

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Efecto de la concentración de agua electrolizada en la reducción de bacterias en
leche a diferentes tiempos de concentración

Por:

Estefania Valdes Hernandez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Junio 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Efecto de la concentración de agua electrolizada en la reducción de bacterias en
leche a diferentes tiempos de concentración

Por:

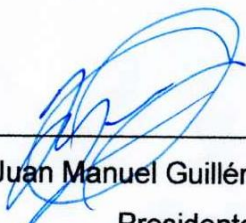
Estefania Valdes Hernandez

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



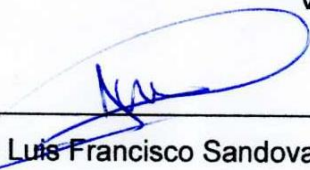
MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Vocal



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
Junio 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Efecto de la concentración de agua electrolizada en la reducción de bacterias en
leche a diferentes tiempos de concentración

Por:

Estefania Valdes Hernandez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

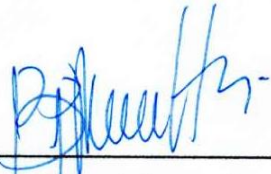
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Ramiro González Avalos

Asesor Principal



MC. Blanca Patricia Peña Revuelta

Coasesor



Dra. Reyna Roxana Guillén Enríquez

Coasesor



MC. José Luis Francisco Sandoval Elías

Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Junio 2025

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado principalmente a mi Madre Adriana Libier Hernandez Valdez que, con su constancia, valentía y empeño, jamás dejó que me rindiera en mis sueños y metas; por eso y mucho más todo esto lo hago para que te sientas orgullosa de que mi trabajo plasmado en esta tesis también es un logro en tu vida.

Lo dedico a mis abuelos, maternos y paternos, que forjaron con valores y mucho amor a la enseñanza, lo que me ayudó a crecer profesionalmente.

Dedicado también para mis hermanas que dieron su apoyo incondicional, haciendo que todos los días de mi vida sea de ejemplo para ellas.

Y todo este esfuerzo lo dedico igualmente a la gente que creyó en mí y siempre me ayudó con palabras de aliento para seguir.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por llevarme por este camino hacia lo que realmente me hace feliz.

Gracias a mi Madre por confiar plenamente en mis decisiones y nunca dejarme sola, porque cada palabra de aliento fue mi soporte para no rendirme; gracias por el apoyo incondicional en cada momento sin importar nada, por recordarme lo valiosa que soy y como todo lo que estoy haciendo es una muestra de amor para ella.

Gracias a mis abuelos por todo el amor que me dan, incluso a pesar de la distancia, Gracias a mis hermanas por apoyar mi pasión por la medicina veterinaria y también agradezco a mi familia por reconocer mi esfuerzo.

Gracias a mis mentores y asesores de tesis que me apoyaron en la realización de éste trabajo, dándome la oportunidad para aplicar mis conocimientos en un trabajo tan importante.

A la Técnica Académico del Laboratorio de Química, Ing. Sheila Mayela Ávila Berumen, por su disposición y las facilidades otorgadas para el desarrollo del trabajo experimental.

Agradezco a mis amigos que hicieron de esta experiencia algo único e inigualable, creando memorias que durarán para toda la vida, recordando con mucho amor y nostalgia cada momento.

Y finalmente a Mario Isidro y Catalina de la Rosa, mis gatijos que hicieron que mis días fueran más ligeros con su compañía y amor incondicional.

Índice General

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
Índice General	iii
RESUMEN	iv
Índice de cuadros	v
Índice de figuras	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general	3
1.2 Objetivo específico	3
1.3 Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Leche	4
2.2 Microorganismos presentes en la leche	5
2.3 Estudios relacionados con la reducción bacteriana en la leche	7
2.4 Propiedades antimicrobianas del agua electrolizada	8
2.5 Aplicaciones del agua electrolizada en la industria alimentaria.....	10
2.6 Impacto de la concentración de agua electrolizada en la eficiencia bacteriana....	12
2.7 Importancia del tiempo de contacto en los procesos de desinfección	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 Ubicación del estudio	14
3.2 Transporte de la muestra ya recolectada	14
3.3 Diseño experimental	15
3.4 Preparación de muestra.....	15
3.6 Conteo por placa.....	20
3.7 Cálculo del Método.	22
3.8 Informe de la Prueba.....	24
3.9 Análisis estadístico.....	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 Recuento de colonias y concentración bacteriana (UFC/mL).....	26
4.2 Análisis estadístico (ANOVA)	26
5. CONCLUSIONES.....	31
6. LITERATURA CITADA.....	32

RESUMEN

La higiene en el manejo de la leche cruda es un factor determinante para garantizar su calidad microbiológica y seguridad sanitaria. En este contexto, el uso de tecnologías no térmicas como el agua electrolizada representa una alternativa viable para reducir la carga bacteriana sin afectar las propiedades fisicoquímicas del producto. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de agua electrolizada en leche cruda bovina, utilizando concentraciones del 5 % y 10 %, a dos tiempos de exposición (0 y 30 minutos). Para ello, se recolectaron muestras de leche cruda tratadas con las concentraciones mencionadas y se realizaron siembras en agar nutritivo mediante diluciones seriadas. Las placas se incubaron durante 48 horas a 35 °C y posteriormente se calcularon las unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL), siguiendo los lineamientos de la NOM-092-SSA1-1994. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva y ANOVA. Los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0.05$); sin embargo, se observó una tendencia a la disminución de UFC/mL en el tratamiento con agua electrolizada al 5 % a los 30 minutos, mientras que en el tratamiento al 10 % se registró un incremento. Estos hallazgos indican que la eficacia del tratamiento puede depender de la concentración utilizada y de su interacción con los componentes de la leche. Se recomienda ampliar el número de repeticiones e incluir la identificación específica de microorganismos para fortalecer el análisis.

Palabras clave: Leche cruda, Agua electrolizada, Tiempo de exposición, Carga Bacteriana, UFC

Índice de cuadros

Cuadro 1. Ingredientes para Solución de NaOH 1,0 N	15
Cuadro 2. Ingredientes para Solución reguladora de fosfatos	16
Cuadro 3. Ingredientes de Agua Peptonada.....	16
Cuadro 4. Ingredientes para Agar para cuenta estándar	18
Cuadro 5. Crecimiento de Grupo Bacteriano con relación a temperatura y tiempo de incubación.....	20
Cuadro 6. Conteo de colonias y concentración bacteriana en leche tratada con agua electrolizada.....	26
Cuadro 7. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de concentración y tiempo sobre UFC/mL.....	27

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación UAAAN	14
Figura 2. Muestra de leche.....	14
Figura 3. Ingredientes del agua peptonada.	17
Figura 4. Tubos de ensayo para diluciones	18
Figura 5. Preparación del Agar para cuenta estándar	18
Figura 6. Incubación de cajas Petri con muestra ya preparada	20
Figura 7. Presencia de Microorganismos en caja Petri.....	21
Figura 8. Contador de Colonias	24
Figura 9. Cultivo de Leche con 10% de Agua Electrolizada en 30 min a la 1×10^{-6} de dilución.....	27
Figura 10. Efecto de la concentración y el tiempo de exposición al agua electrolizada sobre la carga bacteriana en leche. Representación gráfica de los promedios de UFC/mL. Las barras indican la desviación estándar.....	29

1. INTRODUCCIÓN

La leche de vaca y sus productos asociados representan una fuente fundamental de nutrientes que aportan efectos favorables para la salud humana, estos habitualmente se integran en la alimentación como un recurso de proteínas y micronutrientes indispensables, como el calcio, así como la composición de la leche puede variar notablemente debido a diversos factores tales como la raza del ganado, la fase de lactancia, la paridad y la condición de salud del animal (Ledu *et al.*, 2021).

