



**Evaluación sanitaria, microbiológica, resistencia a antibióticos y caracterización de las unidades productoras de leche en la región norte de Guerrero.**

## TESIS

**Presenta:** QBP. Areli Abeline Flores Bernal

### **Comité tutorial**

**Directora de tesis:** Dra. Mirna Vázquez Villamar

**Codirectora:** Dra. Natividad Castro Alarcón

**Asesores:** Dra. Mariana Espinosa Rodríguez

Dr. Juan Elías Sabino López

Dr. Saúl Rojas Hernández

Iguala de la independencia, Guerrero México, 18 de enero del 2024.


## Contenido

<b>CAPITULO I.....</b>	<b>5</b>
<b>I. INTRODUCCION GENERAL.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
1.1.1 Unidades productoras .....	7
1.1.2 Fuentes de contaminación de la leche .....	9
1.1.3 <i>Escherichia coli</i> .....	10
1.1.4 <i>Salmonella spp.</i> .....	11
1.1.5 <i>Staphylococcus aureus</i> .....	11
1.1.6 Antibioticos usados en ganado lechero .....	12
1.1.7 Mecanismos de acción de los antibióticos .....	13
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1 Objetivo general.....	16
2.2 Objetivos particulares.....	17
<b>III. HIPOTESIS .....</b>	<b>17</b>
3.1 Hipótesis general.....	17
3.2 Hipótesis específicas .....	17
<b>3.3 LITERATURA CITADA .....</b>	<b>18</b>
<b>IV. CAPITULO II CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES PRODUCTORAS DE LECHE DE LA REGIÓN NORTE DEL ESTADO DE GUERRERO.....</b>	<b>21</b>
4.1 RESUMEN .....	21
4.2 ABSTRACT .....	22
4.3 INTRODUCCIÓN .....	23
4.4. MATERIAL Y MÉTODOS .....	26
4.4.1 Invitación verbal .....	26
4.4.2 Ubicación geográfica .....	26
4.4.3 Análisis estadístico o análisis de datos.....	28
4.4.4 Análisis factorial mediante componentes principales .....	29
4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.6 CONCLUSIONES.....	46
4.7 LITERATURA CITADA .....	46

<b>V. CAPITULO III. EVALUACIÓN SANITARIA DE LECHE BRONCA OBTENIDA EN UNIDADES PRODUCTORAS DE 7 LOCALIDADES DE LA REGIÓN NORTE DE GUERRERO.....</b>	<b>52</b>
<b>5.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>52</b>
<b>5.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>54</b>
5.2.1 Localización.....	54
5.2.2 Equipos, materiales, reactivos y cepas control.....	56
5.2.3 Recolección de muestras.....	58
5.2.4 Identificación y aislamiento de coliformes totales y fecales.....	60
5.2.5 Identificación de <i>Salmonella spp.</i> .....	65
5.2.6 Identificación y aislamiento de <i>Staphylococcus aureus</i> .....	67
5.2.7 Pruebas complementarias .....	70
5.2.8 Método del antibiograma disco-placa.....	71
<b>5.3 RESULTADOS .....</b>	<b>72</b>
5.3.1 Identificación bacteriana.....	72
5.3.1.3.2 Enriquecimiento selectivo y diferencial .....	84
5.3.2 Resultados coliformes .....	86
5.3.3 Prevalencia de microorganismos .....	89
5.3.4 Prueba de sensibilidad a antibióticos.....	90
<b>5.6 DISCUSIÓN. ....</b>	<b>93</b>
<b>5.7 LITERATURA CITADA .....</b>	<b>97</b>

El presente protocolo titulado: “**Evaluación sanitaria, microbiológica, resistencia a antibióticos y caracterización de las unidades productoras de leche en la región norte de Guerrero**” realizado por: **Q.B.P. Areli Abeline Flores Bernal**. Está conformado por el siguiente comité tutorial:

