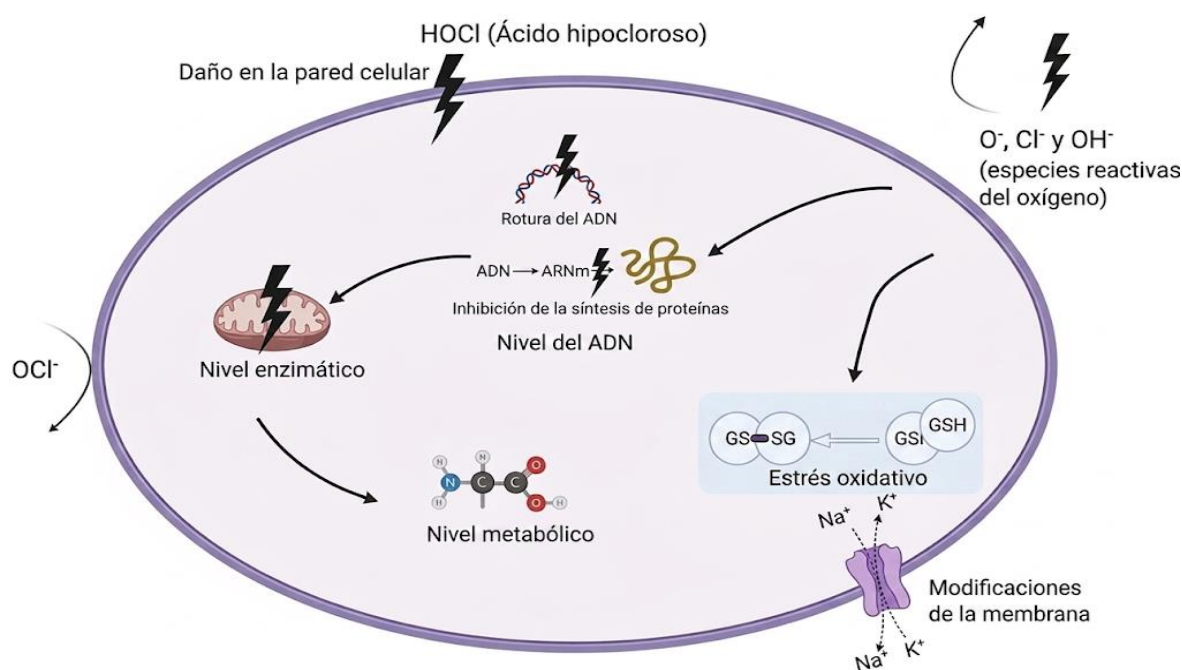
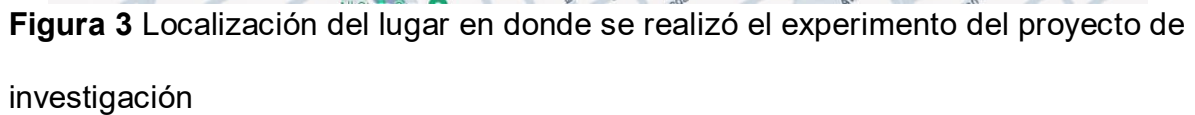


Figura 2 Mecanismos germicidas del EW sobre microorganismos (Tomado de Yan et al., 2021)

Las diferentes especies químicas presentes en el agua electrolizada actúan sobre distintas estructuras de los microorganismos. Mientras algunos compuestos ejercen su acción principalmente sobre la pared celular y la membrana externa, el ácido hipocloroso ($HOCl$) posee la capacidad de atravesar la membrana celular debido a sus características fisicoquímicas. Una vez en el interior de la célula, puede interferir

con diversos procesos metabólicos y funcionales, ocasionando alteraciones en enzimas, componentes intracelulares y mecanismos esenciales para la supervivencia microbiana. Como resultado, se producen daños estructurales y fisiológicos que contribuyen a la inactivación de los microorganismos (Pianpian et al., 2021).