La leche representa un alimento balanceado y es un componente esencial para la seguridad alimentaria en el hogar, por consecuente es importante preservar su calidad, ya que influye positivamente en la economía, la salud humana y la vida útil del producto lácteo, por ello es indispensable cuidar la salud del animal, mantener la higiene del entorno, enfriar el producto adecuadamente y asegurar una rápida distribución, considerando aquellos factores que afectan su estabilidad y propiedades, como la cantidad de bacterias, el bienestar de las vacas, así como la proporción y calidad de su alimentación (Santillan-Pinedo y Frias, 2023).

Desde 1990, la producción láctea en México ha experimentado una tasa media de crecimiento anual (TMCA) aproximadamente del 2.8%, pero, aunque éste alimento sea producido en todo el país, en 2018, Jalisco destacó como la entidad con el mayor volumen, alcanzando los 2.4 millones de litros (m/l), de ahí le sigue Coahuila y Durango con 1.3 y 1.2 m/l respectivamente (Valencia *et al.*, 2021).

Por ello es importante tener en cuenta que la deficiencia en la higiene por medio de malas prácticas al momento del ordeño, almacenamiento, transporte y comercialización de estos productos lácteos, ocasiona que baje su calidad higiénico sanitaria, lo que provoca el crecimiento de bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales y *Staphylococcus aureus*, es por esto que la presencia de microorganismos patógenos en la leche causan daños a la salud y grandes pérdidas económicas en la industria lechera (Valdivia y Beruvides, 2021).

La leche de vaca es ampliamente consumida gracias a su elevado contenido de proteínas, ácidos grasos y nutrientes esenciales, lo que hace susceptible a la contaminación por patógenos debido a las prácticas sanitarias insuficientes durante la obtención, conservación y transporte, lo que tiene la posibilidad de provocar afecciones digestivas (Yupangui *et al.*, 2024).

No obstante, los lácteos también albergan bacterias ácido-lácticas (BAL) que son beneficiosas para los humanos que presentan forma de cocos o bacilos, son Gram positivos, no esporulados, no móviles, anaerobios, aerotolerantes, oxidasa, catalasa y no disponen de citocromo, no transforman el nitrato en nitrito y forman ácido láctico, el principal producto de la fermentación de carbohidratos (González-de la Cruz *et al.*, 2021).

El agua electrolizada (AE) es una potente sustancia antimicrobiana formada por compuestos oxidantes, que se puede clasificar en tres categorías principales: ácida (AEA), alcalina (AEAl) y neutra (AEN), siendo esta última la de mayor uso, también en aplicaciones ha sido objeto de estudio en diversas áreas, como la industria alimentaria, con el objetivo de disminuir microorganismos que puedan ser ocasionantes de alterar o deteriorar la vida útil en los alimentos, y también de

beneficio en superficies de madera, plástico o acero, para erradicar biopelículas (Suárez-Zúñiga *et al.*, 2023).

1.1 Objetivo general

Identificar la concentración de agua electrolizada más efectiva para reducir la carga bacteriana en leche, explorando si una mayor concentración conlleva un mejor efecto antimicrobiano.

1.2 Objetivo específico

- Cuantificar la carga bacteriana (UFC/mL) en leche cruda tratada con agua electrolizada en concentraciones de 5% y 10%
- Comparar los efectos de dos tiempos de exposición (0 y 30 minutos) sobre la reducción bacteriana en cada concentración.
- Identificar si existe interacción significativa entre la concentración de agua electrolizada y el tiempo de exposición en la reducción de la carga bacteriana.

1.3 Hipótesis

El tratamiento de la leche con agua electrolizada a diferentes concentraciones en leche cruda bovina (5% y 10%), a dos tiempos de exposición (0 y 30 minutos) reducirá la carga bacteriana (UFC/mL).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Leche

En la nutrición humana, es indispensable como un alimento con alto valor nutritivo, pues tiene varias aportaciones como carbohidratos, lípidos, proteínas y minerales, al igual que calcio, cloro, cobre, fósforo, hierro, magnesio, potasio, sodio, yodo y zinc, también contiene vitaminas como A, B6, B12, C, D, E, tiamina, riboflavina y folatos, para solidos totales tenemos la composición principal de proteína y grasa, que estos últimos favorecen para la elaboración de productos lácteos como: queso, crema y mantequilla (Torres *et al.*, 2021).

La leche se clasifica como uno de los alimentos más nutritivos, ya que contiene una abundante variedad de elementos que cubren las necesidades nutricionales de los becerros (Vilca y Oyarce, 2022).

Cuando la leche tiene microorganismos perjudiciales y un elevado número de bacterias, no solo perjudica la calidad y la vida útil de los productos derivados de la leche, sino que también pueden suponer un peligro para la salud de quienes la ingieren (Elutade *et al.*, 2023).

Los atributos fisicoquímicos de la leche, tales como el nivel de grasa, proteínas y solidos totales, son vitales para establecer su valor nutricional y su adecuación para la elaboración industrial (García *et al.*, 2024).

Garantizar una calidad microbiana óptima en la leche es crucial para salvaguardar la salud pública, minimizar pérdidas en la producción y asegurar una vida útil adecuada de los productos lácteos, por ello, es imprescindible mantener altos estándares en la calidad de la leche cruda, lo que requiere el desarrollo de sistemas

que supervisen y controlen este aspecto, así mismo sistemas que establecen esquemas bacteriológicos específicamente diseñados para los procesos de producción de leche cruda de vaca (Montero, 2022).

En el año 2020, Jalisco se destacó como el principal generador de leche con la producción de 2,626 millones de litros, seguido por Coahuila con 1,458 millones, Durango que alcanzó 1,291 millones, Chihuahua con 1,159 millones, Guanajuato logrando 874 millones, y Veracruz con 767 millones; Puebla se situó en 449 millones, y el resto de las entidades sumando 2,606 millones de litros (SADER, 2021).

2.2 Microorganismos presentes en la leche

Las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) son infecciones causadas por la ingesta de microorganismos dañinos para la salud, ya que esto representa una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel global, especialmente en países con economías más vulnerables, siendo así como estas enfermedades pueden convertirse en un problema crítico de salud pública debido a su impacto negativo en la calidad de vida, la productividad, el comercio y el turismo (Reyna y Arteaga, 2022).

Antes de exhibir la Ley de Pasteurización Obligatoria en 1930, la leche representaba un medio propicio para el crecimiento microbiano debido a las limitadas medidas higiénicas aplicadas durante el ordeño y su distribución, dejando como consecuencia de estas prácticas, que la leche fue responsable de graves enfermedades, convirtiéndose en uno de los principales factores asociados con la alta mortalidad infantil (Lara y Zúñiga, 2022).

Dentro de los microorganismos, el *Staphylococcus aureus* se destaca como el más común en la leche, alterando su mezcla al disminuir su pH entre 4.3 y 4.5, por lo tanto, se le considera un patógeno causante de mastitis bovina, infecciones superficiales y crónicas, así como de trastornos gastrointestinales en la población humana (Asanza *et al.*, 2024).

Frecuentemente el *Staphylococcus* depende mucho del tipo de explotación pecuaria, el tipo de producto lácteo a causa de su almacenamiento, manipulación, la poca higiene en su elaboración y los métodos de ordeño, además de la diversidad genética en la resistencia de agentes patógenos para las razas productoras de la explotación (Sessou *et al.*, 2023).

Se ha descrito que uno de los motivos más comunes de consulta en gastroenterología está vinculado a las molestias que los pacientes relacionan con los alimentos de su vida diaria, como sugerencia más habitual en la práctica clínica los médicos recomiendan limitar el consumo de lácteos pues estos representan una posible conexión ligada a estas molestias digestivas y la ingesta de éstos productos (Jaramillo *et al.*, 2023).

Debido a las características físicas, químicas y/o biológicas de los productos lácteos, cárnicos, de la pesca, los alimentos preparados y cocidos, así como el agua y el hielo purificados, se consideran Alimentos Potencialmente Peligrosos (APP) ya que pueden propiciar el crecimiento de microorganismos y la producción de toxinas en cantidades que representan un riesgo para la salud del consumidor (Lozano-López *et al.*, 2022).

