

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Efecto de la Concentración de Bicarbonato de Sodio en la Carga Bacteriana en Calostro Bovino

Por:

Yeraldine López López

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

**Torreón, Coahuila, México
Febrero 2026**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Efecto de la Concentración de Bicarbonato de Sodio en la Carga Bacteriana en
Calostro Bovino

Yeraldine López López

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

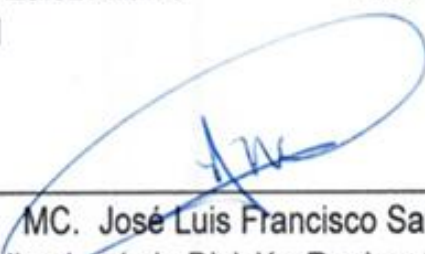
Aprobada por:


Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz
Presidente


MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Vocal


Dr. Ramiro González Avalos
Vocal


Dra. Reyna Roxana Guillén Enríquez
Vocal Suplente


MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Febrero 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Efecto de la Concentración de Bicarbonato de Sodio en la Carga Bacteriana en Calostro Bovino

Por:

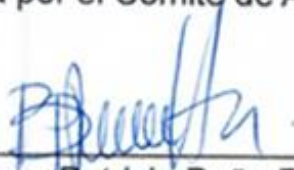
Yeraldine López López

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


Dra. Reyna Roxana Guillén Enriquez
Coasesora


MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Febrero 2026

DEDICATORIAS

A mis padres Ismael López Sánchez y Claudia López Guzmán, quienes me apoyaron y sufrieron junto conmigo en la decisión de dejar su casa para poder cumplir mis sueños lejos de ellos y quienes en el proceso de mi carrera jamás me dejaron sola, me alimentaron, me cuidaron y me llenaron de amor incluso a distancia.

A mis hermanas Michelle López López y Aylin López López, quienes siempre han sido mis confidentes y con quienes tengo una hermosa conexión que sobre pasa miles de kilómetros de distancias, sin ellas esto jamás lo habría logrado.

A mi sobrino Anthony Emiliano González López hijo de Aylin, que, aunque es un niño, fue parte de este proceso doloroso para los dos, el separarnos nos costaba mucho, pero esta meta es por él también.

A mis abuelos paternos, Jesús López y G. Victoria Sánchez Hernández, quienes con su bendición pude ir y venir durante estos 5 años y aunque en el camino los perdí, no olvidare sus acciones y sus palabras de aliento.

A mis abuelos maternos, Lorenzo López Isabel y Zenobia Guzmán Juan, quienes al igual que mis abuelos paternos, siempre me dieron su bendición y aunque mi abuelita Zenobia la perdí en el último momento de la carrera, estoy agradecida por las enseñanzas y el cariño.

A mi novio Juan José González Cárdenas, quien me apoyo incondicionalmente durante estos 5 años en mi carrera, quien con su amor que me daba la distancia no dolía mucho y su apoyo en cada tarea, en cada desvelo, en cada momento difícil,

me hizo saber que había alguien que siempre iba a estar para mí, a si nos separaran kilómetros, siempre lo iba a tener.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por todas las oportunidades de crecimiento y aprendizajes que pude tener de ella, así como todas las experiencias que pude tener.

A mis asesores de tesis Dr. Ramiro González Avalos y la Dra. Reyna Roxana Guillen Enríquez, por su paciencia y tiempo al realizar mi trabajo.

A Dios, por poner a cada una de las personas que hicieron posible este logro y que, al escuchar mis oraciones, cada anhelo en mi corazón lo cumplió.

A mis familiares, quienes también fueron importantes en el proceso, con su apoyo en cada ida y vuelta que, hacia cada semestre, por siempre esperarme y recibirme con los brazos abiertos cada que volvía.

A mi gran amistad que la Universidad me dio, C. Jazmín Hernández Contreras, es una amistad que me saco del cuarto oscuro cuando las pérdidas fueron doloras, cuando se podía más, no solo fueron momentos divertidos, fueron momentos de dolor por las que ambas pasamos, pero tenernos una a la otra fue nuestra salvación.

A mí misma, al soportar dolor, perdida, fuera de casa, me agradezco la fuerza que tuve para salir adelanté y no rendirme jamás.

RESUMEN

El calostro bovino es el primer alimento que reciben los terneros al nacer, siendo este quien le provee el desarrollo de su sistema inmunitario contra patógenos. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio sobre la carga bacteriana en calostro bovino. Se realizaron 6 tratamientos con dos repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron el calostro bovino añadiendo diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio en base p/v: T0: 0% (control); T1: 0.2%; T2: 0.5%; T3: 1.0%; T4: 2.0%; T5: 5.0%. Cada toma se preparó con 10 ml de calostro, ajustando el volumen final con agua peptonada estéril para mantener la concentración correspondiente de bicarbonato. Se observó que en los tratamientos intermedios 0.5 a 2.0% muestran una mayor carga bacteriana, lo que sugiere que el bicarbonato favoreció la proliferación bacteriana al ajustar un pH casi a la neutralidad, mientras que el T5 tuvo una tendencia descendiente lo cual sugiere que altas concentraciones de bicarbonato tiene un efecto inhibidor limitando la replicación bacteriana. El bicarbonato actúa más como modulador fisiológico que como agente inhibidor.

Palabras clave: Calostro, pH, Bicarbonato, Concentración, UFC

Índice general

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN	iv
Índice general.....	v
Índice de figuras	vii
Indice de Tablas	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	4
1.2 Objetivo específicos	4
1.2. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Producción y secreción.....	5
2.2 Composición nutricional y bioactiva	6
2.3 Función inmunológica para el neonato	7
2.4 Microbiología del calostro.....	9
2.4.1 Bacterias	9
2.4.2 Factores predisponentes a la contaminación	12
2.4.3 Impacto de la carga bacteriana	13
2.5 Estrategias para reducir la contaminación en calostro.....	13
2.5.1 Tratamientos térmico	13
2.5.2 Alternativas físicas y químicas	15

2.5.3 Comparativa entre métodos	17
2.6 Bicarbonato de sodio: propiedades, mecanismos y evidencia	18
2.6.1 Mecanismo bacteriostático	18
2.6.2 Historia y estudios clave	19
2.7 Aplicación práctica del bicarbonato en calostro bovino	20
2.7.1 Estudios experimentales en terneros	20
2.8 Implicaciones para la salud del ternero	21
2.8.1 Absorción de inmunoglobulinas	21
2.8.2 Desarrollo del sistema inmune y mucoso intestinal	22
2.8.3 Prevención de enfermedades intestinales comunes en terneros neonatos	23
2.9 Investigación sobre el control de patógenos y calidad del calostro	24
2.9.1 Comparativa de agentes bacteriostáticos	24
2.9.2 Efectos combinados	25
2.9.3 Limitaciones y riesgos potenciales	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	29
5. CONCLUSIONES	35
Referencias	36

Índice de figuras

Figura 1	Medición de pH según la dosis de bicarbonato en cada tratamiento	29
Figura 2	Promedio $\pm$ DE de $\log_{10}$ (CFU/mL) del calostro tratado con diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio (dilución 1×10^{-6}). Las barras representan la media y las líneas de error la desviación estándar de dos réplicas por tratamiento (T0–T5). Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey HSD, $p < 0.05$).	32
Figura 3	Relación entre el pH y la carga bacteriana ($\log_{10}$ CFU/mL) del calostro tratado con diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio. Los puntos representan los valores promedio por tratamiento (T0–T5) y la línea continua el ajuste de regresión lineal simple ($p > 0.05$).	34

Índice de Tablas

Cuadro 1 Promedio, desviación estándar (DE), reducción logarítmica y diferencias significativas en el conteo microbiano ($\log_{10}$ CFU/mL) del calostro tratado con distintas concentraciones de bicarbonato de sodio (dilución 1×10^{-6}).	30
Cuadro 2 Comparaciones múltiples de medias mediante la prueba de Tukey ($\log_{10}$ CFU/mL).....	31

1. INTRODUCCIÓN

La leche es un fluido biológico secretado por la hembra de los mamíferos cuya función principal es cubrir los requerimientos nutricionales del neonato, además de aportar compuestos bioactivos involucrados en procesos fisiológicos, metabólicos e inmunológicos durante las primeras etapas de vida (Arslan et al., 2021). La composición de la leche varía de acuerdo con la especie, el estado fisiológico y el momento de la lactancia, siendo el calostro la secreción de mayor importancia biológica en el periodo neonatal (Reyes et al., 2020).

El calostro bovino se define como una mezcla de secreciones lácteas y componentes derivados del suero sanguíneo que se acumulan en la glándula mamaria semanas previas al parto, como resultado de cambios hormonales asociados principalmente a la progesterona y los estrógenos (Chantak & Quesnel, 2020; Altomare et al., 2016). Esta secreción corresponde a la primera producción de la glándula mamaria durante las primeras 24 horas posparto, mientras que entre las 24 y 72 horas posteriores se denomina leche de transición, presentando una composición intermedia entre el calostro y la leche madura (Reyes et al., 2020).

Desde el punto de vista nutricional e inmunológico, el calostro es una matriz compleja caracterizada por altas concentraciones de proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, péptidos bioactivos y factores de crecimiento, superando ampliamente la riqueza composicional de la leche madura (Reyes et al., 2020). Dentro de estos componentes, las inmunoglobulinas, particularmente la IgG, desempeñan un papel central en la transferencia de inmunidad pasiva, ya que

los becerros nacen con un sistema inmune inmaduro y sin transferencia placentaria de anticuerpos (Abdelfattah et al., 2025).

La ingestión temprana de calostro de adecuada calidad es un factor determinante para la supervivencia, la salud y el desempeño productivo del becerro, debido a que una transferencia de inmunidad pasiva deficiente se asocia con mayor incidencia de enfermedades, mortalidad neonatal y pérdidas económicas en los sistemas de producción bovina (Abdelfattah et al., 2025). Además de la concentración de inmunoglobulinas, la calidad del calostro también depende de su condición higiénica, ya que una elevada carga bacteriana puede interferir con la absorción intestinal de IgG y comprometer su eficacia biológica (Elizondo-Salazar & Salazar-Acosta, 2019).

La contaminación microbiana del calostro puede originarse durante el ordeño, la manipulación, el almacenamiento o la administración, favoreciendo la proliferación de bacterias ambientales y patógenas que afectan la calidad microbiológica del producto (McMartin et al., 2021). Diversos estudios han reportado que cargas bacterianas elevadas en el calostro se asocian con una reducción en la eficiencia de la transferencia de inmunidad pasiva y con un mayor riesgo de infecciones entéricas y sistémicas en los neonatos (Schogor et al., 2020).