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Química (Figura 3) del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, localizada en la ciudad de Torreón, Coahuila, México. Las instalaciones se encuentran aproximadamente a 1,123 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas de 25°31'11" latitud norte y 103°25'57" longitud oeste. El laboratorio proporcionó las condiciones necesarias para la preparación de muestras, procesamiento microbiológico y análisis de los tratamientos evaluados. (INEGI, 2025).



Se obtuvo calostro bovino fresco de un establo lechero ubicado en el municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. Las muestras destinadas al estudio fueron

recolectadas bajo condiciones higiénicas y posteriormente trasladadas al laboratorio en recipientes adecuados para su conservación.

Durante el transporte y hasta el momento de su procesamiento, el calostro permaneció bajo refrigeración a una temperatura aproximada de 4 °C con el propósito de minimizar el crecimiento microbiano y preservar sus características fisicoquímicas. Para la preparación de las diluciones seriadas se empleó agua peptonada estéril, elaborada con 1 g de peptona y 8.5 g de cloruro de sodio por litro de agua destilada, siguiendo las especificaciones establecidas por la NOM-092-SSA1-1994.

3.3 Preparación de tratamientos y diluciones

Se evaluaron cuatro tratamientos experimentales diferenciados por la cantidad de agua electrolizada incorporada al calostro. Cada tratamiento contó con ocho repeticiones distribuidas en cajas Petri.

El tratamiento control (T1) consistió en 1 mL de calostro sin adición de agua electrolizada. Para los tratamientos restantes se prepararon mezclas de calostro y agua electrolizada en diferentes proporciones: T2 (0.95 mL de calostro + 0.05 mL de agua electrolizada), T3 (0.90 mL de calostro + 0.10 mL de agua electrolizada) y T4 (0.85 mL de calostro + 0.15 mL de agua electrolizada).

Cada tratamiento fue sometido a tres tiempos de exposición (0, 30 y 60 minutos). Posteriormente se realizaron diluciones seriadas hasta alcanzar concentraciones de 10^{-5} y 10^{-6} utilizando agua peptonada como diluyente. De cada dilución se inoculó 1 mL en placas Petri estériles por duplicado. Finalmente, se agregaron 15 mL de

agar TEL previamente fundido y mantenido a 45 °C, mezclándose cuidadosamente para favorecer una distribución homogénea de la muestra antes de la solidificación del medio.

3.4 Incubación y recuento de UFC

Las placas inoculadas se incubaron en posición invertida a una temperatura de 35 ± 2 °C durante un periodo de 48 horas. Una vez concluida la incubación, se seleccionaron aquellas placas que presentaban entre 25 y 250 colonias, rango considerado adecuado para obtener recuentos confiables.

La cuantificación microbiológica se expresó como unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL), calculadas a partir del promedio de colonias contabilizadas y considerando el factor de dilución correspondiente para cada muestra.

3.5 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron organizados y analizados mediante el programa RStudio versión 4.4.1. Para determinar el efecto de los tratamientos sobre la carga bacteriana del calostro se aplicó un análisis de varianza (ANOVA).

Cuando fue necesario comparar las medias entre tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey. En todos los análisis se consideró un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis del efecto del tiempo de exposición del agua electrolizada sobre la carga bacteriana en calostro bovino, expresada como $\log_{10}$ UFC/mL, no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos evaluados ($p > 0.05$). De acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey, todos los tratamientos (0, 30 y 60 minutos) se agruparon dentro de una misma categoría estadística ("a"), lo que indica que el tiempo de exposición no tuvo un efecto significativo sobre la reducción de la carga bacteriana bajo las condiciones experimentales evaluadas (Figura 4).