2.3 Estudios relacionados con la reducción bacteriana en la leche

Históricamente, la pasteurización siempre ha sido el principal enfoque en cuanto a la erradicación de microorganismos patógenos por medio de altas temperaturas, sin embargo, este procedimiento puede influir en las propiedades organolépticas y nutritivas de la leche (Juarez, 2024).

La necesidad de una alta concentración de agua electrolizada se debe a que el cloro disponible reacciona con las proteínas y vitaminas de la leche, pero su uso resulta beneficioso en la producción y procesamiento orgánico de leche, así como en áreas donde los recursos hídricos son limitados, ya que el agua electrolizada puede ser utilizada eficientemente para desinfectar y enjuagar el equipo (Ramírez y Cano-Buendía, 2020). Vargas-Bello-Perez et al. 2020, experimentaron que la administración de agua electrolizada a las vacas no alteró significativamente la producción láctea, pero resultó en una reducción considerable en los recuentos de células somáticas.

En el ámbito lácteo, la utilización de agua electrolizada aseguró la obtención de leche de calidad, libre de contaminantes y segura para el consumo (Rahman *et al.*, 2023). En este contexto, al proporcionar agua electrolizada a las vacas, la cantidad de leche no experimentó cambios, sin embargo, sí se observó una reducción en los recuentos de células somáticas a favor del uso de agua electrolizada, por lo que puede ser una opción para manejar la aparición de mastitis, en lugar de recurrir al uso de antibióticos (Vargas-Bello-Perez *et al.*, 2020).

2.4 Propiedades antimicrobianas del agua electrolizada

El agua electrolizada es una alternativa efectiva, ya que se ha reportado que puede disminuir las variedades de hongos y bacterias, al igual que se ha evidenciado tener propiedades bactericidas contra diversas bacterias perjudiciales en condiciones “in vitro” y también hongos, gracias a que su acción antimicrobiana se atribuye a su elevado Eredox, su bajo pH y las diferentes categorías de cloro presentes (HClO, Cl₂ y ClO⁻) (Saavedra et al., 2023).

Se obteniendo mediante la estabilización del NaOCl/HOCl, logrado por la conversión electroquímica de una solución acuosa de cloruro de sodio, también denominada agua electrolizada, con la concentración del 0,004% para cada componente y ahí el ión OCl⁻ se forma durante la fagocitosis en la mediación enzimática, para actuar como un mecanismo biológico con características bactericidas (Romero-Collado et al., 2022).

El agua electrolizada se emplea en múltiples sectores como la agricultura, la higienización de alimentos, el bienestar animal y la sanitización en contextos sanitarios y clínicos, debido a su tecnología antimicrobiana (Yan et al., 2021).

La inactivación bacteriana inducida por el agua electrolizada se debe, en gran medida, a la capacidad del ácido hipocloroso (HOCl) y del ion hipoclorito (OCl⁻) de penetrar la membrana celular bacteriana, interfiriendo con procesos vitales intracelulares (Ampiauw et al., 2021).

Las propiedades viricidas del agua electrolizada ácida frente al virus de la peste porcina africana y el virus de la influenza aviar destacan su potencial como desinfectante, y es recomendable tener en cuenta la contaminación orgánica al

utilizarla para establecer estrategias de control eficaces en aplicaciones para campo (Rhee *et al.*, 2021).

El agua electrolizada es una opción económica y altamente eficaz en comparación con los productos de limpieza convencionales, ya que elimina microorganismos patógenos y, al mismo tiempo, reduce los impactos negativos de los desinfectantes químicos peligrosos en el medio ambiente (Rebezov *et al.*, 2022).

EL agua electrolizada limpia de manera eficiente en superficies, materiales y aparatos dentales que están expuestos a patógenos, por lo que se sugiere su utilización en el ámbito de higiene dental durante la propagación de SARS-Cov-2 (Cárdenas *et al.*, 2022).

Con el fin de examinar la fiabilidad del agua electrolizada, se llevó a cabo una evaluación de reacción cutánea por el contacto al agua electrolizada, resultando en hallazgos que indican un componente de reducción superior al del estándar antiséptico y del desinfectante, formaldehído, diferenciándose cuantitativamente del estándar (Hidayat y Wulandari, 2022).

Las de superoxidación con pH neutro son útiles ya que tienen propiedad microbiciida de amplio espectro gracias a su composición de especies activas de cloro y oxígeno al igual que su alta capacidad REDOX, con el propósito de provocar una lisis osmótica a través del daño a la estructura bacteriana, en beneficio es inofensivo para tejidos de organismos vivos, comprobando en varios estudios recientes que, además, poseen efectos regenerativos para las heridas crónicas (Sandoval-Cuevas *et al.*, 2023).

El agua electrolizada puede ser devuelta al entorno tras su utilización, lo que ayuda a reducir la cantidad de sustancias halogenadas que se concentran en el entorno (Liu et al., 2020). En contraste de las estrategias tradicionales como los antibióticos o vacunas, el agua electrolizada elimina la necesidad de sustancias químicas extra, lo que la convierte en una opción amigable con el entorno y adecuada para el uso humano, así como para situaciones donde el empleo de químicos tóxicos no es aconsejable (Goh et al., 2021).

Un estudio de interrelación mostró que la repercusión de agentes infecciosos gastrointestinales en la ingesta de agua y alimento, así como la evacuación líquida de los lechones se redujo, por lo tanto, los hallazgos proponen que el agua electrolizada con un leve nivel ácido podría reemplazar los medicamentos para reducir los trastornos digestivos en lechones que han sido recientemente destetados (Hao et al., 2023). Se ha estudiado el agua electrolizada y los hallazgos indican que presenta un efecto sinérgico de desactivación sobre las esporas (Jia et al., 2023).

2.5 Aplicaciones del agua electrolizada en la industria alimentaria

El agua electrolizada tiene diversas aplicaciones, abarcando la eliminación de principales tipos de agentes patógenos, entre ellos: bacterias, hongos, virus, protozoos, algas y nematodos (Iram et al., 2021). El agua ionizada podría representar una opción innovadora para el cultivo del tomate, puesto que no impactó en el desarrollo de las plantas, sino que demostró ser eficiente para disminuir las colonias de *Clavibacter michiganensis subsp michiganensis* (Cmm) y, como resultado, la gravedad en las plantas de tomate (Santoyo et al., 2023).

Diversas sustancias desinfectantes, tales como el hipoclorito de sodio, el ozono disuelto en agua, el dióxido de cloro y el peróxido de hidrógeno, han sido aplicadas con el objetivo de reducir la carga microbiana, preservar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales, y alargar la vida poscosecha de frutas y hortalizas (Mendoza *et al.*, 2022).

Se llevó a cabo una evaluación donde utilizaron 10 W/cm² a la par de la desinfección utilizando agua electrolizada ligeramente ácida, enfocándose en la descontaminación de las cascaras de huevo y, de modo particular, en la Salmonella enteritidis, observando una disminución significativa de 6,54 Log UFC/g (Ramírez-Crespo *et al.*, 2022).

Un efecto adverso se observó al aplicar solamente agua electrolizada ligeramente ácida sobre el grosor y la fortaleza de la cáscara; por el contrario, la fusión de ésta misma y el Carbono potenció su resistencia y previno la deshidratación del mismo (Cabanillas-Beltrán *et al.*, 2020).

A pesar de que existen otras alternativas, los compuestos clorados, como el hipoclorito de sodio, siguen siendo los desinfectantes más eficaces y utilizados para el control microbiológico, especialmente en el lavado de productos frescos, donde se aplican comúnmente en concentraciones que oscilan entre 50 y 200 mg/L (Nyamende *et al.*, 2021).

El tratamiento con agua electrolizada ácida permitió mantener mayores niveles de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en manzanas recién cortadas, en comparación con el uso de ácidos orgánicos o en control (Plesoianu *et al.*, 2022).