Para mitigar este problema, se han implementado estrategias como la pasteurización del calostro, la refrigeración inmediata y el uso de buenas prácticas de higiene; sin embargo, estas alternativas pueden no estar disponibles en todos los sistemas productivos o generar preocupación por posibles alteraciones en la composición bioactiva del calostro (McMartin et al., 2021). En

este contexto, resulta necesario explorar alternativas complementarias, accesibles y de bajo costo que permitan mejorar la calidad microbiológica del calostro sin comprometer su valor nutricional e inmunológico (Schogor et al., 2020).

El bicarbonato de sodio es un compuesto ampliamente utilizado en la producción animal debido a su capacidad amortiguadora del pH y a su participación en diversos procesos fisiológicos y metabólicos, lo que ha despertado interés sobre su posible efecto en el control microbiano (Aspatwar et al., 2025). A nivel microbiológico, el ion bicarbonato puede influir en el metabolismo, la viabilidad y la expresión génica de diversos microorganismos, dependiendo de la concentración aplicada y de las características del medio en el que se encuentre (Aspatwar et al., 2025).

Estudios recientes han descrito que el bicarbonato puede actuar como un agente de “doble filo”, ya que concentraciones moderadas pueden favorecer la estabilidad fisiológica y el crecimiento bacteriano, mientras que concentraciones elevadas pueden inducir estrés metabólico y limitar la proliferación microbiana (Aspatwar et al., 2025). En matrices complejas como el calostro bovino, donde coexisten nutrientes, proteínas y sistemas amortiguadores naturales, el efecto del bicarbonato sobre la carga bacteriana aún no se encuentra claramente establecido, lo que justifica su evaluación experimental (Obayes et al., 2023).

1.1 Objetivo

Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio sobre la carga bacteriana en calostro bovino.

1.2 Objetivo específicos

- Cuantificar la carga microbiana (UFC/mL) del calostro tratado con diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio, mediante el método de recuento en placa (*pour plate*).
- Comparar estadísticamente los valores de $\log_{10}(\text{CFU/mL})$ entre tratamientos, para determinar si existen diferencias significativas en el crecimiento microbiano asociadas a la concentración de bicarbonato.
- Analizar la tendencia del efecto del bicarbonato sobre la carga bacteriana, identificando la concentración en la que se observa el cambio más marcado en la proliferación microbiana.

1.2. Hipótesis

La concentración de bicarbonato de sodio disminuye significativamente la carga bacteriana del calostro bovino.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Producción y secreción

El posparto es un ciclo reproductivo de los bovinos donde ocurren cambios morfológicos y fisiológicos como son, la involución uterina y el funcionamiento normal del eje hipotálamo-hipófisis-ovarios (Nechifor et al., 2024).

Existen una variedad de factores que alteran la duración del posparto o anestro, pero los principales son la condición corporal de la vaca y el amamantamiento del ternero. Cuando la vaca está amamantando al ternero hay una respuesta de reducción de GnRH en el eje hipotálamo-hipófisis-ovarios, lo cual hace que allá una producción de la Hormona Luteinizante (LH) baja, por ende, hay una presencia de folículos inmaduros haciendo que estos sean imposibles de ovular. También existe un estímulo por parte del becerro cuando se genera la succión, produciendo una secreción de b-endorfina que, junto con los estrógenos que se han producido en el último tercio de la gestación, provocan una inhibición de LH desde el hipotálamo (Tóth et al, 2025).

Cuando no se tiene un buen consumo de materia seca (MS) en el periodo de transición que va de 3 semanas antes del parto y 3 semanas posparto, da lugar a una baja condición corporal durante el parto, por ende, cuando se trata de alimentar al animal en posparto, este no consumirá la cantidad correcta de alimento durante la lactancia, apareciendo un Balance Energético Negativo (BEN), el cual, hace una movilización de la reservas grasas del organismo, el cual produce una condición corporal baja y por ende hay una baja eficiencia reproductiva y productiva (Mekuriaw, 2023).

2.2 Composición nutricional y bioactiva

Las inmunoglobulinas (Ig) presentes en el calostro contribuyen a la primera línea de defensa humoral, la IgG, hace un reconocimiento y marcaje de las células, así como la citólisis de bacterias, la IgA, presente en las mucosas evita el contacto con virus y la IgM, esta neutraliza las toxinas principalmente bacterianas (Geiger, 2020).

Otros componentes como las citocinas, leucocitos, proteínas, grasas, lactosa, minerales y vitaminas, factor de crecimiento e insulina son parámetros que pueden medir la calidad del calostro, pero cuando un calostro tiene una concentración por encima de los 50 mg/ml de inmunoglobulinas G (IgG) este se considera de muy buena calidad (Schogor et al, 2020).

Dentro de las glicoproteínas importantes en la leche, existe la lactoferrina, la cual es sintetizada por los leucocitos polimorfonucleares, neutrófilos y células epiteliales glandulares, tiene una actividad antimicrobiana en el sistema digestivo, protege a la mucosa lo cual permite que se desarrolle una buena flora intestinal, la cual tiene beneficios contra las bacterias que puedan causar alguna patogenicidad, secuestradora y fijadora de iones de hierro libres, en la leche se puede encontrar en aumento cuando una vaca se encuentra en el periodo seco y cuando existen infecciones en la glándula mamaria (Galfi et al, 2016).

Las citocinas son hormonas proteicas, suelen producirse en la inmunidad innata o en la adquirida, cuando se desarrollan en la inmunidad innata estas hormonas se originan por fagocitos mononucleares dándoles el nombre de monoquinas y cuando se desarrollan en respuesta a la inmunidad adquirida son llamadas

linfoquinas debido a que son producidas por los linfocitos T, ambas tienen la finalidad de medir respuestas inflamatorias e inmunitarias (Gross et al, 2023).

Un factor de crecimiento presente en la leche es el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-I), este factor está medido por la hormona del crecimiento (GH) y los estados nutricionales, su principal función es impedir que se genere la apoptosis o muerte celular programada mediante señalizaciones de su receptor (Meyer et al, 2017).

2.3 Función inmunológica para el neonato

Al nacer un becerro cuenta con sistema inmune inmaduro ya que, cuando está dentro de la madre, la placenta no transfiere las inmunoglobulinas (Ig) al feto, por ello, se debe de ingerir un buen calostro con altas concentraciones de IgG durante las primeras 24 horas de vida del recién nacido, debido a que cuando el becerro nace, su sistema digestivo tiene la capacidad de ingerir moléculas grandes intactas como lo son las IgG, pero al transcurrir el tiempo se hace el cierre intestinal y posterior a estas horas es difícil que se genere un buen sistema inmune por una deficiencia de absorción de Ig (Cardoso et al, 2021).

Un buen manejo del becerro recién nacido va desde la atención al parto hasta la ingesta de un calostro de buena calidad, pues esto está relacionado con la viabilidad que pueda tener el neonato cuando se está haciendo la inmunidad pasiva, que es la que se le otorga a través de la ingesta del calostro maternal, una vez que se hace la ingesta del calostro, es posible medirla con un refractómetro que mide la concentración de proteína, asegurando el éxito de su supervivencia (Reyes et al, 2016).

Es bien sabido que un animal rumiante cuando nace tiende a nombrarse monogástrico, debido a que su compartimiento retículo-rumen, no está desarrollado y por ende el alimento líquido como es en calostro y leche, pasa directamente al abomaso donde son absorbido y digeridos. Sin embargo, el becerro pasa por tres fases importantes dentro de su dieta, la primera es la fase prerrumiante, en esta fase el abomaso es quien lleva a cabo el proceso digestivo de los alimentos, los cuales son netamente líquidos, eficientes para una buena nutrición y desarrollo, la duración de esta fase dependerá del productor pues a partir de las 2-3 semanas de vida del becerro se podrán agregar sólidos a su dieta, sin embargo, si esto no se realiza esta fase puede extenderse más tiempo, dentro de esta fase se encuentra un mecanismo fisiológico importante en los rumiantes que es la gotera esofágica, la cual se estimula mediante el seccionamiento del pezón, esta gotera se extiende desde el cardias hasta el abomaso esto hace que el calostro o la leche lleguen al abomaso sin perder sus características para que posterior a esto, sean digeridos de la mejor manera aprovechando todos sus aportes nutricionales para el becerro, la segunda fase es la de transición, en esta fase se prende el desarrollo del rumen, se ofrecen alimentos como concentrados, pero también se sigue ofreciendo una dieta líquida, al dar alimentos sólidos el rumen comenzará a funcionar haciendo una fermentación y produciendo ácidos grasos volátiles (ACV), los cuales son importantes para el desarrollo del mismo, haciendo que el rumen y el abomaso formen parte de la digestión de alimentos, el periodo de la fase dependerá de cuando el productor decida dejar de darle dieta líquida al becerro y la última fase, rumiante, la cual empieza cuando se hace un destete y se da una dieta netamente sólida junto con agua indispensable para el proceso digestivo

ruminal, en esta fase el rumen ocupa la mayor parte del sistema digestivo, también hay un aumento significativo de los AGV y proteína microbiana proveniente de la dieta que se ofrece, la mayoría de los sólidos se degradan en el rumen, pero en caso de no ser así, pasan al intestino delgado donde las enzimas digestivas degradaran los alimentos, esta fase se alcanza en promedio a los seis meses de nacido (Martín et al, 2019). Para hacer posible la digestión de la leche, se debe de formar un coagulo, este se forma en el abomaso entre 1-10 minutos después de su ingesta, esto ocurre por acción de la caseína y la pepsina, pero también es importante contar con pH de entre 6.5-5.5 porque cuando se tienen estos parámetros disminuye la velocidad de pasaje en el tracto digestivo y por ende tener una buena absorción de los nutrientes (Silva et al, 2024).

2.4 Microbiología del calostro

En los establos comúnmente se hace un calostreo a las terneras que van naciendo, muchas veces esto no se hace directamente de la madre, si no con personal capacitado, es aquí donde muchas veces la transferencia de inmunidad falla, pues existen distintos macroorganismos que pueden entrar al organismo cuando se está llevando a cabo este manejo, unos de los más mencionados son *Mycobacterium avium spp paratuberculosis*, *Escherichia coli*, *Listeria monocitogenes*, *Mycoplasma spp* y *Salmonella sp*, (Godden et al, 2006).