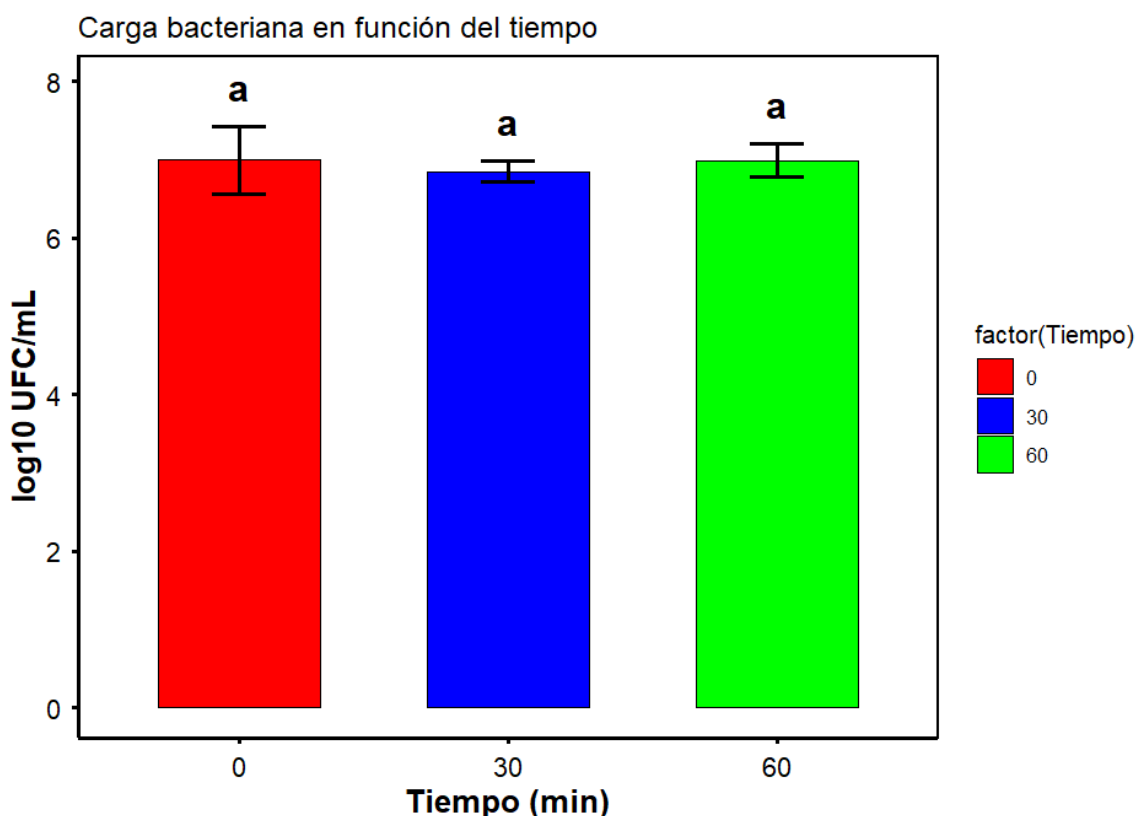


Figura 4 Promedio de la carga bacteriana ($\log_{10}$ UFC/mL) en calostro bovino en función del tiempo de exposición al agua electrolizada (0, 30 y 60 minutos). Las barras representan la desviación estándar y las letras indican la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$).

A pesar de la ausencia de diferencias significativas, se observaron variaciones en los valores promedio de carga bacteriana. El tratamiento de 30 minutos presentó el valor promedio más bajo, mientras que el tiempo de 60 minutos mostró un incremento ligero respecto a los demás tratamientos. Sin embargo, la superposición de las desviaciones estándar refleja una alta variabilidad entre las repeticiones, lo cual limita la capacidad del análisis estadístico para detectar diferencias entre tratamientos.

Desde el punto de vista microbiológico, estos resultados pueden explicarse por la complejidad del calostro como matriz biológica. El calostro presenta un alto contenido de proteínas, lípidos e inmunoglobulinas, que pueden reaccionar con las especies oxidantes presentes en el agua electrolizada, particularmente el ácido hipocloroso (HOCl), reduciendo su disponibilidad para ejercer acción antimicrobiana. Este fenómeno ha sido ampliamente documentado en sistemas con alta carga orgánica, donde los compuestos reactivos son rápidamente neutralizados antes de interactuar con los microorganismos.