### COMITÉ TUTORIAL



---

Dra. Mirna Vázquez Villamar  
Profesor-Investigador  
DIRECTORA DE TESIS



---

Dra. Natividad Castro Alarcón  
Profesor-Investigador  
CODIRECTOR DE TESIS



---

Dr. Juan Elías Sabino López  
Profesor-Investigador  
ASESOR



---

Dra. Mariana Espinosa Rodríguez  
Profesor-Investigador  
ASESORA



---

Dr. Saul Rojas Hernández  
Profesor-Investigador  
ASESORA

Tuxpan, Iguala, Gro. enero de 2024

# CAPITULO I.

## I. INTRODUCCION GENERAL.

El sector ganadero es una de las actividades económicas más importantes y con mayor crecimiento del sector agropecuario a nivel mundial. La elaboración de productos lácteos en México representa uno de los sectores de mayor importancia dentro de la industria alimentaria. México se ha posicionado en el séptimo lugar como potencia a nivel mundial en producción de productos pecuarios, ocupando el 16 lugar como productor de leche a nivel mundial y Guerrero el 22 lugar a nivel nacional como productor de leche (*Gobierno del Estado, 2012*).

México exporta un millón de litros de leche a América Central, Estados Unidos, Venezuela, República Dominicana y Perú. El consumo per cápita nacional es de 117.2 litros/año (*SAGARPA. 2022*).

Una de las enfermedades que más preocupa a los ganaderos que se dedican a la producción de leche es la mastitis, inflamación de la glándula mamaria causada generalmente por agentes microbianos, lo que trae como consecuencia un mayor suministro de antibióticos. Esta enfermedad tiene una mayor prevalencia en ganado bovino, afecta mundialmente a la industria lechera ocasionando pérdidas económicas muy fuertes tanto al productor como a la industria, por la disminución de la calidad, cantidad higiénica y nutritiva de leche elaborada y un aumento en los costos de tratamiento, servicios veterinarios y pérdida de animales, mayores costos por reemplazo de animales, costos de antibióticos, leche descartada debido a tratamientos antibióticos, por lo tanto la capacidad productiva anual se ve disminuida (*Bedolla y Ponce, 2008*).

Las malas prácticas ganaderas y la mala higiene durante el proceso de producción provocan la contaminación y multiplicación de microorganismos, ocasionando un riesgo a la salud (*Amador et al., 2011*).

## 1.1 MARCO TEÓRICO

La leche por su elevado valor nutritivo y alta digestibilidad es de gran importancia en la alimentación humana, desde el punto de vista nutricional la leche es uno de los alimentos más completos debido a su composición, debido a que posee agua en un 82%, seguido por grasas, proteínas vitaminas y minerales como fosforo, zinc, calcio y magnesio (*Agudelo y Bedoya, 2005*).

En México el consumo per cápita nacional es de 117.2 litros/año, es consumida por niños, adultos y personas de la tercera edad, por lo que debe de cumplir con una serie de requisitos que definen su calidad: composición fisicoquímica, cualidades organolépticas y número de microorganismos presentes; todos ellos señalados por la legislación vigente de cada país (*Alcocer, 2017*).

La industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México. Teniendo en cuenta que en México los productos lácteos son de los más contaminados, ocupando incluso los primeros lugares de comercialización (*Bedolla et al., 2018*).

La industria láctea contribuye activamente a la economía de un gran número de comunidades, regiones y países, así mismo ayuda a generar empleos, siendo factor clave en la lucha contra la inseguridad alimentaria y el desarrollo rural sustentable (*SIAP, 2018*).

Para la población de escasos recursos económicos puede ser un medio importante de subsidio. La venta y el consumo puede reducir la vulnerabilidad de los hogares a las privaciones estacionales de alimentos e ingresos, satisfacer las necesidades más amplias de seguridad alimentaria y mejorar el estado nutricional de los más vulnerables. La actividad lechera es el sustento económico principal de muchas familias en la región Norte de Guerrero. Sin embargo, existen diversos factores que pueden afectar su producción y consumo (*Robledo, 2017*).

### 1.1.1 Unidades productoras

El sistema de producción se define como el conjunto estructurado de actividades agrícolas, pecuarias y no agropecuarias, establecido por el productor y su familia para garantizar la procreación de su unidad de producción, resultado de la combinación de los medios de producción (tierra y capital) y de la fuerza de trabajo disponibles en un entorno socioeconómico y ecológico determinado (*Navarro, 2014*).

Los sistemas de producción ganaderos tienen como propósito producir satisfactores sociales que puedan mantenerse a largo plazo mediante la conservación de las fuentes que proporcionen los recursos primarios de la producción agrícola o ganadera, sin dejar de lado los factores sociales, económicos y tecnológicos (*Villa et al., 2012*).