2.4.1 Bacterias

Mycobacterium avium spp. Paratuberculosis (Map), es un microorganismo que causa la enfermedad de Johne o mejor conocida como paratuberculosis, la cual afecta principalmente a rumiantes, las lesiones que causa son, la inflamación de la última parte del intestino delgado (íleon) y la primera parte del intestino grueso

(colon) junto con una apariencia granulomatosa, que posteriormente conlleva a una diarrea, la cual genera una pérdida progresiva de peso en el animal, haciendo que este cada día se vea más débil y que consecuentemente pudiera llegar a la muerte, también es considerada una enfermedad zoonótica, debido a que esta es transmitida a los humanos preferentemente por la ingesta de lácteos contaminados, esta contaminación surge por la eliminación del agente por esta vía o por la contaminación fecal a la hora de hacer el ordeño, esta contaminación es difícil de eliminar, pues se ha demostrado que Map hace un tipo de agrupamiento de más de 10 000 micobacterias provocando que sobrevivan a una pasteurización de 72°C durante 15 segundos (Magnano et al, 2009).

Escherichia coli (*E.coli*) es una de las bacterias más conocidas, debido a que habita de forma natural en el tracto gastrointestinal tanto de seres humanos como el de los animales, siendo una bacteria que se encuentra de forma normal, también existen cepas que son patogénicas causando enfermedades especialmente del tracto intestinal como diarreas, una de las cepas que viven normalmente en el tracto es *E.coli* 0157:H7, esta se desarrolla en la parte terminal del colon donde se encuentra tejido linfoide en el tracto recto-anal y es el lugar donde la cepa hace una replicación cuando se presenta una infección, siendo este su reservorio, la presencia de la bacteria se ve más en las heces y la cantidad de las cepas depende de la edad del bovino, se presume que las novillas y bovinos de menos de ocho semanas de vida expulsan más cepas en comparación de una vaca adulta, siendo esta la principal forma de contaminación a la hora del ordeño de las vacas (Lara et al, 2019).

Listeria monocytogenes se trata de un bacilo Gram positivo, por lo tanto, no esporula, es un anaerobio facultativo, es móvil y psicotrofo, dentro de sus cepas

solamente dos son las que causan enfermedad como *L. monocytogenes* la cual ataca a tanto a humanos como a los animales y *Listeria ivanovii* que solo afecta a los animales, ambas causan la enfermedad llamada Listeriosis (Torres et al, 2005). La contaminación es principalmente por el personal va desde las manos, ropa, calzado, herramientas y el equipo utilizado durante el almacenamiento, hay cierta supervivencia en fómites ya que *L. monocytogenes* produce biopelículas las cuales pueden vivir mucho tiempo en los utensilios si estos no son lavados y desinfectados correctamente (Urbano et al, 2018).

Mycoplasma spp es una bacteria que no tiene pared celular como las demás, habita normalmente en el cuerpo y dependiendo la parte donde se encuentre puede causar enfermedad, como artritis en un ternero o mastitis en una vaca, el tratamiento contra *Mycoplasma spp* es insatisfactorio ya que se ha reportado mucha resistencia a los antibióticos por la ausencia de pared celular haciendo que, en caso de una mastitis esta sea crónica y pueda transmitirse de forma asintomática a otra vacas hasta un punto donde se presente de manera clínica (Velasco et al, 2022), por ello, la contaminación con *Mycoplasma* en ubres, puede seguir eliminándose en las futuras lactancias y seguir siendo un portador de la enfermedad o también existe la posibilidad que pueda auto curarse de manera radical (Sickles et al, 2000).

Salmonella spp al igual que *E. coli* pertenecen a la familia *Enterobacteriácea*, es un basilio Gram negativo y anaerobio (Parra et al, 2002), al igual que las anteriores, salmonella también tienen diferentes serotipos pero el de mayor importancia en el ganado es *Salmonella Dublín*, esta al ser una bacteria considerada coliforme, su patogenia comienza cuando es inhalada o de forma oral, los animales enfermos comienzan a presentar signos desde el día 2, se

nota en un aumento de temperatura y posterior a 7 días del contagio se presentan diarreas severas, incluso, animales adultos pueden seguir siendo portadores (Paulin et al, 2002).

2.4.2 Factores predisponentes a la contaminación

Para obtener un calostro, en la industria lechera es necesario hacer un ordeño a la vaca, por la cantidad de animales y por el tipo de sistemas productores, existen dos tipos de ordeños uno es manual y el otro mecánico, el manual consiste en hacer presión en los pezones de la vaca, haciendo que el calostro o la leche baje, esto lo hace una persona que, puede o no, estar capacitada para hacerlo, pero sin duda es indispensable que se hagan buenas prácticas de higiene antes de comenzar hacer el ordeño como lo es limpiar la ubre con agua, hacer el secado de cada pezón y tener las manos limpias, al igual que el recipiente donde se colectara el calostro, por otro lado, el mecánico, como su nombre lo dice, es más tecnológico haciendo que el contacto con humanos se reduzca mucho, pues en este ordeño el personal debe estar capacitado pero solo para hacer un buen lavado, secado y despunte de los pezones antes del ordeño, esto se hace a través de mangueras que simulan la succión que hace el becerro cuando es amamantado normalmente, cuando se utilizan aparatos como estos, se espera que la contaminación se reduzca en gran porcentaje y que se hagan buenas prácticas de ordeño, de lo contrario, la salud de la vaca puede verse afectada por una mastitis por no hacer un buen ordeño, la del becerro, cuando la ubre no está bien lavada puede contener coliformes fecales que pueden causar diferentes enfermedades como diarreas (Guevara et al, 2020), una de las ventajas de hacer un ordeño mecánico, es que el tiempo de bajada de la leche es más corto en comparación al ordeño manual, el tiempo que se reporta en un

ordeño mecánico es de 0.98 min/kg y en el manual es de 3.23 min/kg (Andrade et al, 2011), reducir el tiempo de recolección no solo es bueno para la vaca, sino también para el ternero, pues así reduce la probabilidad de una contaminación durante el ordeño, haciendo que este sea de mejor calidad para el momento de su ingesta (Elizondo et al, 2008).

2.4.3 Impacto de la carga bacteriana

Cuando un ternero no recibe una buena cantidad de inmunoglobulinas (Ig) o falla la transferencia de inmunidad pasiva (TIP), ya sea por no haber proporcionado el calostro en las primeras horas de vida o que este tenga una baja cantidad de Ig y al mismo tiempo este contaminado con microorganismos, asegura que el ternero en su desarrollo presente diferentes enfermedades, pues las bacterias en el calostro ocasionan que la TIP no se haga de manera correcta, esto es porque las bacterias presentes se adhieren a las Ig impidiendo que se haga una buena absorción y que futuramente, la ganancia de peso del animal se reduzcan, lo cual ocasiona que no se pueda alcanzar un buen peso para su primer servicio o que su primera lactancia no sea una buena producción, por ello, es de vital importancia proporcionar un buen calostro y que preferentemente este pasteurizado o con algún tratamiento que reduzca significativamente la carga bacteriana que pueda contener (Salazar y Elizondo, 2019).

2.5 Estrategias para reducir la contaminación en calostro

2.5.1 Tratamientos térmico

El calostro es la principal fuente de inmunidad para el becerro, pero así como puede ser un beneficio, también puede perjudicar su salud, pues el mismo calostro puede ser un medio de cultivo para muchos microorganismos haciendo

que sus beneficios se reduzcan, esta contaminación proviene propiamente de la ubre, cuando se hace el ordeño, cuando se almacena, alimenta o cuando este tiene un largo tiempo de almacenamiento, por ello, se utilizan diferentes estrategias para reducir significativamente la contaminación y eliminación de los microorganismos, una de ellas es la pasteurización, que consiste en la elevación de la temperatura del calostro a 60°C durante 60 minutos, sin embargo, muchas veces se duda de la calidad del calostro al someterse a estos tratamientos, pero está demostrado que la pasteurización no desnaturaliza las Ig, pero si elimina microorganismos que puedan estar presentes, por lo tanto, en la ingesta de calostro pasteurizado se está teniendo un mayor beneficio al reducir la contaminación con microorganismos y al no modificar su concentración de Ig (Donahue et al, 2012).

Dentro de los métodos térmicos existen tres formas de pasteurizar la leche, una es la pasteurización lenta, la segunda es la pasteurización relámpago flash (HTST) y por último la ultrapasteurización (UHT), la diferencia de estas formas de pasteurizar es el tiempo y la temperatura a la que la leche es sometida, la pasteurización lenta es, someter la leche a 62-65°C durante 30 minutos, la HTST se comete a una temperatura de 71-74°C por 15 segundos y la UHT es calentar hasta los 135-150°C por 6 segundos, cualquiera de estos métodos es funcional para el control de crecimiento de microorganismos en la leche, pero es importante que cada uno cumpla con la temperatura y el tiempo, de lo contrario algunos microorganismos podrían sobrevivir o la composición nutritiva de la leche podría destruirse o disminuir (Tirado et al, 2017). Por ello es importante que, al pasteurizar, la leche siga presentando sus índices de grasas como si fuera leche entera, en este caso es el 3% de grasas, su acides oscila en los 0.14-

0.18 g de ácido láctico por cada 100 ml, por otro lado, los coliformes permitidos que pueden estar presentes son 3.0×10^5 UFC/ml-1, en 35°C por máximo 4 NMP/ml⁻¹ y en 45°C un máximo de 2 NMP/ml⁻¹, todo esto para que sea un producto apto y beneficiario para el consumo (Delgado et al, 2008).

2.5.2 Alternativas físicas y químicas

La filtración en la industria lechera es una de las técnicas físicas para la separación de los microorganismos y los componentes de la leche, esta filtración se realiza a través de unas membranas con poros que hacen que sean permeables, la separación se realiza con un gradiente de presión o electrostático, estas membranas son de diferentes materiales como celulosa que resiste a una temperatura de 50°C y a un pH de 3-8, polisulfonas, teflón, propilenos, poliamidas, polisulfuros y polipropilenos, que resisten una temperatura <80°C y un pH de 2-12 o compuestos de sales inorgánicas, como el óxido de circonio (ZrO₂), óxido de aluminio Al₂O₃ y dióxido de titanio (TiO₂) que resiste temperaturas >300°C y a un pH de 0-14; debido al funcionamiento de permeabilidad de las membranas es necesario determinar la porosidad que tendrá, por lo tanto, es importante revisar el diámetro de los microorganismos que van de 1nm a 20nm, otra de las consideraciones que se deben de tener en cuenta es la forma en la que está constituida la leche ya que, no solo son microorganismos los que están presentes si no también, glóbulos grasos, proteínas de suero, lactosa y sales, cada uno de estos componentes tiene diferentes diámetros y aquí, solo se busca eliminar la parte contaminada de la leche, así que, para ser eliminados se necesita usar la técnica de microfiltración ya que el diámetro del poro de la membrana cerámica que es utilizada es de 0.8-1.4 µm y la presión transmembranaria es de 50kPa con una velocidad tangencial

de 7.2 m/s, con ello, se produce una eliminación de bacterias y esporas hasta un 99.9% (Reig et al, 2021).