El agua ionizada, generada a través de un proceso de electrólisis de una disolución diluida de NaCl (en ocasiones KCl o MgCl_2) es una cámara electrolítica, se ha transformado en los últimos veinte años en uno de los agentes de desinfección más destacados para la gestión de la higiene en el sector alimentario, gracias a su potente efecto antimicrobiano y su bajo coste operativo (Zhao *et al.*, 2021).

El uso de agua electrolizada oxidante no afecta adversamente la calidad de las frutas, y los resultados obtenidos corroboran la acción antifúngica del agua electrolizada oxidante frente a las cepas analizadas, así como su habilidad para sanar los frutos previamente infectados (Rodríguez-Pereida *et al.*, 2021).

A partir de investigaciones anteriores, proponemos la suposición de que el agua electrolizada podría desempeñar un papel crucial como herramienta desinfectante en sistemas acuáticos para enfrentar enfermedades significativas como la vibriosis provocada por *V. Harveyi*, una grave amenaza para la fauna marina, tanto invertebrada como vertebrada, además, su propósito es optimizar las dosis de cloro, disminuyéndolas a niveles apropiados para futuras aplicaciones in vivo, asegurando así la eliminación efectiva de bacterias sin perjudicar negativamente a las especies marinas (Blasco *et al.*, 2025).

2.6 Impacto de la concentración de agua electrolizada en la eficiencia bacteriana

La cantidad de cloro (Cl_2 , OCl^- y HOCl), el potencial de óxido-reducción (ORP), y el pH desempeñan un papel crucial en la efectividad antimicrobiana del agua electrolizada, dado que el HOCl es el agente de inactivación más potente del grupo del cloro (Yan *et al.*, 2021).

Se analizó la medida antifúngica de cepas de mohos termorresistentes mediante su exposición a distintos reactivos, incluyendo agua electrolizada ácida y cinco desinfectantes líquidos comerciales, dando como resultado revelaron la eficacia antifúngica se incrementó al aumentar la concentración de agua electrolizada ácida (Chen y Wang, 2022).

El agua electrolizada con un pH equilibrado (7) es una innovadora fórmula antimicrobiana, que afecta sobre una amplia gama de microorganismos, siendo segura para el humano y el ambiente, ya que su eficiencia de superoxidación con pH equilibrado es empleada para disminuir la germinación de esporas y el desarrollo del tubo germinativo en hongos de relevancia poscosecha (Molina, 2022).

2.7 Importancia del tiempo de contacto en los procesos de desinfección

Los resultados obtenidos demostraron que un tiempo mínimo de exposición de 45 segundos al agua electrolizada es suficiente para lograr una reducción significativa en los recuentos de *Salmonella spp.* y en las concentraciones de imidacloprid, específicamente, se observó una disminución de 4 log UFC/g en los recuentos de *Salmonella spp.* y una reducción del 48,57 % en las concentraciones de imidacloprid (Cap et al., 2020).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del estudio

Este experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el laboratorio de química del departamento de Ciencias Básicas; Ubicado en Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coah. Coordenadas 25°23'36"N 101°00'02"O.



Figura 1. Ubicación UAAAN

3.2 Transporte de la muestra ya recolectada

Llevar la muestra en una nevera con hielo para alcanzar una temperatura entre 2°C y 7°C; en el caso de productos que están congelados, deben ser transportados en estado de congelación.



Figura 2. Muestra de leche

3.3 Diseño experimental

El presente estudio se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×2 , donde se evaluaron tres concentraciones de agua electrolizada (0 %, 5 % y 10 %) y dos tiempos de exposición (0 y 30 minutos), con dos repeticiones por tratamiento. En total, se analizaron 12 unidades experimentales, correspondientes a las combinaciones de tratamiento aplicadas a muestras independientes de leche cruda bovina. Cada muestra fue tratada con la concentración asignada y expuesta al tiempo correspondiente.

3.4 Preparación de muestra

Antes de preparar el estudio físico-químico, mezclamos la muestra agitándola y haciendo inversión constantemente en su recipiente. Cuando observemos la formación de grumos, calentamos en baño maría en una temperatura de 38°C y con ayuda de un agitador desprendemos todo lo que pueda adherirse a las paredes del recipiente. Mantenemos la leche a 20°C al tomar nuestras muestras necesarias para el análisis, agitando 10ml de muestra en repetición (control).

3.4.1 Solución de Hidróxido de Sodio 1,0 N

Cuadro 1. Ingredientes para Solución de NaOH 1,0 N

INGREDIENTES	CANTIDADES
Hidróxido de sodio	4,0 g
Agua	100 mL

3.4.2 Solución Reguladora de Fosfatos (solución concentrada)

Cuadro 2. Ingredientes para Solución reguladora de fosfatos

INGREDIENTES	CANTIDADES
Fosfato de sodio monobásico	34,0 g
Agua	1,0 l

Disolvimos el fosfato en 500ml de agua, ajustando el pH a 7,2 con solución de hidróxido de sodio 1,0 N. completamos hasta un litro con agua, después se esterilizó en un tiempo de 15 min a $121^{\circ} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$, conservamos en refrigeración (la solución concentrada), extrayendo 1,25 ml de nuestra solución concentrada y después diluir en 1l de agua (la solución de trabajo). Pasando a dividir en porciones de 99,90 y 9ml según sea necesario, se esterilizó nuevamente a $121^{\circ} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ por 15 min, verificando que nuestro pH y los volúmenes finales de la solución de trabajo coincidan con los iniciales.

3.4.3 Agua Peptonada

Cuadro 3. Ingredientes de Agua Peptonada

INGREDIENTES	CANTIDADES
Peptona	1,0 g
Cloruro de sodio	8,5 g
Agua	1,0 l



Figura 3. Ingredientes del agua peptonada.

Disolvemos todo en un litro de agua, ajustando el pH a $7 \pm 0,1$ junto con hidróxido de sodio 1,0 N. Distribuimos en cantidades de 99,90 y 9 ml, después esterilizamos a $121^\circ \pm 1,0^\circ\text{C}$ en 15 minutos, tomando en cuenta que el pH y los volúmenes finales de la solución de trabajo deba ser igual a los del inicio. Si no usamos inmediatamente el diluyente, almacenamos en un lugar sin luz a temperatura de 0° a 5°C que no pase de un mes en tiempo, para no alterar su volumen o composición.

3.4.4. Preparación de tubos de ensayo con diluyente

Agitamos manualmente de 25 movimientos arriba y abajo, en un arco de 30cm con intervalos de tiempo de 7 segundos. Tomamos 1 ml de la muestra y diluimos con 9 ml del diluyente, que debe encontrarse a una temperatura similar, teniendo cuidado de no tener contacto de la pipeta con el diluyente. Tener en cuenta el uso de Vórtex para agitar los tubos.

3.4.5. Diluciones decimales

Pasamos 1 ml ó 10, 11 ml de la dilución primaria 1 + 9 (10^{-1}), en otro recipiente con nueve veces el contenido del diluyente estéril a una temperatura óptima, evitando

que la pipeta entre en contacto con éste. Mezclamos con cuidado cada muestra con diluyente y trabajamos con las diluciones de la primera a la sexta.



Figura 4. Tubos de ensayo para diluciones

3.5 Preparación de agares

3.5.1 Agar Triptona-Extracto de Levadura (agar para cuenta estándar)

Cuadro 4. Ingredientes para Agar para cuenta estándar

Ingredientes	Cantidades
Extracto de Levadura	2,5 g
Triptona	5,0 g
Dextrosa	1,0 g
Agar	15,0 g
Agua	1,0 l



Figura 5. Preparación del Agar para cuenta estándar

- Disolvemos los componentes del medio deshidratado en 1l de agua para después hervir para conseguir una disolución total. Vertimos todo en recipientes de vidrio estériles, llenándolos a la mitad. Llevamos a la autoclave a $121^{\circ} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ en 15 minutos, checando que el pH debe ser de $7,0 \pm 0,2$ a temperatura de 25°C . Para poder utilizar, enfriamos a $45^{\circ}\text{C} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ en agua y mantenemos hasta su momento de uso, sin tener que volver a fundirse más veces. En medios deshidratados, seguimos instrucciones de la fábrica. Para algunos alimentos se requiere un cultivo especial que se especifica al describir la técnica para ese alimento.
- Acomodamos nuestra mesa de trabajo para colocar las cajas Petri de forma que permita realizar cómodamente la inoculación, la adición del medio de cultivo y la homogeneización. Antes de inocular, marcamos las tapas de las cajas con la información necesaria y realizamos el procedimiento en duplicado. Es necesario realizar la preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
- Una vez inoculadas las diluciones en las cajas Petri, añadimos entre 12 y 15 ml del medio preparado. Mezclamos mediante 6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en el sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de adelante hacia atrás, trabajando sobre una superficie lisa y horizontal. Asegúrese de que el inóculo se incorpore completamente al medio, evitando que este entre en contacto con la tapa de las cajas. Deje solidificarse.