La adecuada caracterización de los sistemas de producción de leche, en todas sus modalidades, es uno de los pasos iniciales para identificar la problemática de los mismos, definir sus límites y necesidades, para lo cual se tiene en cuenta las características sociales, culturales, económicas y ambientales específicas en diferentes áreas geográficas y sistemas de producción, para ello se requiere un enfoque holístico y sistemático, basado en cantidades crecientes de información procedente de diferentes disciplinas (*Poma, 2015*).

En México, se pueden identificar tres sistemas de producción de leche: el especializado, pequeña escala (o campesino) y el de doble propósito. El especializado se caracteriza por tener el mayor tamaño del hato, que se encuentra estabulado. Este tipo de ganadería se ubica en las zonas templadas y semiáridas del norte, en extensiones reducidas, regularmente irrigadas, con una producción de carácter industrial y alto grado de tecnificación y mecanización, tanto para el ordeño, como para la producción de forraje (*Cervantes et al., 2016*).

El sistema semiespecializado se caracteriza por contar con ganado especializado, el ganado se mantiene en condiciones de semiestabulación, en pequeñas extensiones de terreno. Las instalaciones son acondicionadas o adaptadas. El ordeño se hace manual o con ordeñadoras individuales o dobles, no cuentan con equipo de enfriamiento y conservación de la leche, nivel medio de incorporación tecnológica en infraestructura y equipo. La alimentación del ganado la constituye el pastoreo, complementando con forrajes de corte y concentrado, reducidos programas sanitarios y se práctica la inseminación artificial (*Mercado, 2014*).

El extensivo o de doble propósito basa su producción en recursos locales, es considerado como un importante abastecedor regional de leche y sus derivados como carne (becerros y animales de desecho) y en ocasiones productos agrícolas, principalmente maíz, por lo tanto, el sistema es muy flexible. Se desarrollan en gran parte por pequeños y medianos productores, en explotaciones diversificadas y con base en mano de obra familiar. La ordeña es generalmente en forma manual, aunque llegan a utilizar ordeñadoras individuales, cuentan con programas zoonosanitarios, reproductivos y de mejoramiento genético. La leche vendida representa su principal fuente de ingresos para mantener la operación de la explotación hasta la venta de los animales para carne, ya sea directamente al consumidor, a transformadores de queso o a la industria (*Poma, 2015*).

El sistema de lechería familia o de pequeña escala representa la tradición de la ganadería de nuestro país en especial en la zona centro-occidental. La explotación está condicionada a pequeñas superficies de terreno, principalmente en las viviendas por lo que se les conoce también como de traspatio (*Espinoza et al., 2018*)

Pueden ser de tipo estabulado o semiestabulado, de acuerdo a las condiciones del campo de cultivo. El ganado no es de alta calidad genética, el nivel tecnológico es bajo, los productores no realizan prácticas reproductivas o programas zoonosanitarios, ni mejoramiento genético; se carece de registros de producción y las instalaciones son rudimentarias predominando el ordeño manual (*SAGARPA, 2022*) (*FIRA, 2022*).

### 1.1.2 Fuentes de contaminación de la leche

La leche por sus características físico-químicas y nutricionales, es un medio favorable para el crecimiento y la multiplicación de microorganismos patógenos, sobre todo, para las bacterias mesófilas y, dentro de éstas, las patógenas cuya multiplicación depende principalmente de la temperatura y de la presencia de otros microorganismos competitivos que pueden llegar a la leche a través de la glándula mamaria, a partir del medio ambiente y también puede contaminarse en cualquiera de las etapas del proceso de producción, durante su obtención, almacenamiento y comercialización (Cañulef, 2012).