Los aditivos también son unas de las alternativas químicas que se puede usar para reducir la carga bacteriana de la leche, las bacterias ácido lácticas (BAL) son uno de los aditivos que se manejan en la industria lechera, con el fin de reducir la carga bacteriana y prolongar su vida útil en anaquel, dentro de la clasificación de las BAL están los *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *tetragenococcus* y *Vagococcus* y *Weisiella* (Parra, 2010). La nisina es un bioconservador natural a partir del microorganismo *Lactococcus lactis* subsp. La forma para evitar el crecimiento bacteriano en la leche es que a partir de la fermentación de la lactosa formar ácido láctico que, en grandes cantidades produce bacteriocinas y en conjunto con la acidez inhiben el crecimiento bacteriano (Ahansaz et al, 2023). El peróxido de hidrógeno al igual que la nisina es generado por *Lactococcus*, que utiliza el sistema lactoperoxidasa, quiere decir que al generar la oxidación del NADH se crea un antimicrobiano natural que puede inhibir patógenos que pueden estar presentes en la leche (Parra, 2010).

Cuando se realiza un ordeño, por naturaleza, la leche comienza a presentar una acidez, el cual es un parámetro de inocuidad, debido a que cuando hay una acidez hay una fermentación causada por *Streptococcus* laticos, quienes, a partir de la lactosa forman ácido láctico, el cual es un indicador de contaminación (Kondrotiene et al, 2025); por ello, se han utilizado neutralizantes de la acidez como método químico para reducir la contaminación, uno de ellos es el bicarbonato de sodio (Gondim et al, 2021).

2.5.3 Comparativa entre métodos

Tanto la pasteurización y la ultrapasteurización eliminan casi en su totalidad a los microorganismos presentes en la leche, pero cuando se emplea el tiempo y la temperatura adecuada estos organismos pueden sobrevivir, pero si, al contrario, hay un exceso de temperatura en la leche se pierden sus características nutritivas, también es importante mencionar como una desventaja la automatización de los sistemas para pasteurizar debido a los procesos que se puedan hacer y los parámetros que se puedan manejar (Tirado et al, 2017).

Unas de las ventajas de la filtración con membranas es que se puede usar para todo tipo de leches asegurando la eliminación de agentes patógenos, también cuando se usan las membranas, estas al concentran a los microorganismos ayudan a tener un análisis de la flora bacteriana láctea útil para análisis microbiológicos en la industria y una desventaja es que al ser una membrana porosa y la leche al tener distintos elementos de diferentes dimensiones, puede construir un colmataje, el cual es un conjunto de variantes como, adsorción de la membrana, el bloqueo de la porosidad, la formación de una capa en la membrana y un bloqueo irreversible de la porosidad, al presentarse el colmataje en la filtración, este reducirá el flujo y hace que la membrana porosa no sea de calidad selectiva, así que, si no se hace vigilancia de colmataje, la eliminación de agentes patógenos, no será adecuada (Reig et al, 2021).

Los aditivos al ser un organismo vivo, necesita de una nutrición para la generación de las BAL, depende de la concentración de aminoácidos que puedan estar presentes en la leche como lo son las proteinasas peptidasas, el sistema de transporte de los aminoácidos y péptidos específicos, pero una vez que el ambiente es el adecuado, forman exopolisacáridos (ESP), que estos al

metabolizar proteínas, azúcares y lípidos, hacen una mejor digestibilidad y preservación de la leche (Ahansaz et al, 2023).

Los análisis de la acidez presente en leche, son importantes para la calidad, debido a que se ve una mejoría de la inocuidad, rendimiento y la capacidad de la producción ya sean de pequeños productores (Kondrotiene et al, 2024); pero también es importante considerar las afecciones hacia animales y humanos, debido a que, en humanos, las concentraciones altas de carbonatos, interfieren con la actividad hormonal (Gondim et al, 2021).

2.6 Bicarbonato de sodio: propiedades, mecanismos y evidencia

2.6.1 Mecanismo bacteriostático

El bicarbonato de sodio (NaHCO_3) es un polvo cristalino, color blanco, que se puede diluir en agua y que su sabor puede ser salado y alcalino, es un elemento que se ha usado en diferentes industrias pero que, en la medicina, actúa como un bacteriostático o potencializador de un antibiótico frente a diferentes bacterias (Obayes et al, 2023).

Como se ha mencionado anteriormente, el calostro tiene una capacidad antibacteriana frente a diversos patógenos, pero en un estudio se ha mencionado que, tanto el calostro bovino como la leche humana, no tienen esta capacidad antibacteriana contra *E. coli*, sin embargo, en otros estudios, si se ha demostrado una actividad bacteriostática del calostro y leche humana debido a una alta concentración de anticuerpos, factores de crecimiento y lactoferrina inhibiendo aislados de *E. coli*, siendo la lactoferrina un bacteriostático frente a *E. coli*, pues al sustraer el hierro de la bacteria, impide su crecimiento (Caballero et al, 2023).

A lo largo del tiempo el bicarbonato se ha considerado como un antifúngico y antibacteriano, algunos de los microorganismo son *E. coli*, *Lactobacillus plantarum*, *Staphylococcus aureus* y *P. aeruginosa*, aunque no se sabe su mecanismo de acción, se cree que este se hace un bacteriostático cuando disminuyen las cantidades de pH, esenciales para el crecimiento bacteriano, pero también, se ha considerado una arma de doble filo ya que, no solo funciona como bacteriostático, sino también como un señalizador, ya que, algunos organismo, como lo es *E. coli* ocupa una señalización de altas concentraciones de bicarbonato para su virulencia (Aspatwar et al, 2025).

2.6.2 Historia y estudios clave

Desde hace años se ha investigado los beneficios que tiene el bicarbonato de sodio en la influencia de la salud de los terneros. Uno de los desafíos que se tienen en las granjas lecheras es la producción de un buen calostro y muchas veces se tiene un buen calostro, pero cuando este es almacenado por efectos de los organismos presentes en el mismo, existe una fermentación, haciendo que esta sea poco palatable para los terneros y como consecuencia una deficiencia de la ingesta del calostro, pero se descubrió que, al agregar bicarbonato de sodio al calostro, se disminuye la acidez producida por la fermentación y mejora el consumo del calostro almacenado (Abou Seri et al, 2024).

Resientes estudios muestran una la eficacia del bicarbonato junto a la gentamicina un aminoglucósido utilizado para bacterias gran negativas y que este a su vez tiende a tener un índice alto de resistencia bacteriana oscilando entre un 29% contra bacterias de *E. coli*, mientras que el bicarbonato de sodio tiene un índice alto de sensibilidad contra diferentes concentraciones de

bicarbonato que van desde el 66% de sensibilidad a una presentación del 20% de bicarbonato de sodio y 58.33% de sensibilidad frente a una presentación del 5%, aunque su mecanismo de acción aun no es conocido muy bien, los estudios realizados muestran que si tiene un buen efecto bacteriostático frente a estos microorganismos (Obayes 2023).

2.7 Aplicación práctica del bicarbonato en calostro bovino

2.7.1 Estudios experimentales en terneros

La ingesta de calostro es de suma importancia para el ternero, siendo uno de los retos tener un calostro de buena calidad en cuanto nace el ternero muchas ocasiones no se tiene, pero la refrigeración de calostros de alta calidad es una medida para asegurar la vida del ternero, siempre y cuando esté presente sus características nutricionales, un estudio demostró que terneros al ingerir un calostro sin fermentar, hace presente una buena absorción de IgG, mientras que un calostro fermentado no tiene las características nutricionales adecuadas, pero aun así, se tuvieron beneficios de la ingesta, pero también, se observó que al ajustar el pH del calostro fermentado con 7g de bicarbonato de sodio/kg de calostro, este mejora la absorción de las inmunoglobulinas y también se hacen presentes las cualidades bacteriostáticas del bicarbonatos en los terneros, pues al ingerir estos 3 tipos de calostros (no fermentado, fermentado y con bicarbonato), no presentaron ninguna enfermedad durante las tres semanas antes del destete y las concentración de IgG en el suero fueron buenas de acuerdo a un rango de 7.5 mg/ml, se obtuvieron 6.4, 4.2 y 5.7 mg/ml respectivamente, haciendo que el experimento señale que hay una mejor absorción de IgG cuando el calostro es consumido con la adición de bicarbonato de sodio (Bahroz y Muhammed, 2022).

2.8 Implicaciones para la salud del ternero

2.8.1 Absorción de inmunoglobulinas

En muchas ocasiones se pensara que un ternero al estar con su mamá y recibir el calostro directamente de ella es más beneficiosos que recibir el calostro de una mamila, sin embargo, se deben tener en cuenta los diferentes factores que interfieren en una adecuada transferencia de inmunidad pasiva, en un estudio que se realizó compraron la absorción de inmunoglobulinas en terneros que se dejaron con su madre y en otro grupo donde ellos fueron alimentados con biberones, donde ambos grupos no tuvieron una buena absorción de IgG, esto por la calidad del calostro que se consumió o por una falla durante la ingesta, lo que provocó que los becerros que estaban con la madre, tuvieron una mayor falla de inmunidad que los que se alimentaron con calostro en biberón, esto resulta de un mal manejo a la hora de dar el calostro o por la calidad del calostro que se tomó, sin embargo, también se menciona que al tener un calostro de buena calidad y ofrecido en las primeras 24 horas de vida, asegura una buena transferencia de inmunidad pasiva (Abdelfattah et al, 2025).