Diversos estudios han demostrado que la eficacia del agua electrolizada depende en gran medida de factores como la concentración de cloro libre, el pH, el tiempo de contacto y la presencia de materia orgánica. En una revisión ampliamente citada, Rahman et al. (2016) destacan que la actividad antimicrobiana del agua electrolizada puede disminuir significativamente en matrices con alto contenido orgánico, debido a la rápida reacción de las especies oxidantes con compuestos presentes en los alimentos. De manera similar, Huang et al. (2008) señalan que, aunque el agua electrolizada es efectiva contra una amplia gama de

microorganismos, su desempeño se ve comprometido en sistemas complejos como los productos lácteos.

Por otra parte, Len et al. (2002) demostraron que la actividad bactericida del agua electrolizada está influenciada por parámetros fisicoquímicos como el potencial de oxidación-reducción (ORP), el pH y la concentración de cloro disponible, los cuales determinan la estabilidad y reactividad del sistema. En este sentido, pequeñas variaciones en estas condiciones pueden generar diferencias en la eficacia antimicrobiana, especialmente en matrices líquidas ricas en nutrientes. Asimismo, se ha reportado que el agua electrolizada puede ejercer una acción antimicrobiana rápida en superficies o alimentos con baja carga orgánica, logrando reducciones significativas en tiempos cortos. Sin embargo, en sistemas como la leche o el calostro, donde existe una alta disponibilidad de sustratos reactivos, su efectividad puede verse limitada o presentar un comportamiento no lineal en función del tiempo de exposición (Huang et al., 2008; Rahman et al., 2016).

La variabilidad observada en los resultados también puede estar asociada al método de recuento microbiológico, el cual presenta una variación inherente debido a factores como la distribución heterogénea de microorganismos, la precisión en las diluciones y la formación de colonias en placa. Estos elementos pueden contribuir a la dispersión de los datos y dificultar la detección de diferencias estadísticas entre tratamientos.

5. CONCLUSIONES

El tiempo de exposición del agua electrolizada no mostró un efecto significativo sobre la reducción de la carga bacteriana en calostro bovino bajo las condiciones evaluadas. Aunque se observaron variaciones en los valores promedio, estas no fueron estadísticamente diferentes, lo que sugiere que la eficacia del tratamiento puede estar limitada por la composición del calostro. Se recomienda evaluar otras condiciones, como concentración, tiempo y características fisicoquímicas, para optimizar su aplicación como agente antimicrobiano.

6. LITERATURA CITADA

- Abdel-Harith, M., & Harith, A. (2018). Evaluation of proteins in sheep colostrum via laser-induced breakdown spectroscopy and multivariate analysis. *Journal of Advanced Research*, 15, 19–25.
- Altomare, A., Fasoli, E., Colzani, M., Paredes, P., Ferrari, M., & Cilurzo, F. (2016). An in-depth proteomic analysis based on ProteoMiner, affinity chromatography and nano-HPLC–MS/MS to explain the potential health benefits of bovine colostrum. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 121, 297–306.
- Arslan, A., Kaplan, M., Duman, H., Bayraktar, A., Ertürk, M., Henrick, B., Frese, S., & Karav, S. (2021). Bovine colostrum and its potential for human health and nutrition. *Frontiers in Nutrition*, 8, 651721.
- Barreto, I., Rangel, A., Urbano, S., Bezerra, J., & Oliveira, C. (2019). Equine milk and its potential use in the human diet. *Food Science and Technology*, 39(1), 1–7.
- Bielmann, V., Gillan, J., Perkins, N. R., Skidmore, A. L., Godden, S., & Leslie, K. E. (2010). An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 93(8), 3713–3721.
- Borad, S., & Sinha, A. (2018). Colostrum immunoglobulins: Processing, preservation and application aspects. *International Dairy Journal*, 85, 201–210.
- Costa, J., Novo, S., Baccili, C., Sobreira, N., Hurley, D., & Gomes, V. (2017). Innate immune response in neonate Holstein heifer calves fed fresh or frozen colostrum. *Research in Veterinary Science*, 115, 54–60.
- Costa, J., Novo, S., Baccili, C., Sobreira, N., Hurley, D., & Gomes, V. (2017). Innate immune response in neonate Holstein heifer calves fed fresh or frozen colostrum. *Research in Veterinary Science*, 115, 54–60.
- Desjardins, M., Van Niekerk, J. [verificar], Haines, D., Sugino, T., Oba, M., & Steele, M. (2018). Effect of tube versus bottle feeding of colostrum on immunoglobulin G absorption, abomasal emptying, and plasma hormone concentrations in newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 101, 4168–4179.
- Desjardins-Morrisette, M., van Niekerk, J. K., Haines, D., Sugino, T., Oba, M., & Steele, M. A. (2018). The effect of tube versus bottle feeding colostrum on immunoglobulin G absorption, abomasal emptying, and plasma hormone concentrations in newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4168–4179.