- **Mamaria:** Los microorganismos que pueden alcanzar la ubre y pueden llegar a contaminar la leche antes o después del ordeño. Estos microorganismos pueden alcanzar la leche por vía mamaria ascendente o mamaria descendente. Por vía ascendente lo hacen bacterias que se adhieren a la piel de la ubre y posterior al ordeño entran a través del esfínter del pezón, por ejemplo: (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus*, *Coliformes*). La vía descendente o hematógena la utilizan los microorganismos que pueden causar enfermedad sistémica o tienen la propiedad de movilizarse por la sangre y a través de los capilares mamarios llegar a infectar la ubre (*Salmonella spp*, *Brucella*, *Mycobacterium spp*).
- **Medio externo:** La contaminación de la leche puede ocurrir una vez que esta ha sido extraída de la glándula mamaria. Los utensilios, tanques de almacenamientos, transportes e incluso el personal que manipula la leche, son fuentes de contaminación de microorganismos que utilizan esta vía, que en algunos casos son las más abundantes, causantes de grandes pérdidas en la calidad del producto.
- **El ordeñador:** El ordeñador puede llegar a jugar un papel importante en la contaminación de la leche, sobre todo cuando el ordeño es manual. En nuestro medio es frecuente observar como el personal encargado del ordeño no se lava las manos y peor aún se las humedece en la misma leche para

lograr lubricación que facilite el ordeño. Se ha señalado al ordeñador como responsable de la contaminación de la leche con microorganismos patógenos (*S. aureus*, *leptospira*, *Escherichia coli*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Streptococcus*). Las heridas infectadas en manos y brazos pueden ser fuentes de algunos de estos microorganismos (Alcocer, 2017).

Las infecciones causadas por bacterias Gram negativas, son cada vez más importantes en las unidades de producción, causan graves enfermedades infecciosas, entre los que se encuentran los coliformes, cuyo recuento es uno de los medios más significativos para determinar la calidad higiénica de la leche (Cimiano et al., 2010).

### **1.1.3 *Escherichia coli***

La bacteria *E. coli* es el microorganismo medioambiental más común encontrado, capaz de sobrevivir en el ambiente, agua y alimentos. Este se encuentra presente en grandes cantidades de heces, ocasionando infección a las vacas lecheras, cuando las condiciones higiénicas son pobres. El consumo de leche que contiene *E. coli* genera un impacto en la salud humana (Gálvez et al., 2019).

Aunque es parte del microbiota habitual del tracto gastrointestinal de mamíferos, ciertas cepas han sido asociadas con enfermedades gastrointestinales tanto en humanos como animales. Las cepas patogénicas de *E. coli* poseen diferentes factores de virulencia, como adhesinas, invasivas, entero y citotoxinas, puesto que, dependiendo de los serotipos encontrados, estas cepas podrían causar enfermedades. Clasificadas en grupos específicos basados en su virulencia, mecanismos de patogenicidad, síntomas clínicos, y serogrupos O: H. Estas son: *E. coli* enteropatógena (EPEC); *E. coli* enterotoxigénica (ETEC); *E. coli* enteroinvasiva (EIEC); *E. coli* de adherencia difusa (DAEC); *E. coli* enteroagregante (EAEC) y *E. coli* enterohemorrágica (EHEC). Dentro de este grupo EHEC es la más importante por su impacto en salud pública, recibe sinónimos que incluyen *E. coli* productor de Shiga-toxina (STEC), *E. coli* 0157:H7 patógeno alimentario emergente que ha sido

asociado a brotes severos de intoxicación alimentaria, se encuentra estrechamente relacionado a quesos (Aguilar et al., 2014).

#### **1.1.4 *Salmonella spp.***

La salmonelosis es considerada una de las enfermedades de transmisión alimentaria más común y ampliamente extendida a nivel mundial. El género *Salmonella* comprende cientos de especies y miles de serotipos, de los cuales diversas especies de salmonelas (*S. typhimurium*, *S. dublin*, *S. agona*, *S. enteritidis*), se encuentran con frecuencia en alimentos destinados a consumo humano, estando los productos lácteos más contaminados. *Salmonella spp.* en quesos refleja una contaminación post- pasteurización, a través de los equipos sucios en ambientes contaminados (Rodríguez, 2015).