Mientras que en otro estudio realizado, se compraron los efectos del bicarbonato en un grupo de terneros alimentados con 4 diferentes tipos de dietas, la primera era el calostro (control), la segunda era una adición de bicarbonato (0.6%p/p), la tercera acidificaron con propionato y la 4 se realizó primero una acidificación y después un taponamiento con bicarbonato (0.6% p/p) para obtener un pH de 6.0, al pasar de los días se notó un incremento de peso a los terneros que consumieron la dieta 2, pero en los últimos días antes del destete, estos no presentaron más ganancia de peso, sin embargo, la administración de la dieta 4 fue quien mejor tuvo la ganancia de peso antes del destete, haciendo que el

consumo de calostro acidificado y después tamponado, se una buena opción para los ternero, sin embargo, en este estudio no demuestra una acción bacteriostática el bicarbonato (Silva et al, 2022).

2.8.2 Desarrollo del sistema inmune y mucoso intestinal

Un becerro recién nacido es considerado un monogástrico ya que, tiene un mecanismo que recibe varios nombres como gotera esofágica, surco esofágico, entre otros, a lo que se refiere es que existe una comunicación directa entre el cardias y el orificio retículo-omasal, esto durante las primeras horas de vida del becerro, el propósito de esta comunicación es llevar el calostro directamente hasta el abomaso, sin pasar al rumen evitando una fermentación del calostro, una vez que el calostro paso, las inmunoglobulinas presentes en el pasan a la primera porción del intestino delgado (duodeno), ya que este tiene una alta permeabilidad, lo que hará que se puedan absorber las inmunoglobulinas y desarrollar la inmunidad pasiva que protegerá al animal de los patógenos que llegan al tracto digestivo (Martin et al, 2019). Si un becerro hizo una adecuada toma de calostro, la concentración de inmunoglobulinas en suero es relativamente alta, otro de los componentes importantes para el desarrollo del sistema inmune del becerro son las citocinas como la interleucina 1-beta (IL-1beta), IL-6, Factor de Necrosis Tumoral- beta y el Interferón-Gama, que generar una respuesta proinflamatoria en el intestino, generando un grupo de linfocitos, permitiendo el desarrollo inmune del neonato, estas a su vez ayudan con la fagocitación de algunas bacterias a través de los neutrófilos; los leucocitos también es componente de la formación del sistema inmune, pues estas células en su mayoría son linfocitos T, que están relacionadas a células presentadoras de antígenos, por lo tanto un calostro con leucocitos maternos hace que las

células presentadoras de antígeno desarrollen el sistema inmune adquirido; los neutrófilos y macrófagos son células de la inmunidad innata, estas células están en mayor cantidad en los terneros recién nacidos, pero su función se ve limitada cuando no se ha hecho la ingesta de calostro, los monocitos también forman parte de esta inmunidad, pues al migrar a tejidos que fueron estimulados en la respuesta proinflamatoria se convierten en células dendríticas que al presentar un antígeno activan el sistema inmunitario, mientras avanza la edad el sistema inmune se vuelve más fuerte pues es hasta la semana 6-8 el becerro tiene el 20% de las células B que necesita, mismas que tiene un bovino adulto, la activación de cada una de estas células indispensable para el desarrollo inmune y se va desarrollando conforme pasa el tiempo (Chase et al, 2008)

2.8.3 Prevención de enfermedades intestinales comunes en terneros neonatos

Dentro de las enfermedades que pueden contraer los terneros, destacan las diarreas, pues estas enfermedades se presentan en las primeras semanas de vida de los terneros, cuando el microbiota intestinal no está bien desarrollado y no puede combatir de una mejor manera la infección de patógenos, el origen de la enfermedad puede ser por diferentes factores, porque en esta etapa de vida, el ternero sufre diferentes cambios estresantes, como lo es la separación de la madre, exposiciones a ambientes contaminados, el manejo, la época de nacimientos, la ingesta de calostro y el tamaño de la producción de becerras (Molineri et al, 2023).

Las diarreas de los becerros pueden ser causadas por bacterias como *Salmonella spp*, *E. coli*, *Clstridium perfringens* tipo C y *Cryptosporidium parvum*, virus como Rotavirus Bovino grupo A (BRoV-A) o Coronavirus Bovino (BCoV) y

protozoarios, que estos a su vez, forman parte del microbiota intestinal, la principal prevención de que estas enfermedades aparezcan es meramente la ingesta de calostro en las primeras horas de vida, pues hay estudios donde se muestra que incluso el sustituto de calostro bovino dado a becerros durante la presencia de la enfermedad, mejora el estado de salud hasta la recuperación del becerro, siendo el calostro, la mejor opción económica para la prevención de enfermedades gastrointestinales (Jessop et al, 2024).

2.9 Investigación sobre el control de patógenos y calidad del calostro

2.9.1 Comparativa de agentes bacteriostáticos

El selenio (Se) como otros minerales forma parte de la homeostasis respecto a la salud de los animales pues interfiere en la modulación funcional del tracto reproductor, el sistema tiroideo y el sistema inmunológico, al tener funcionamiento en el sistema inmune se presume que el Se puede tener una respuesta de protección contra enfermedades, estudios han demostrado que al suplementar vacas de pastoreo con Se ha aumentado la concentración de IgG en el calostro y en el suero sanguíneo de los becerros, pero también se ha estudiado que si tiene beneficios en la leche y calostro pero no se han visto respuestas significativas sobre la inmunidad pasiva, en un experimento realizado en 2004, suplementaron vacas con selenio y otras no, con el fin de ver si esto cambia la concentración de Ig en calostro y en el suero sanguíneo de los becerros, lo cual obtuvieron como resultado que el papel del Se no tiene una actividad mejor en cuanto a la absorción de Ig por la mucosa del intestino de los becerros, pero también se observó que al suplementar con selenato de brio a las vacas gestantes tiende a disminuir la carga de IgG1 pero en la hora del ordeño del calostro, este no muestra niveles bajos de IgG y que al bajar la concentración

de IgG1 aumenta la concentración de IgG2, la cual es mucho más importantes para los rumiantes debido a que ellos presentan más receptores para este tipo de inmunoglobulina ayudando a la función de neutrófilos encargados espacialmente para el control de infecciones de tipo bacteriano (Bellmann et al, 2025).

Unos de los aditivos que también se manejan en las industrias lecheras con el fin de aumentar la absorción de Ig son los minerales, uno que ha tenido mucho auge son las zeolitas, cristales hidratados de génesis volcánica y están formados por hidrogeno, oxigeno, aluminio y silicio (Masoud, 2025). La clinoptiolita es un tipo de zeolita que tiene propiedades adsorbentes, al administrarlo en el calostro se ha visto que mejora la adsorción de inmunoglobulinas en los terneros, así se demostró en un estudio, donde se añadió al calostro 5% de clinoptiolita y tras pasar las horas de su ingesta al tomar muestras de sangre se observó una alta cantidad de inmunoglobulinas, así como proteínas y glucosa en la sangre, comprobando que este mineral tiene beneficios los cuales son médicos y económicos (Drvenica et al, 2022).

2.9.2 Efectos combinados

Tanto las zeolitas como el bicarbonato, tiene funciones similares sobre el pH, siendo la zeolita un mineral más barato en comparación al bicarbonato, por otro lado, un estudio realizado mostro que no hay una sinergia cuando se proporcionan al mismo tiempo, al contrario hay alteraciones en el tiempo en el recorrido intestinal, dando como resultado una mala digestibilidad, al mismo tiempo, resulto perjudicial a la hora de la ingesta del alimento, en la producción láctea y así mismo en la calidad de los componentes lácteos (Mahdavirad et al, 2021).

2.9.3 Limitaciones y riesgos potenciales

Se sugieren estudios antes de hacer uso del bicarbonato ya que no solo sirve como inhibidor de bacterias, si no que, en algunas ocasiones actúa como un potencializador sobre los efectos de virulencia de las bacterias, por lo tanto, se debe de hacer uso cautelosamente (Aspatwar et al, 2025).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El experimento se realizó en el Laboratorio de Química del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, ubicada en Torreón, Coahuila de Zaragoza, México, durante el mes de octubre de 2025. Las coordenadas geográficas son 25°31'11" de latitud norte y 103°25'57" de longitud oeste, con una altitud de 1,123 m.s.n.m. (INEGI, 2025).

3.2. Recolección de muestras

El calostro se recolectó inmediatamente después del parto de las vacas, se recolectó un litro, se trasladó al laboratorio de la UAAAN a temperatura de cuatro grados hasta su análisis.

3.3. Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar con seis tratamientos (T0–T5) y dos repeticiones por tratamiento. Los tratamientos consistieron en calostro bovino adicionado con diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) en base p/v: T0: 0 % (control); T1: 0.2 %; T2: 0.5 %; T3: 1.0 %; T4: 2.0 %; T5: 5.0 %. Cada tratamiento se preparó con 10 mL de calostro, ajustando el volumen final con agua peptonada estéril para mantener la concentración correspondiente de bicarbonato.

3.4. Preparación de soluciones y medios

El agua peptonada se elaboró disolviendo 1.0 g de peptona y 8.5 g de cloruro de sodio (NaCl) en un litro de agua destilada, ajustando el pH a 7.0 ± 0.2 . La mezcla se esterilizó en autoclave a 121 °C durante 15 minutos, de acuerdo con la NOM-092-SSA1-1994. El medio de cultivo utilizado fue agar nutritivo, preparado y esterilizado bajo las mismas condiciones.

Las muestras de calostro se homogeneizaron y se sometieron al tratamiento con bicarbonato de sodio según la concentración asignada, manteniéndose en reposo durante 20 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente, se realizaron diluciones decimales seriadas hasta una concentración de 10^{-6} empleando agua peptonada estéril.

3.5. Determinación del pH del Calostro

El pH del calostro y de cada tratamiento se midió por triplicado utilizando tiras indicadoras de pH de rango 0–14, previamente esterilizadas. Se evaluaron las siguientes muestras: Calostro sin tratamiento; calostro con agua destilada (T0); calostro tratado con las concentraciones de bicarbonato de sodio: T1 (0.2 %), T2 (0.5 %), T3 (1.0 %), T4 (2.0 %) y T5 (5.0 %). Cada muestra se homogeneizó antes de la medición y se registró el valor de pH promedio de las tres lecturas. Los resultados se utilizaron para analizar la relación entre el pH y la carga bacteriana ($\log_{10}$ CFU/mL) en cada tratamiento.

3.6. Conteo de colonias UFC

De cada dilución se inoculó 1.0 mL en placas Petri estériles mediante la técnica de pour plate, adicionando entre 15 y 20 mL de agar nutritivo templado (44–46 °C) y mezclando con movimientos circulares suaves hasta homogeneizar. Las placas se dejaron solidificar e incubaron a 35 ± 1 °C durante 48 horas en incubadora bacteriológica.