- Ego, S., Rangel, A., Mürmam, L., Bezerra, M., & Oliveira, J. (2019). Bovine colostrum: Benefits of its use in human food. *Food Science and Technology*, 39(2), 355–362.
- Farah, R., & Sanaa, N. (2021). In situ-generated electrolyzed water as a promising dental office disinfectant during the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Public Health*, 9, 629142.
- Farmer, C., & Quesnel, H. (2020). Current knowledge on the control of colostrogenesis onset and cessation in swine. *Journal of Animal Science*, 98(Suppl. 1), S133–S139.
- Hammon, H. M., Liermann, W., Frieten, D., & Koch, C. (2020). Review: Importance of colostrum supply and milk feeding intensity on gastrointestinal and systemic development in calves. *Animal*, 14(S1), s133–s143.
- Huang, Y., Hung, Y., Hsu, S., Huang, Y., & Hwang, D. (2008). Application of electrolyzed water in the food industry. *Food Control*, 19(4), 329–345.
- Jacome, M., Hernández, B., Cervantes, A., Domínguez, M., Gómez, F., & Barrientos, M. (2016, [mes]). Calidad del calostro e inmunoglobulinas en vacas de doble propósito en unidades de producción del municipio de Comapa, Veracruz, México [ponencia]. Congreso AMEBV, [lugar].
- Kovacs, D., Maresca, V., Flori, E., Mastrofrancesco, A., Picardo, M., & Cardinali, G. (2020). Bovine colostrum induces the differentiation of human primary keratinocytes. *FASEB Journal*, 34, 1–20.
- Len, S., Hung, Y., Erickson, M., & Kim, C. (2002). Ultraviolet spectrophotometric characterization and bactericidal properties of electrolyzed oxidizing water. *Journal of Food Protection*, 65(7), 1178–1183.
- Mann, S., Corone, G., Chandler, T., Moroni, P., Cha, J., Bhawal, R., & Zhang, S. (2020). Heat treatment of bovine colostrum: I. Effects on bacterial and somatic cell counts, immunoglobulin, insulin, and IGF-I concentrations, as well as the colostrum proteome. *Journal of Dairy Science*, 103(10), 9368–9383.
- Mehra, R., Singh, R., Nayan, V., Buttar, H. S., Kumar, N., Kumar, S., Bhardwaj, A., Kaushik, R., & Kumar, H. (2021). Nutritional attributes of bovine colostrum components in human health and disease: A comprehensive review. *Food Bioscience*, 40, 100907.