#### **1.1.5 *Staphylococcus aureus***

*Staphylococcus aureus* es el microorganismo más frecuente identificado en los equipos de ordeño, puesto que la contaminación de los alimentos puede ocurrir directamente desde los animales de consumo, los cuales pueden estar infectados, o puede resultar de la manipulación o manejo inadecuado de alimentos durante su procesado, almacenamiento o comercialización. Teniendo en cuenta que las manos del ordeñador son un riesgo potencial de contaminación, los seres humanos pueden ser portadores de este microorganismo dado que se encuentra en la piel y mucosas. *S. aureus* es el principal patógeno contagioso causante de la mastitis que puede presentarse como hiperaguda, aguda, crónica y subclínica. La forma subclínica crónica es la forma predominante. La intoxicación alimentaria estafilocócica es causada por la ingestión de enterotoxinas estafilocócica, producidas principalmente por cepas enterotoxigénicas de *s. aureus*; las cepas de este microorganismo producen un grupo de enzimas y citotoxinas que incluyen 4 hemolisinas (alfa, beta, gamma y delta), nucleasas, proteasas, lipasas, hialuronidasas y colágenas. Algunas cepas producen una o más exoproteínas adicionales, que incluyen toxina del shock tóxico estafilocócico (TSST-I), toxina exfoliativa (ETA y ETB), leucocidina y

enterotoxinas estafilocóccicas (SE): SEA, SEB, SECn, SED, SEE, SEG, SEH y SEI (Aguilera et al., 2014)

### **1.1.6 Antibióticos usados en ganado lechero**

Los antimicrobianos son moléculas naturales (producida por un organismo vivo, hongo o bacteria), sintética o semisintética, capaz de inducir la muerte o la detención del crecimiento de bacterias, virus u hongos (*Bado et al., 2003*).

En la industria láctea, los antibióticos se utilizan principalmente con fines terapéuticos y profilácticos (*Oliver et al., 2011*). Estos usos han demostrado beneficios, incluyendo la mejora de la salud animal, los niveles más altos de producción y la reducción de patógenos transmitidos por los alimentos, pero su manejo inadecuado trae como resultado la contaminación de la leche con residuos de los mismos (*Mathew et al., 2007*).

La inocuidad de los alimentos de origen animal puede verse afectada por residuos de origen químico, lo que constituye un peligro para la salud pública. Las sustancias químicas están ligadas a las explotaciones ganaderas debido al uso de medicamentos para tratar infecciones, infestaciones parasitarias y en los procesos de limpieza y desinfección de utensilios, así como en el control de malezas (*Márquez, 2008*).

Los residuos de antimicrobianos en los alimentos, especialmente antibióticos, producen numerosos problemas en el humano, siendo el de mayor importancia la aparición de resistencia múltiple en bacterias patógenas al ser sometidas a bajas concentraciones sub terapéuticas, lo cual representa un peligro potencial para la salud del consumidor, representando un serio problema para la salud pública y la industria láctea desde la aparición de bacterias resistentes a los antibióticos, la enfermedad humana y animal, la pérdida económica para los procesadores de lácteos y la contaminación ambiental (*Barton, 2022*).

Existe una gran variedad de clases de antimicrobianos para su utilización en los animales por diferentes vías de administración. Entre las diferentes clases disponibles se incluyen los aminoglucósidos, las cefalosporinas, las quinolonas y fluoroquinolonas, los macrólidos, las penicilinas, los fenicoles, las pleuromutilinas, los polipéptidos, los ionóforos, las sulfamidas o las tetraciclinas, por mencionar unos cuantos. Algunas de estas familias se han desarrollado exclusivamente para su utilización en sanidad animal (*Rodríguez, 2014*).

Antibióticos ampliamente utilizados para el tratamiento de mastitis clínica en vacas en lactación son las penicilinas (penicilina G y amoxicilina), cefalosporinas (cefapirina y ceftiofur) y pirlimicina, mientras que, en la terapia de secado, es muy frecuente el uso de la novobiocina, además de cefapirina, penicilina G y cloxacilina, (*Sawnat et al., 2015*).

#### **1.1.7 Mecanismos de acción de los antibióticos**

La penicilina G es un antibiótico beta-lactámico de acción principalmente bactericida. Inhibe la tercera y última etapa de la síntesis de la pared celular bacteriana mediante la unión a determinadas proteínas de la pared celular. La actividad intrínseca de la penicilina G, así como las otras penicilinas contra un organismo particular depende de su capacidad para obtener acceso a la pared de la célula y poder formar estas proteínas. Como todos los antibióticos beta-lactámicos, la capacidad de la penicilina G para interferir con la síntesis de la pared es la que conduce en última instancia a la lisis celular, lisis que está mediada por enzimas autolíticos de la pared celular (es decir, autolisinas) (*Ribeiro et al., 2014*).