Se incluyó una caja sin inóculo por cada lote de medio y diluyente preparado como control de esterilidad.

El tiempo transcurrido desde el momento en que la muestra se incorpora al diluyente hasta que se añade el medio de cultivo a las cajas no debe exceder los 20 minutos.

Se incuban las cajas en posición invertida (con la tapa hacia abajo) durante el tiempo y la temperatura requeridas, dependiendo del tipo de alimento y del microorganismo.



Figura 6. Incubación de cajas Petri con muestra ya preparada

Cuadro 5. Crecimiento de Grupo Bacteriano con relación a temperatura y tiempo de incubación

Grupo bacteriano	Temperatura	Tiempo de incubación
Termofílicos aerobios	$55 \pm 2^{\circ}\text{C}$	$48 \pm 2\text{h}$
Mesofílicos aerobios	$35 \pm 2^{\circ}\text{C}$	$48 \pm 2\text{h}$
Psicrotróficos	$20 \pm 2^{\circ}\text{C}$	3 – 5 días
Psicrofílicos	$5 \pm 2^{\circ}\text{C}$	7 - 10

3.6 Conteo por placa

Al investigar la presencia de microorganismos viables en un alimento, la técnica más comúnmente empleada es la cuenta en placa. Sin embargo, esta metodología no tiene como objetivo detectar todos los microorganismos presentes. Las diferencias

en las especies, sus necesidades nutricionales, los rangos de temperatura requeridos para su crecimiento y la disponibilidad de oxígeno influyen en los resultados, por lo que el número de colonias contadas representa únicamente una estimación de la cantidad real. Este resultado, no obstante, permite evaluar si el manejo sanitario del producto ha sido adecuado.

Para el recuento de microorganismos como termofílicos, psicrófilos y psicotróficos es fundamental para evaluar la estabilidad de un producto bajo distintas condiciones de almacenamiento.

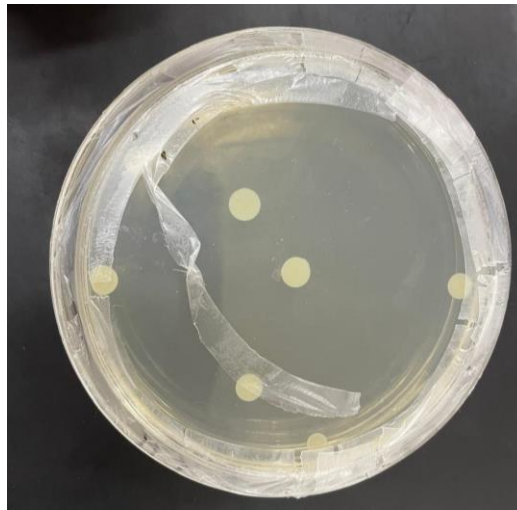


Figura 7. Presencia de Microorganismos en caja Petri

Para garantizar resultados reproducibles y significativos, es crucial seguir rigurosamente las instrucciones y controlar de manera precisa las condiciones del procedimiento.

Esta técnica es ampliamente aplicable para estimar la presencia de microorganismos viables en diversos tipos de alimentos.

- Cuando leemos las placas hay que seleccionar aquellas con 25 – 250 UFC, para no tener error en la cuenta.

3.7 Cálculo del Método.

Tras el periodo de incubación, las placas fueron evaluadas para identificar aquellas que contenían entre 25 y 250 colonias, criterio aceptado como intervalo confiable para el conteo. Este procedimiento se realizó utilizando un contador de colonias y un registrador manual. De las tres diluciones sembradas, se seleccionaron las que cumplieron con este rango para el cálculo de UFC por gramo o mililitro.

Una sola dilución válida: Cuando únicamente una dilución presentó placas dentro del intervalo adecuado, se calculó el promedio de colonias observadas en esa dilución y se multiplicó por el inverso del factor de dilución correspondiente para determinar la concentración bacteriana.

Dos diluciones válidas: Si dos diluciones cumplieron con el criterio de 25 a 250 colonias, primero se obtuvo el promedio de colonias para cada dilución, y luego se promediaron los resultados para reportar un valor final más preciso.

En casos donde las placas no cumplían con los criterios estándar, se aplicaron los siguientes lineamientos:

- Placas con menos de 25 colonias: Se realizó el conteo y se estimó la UFC multiplicando por el factor de dilución. Este dato fue reportado como "valor estimado".
- Placas con más de 250 colonias: Se contó una porción representativa de la placa (mitad o cuarto del área total) y se extrapoló el conteo multiplicando por 2 o 4, respectivamente. En placas con cuadrícula visible, se consideró que una caja Petri de 100 mm contiene 65 cuadros en total. Los resultados también se reportaron como "valor estimado".

Colonias con crecimiento extendido

Se consideraron diferentes formas de crecimiento atípico:

- Cadenas de colonias no claramente separadas, posiblemente por disgregación bacteriana.
- Formación de película entre el agar y el fondo de la caja Petri.
- Crecimiento en forma de película sobre el borde de la superficie del agar.
- Colonias que cubrían más del 50% de la superficie o presentaban inhibición en más del 25%.

En estos casos, se aplicaron los siguientes criterios:

- Las cadenas individuales se contaron como una colonia. Si existían varias cadenas aparentemente independientes, se consideraron colonias distintas.
- Las colonias con crecimiento extendido que impidieran el conteo confiable fueron reportadas como "crecimiento extendido".
- En presencia de crecimiento extendido en una dilución, se utilizó únicamente la dilución que permitiera un conteo claro.

Otros criterios de conteo

- Placas sin colonias: Cuando no se observó crecimiento en ninguna dilución, se reportó el resultado como "menor que el valor de la dilución más baja utilizada".

Placas duplicadas:

- Si una réplica presentaba entre 25 y 250 colonias y la otra superaba las 250, ambas fueron consideradas para el cálculo.

- Si se obtuvo una placa dentro del rango adecuado en cada una de dos diluciones distintas, se usaron todas para determinar el promedio.
- Si dos placas de una dilución estaban dentro del rango y solo una de otra lo estaba, se incluyeron las cuatro placas en el análisis, sin descartar las fuera del rango.
- Finalmente, los conteos fueron ajustados según el factor de dilución correspondiente para expresar los resultados como UFC por gramo o mililitro. Los valores fueron redondeados a dos cifras significativas. Si el tercer dígito era cinco o mayor, se redondeó al número inmediato superior; si era menor a cinco, se truncó.



Figura 8. Contador de Colonias

3.8 Informe de la Prueba

Reportar como: Unidades formadoras de colonias, UFC/g o ml, de bacterias aerobias en placa en agar triptona extracto de levadura o agar para cuenta estándar, incubadas durante 48 horas a $35 \pm 2^\circ \text{C}$

3.9 Análisis estadístico

La variable de respuesta fue la concentración bacteriana expresada como unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL), cuantificada según los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva y análisis de varianza (ANOVA), utilizando el software RStudio® versión 4.4.1

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Recuento de colonias y concentración bacteriana (UFC/mL)

Las muestras de leche cruda tratadas con agua electrolizada mostraron diferencias en la cantidad de colonias formadas en placa a los 0 y 30 minutos de exposición (Cuadro 6). A los 0 minutos, el promedio de unidades formadoras de colonias (UFC/mL) fue de 719500000, mientras que a 5% a 0 minutos se redujo a 514500000, lo que indica una disminución en la carga bacteriana tras el tratamiento.