Transcurrido el tiempo de incubación, se efectuó el conteo de colonias (UFC) únicamente en las placas que presentaron recuentos dentro del rango de 25 a 250 colonias, expresando los resultados en UFC/mL y posteriormente en su transformación logarítmica $\log_{10}(\text{UFC/mL})$ para el análisis estadístico.

3.7. Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de medias. El análisis estadístico se realizó utilizando el software RStudio versión 4.2, y los resultados se expresaron como medias $\pm$ desviación estándar en escala logarítmica.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. pH del Calostro

Los resultados del pH del calostro se muestran en la figura 1, donde el T1 comienza a aumentar el pH, siendo este la concentración más baja, pero tiene un aumento significativo, también se puede observar que en los tratamientos T3 y T4 no tuvieron una diferencia, si no que el pH de ambos fueron igual y finalmente el pH del T5 quien tenía la mayor concentración de bicarbonato aumento hasta un 10, este fenómeno es comparado con el trabajo de Erickson (2022) donde hace mención sobre un experimento en donde a un calostro fermentando se la añadió bicarbonato de sodio (7.3 g/kg) para elevar su pH a 6.15 y posteriormente proporcionarlo a los terneros para poder observar el efecto de la absorción de las IgG al aumentar el pH en un calostro fermentado.

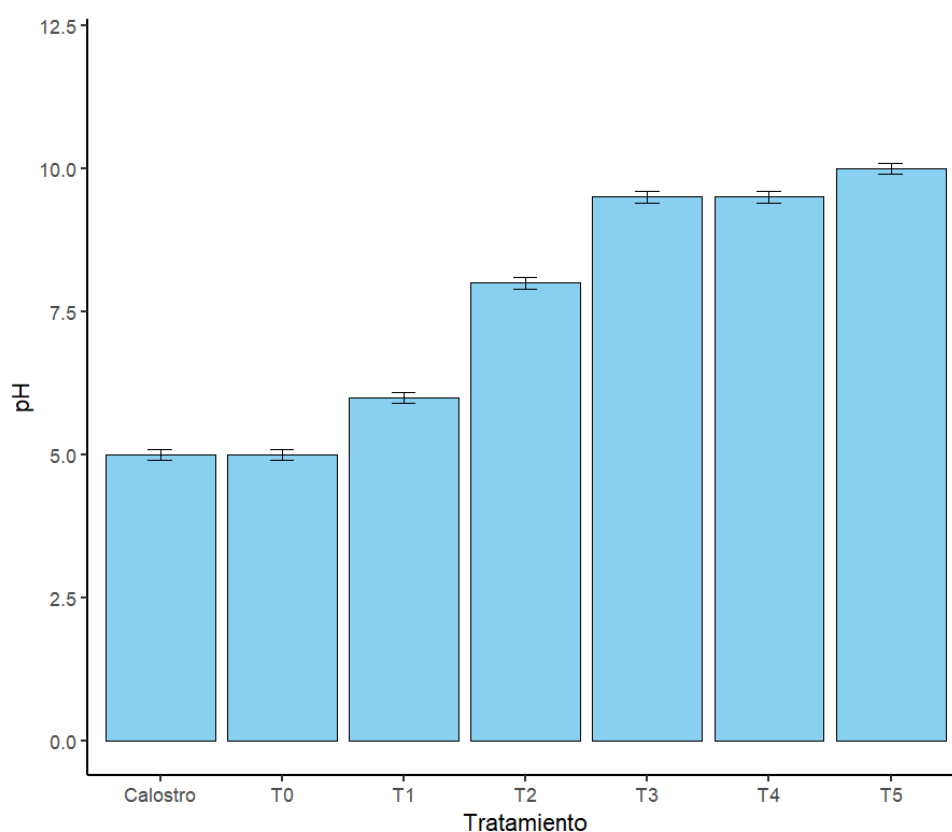


Figura 1 Medición de pH según la dosis de bicarbonato en cada tratamiento

4.2. Conteo de colonias UFC

Los resultados obtenidos del recuento bacteriano en calostro tratado con distintas concentraciones de bicarbonato de sodio (Tabla 1) muestran un comportamiento bifásico característico del ion HCO_3^- . A bajas concentraciones (T1), la media $\log_{10}$ (CFU/mL) presentó una ligera reducción respecto al control (T0); sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (letras iguales en Tabla 1 y Figura 1), lo que sugiere que en este rango de concentración el bicarbonato no ejerce un efecto antimicrobiano apreciable. Este resultado coincide con lo señalado por Aspatwar et al. (2025), quienes describen que el bicarbonato, a concentraciones fisiológicas, actúa principalmente como amortiguador del pH y puede incluso favorecer la estabilidad metabólica de microorganismos neutrófilos.

Cuadro 1 Promedio, desviación estándar (DE), reducción logarítmica y diferencias significativas en el conteo microbiano ($\log_{10}$ CFU/mL) del calostro tratado con distintas concentraciones de bicarbonato de sodio (dilución 1×10^{-6}).

Tratamiento	UFC	CFU_ML	LOG10_CFU
T0	25	25000000	7.397940009
T0	37	37000000	7.568201724
T1	30	30000000	7.477121255
T1	25	25000000	7.397940009
T2	221	221000000	8.344392274
T2	168	168000000	8.225309282
T3	132	132000000	8.120573931
T3	117	117000000	8.068185862
T4	132	132000000	8.120573931
T4	89	89000000	7.949390007
T5	42	42000000	7.62324929
T5	44	44000000	7.643452676

En contraste, las concentraciones intermedias (T2, T3 y T4) mostraron los mayores valores de carga microbiana (8.27, 8.09 y 8.00 $\log_{10}$ CFU/mL, respectivamente), significativamente superiores al control ($p < 0.05$; Tabla 2,

Figura 2). Esto sugiere que el bicarbonato en este intervalo favoreció la proliferación bacteriana, posiblemente al ajustar el pH del calostro hacia valores más próximos a la neutralidad o al activar rutas metabólicas dependientes de HCO_3^- , como las catalizadas por anhidrasas carbónicas o transportadores de bicarbonato. Dichos efectos han sido previamente reportados en bacterias entéricas y Gram positivas, donde el bicarbonato puede estimular la expresión de genes de virulencia, transporte iónico y síntesis de biofilm (*E. coli*, *Vibrio cholerae*, *Enterococcus faecalis*), aumentando su capacidad de colonización (Aspatwar et al., 2025).

Finalmente, el tratamiento con mayor concentración (T5) mostró una tendencia descendente en la carga microbiana, con valores similares a los tratamientos T0 y T1 (Figura 2). Este comportamiento sugiere que, a concentraciones elevadas, el bicarbonato pierde su efecto estimulante y podría comenzar a ejercer una acción inhibidora, posiblemente por alteraciones en la homeostasis osmótica o en el potencial de membrana (PMF), lo que limita la replicación bacteriana. Este fenómeno coincide con la descripción del “doble filo fisiológico” del bicarbonato, en el cual bajas concentraciones mantienen la viabilidad microbiana, mientras que altas concentraciones generan estrés metabólico y pérdida de integridad celular (Aspatwar et al., 2025; Kesici et al., 2019).

Cuadro 2 Comparaciones múltiples de medias mediante la prueba de Tukey ($\log_{10}$ CFU/mL).

Tratamiento	Rep	Mean±std	Reduccion_log_vs_T0	Letra
T0	2	7.483071 ± 0.120393214	0	a
T1	2	7.437531 ± 0.055989596	-0.045540235	a
T2	2	8.284851 ± 0.084204391	0.801779911	b
T3	2	8.09438 ± 0.037043959	0.61130903	b
T4	2	8.034982 ± 0.121045314	0.551911103	b
T5	2	7.633351 ± 0.014285951	0.150280117	a

*Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey HSD, $p < 0.05$). Valores negativos en la columna "Reducción log vs T0" representan una disminución en la carga microbiana respecto al control. Comparaciones con $p < 0.05$ se consideran significativamente diferentes.

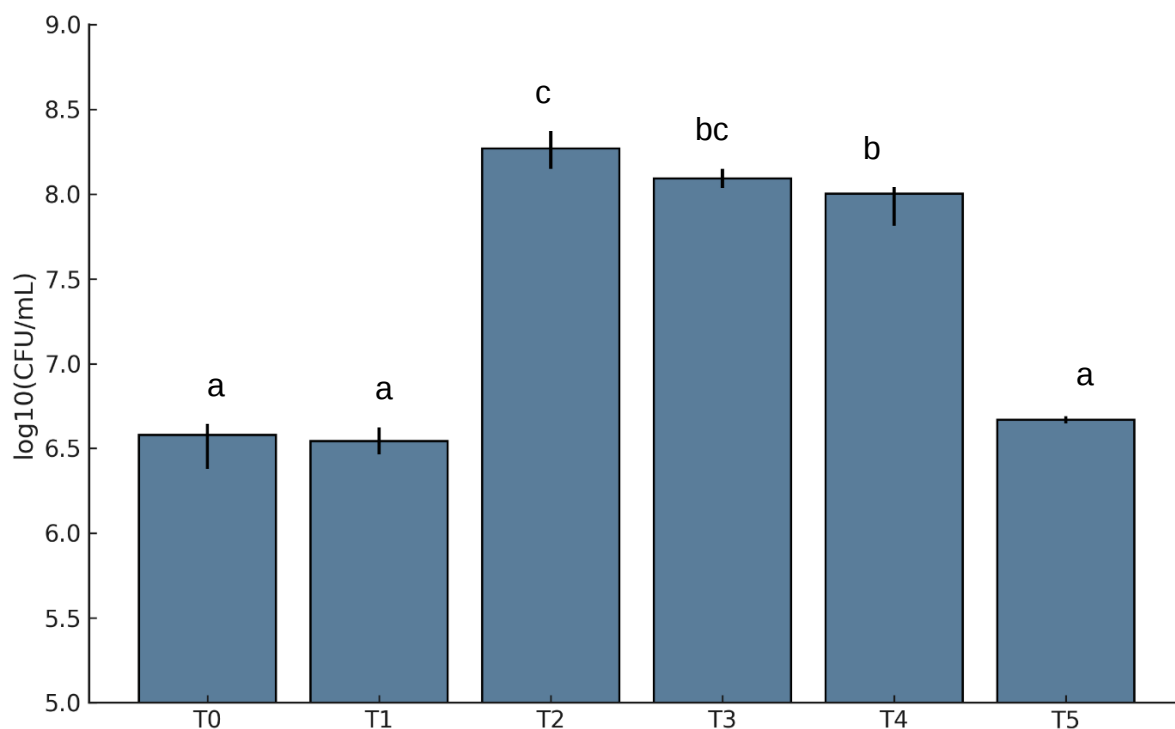


Figura 2 Promedio $\pm$ DE de log₁₀(CFU/mL) del calostro tratado con diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio (dilución 1×10^{-6}). Las barras representan la media y las líneas de error la desviación estándar de dos réplicas por tratamiento (T0–T5). Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey HSD, $p < 0.05$).