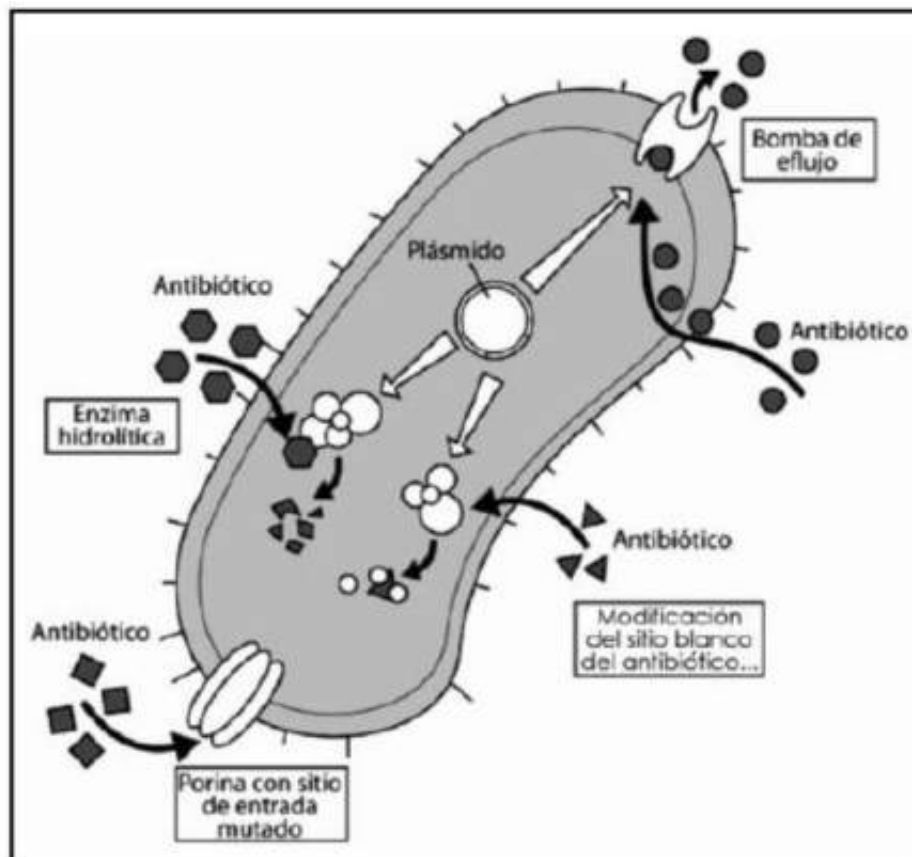
Los antibióticos beta-lactámicos como la amoxicilina son bactericidas que actúan inhibiendo la última etapa de la síntesis de la pared celular bacteriana uniéndose a unas proteínas específicas llamadas PBPs (Penicillin-Binding Proteins) localizadas en la pared celular. Al impedir que la pared celular se construya correctamente, la amoxicilina ocasiona, en último término, la lisis de la bacteria y su muerte (*Brugueras et al., 2022*)

La cefalosporina actúa inhibiendo la síntesis de la pared bacteriana. Cefotiofur es un antibiótico bactericida que inhibe la síntesis de la pared celular bacteriana. La destrucción de la pared celular bacteriana se produce como consecuencia de la inhibición de la última etapa de la síntesis de peptidoglicano (Rivas et al., 2021).

La pirlimicina clorhidrato es un antibiótico tipo lincosamida semi-sintético. Las lincosamidas (clindamicina, lincomicina y pirlimicina) inhiben la síntesis proteica en Gram-positivos y en bacterias anaerobias, así como en *Mycoplasma spp.* Actúan uniéndose a la subunidad ribosómica 50S, impidiendo, por tanto, la unión del aminoacil-tARN e inhibiendo la reacción peptidiltransferasa que interfiere con la síntesis proteica de la bacteria (Figuroa et al., 2008).

Los macrólidos (ej. eritromicina, azitromicina y claritromicina) y las lincosamidas se adhieren a la subunidad ribosómica 50S provocando la terminación del crecimiento de la cadena proteica y la inhibición de la síntesis de proteínas (Lucas et al., 2017)

#### Mecanismo de acción de los antibióticos



## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Existe relación entre el abuso de antibióticos en bovinos productores de leche y la presencia de bacterias de interés sanitario multidrogoresistentes de acuerdo a la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-184-SSA1-2002 en las unidades de producción de los principales municipios de la región norte de Guerrero?