Cuadro 6. Conteo de colonias y concentración bacteriana en leche tratada con agua electrolizada.

Concentración	Minuto	Repetición	Colonias	UFC/mL	Promedio
Control (0)	0	1	926	92600000	719500000
Control (0)	0	2	513	51300000	
Control (0)	30	1	532	53200000	681500000
Control (0)	30	2	831	83100000	
5%	0	1	477	47700000	514500000
5%	0	2	552	55200000	
5%	30	1	435	43500000	438500000
5%	30	2	442	44200000	
10%	0	1	451	45100000	391000000
10%	0	2	331	33100000	
10%	30	1	846	84600000	767000000
10%	30	2	688	68800000	

*Promedios de colonias contadas y unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL) en leche cruda tras el tratamiento con agua electrolizada a concentraciones de 5% y 10%, así como un control sin tratamiento (0%). Las mediciones se realizaron a los 0 y 30 minutos de exposición.

4.2 Análisis estadístico (ANOVA)

El análisis de varianza mostró que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre los tiempos evaluados (Cuadro 7), aunque se observó

una tendencia clara de disminución en la carga bacteriana tras 30 minutos de exposición. La variable “Minuto” presentó un valor de $p = 0.379$, mientras que el efecto de la interacción concentración:tiempo no fue significativo ($p = 0.165$).

Cuadro 7. Análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de concentración y tiempo sobre UFC/mL

	Df	Sum Sq	Promedio+Sq	F Value	Pr (>F)
Concentración	2	1.006e+17	5.030e+16	1.979	0.219
Minuto	1	2.288e+16	2.288e+16	0.900	0.379
Concentración:Minuto	2	1.257e+17	6.286e+16	2.473	0.165
Residuos	6	1.525e+17	2.542e+16		

*Resultados del análisis de varianza para determinar el efecto de los factores “concentración” (0%, 5% y 10%) y “tiempo de exposición” (0 y 30 minutos) sobre la carga bacteriana en leche cruda, expresada como UFC/mL. El análisis no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ni en la interacción concentración-tiempo ($p > 0.05$).



Figura 9. Cultivo de Leche con 10% de Agua Electrolizada en 30 min a la 1×10^{-6} de dilución.

Los resultados obtenidos revelaron una disminución en la carga bacteriana de leche a los 0 minutos de agua electrolizada al 10%, en comparación con el control. Aunque esta diferencia no alcanzó significación estadística ($p > 0.05$), se identificó una clara tendencia hacia la reducción de UFC/mL, lo que respalda el potencial antimicrobiano del tratamiento aplicado (Figura 11).

Este comportamiento puede explicarse por la acción de las especies reactivas generadas durante la electrólisis, como el ácido hipocloroso (HOCl), que actúan desnaturalizando proteínas y alterando la permeabilidad de las membranas celulares bacterianas (Yan *et al.*, 2021).

Estudios han respaldado la eficacia del agua electrolizada como agente bactericida, especialmente en matrices complejas como los alimentos líquidos, donde el tiempo de contacto favorece su acción antimicrobiana. Zhang *et al.* (2021) demostraron que la inmersión prolongada de semillas en agua electrolizada levemente ácida eliminó por completo la presencia de Enterobacteriaceae tras 6 horas de tratamiento, en comparación con una reducción de solo 2.94 log UFC/g tras 0.5 horas de remojo.

Aunque no se observaron diferencias significativas bajo las condiciones evaluadas, estos resultados aportan evidencia de que el uso de agua electrolizada puede contribuir a la reducción microbiana en leche sin la necesidad de tratamientos térmicos. Esta observación es relevante, ya que representa una alternativa viable para aplicaciones en la industria láctea donde se busca conservar las propiedades sensoriales y nutricionales del producto. Se recomienda ampliar el número de tratamientos y replicaciones en futuras investigaciones, así como incluir la caracterización de los géneros bacterianos presentes, para fortalecer la evidencia del efecto bactericida observado y comprender mejor los mecanismos implicados.

Además, en el presente estudio, los resultados obtenidos revelaron que, en el caso del tratamiento con agua electrolizada al 10%, la carga bacteriana en leche fue menor a los 0 minutos que tras 30 minutos de exposición.

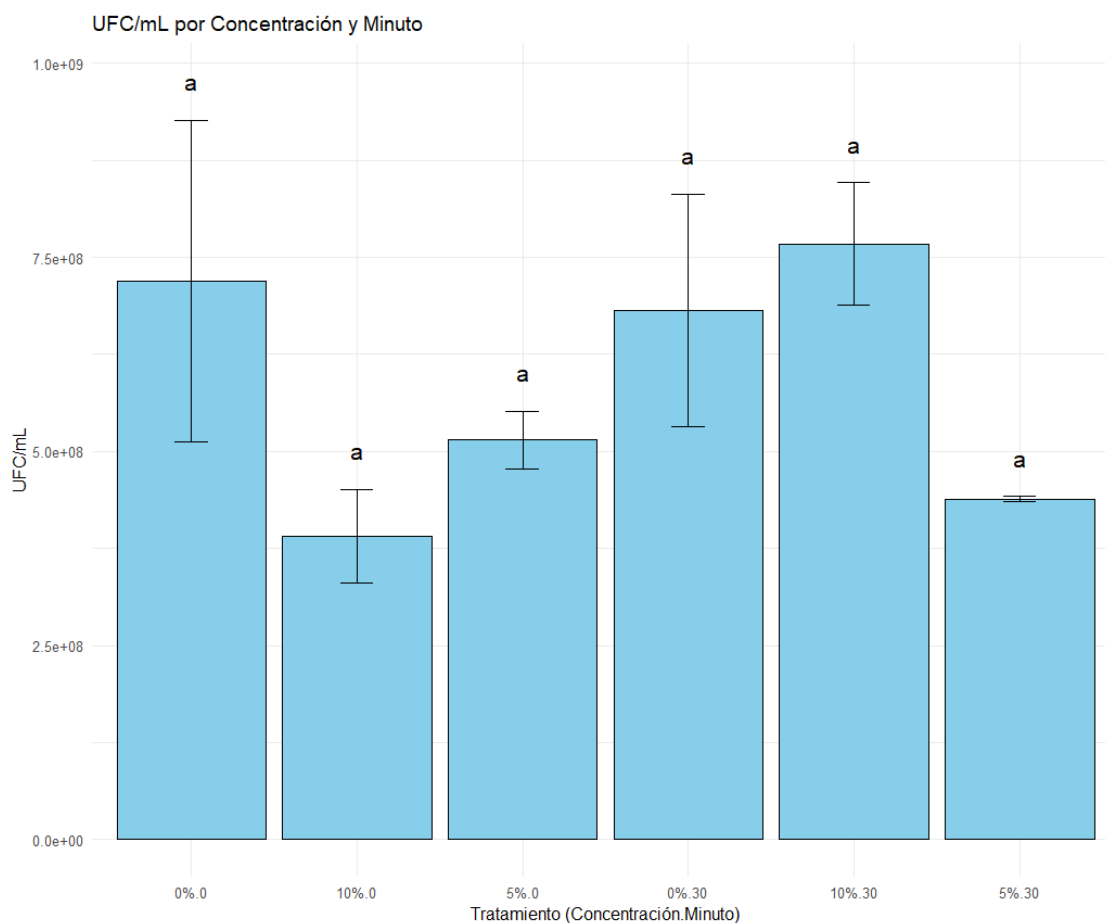


Figura 10. Efecto de la concentración y el tiempo de exposición al agua electrolizada sobre la carga bacteriana en leche. Representación gráfica de los promedios de UFC/mL. Las barras indican la desviación estándar.

Aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$), el comportamiento observado resulta interesante, ya que contrasta con la tendencia esperada de reducción progresiva de UFC/mL con mayor tiempo de exposición.

El incremento observado en algunas condiciones podría estar asociado a la neutralización parcial de las especies oxidantes activas del agua electrolizada por compuestos orgánicos presentes en la matriz láctea, como lípidos y proteínas, que actúan como agentes reductores y limitan su acción bactericida, especialmente en exposiciones prolongadas; asimismo, la inestabilidad de los compuestos reactivos

generados durante la electrólisis puede contribuir a una menor efectividad, ya que su actividad desinfectante se ve comprometida si no se mantienen condiciones óptimas de almacenamiento y aplicación. Lo anterior debido a que es importante destacar que el HOCl representa el principal agente activo en el agua electrolizada ácida y neutra; su carga neutra le permite atravesar la bicapa lipídica de las membranas celulares por difusión pasiva, provocando daño tanto extracelular como intracelular, lo que explica en parte su elevada eficacia germicida (Suárez et al., 2023).

La eficacia del agua electrolizada como agente antimicrobiano no solo depende del tiempo de exposición, sino también de diversos factores físicos, químicos y microbiológicos; estudios han señalado que variables como el tipo de microorganismo, la temperatura y la matriz del alimento tratado pueden influir significativamente en su efectividad. Además, durante el proceso de elaboración y aplicación del agua electrolizada, elementos como la concentración de NaCl, la intensidad de corriente, el tiempo de electrólisis, la temperatura y dureza del agua, el caudal, el tipo de electrodos utilizados, las condiciones de almacenamiento, la presencia de sustancias orgánicas y la oscilación del sistema pueden modificar sus propiedades fisicoquímicas y, en consecuencia, su capacidad desinfectante (Zhao et al., 2021). Estos factores deben considerarse al interpretar los resultados y al comparar la efectividad del tratamiento en diferentes estudios o condiciones experimentales. Por tanto, los resultados obtenidos en este estudio destacan la necesidad de realizar pruebas más específicas que incluyan la identificación de microorganismos presentes, así como ensayos con tiempos intermedios o más breves que permitan establecer el punto de máxima efectividad.

5. CONCLUSIONES

Este estudio evaluó el efecto de dos concentraciones de agua electrolizada (5 % y 10 %) y dos tiempos de exposición (0 y 30 minutos) sobre la carga bacteriana en leche cruda de bovino. Los resultados muestran que, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, el tratamiento al 5 % produjo una tendencia a la reducción bacteriana con el tiempo, mientras que el tratamiento al 10 % incrementó la carga microbiana tras 30 minutos. Este comportamiento indica que tanto la concentración como los compuestos orgánicos presentes en la leche pueden influir en la eficacia del agua electrolizada, y que mayores concentraciones no siempre se traducen en mayor reducción bacteriana. Por lo tanto, es fundamental continuar evaluando estas variables de forma integrada para optimizar protocolos de higiene alternativos. Se sugiere reforzar el diseño experimental mediante un mayor número de réplicas, identificar las especies bacterianas involucradas y considerar otros factores como la temperatura de aplicación y tiempos intermedios. Estas acciones permitirán desarrollar recomendaciones prácticas claras y eficaces para la industria láctea, buscando mejorar la seguridad microbiológica sin comprometer la calidad nutricional ni sensorial del producto.

6. LITERATURA CITADA

- Ampiauw, R. E., Yaqub, M., y Lee, W. 2021. Electrolyzed water as a disinfectant: a systematic review of factors affecting the production and efficiency of hypochlorous acid. *Journal of Water Process Engineering*. 43. 102228.
- Asanza, S. M. Y., Castillo, J. D. M., Calderón, C. E. S., Loaiza, S. G. M., Acosta, A. R. F., y Zuñiga-Moreno, L. E. 2024. Identificación de bacterias gram positivas en muestras de leche cruda, obtenida por ordeño manual. *Revista Alfa*. 8(22):69-83.
- Blasco, A., Ibáñez-Payá, P., Fouz, B., Amaro, C., Amorós, P. y Ros-Lis, JV. 2025. Uso de agua electrolizada como tecnología de desinfección en sistemas acuícolas: efectos sobre *vibrio harveyi*, un patógeno marino significativo para peces e invertebrados marinos. *Ciencias Aplicadas*. 15(5):2334.
- Cabanillas-Beltrán, Héctor, González-Estrada, Ramsés R., Gutiérrez-Martínez, Porfirio, y Hernández-López, Silvia María. 2020. Calidad y protección microbiológica de huevos de mesa mediante aplicación ultrasónica de agua electrolizada ácida y quitosano. *Acta Agronómica*. 69(2):97-105.
- Cap M., Rojas D., Fernandez M., et al. 2020. Effectiveness of short exposure times to electrolyzed water in reducing salmonella spp and imidacloprid in lettuce. *LWT*. 128. 109496.
- Cárdenas, A. M., Campos-Bijit, V., Di Francesco, F., Schwarz, F., Cafferata, E. A., y Vernal, R. 2022. Electrolyzed water for the microbiologic control in the pandemic dental setting: a systematic review. *BMC oral health*. 22(1):579.
- Chen, B. K., y Wang, C. K. 2022. Electrolyzed water and its pharmacological activities: A mini-review. *Molecules*. 27(4):1222.
- Elutade, O. O., Imohiosen, J. J. I., y Akinola, O. T. 2023. Bacteriological quality of raw cow milk at a collection center in Iwo, Osun State, Nigeria. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1219(1):012002.
- García, J. I. B., Robles, C. E. M., Ramos, M. M. F., y Castillo, N. D. R. T. 2024. Calidad sensorial, fisicoquímica y microbiológica de la leche cruda de vaca expedida en la parroquia San Isidro, Cantón Morona-Ecuador. *Polo del Conocimiento*. 9(7):1668-1682.

- Goh, C. F., Ming, L. C., & Wong, L. C. 2021. Dermatologic reactions to disinfectant use during the covid-19 pandemic. *Clinics in dermatology*. 39(2).314-322.
- González-de la Cruz, J. U., Rodríguez-Palma, J. J. J., Escalante-Herrera, K. S., de la Torre Gutiérrez, L., Pérez-Morales, R., y de la Cruz-Leyva, M. C. 2021. Identificación genética de bacterias ácido lácticas nativas en leche cruda de vaca y queso poro artesanal. *Manglar*. 18(1):7-13.
- Hao, X., Xie, D., Jiang, D., Zhu, L., Shen, L., Gan, M., y Bai, L. 2023. Effect of slightly acidic electrolyzed water on growth, diarrhea and intestinal bacteria of newly weaned piglets. *Genes*. 14(7):1398.
- Hidayat, R., y Wulandari, P. 2022. The efficacy and safety of electrolyzed water against covid-19 as an alternative hand sanitizer. *medicinski glasnik: official publication of the Medical Association of Zenica-Doboj Canton, Bosnia and Herzegovina*. 19(2):10.17392/1485-22.
- Iram, A., Wang, X., y Demirci, A. 2021. Electrolyzed oxidizing water and its applications as sanitation and cleaning agent. *Food Engineering Reviews*. 13:411-427.
- Jaramillo, M. M., Acosta, P. L. I., Palacios, S. C. D., y Coronado, M. D. L. A. A. 2023. Implicaciones sobre la salud humana del consumo de leche de vaca. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud Universidad del Cauca*. 25(2):2225-2225.
- Jia, Z., Zhou, J., Han, J., Liu, D., y Lv, R. 2023. Proteomics-based analysis of the stress response of bacillus cereus spores under ultrasound and electrolyzed water treatment. *Ultrasonics sonochemistry*. 98:106523.
- Juarez, R. (2024). Uso del ultrasonido en el tratamiento de leche y su efecto en microorganismos patógenos. *Agroindustrial Science*. 14(3):261-270.
- Lara, J. J. S., y Zúñiga, P. S. C. 2022. La relación entre la leche y la mortalidad en la infancia: un problema de salud pública en Chile (Santiago, 1930-1962). *Asclepio*. 74(1):590-590.