- Morrill, K., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., & Tyler, H. (2012). Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science*, 95, 3997–4005.
- Mota, D. (2022). *Propiedades y beneficios del calostro de la búfala de agua*. BM Editores.
- Olivera, M., & Huertas, O. (2020). *La lactancia vista desde múltiples enfoques*. Biogénesis Fondo Editorial.
- Playford, R. J., & Weiser, M. J. (2021). Bovine colostrum: Its constituents and uses. *Nutrients*, 13(1), 265.
- Puppel, K., Orcido, M., Gołębiewski, G., Grodkowski, J., Słószarz, M., Kunowska, P., Solarczyk, M., Łukasiewicz, M., & Balceraky, P. (2019). Composition and factors affecting quality of bovine colostrum: A review. *Animals*, 9(12), 1070.
- Rabaza, A., Fraga, M., Mendoza, A., & Giannitti, F. (2023). A meta-analysis of the effects of heat treatment of colostrum on colostrum viscosity, immunoglobulin G concentration, and passive transfer of immunity in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 106(10), 7203–7219.
- Rahman, S., Khan, I., & Oh, D. (2016). Electrolyzed water as a novel sanitizer in the food industry: Current trends and future perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 471–490.
- Rebezov, M., Saeed, K., Khaliq, A., Rahman, S. J. U., Sameed, N., Semenova, A., Khayrullin, M., Dydykin, A., Abramov, Y., Thiruvengadam, M., Shariati, M. A., Punia Bangar, S., & Lorenzo, J. M. (2022). Application of electrolyzed water in the food industry: A review. *Applied Sciences*, 12(13), 6639.
- Reyes, K., Portillo, S., Soto, H., Hernández, A., Quintero, L., & Piloni, J. (2020). Functional food from bovine colostrum. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 6(12), 9–11.
- Robbers, L., Jorritsma, R., Nielen, M., & Koets, A. (2021). A scoping review of on-farm colostrum management practices for optimal transfer of immunity in dairy calves. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 668639.
- Sánchez, C., Franco, L., Regal, P., Lamas, A., Cepeda, A., & Fente, C. (2021). Breast milk: A source of functional compounds with potential application in nutrition and therapy. *Nutrients*, 13(3), 1026.

- Sarada, B., Vijay, R., Johnson, R., Rao, T., & Padmanabham, G. (2020). Combating COVID-19: ARCI's technologies for disinfection. *Transactions of the Indian National Academy of Engineering*, 1–6.
- Schogor, B., Luiza, A., Glombowsky, P., Both, F., Danieli, B., Rigon, F., Reis, J., & Da 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).
- Suárez, O., Contreras, G., Melo, D., & Hernández, M. (2023). Tendencias recientes en aplicaciones de agua electrolizada: Áreas de estudio y perspectivas. *TIR Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 26, 1–17.
- Takeda, Y., Uchiumi, H., Matsuda, S., & Ogawa, H. (2020). Acidic electrolyzed water potentially inactivates SARS-CoV-2 depending on available free chlorine concentration. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 530, 1–3.
- Tomasello, F., Pollesel, M., Mondo, E., Savini, F., Scarpellini, R., Giacometti, F., Lorito, F., Tassinari, M., Cuomo, M., Piva, S., & Serraino, A. (2021). Efficacy of alkaline electrolyzed water in reducing bacterial load on food-contact surfaces. *Foods*, 10(10), 2246.
- Wasowska, E., & Puppel, K. (2018). Changes in the content of immunostimulating components of colostrum obtained from dairy cows at different production stages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 5062–5068.
- Weaver, D. M., Tyler, J. W., VanMetre, D. C., Hostetler, D. E., & Barrington, G. M. (2000). Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 14(6), 569–577.
- Westhoff, T. A., Borchardt, S., & Mann, S. (2024). Invited review: Nutritional and management factors that influence colostrum production and composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 107.
- Yan, P., Chelliah, R., Jo, K. H., & Oh, D.-H. (2021). Research trends on the application of electrolyzed water in food preservation and sanitation. *Processes*, 9(12), 2240.
- Yan, P., Daliri, E. B.-M., & Oh, D.-H. (2021). New clinical applications of electrolyzed water: A review. *Microorganisms*, 9(1), 136.
- Zentrich, E., Iwersen, M., Wiedrich, M., Drillich, M., & Klein, D. (2019). Effect of barn climate and management-related factors on bovine colostrum quality. *Journal of Dairy Science*, 102(8), 7453–7458.