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

Las buenas prácticas ganaderas desde el proceso de producción, obtención y transformación de la leche, garantizan la calidad e inocuidad de esta y los productos derivados (Mosquera et al., 2017).

Por otra parte, las malas prácticas ganaderas en la producción de leche y quesos provocan la contaminación y multiplicación de microorganismos, la leche es un medio idóneo para la multiplicación y crecimiento de bacterias, entre las bacterias patógenas más comunes que se encuentran en la leche cruda están las enterobacterias, que tienen gran importancia desde el punto de vista higiénico ya que algunas de estas pueden producir enfermedades gastrointestinales, siendo las más comúnmente encontradas: *Escherichia coli* y *Salmonella spp*, las cuales representan un importante problema de Salud pública (Aguilera, 2014).

El uso de antibióticos para la prevención, tratamiento y control de enfermedades en el ganado lactante, ha propiciado un incremento mundial de la producción lechera, pero su manejo inadecuado trae como resultado la contaminación de la leche con residuos de los mismos, lo cual representa un serio problema para la salud pública y la industria láctea. Debido a que el productor no hace la consulta respectiva al médico veterinario, constituyéndose en la principal causa de aparición de residuos de antibióticos en la leche e interfiere con el proceso de fabricación de muchos productos lácteos (quesos y otros productos fermentados). La presencia de

antibióticos puede causar problemas de salud a los consumidores (*Carreto, 2015*). Se ha demostrado que después de la administración de cualquier tratamiento veterinario, los residuos del medicamento aparecen en los productos comestibles obtenidos de los animales tratados. Los residuos de antimicrobianos en los alimentos, especialmente antibióticos, producen numerosos problemas en el humano, siendo el de mayor importancia la aparición de resistencia múltiple en bacterias patógenas al ser sometidas a bajas concentraciones sub terapéuticas, lo cual representa un peligro potencial para la salud del consumidor

Algunos antibióticos frecuentemente usados en el tratamiento de enfermedades infecciosas en los animales domésticos, también se utilizan para mejorar el rendimiento productivo de estos, por lo que, en años recientes, se han convertido en una preocupación para los investigadores por su uso indiscriminado, haciéndose necesaria su detección e identificación en los productos y subproductos de origen animal destinados al consumo humano (*Gutiérrez et al., 2015*). Es un hecho que la resistencia a los antimicrobianos se está incrementando en todo el mundo, pero sobre todo en países en desarrollo donde el uso de antibióticos es indiscriminado.

En nuestro estado existe un gran desconocimiento sobre el uso de antibióticos y hasta el momento su uso es no tan restringido o se usa sin conciencia sobre los efectos o a veces innecesariamente. Ocasionando un problema importante de salud pública que origina una disminución de la calidad y cantidad de leche elaborada, situación que puede mejorar con la aplicación de buenas prácticas ganaderas, se puede deducir y reducir la fuente de infección, diseñar programas de prevención y control, y orientar una estrategia terapéutica. También es necesario conocer el impacto del uso de antibióticos destinados a la industria ganadera en la resistencia bacteriana y concientizar sobre el impacto negativo.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

- Analizar la calidad sanitaria, microbiológica en leche, resistencia a antibióticos de bacterias de interés sanitario y las buenas prácticas ganaderas de las unidades productoras de leche bovina en la región norte de Guerrero.

## 2.2 Objetivos particulares

- Caracterizar las unidades de producción de leche bovina en la región Norte de Guerrero.
- Evaluar la calidad sanitaria de la leche bronca de diversos ranchos de la zona Norte de Guerrero.
- Aislar bacterias de interés sanitario (*E. coli*, *Samonella sp.* y *Staphylococcus aureus*) en la leche.
- Evaluar la resistencia bacteriana en las cepas aisladas de los productos lácteos.

## III. HIPÓTESIS

### 3.1 Hipótesis general

El uso indiscriminado de antibióticos, aunado a las deficientes prácticas ganaderas en los sistemas ganaderos bovinos lecheros contribuye a la selección de bacterias resistente a los antimicrobianos.