4.3. Correlación entre el pH y la carga bacteriana (log₁₀ CFU/mL)

Los valores promedio de pH mostraron un incremento progresivo con la concentración de bicarbonato de sodio, pasando de 5.0 en el calostro y el tratamiento control (T0) hasta 10.0 en T5, evidenciando la capacidad alcalinizante del compuesto.

Para determinar la relación entre el pH y la carga bacteriana (expresada como $\log_{10}$ CFU/mL), se realizó un análisis de correlación y regresión lineal simple (Figura 3).

El coeficiente de correlación de Pearson ($r = 0.535$, $p = 0.274$) indicó una relación positiva pero no significativa entre ambas variables, es decir, que el incremento del pH tendió a asociarse con un aumento en la carga microbiana, aunque sin alcanzar significancia estadística. De forma similar, el coeficiente de Spearman ($\rho = 0.406$, $p = 0.425$) confirmó que la tendencia observada no fue monotónica ni lineal de manera consistente, lo que sugiere un comportamiento dependiente de la concentración más que una correlación directa entre el pH y el crecimiento bacteriano.

El modelo de regresión lineal ajustado ($R^2 = 0.29$) mostró una pendiente positiva ($\beta = 0.2166$) sin significancia ($p = 0.2743$), indicando que, aunque el pH alcalino favoreció un ligero aumento en las UFC hasta valores cercanos a pH 9.5 (T3 y T4), este efecto no fue sostenido a valores extremos de $\text{pH} \geq 10$, donde se observó nuevamente una disminución del crecimiento (T5).

Este comportamiento concuerda con el efecto bifásico del bicarbonato, descrito por Aspatwar et al. (2025), donde niveles moderados de HCO_3^- pueden promover el metabolismo bacteriano, mientras que concentraciones más altas pueden generar estrés osmótico o alterar el potencial de membrana, reduciendo la viabilidad microbiana.

En conjunto, estos resultados indican que el pH alcalino inducido por el bicarbonato influye en la carga bacteriana, aunque no de manera lineal, y que el

efecto observado depende de la concentración y del rango de pH alcanzado en cada tratamiento (Figura 3).

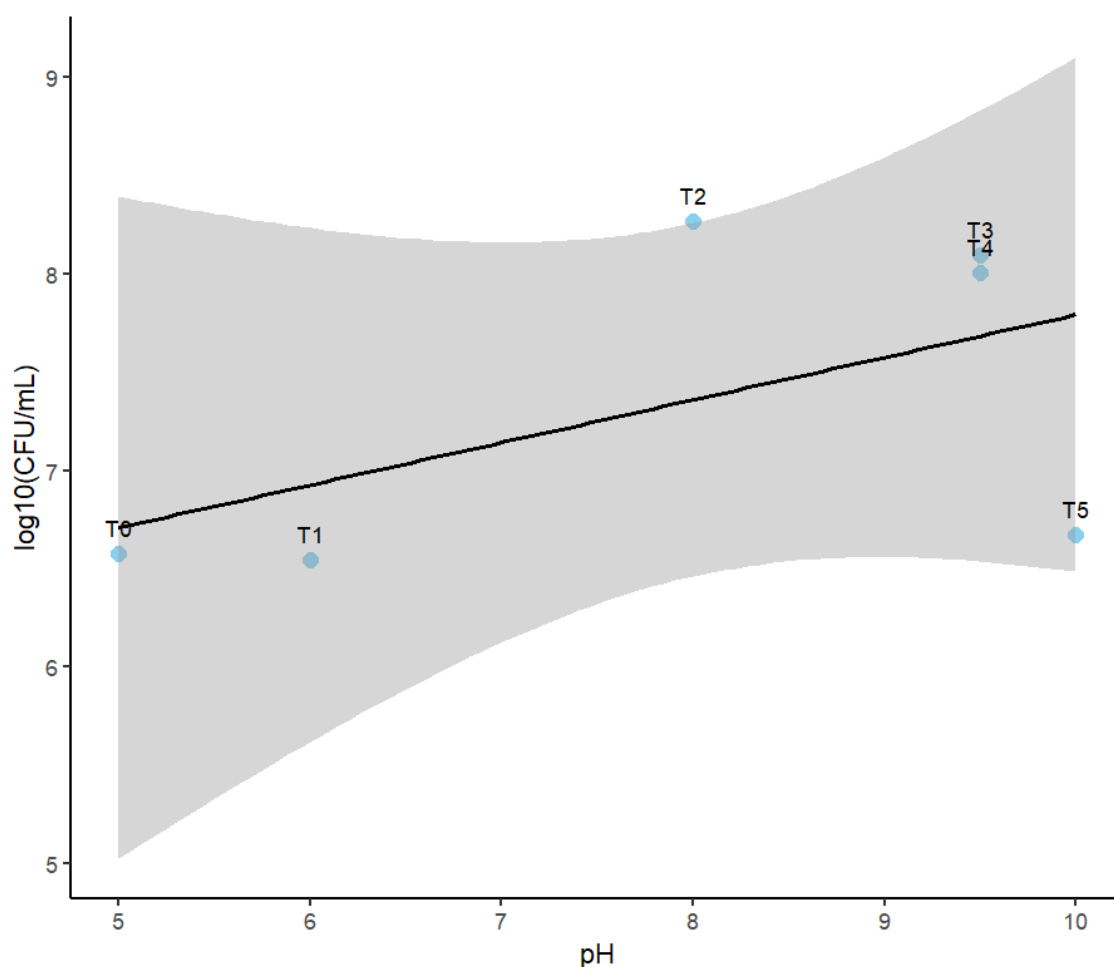


Figura 3 Relación entre el pH y la carga bacteriana ($\log_{10}$ CFU/mL) del calostro tratado con diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio. Los puntos representan los valores promedio por tratamiento (T0–T5) y la línea continua el ajuste de regresión lineal simple ($p > 0.05$).

5. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió evaluar el efecto del bicarbonato de sodio sobre la carga microbiana del calostro, demostrando que su acción depende de la concentración aplicada y no genera un efecto antimicrobiano efectivo bajo las condiciones experimentales establecidas. Estos hallazgos confirman que el bicarbonato actúa más como modulador fisiológico que como agente inhibidor, ya que puede estabilizar el pH o alterar el equilibrio metabólico de los microorganismos según la dosis.

La relevancia de estos resultados radica en evidenciar que un compuesto ampliamente utilizado por su seguridad y bajo costo no necesariamente presenta acción biocida en matrices biológicas complejas, como el calostro, donde su efecto puede verse amortiguado por la composición natural del medio.

Entre las principales limitaciones se encuentra el número reducido de réplicas y la evaluación de un solo tiempo de contacto, factores que restringen la extrapolación de los resultados a condiciones de campo o a otras especies microbianas.

Se recomienda que investigaciones futuras evalúen concentraciones mayores, tiempos de exposición más prolongados y combinaciones del bicarbonato con otros tratamientos físicos o químicos, con el fin de determinar su posible uso como coadyuvante en estrategias de conservación o sanitización de calostro y productos lácteos.

6. LITERAURA CITADA

- Abdelfattah, E., Fausak, E., & Maier, G. (2025). Failure of passive immune transfer in neonatal beef calves. *Animals*, 15(14), 2072.
- Abou Seri H. S., Kamel N. M., Mohamed H. B., Ibrahim M. M. E. (2024). Efficacy of Dietary Supplementing Zeolite or Sodium Bicarbonate for Lactating Buffalos on Nutrient Digestibility, Milk Production and some Blood Minerals status. *Journal of Animl and Poultry Production* 3(15):209-217.
- Ahansaz N., Tarrrah A., Pakroo S., Corich V., Giacomini A. (2023). Lactic Acid Bacteria in Dairy Foods: Prime Sources of Antimicrobial Compounds. *Fermentation* 9(11): 964.
- Andrade B. R. J., Pulido M. M. O., Porras V. J. L. (2011). Efectos del amamantamiento restringido y crianza artificial sobre la concentración de grasa en la leche de vacas Holstein cruzadas. *Revista Científica* 19(2):156-161.
- Aspatwar, A., Pakkinen, J., & Parkkila, S. (2025). Physiological role of bicarbonate in microbes: A double-edged sword. *Virulence*, 16(1), 229–245.
- Bahroz A., Muhammed S. (2022). Immunity Development in Newborn Calves: a Review. *ProEnvironment Promedium* 15(50):187.
- Bellmann D., Donat K., Humann Z. E., Gärtner T., Wehrend A., Klassen A. (2025). Impacto f maternal serum selenium concentration on postpartal serum concentrations of selenim and immunoglobulins in dairy calves- Afield study. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 89:1-9.
- Caballero M. L., Franco M. L. N., Mazo C. M. M., Echeverry J. C., Ospina L. L., Quintero C. V., Ortiz V. B. 2023. Capacidad antibacteriana de la leche y el calostro bovino, caprino, bufalino y humano, contra bacterias de importancia clínica. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica* 26(2): 2100.
- Cardoso C. L., King A., Chapwanya A., Esposito G. 2021. Ante-Natal and Pst-Natal Influences on Neonatal Immunity, Growth and Puberty of Calves. *Animals* 11(5): 1212.