- Leduc, A., Souchet, S., Gelé, M., Le Provost, F., y Boutinaud, M. 2021. Efecto de la restricción alimenticia en la producción de leche de vaca lechera: una revisión. *Journal of Animal Science*. 99(7):130.
- Liu, Y., Wang, C., Shi, Z. y Li, B. 2020. Optimization and modeling of slightly acidic electrolyzed water for the clean-in-place process in milking systems. *Foods*. 9 (11):1685.
- Lozano-López, Epifania, Austreberta-Nazar-Beutelspacher, Dominga, y Nahed-Toral, José. 2022. Brucelosis bovina y humana en el sur de México: Una zoonosis desatendida. *Revista chilena de infectología*. 39(2):157-165.
- Mendoza, I. C., Luna, E. O., Pozo, M. D., Vásquez, M. V., Montoya, D. C., Moran, G. C., et al. 2022. Conventional and non-conventional disinfection methods to prevent microbial contamination in minimally processed fruits and vegetables. *LWT – Food Science and Technology*. LWT. 165. 113714.
- Molina, J. 2022. The effect of electrolyzed water on phytopathogenic fungi that infect *Prunus persica* var. nectarine at post-harvest. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*. 5(3):2561-2573.
- Montero, P. 2022. Calidad y seguridad de la leche cruda de vaca producida en Panamá. *Revista de I+ D Tecnológico*. 18(1).
- Nyamende, N. B., Belay, Z. A., Keyser, Z., Oyenih, A., y Caleb, O. J. 2021. Impacts of alkaline electrolyzed water treatment on physicochemical, phytochemical, antioxidant properties and natural microbial load on 'Granny Smith' apples during storage. *International Journal of Food Science and Technology*. 57(1):447-456.
- Plesoianu, A. M., Nour, V., Tutulescu, F., y Ionica, M. E. 2022. Quality of fresh-cut apples as affected by dip wash treatments with organic acids and acidic electrolyzed water. *Food Science and Technology (Brazil)*. 42. 62620.
- Rahman, SME, Islam, SMA, Kong, D., Xi, Q., Du, Q., Yang, Y., ... y Han, R. 2023. Controlling microbial population in livestock and poultry industry using electrolyzed water as an emerging technology for ensuring food safety. *Food Control*. 152.109843.

- Ramírez Orejel, JC, y Cano-Buendía, JA 2020. Aplicaciones del agua electrolizada como sanitizante en la industria alimentaria y de subproductos animales. *Procesos*. 8 (5):534.
- Ramírez-Crespo, Lina Marcela, Cortés-Rodríguez, Misael, Y Micanguer-Carlosama, Adriana,. 2022. El huevo de gallina y su procesamiento industrial: una revisión. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 20(1):221-239.
- Rebezov, M., Saeed, K., Khaliq, A., Rahman, S. J. U., Sameed, N., Semenova, A., ... y Lorenzo, J. M. 2022. Application of electrolyzed water in the food industry: a review. *Applied Sciences*. 12(13):6639.
- Reyna S., Arteaga J. 2022. Riesgos de contaminación química en leche y sus derivados. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. 36(2):10-13.
- Rhee, C. H., Kim, S., Kang, Y. E., Han, B., Seo, S. J., Kim, Y. W., Her, M., y Jeong, W. 2021. Virucidal efficacy of acidic electrolyzed water (AEW) against African swine fever virus and avian influenza virus. *The Journal of veterinary medical science*. 83(2):201-207.
- Rodríguez-Pereida, Carolina, González-Estrada, Ramsés Ramón, Blancas-Benítez, Francisco Javier, Velázquez-Estrada, Rita María, Hernández-Montiel, Luis Guillermo, y Gutiérrez-Martínez, Porfirio. 2021. Efecto del agua oxidante electrolizada en el control de enfermedades poscosecha en frutas tropicales. *Acta Agronómica*. 70(3):233-239.
- Romero-Collado, Á., Verdú-Soriano, J., y Homs-Romero, E. 2022. Recomendaciones del uso de antimicrobianos en heridas crónicas. *Gerokomos*. 33(2):111-118.
- Sandoval-Cuevas, B., Mervitch-Sigal, N., Paz-Michel, B., y Cabrera-Licon, A. 2023. Tratamiento de una lesión primaria por loxoscelismo cutáneo, complicada por infección, con solución electrolizada de superoxidación con pH neutro (SES). Informe de un caso. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*. 66(2):20-28.
- Santillan-Pinedo, L., y Frias, H. 2023. Evaluación de células somáticas y su relación con la composición nutricional de la leche en el distrito Molinopampa. *Revista De investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*. 3(3):34-41.

- Santoyo, L. M., Saavedra, T. M., Jácome, T. P. C., Elos, M. M., y Lara, E. M. 2023. Agua electrolizada en el control de la peca bacteriana en el cultivo de jitomate variedad saladette (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Jóvenes En La Ciencia. 24:1-5.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader). 2021. Prevén aumento de 3.2% en la producción de leche de bovino este año en México. Comunicado. Gobierno de México.
- Sessou, P., Keisam, S., Gagara, M., Komagbe, G., Farougou, S., Mahillon, J., y Jeyaram, K. 2023. Comparative analyses of the bacterial communities present in the spontaneously fermented milk products of Northeast India and West Africa. *Frontiers in Microbiology*. 14. 1166518.
- Suárez-Zúñiga, O., Contreras-Morales, G. E., Melo-Sabogal, D. V., y Hernández-Pimentel, V. M. 2023. Tendencias recientes en aplicaciones de agua electrolizada: áreas de estudio y perspectivas. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*. 26. 549.
- Torres, J. A. P., Hernández, M. H., Segovia, N. L., León, M. B., Castillo, L. F. T., Díaz, L. J. Q., ... y Hernández, V. O. 2021. Estudio comparativo de calidad higiénico-sanitaria, fisicoquímica y microbiológica de leche bovina en el sureste mexicano. *Revista MVZ Córdoba*. 26(3):2.
- Valdivia A, Rubio Y, Beruvides A. 2021. Calidad higiénico-sanitaria de la leche, una prioridad para los productores. *Rev. Prod. Anim.* 33(2):6-13.
- Valencia, K., Mora, J. S., y Martínez, M. Á. 2021. Asociación De Variables Que Determinan El Consumo De Leche De Vaca En La Ciudad De México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 48:656-667.
- Vargas-Bello-Perez, E., Dhakal, R., Nielsen, M. O., Ahrne, L., Hansen, H. H. 2020. Short communication: effects of electrochemically activated drinking water on bovine milk production and composition, including chlorate, perchlorate, and fatty acid profile. *J Dairy Sci.* 103(2):1208-1214.
- Vilca, J. C., y Oyarce, R. R. 2022. Células somáticas y composición nutricional de la leche en tanque, Bongara Amazonas, Perú. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*. 5(1):57-63.

- Yan, P., Chelliah, R., Jo, K. H., y 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., y Oh, D. H. 2021. New clinical applications of electrolyzed water: a review. *Microorganisms*. 9(1):136.
- Yupangui Asanza, S. M., Moran Castillo, J. D., Silverio Calderón, C. E., Manzanares Loaiza, S. G., Flores Acosta, A. R., y Zuñiga-Moreno, L. E. 2024. Identificación de Bacterias Gram positivas en muestras de leche cruda, obtenida por ordeño manual. *Revista Alfa*. 8(22):69-83.
- Zhao, L., Li, S., y Yang, H. 2021. Recent advances on research of electrolyzed water and its applications. *Current opinion in food science*. 41:180-188.
- Zhang, C., Zhao, Z., Yang, G., Shi, Y., Zhang, Y., Shi, C. y Xia, X. 2021. Efecto del agua electrolizada ligeramente ácida en la reducción natural de enterobacteriaceae y la germinación de semillas en la producción de brotes de alfalfa. *Microbiología de Alimentos*. 97:103414.