- Chase C. L. C., Hurley J.D., Reber J. A. 2008. Neonatal Immune Development in the Calf and Its Impact on Vaccine Response. *Vet Clin Food Anim* 24(1): 87-104.
- Delgado S. M. C., Vasconcelos L. S. J., Santos R. A. C., de Olivera M. R., Omena O. J. 2008 Caracterização microbiológica e físico-química de leite pasteurizado destinado ao programa do leite no Estado de Alagoas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 28(1): 226-230.
- Donahue M., Godden S. M., Bey R., Wells S., Oakes J. M., Sreevatsan S., Stabel J., Fereow. J. 2012. Heat treatment of colostrum on comercial dairy farms decreases colostrum microbial counts while maintaining colostrum immunoglobulin G concentrations. *Journal of Diary Science* 95(5): 2697-2702.
- Drvenica I., Stojić M., Fratrić N., Kovačić M., Grujić M. J., Vejnović B. 2022. Oral supplementation with organically modified clinoptilolite during prepartum period incluces the redox status of peripheral blood and colostrum of primiparous dairy cows. *Italian Journal of Animal Science* 21(1):847-858.
- Elizondo S. J. A., Jayarao B. M., Heinrichs A. J. 2008. Pasteurización de calostro efecto sobre la carga bacteriana y la concentración de inmunoglobulinas G. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria* 9(9):1-9.
- Elizondo-Salazar, J. A., & Salazar-Acosta, E. (2019). El tratamiento térmico del calostro y su impacto en la absorción de inmunoglobulinas G en terneras. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1), 229–238.
- Erickson P. 2022. Colostrum Management: Keys to Optimizing Output and Uptake of Immunglobulin G. *Frontiers in Animal Science* 3: 1-12.
- Galfi A., Radinovi M., Milanov D., Savi S., Boboš S., Paji M. 2016. Lactoferrin and Inmunoglobulin G Concentration en Bovine Milk from Cows with Subclinical Mastitis during the Late Lactation Period. *Acta Scientiae Veterinariae* 44: 1-6.
- Geiger A. J. 2020. Colostrum: back to basics with immunoglobulins. *Jorunal of Animals Science* 98(1): 126-132.

- Godden S., Mc Martin S., Feirtag J., Stabel J., Bey R., Goyal S., Metzger L., Fetrow J., Wells S., Chester-Jones H. 2006. Heat-treatment of bovine colostrum. II: effects of heating duration on pathogen viability and immunoglobulin G. *Journal of Dairy Science* 89(9): 3476-3483.
- Gondim S. C., Pennna P. M., Borges S. P. P., de Sousa C. E., Gonçalves J. R., Carvalho S. S. V. 2021. Detection of acid neutralizers in fraudulent milk: full validation of classical qualitative method. *Quim. Nova* 44(5): 625-635.
- Gross. O. V. Y., Monet A. D. E., Álvarez C. J. T. 2023. Regulación de la respuesta inflamatoria dependiente de citocinas. *MEDISAN* 27(4):4317.
- Guevara B., Rivas M. C., Acuña S. R., 2020. Calidad higiénico-sanitaria de dos sistemas de ordeño en fincas bovinas ubicadas en el sector vuelta Larga, municipio Maturín, estado Monagas (Venezuela). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia* 67(1):60-71.
- Jessop E., Li L., Renaud L. D., Verbrugghe A., Nacubcol J., Gamsäger L., Gómez E. D. 2024. Neonatal Calf Diarrhea and Gastrointestinal Microbiota: Etiologic Age and Microbiota Manipulation for Treatment and Prevention of Diarrhea. *Veterinary Sciences* 11(3): 1-14.
- Kondrotiene K., Zavistanaviciute P., Aksomaitiene J., Novoslavskij A., Malakauskas M. 2024. *Lactococcus lactis* in Dairy Fermentation- Health-Promoting and Probiotic Properties. *Fermentation* 10(1): 16.
- Lara D. J. A., Silva V. M., Buñuelos V. R. 2019. Incidencia de *Escherichia Coli* 0157:H7 en heces de rumiantes lactantes con síndrome diarreico. *Revista MVZ Córdoba* 24(9):7339-7348.
- Mahdavirad N., Chaji M., Bojarpour M., Dehghanbanadaky M. 2021. Comparison of the effect of sodium bicarbonate, sodium sesquicarbonate, and zeolite as rumen buffers on apparent digestibility, growth performance, and rumen fermentation parameters of Arabi lambs. *Trop Anim Health Prod* 54(465).
- Mangano G. G., Macias A. F., Perez Z. V., Schneider M. O., Bérnago E. G., Giraudo J. A., Sticotti E., Mació M., Bernardelli A. 2009. Investigación de *Mycobacterium avium subsp. Paratuberculosis* en leche ultrapasteurizada para consumo humano. *InVet* 11(2): 93-97.

- Martin A. M. J., Cal P. L. G., Fernández C. M., Gonzalez M. J. R. 2019. Anatomía, fisiología, manipulación y aplicaciones veterinarias del surco reticular. Revisión. *Rev Mex Cienc Pecu* 10(3): 729-755.
- Martín A. M. J., Cal P. L. G., Fernández C. M., González M. J. R. 2019. Anatomy, physiology, manipulation and veterinary application of the reticular groove. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 10(3): 729-755.
- Masoud A. A. 2025. An Overview of Zeolites: From Historical Background to Diverse Applications. *Molecules* 30(20): 4036.
- McMartin, S., Godden, S., Metzger, L., Feirtag, J., Bey, R., Stabel, J., Goyal, S., & Fetrow, J. (2021). Heat treatment of bovine colostrum: Effects on colostrum quality and microbial load. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 4016–4029.
- Mekuriaw Y. 2023. Negative energy balance and its implication on productive and reproductive performance of early lactating dairy cows. *Journal of applied animal Research* 51(1):220-228.
- Meyer Z., Höflich C., Wirthgen E., Olm S., Hammon H. M., Hoeflich A. 2017. Analysis of the IGF- system in milk from farm animals- Occurrence, regulation, and biomarker potential. *Growth Hormone & IGF Research* 35: 1-7.
- Molineri A. I., Welschen N. M., Suárez A. G. 2023. Principales problemas sanitarios en bovinos identificados por los Médicos Veterinarios que se desempeñan en rodeos lecheros. *FAVE Sección Ciencia Veterinarias* 22(17): 1-18.
- Nechifor F. 2024. Monitoring the puerperal period in cows- review. *Series Veterinary Medicine* 67(3):24-29.
- Obayes AL. K. F.H., Raad N. A., Mahdi S.A., Ibrahim H. B., Hameed B. B., Karim G. B., Fouad D. T., Majed A. A. H., Ajme T. T., Hameed N. T. 2023. Activity Of Sodium Bicarbonate Against Escherichia Coli. *Medical Science Journal for Advance Research* 4(3):183-188.
- Obayes, A. L. K. F. H., Raad, N. A., Mahdi, S. A., Ibrahim, H. B., & Hameed, N. T. (2023). Activity of sodium bicarbonate against Escherichia coli. *Medical Science Journal for Advance Research*, 4(3), 183–188.

- Parra H. R. A. 2010. Bacterias ácido lácticas: papel funcional en los alimentos. *Rev.Bio.Agro* 8(1): 93-105.
- Parra M., Durango J., Mattar S. 2002. Microbiología, patogénesis, epidemiología, clínica y diagnóstico de las infecciones producidas por *Salmonella*. *Revista MVZ Córdoba* 7(2):187-200.
- Paulin M. S., Watson R. P., Benmore R. A., Steves M. P., Jones W. P., Villareal-Ramos B., Timothy S. 2002. Analysis of *Salmonella enterica* Serotype-Host specificity in calves: Avirulence of *S. enterica* Serotype Gallinarum correlates with Bacterial Dissemination from Mesenteric Lymph Nodes and persistence in Vivo. *Infection and Immunity* 70(12):6788-6797.
- Reig M., Veino X., Cortina J. L. 2021. Use of Membrane Technologies in Dairy Industry. *Foods* 10(11) 2768.
- Reyes C. L. J., Parra A. J. L., Flores D. H. 2016. Concentración de inmunoglobulina G en el calostro bovino en cruces *Bos Taurus* x *Bos indicus* en los primeros 3 días posparto. *Orinoquia* 20(1): 39-45.
- Salazar A. E., Elizondo S. J. A. 2019. El tratamiento térmico del calostro aumenta la absorción de inmunoglobulinas G en terneras Holstein. *Agronomía Mesoamericana* 30(1):229-238.
- Schogor B. A. L., Glombowsky P., Both F., Danieli B., Rigon F., Reis J. H., Da Silva A. S. 2020. Calidad del calostro bovino y su relación con la genética, el manejo, la fisiología y su congelación. *Revista MVZ Córdoba* 25(1):1464-1474.
- Schogor, B. A. L., Glombowsky, P., Both, F., Rigon, F., Reis, J. H., & da Silva, A. S. (2020). Calidad del calostro bovino y su relación con el manejo y la sanidad. *Revista MVZ Córdoba*, 25(1), 1464–1474.
- Sickles S. A., Kruze J., Gonzalez R. N. 2000. Detection of *Mycoplasma bovis* in bulk tank milk samples from herds in southern Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria* 32(2).
- Silva G. F., Silva R. S., Pereira M. F. A., Cerqueira L. J., Conceição. 2024. A Comprehensive Review of Bovine Colostrum Components and Selected Aspects Regarding Their Impact on Neonatal Calf Physiology. *Animals* 14(7): 1130.

- Silva V. A. C., de Paula C. M. S., Jorge S. I., Alves da Silva A. L., Gonz  les D. J. P.C., Garcia A. R., Ubices S. T., Socolovoski B. J., Vaz P. A., Maia F. E. 2022. Performance, nutritional behavior, and carcass characteristics of feedlot lambs fed diets with non-forage fiber source or sodium bicarbonate. *Trop Anim Health Prod* 54:287.
- Tirado D. F., Yacub B., Cajal J. V., Murillo R. F., Franco M. Y., Escobar B. M., Acevedo D. 2017. Pasteurizador de leche para la elaboraci  n de suero coste  o. *Entre Ciencia e Ingenier  a* 11(21):36-41.
- Torres K., Sierra S., Poutou R., Carrascal H., Mercado M. 2005. PATOGENESIS DE *Listeria monocytogenes*, Microorganismo zoon  tico emergente. *Revista MVZ C  rdoba* 10(1): 511-543.
- T  th E., R  tky J., Posta J., Knop R. 2025. Understanding leptin's influence on calf development: A review of metabolic and reproductive mechanisms. *Acta Agraria Debredeniensis* 1:145-153.
- Urbano C. E., Aguilera B. A., Jaimes B. C. 2018. *Listeria spp.*, en almacenamiento en mantequera de leche cruda de vaca en Tunja- Boyac  . *Revista MVZ C  rdoba* 23(3): 6872-6876.
- Velasco B. J., Jaramillo J. A. S., Villa A. N. A., Piepers S., Dufour S., Ceballos M. A. 2022. Lack of evidence for *Mycoplasma spp.* in bulk tank milk of herds located in mid-western Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* 69(3): 268-280.