### 3.2 Hipótesis específicas

- Se logra caracterizar las unidades de producción de leche bovina en la región Norte de Guerrero.
- Existe una deficiente calidad sanitaria de la leche bronca de diversos ranchos de la Zona Norte de Guerrero.
- La leche bronca de las 7 comunidades de la región Norte del estado de Guerrero se encuentra contaminada con bacterias de interés sanitario (*E. coli*, *Samonella sp.* y *Staphylococcus aureus*).

- Existe resistencia bacteriana en cepas aisladas de productos lácteos.

### 3.3 LITERATURA CITADA

- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). Sector pecuario mexicano. 2021, de Gobierno de Mexico Sitio web: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/sector-pecuario-mexicano-277315?idiom=es>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2022). Un recuento histórico de las secretarías del gobierno mexicano. 2017, de secretaria de cultura Sitio web: <https://inehrm.gob.mx/recursos/Libros/SAGARPA.pdf>
- Bedolla, C. y Ponce L.M. (2008). Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera - Economic causalties inflicted by the bovine mastitis in the milk industry). Redvet, 9,4, 1–26.
- Natalia Milena Acosta Amador, Alfonso Calderón Rangel, Mónica Sofía Cortes Muñoz Diana Ximena Correa Lizarazo, Alba Manuela Durango Villadiego, Yuli Andrea gamboa Marín, jazmín mercedes mantilla pulido, nádendra Beatriz Melo Brito, María Pilar Montoya Guevara, Nubia del Pilar Sarmiento Torres y John Alexander Vásquez Casallas. (2011). Identificación de riesgos biológicos asociados al consumo de leche cruda bovina en Colombia. Unidad de Evaluación de Riesgos para la Inocuidad de los Alimentos UERIA, 1, 111.
- Geraldin Lorena Ángel Rodríguez. (2015). Aislamiento e identificación de Salmonella spp. A partir de muestras de leche en dos hatos de la sabana de Bogotá. Tesis, 1, 65.
- Pedro Casado Cimiano y Juan. A. García Álvarez. (2010). La calidad higiénica de la leche. Hojas divulgadoras, 1, 28.

- Rodríguez Parada, L. (2014). Evaluación del uso de antibióticos en vacas lecheras de un grupo de fincas de la sabana de Bogotá. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina\\_veterinaria/233](https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/233)
- Ivonne Mercedes Alcoser Villacís. (2007). El proceso de ordeño manual de la leche de vaca y su incidencia en la contaminación microbiológica. Facultad de ciencia e ingeniería en alimentos, 1, 77.
- Fernando Aguilar Gálvez / Carlos Armando Álvarez Díaz. (2019). MASTITIS BOVINA. Machala, Ecuador: MZ Diseño Editorial.
- Astrid Maribel Aguilera-Becerra, Eliana Ximena Urbano-Cáceres, Claudia Patricia Jaimes-Bernal. (2014). Bacterias patógenas en leche cruda: problema de salud pública e inocuidad alimentaria. Ciencia y Agricultura, 11, 11.
- Juana Abigail Barrera Cañulef. (2012). Determinación de Vida Útil de la Leche Cruda Envasada y Después Pasteurizada (LTLT) vs. Leches Pasteurizadas y Envasadas por Procedimientos Tradicionales. Universidad Austral de Chile, 1, 102.
- María de los Ángeles Gatica Eguiguren y Hernán Rojas. (2018). Gestión sanitaria y resistencia a los antimicrobianos en animales de producción. Rev Peru Med Exp Salud Publica, 1, 8.
- José David Tafur, Julián Andrés Torres y María Virginia Villegas. (2008). Los antibióticos cuando se encuentran presentes en la leche ocasionan graves problemas en la salud pública y en los procesos tecnológicos. Asociación colombiana de infectología, 12, 10.
- I. Bado, N. Cordeiro, V. García, L. Robino, V. Seija, R. Vignoli. (2003). Principales grupos de antibióticos. 2003, de - Sitio web: <http://higiene1.higiene.edu.uy/DByV/Principales%20grupos%20de%20antibi%F3ticos.pdf>.
- Manual de Legislación para la Inspección de Calidad de Alimentos, “Leche y Derivados”, Cap. XV. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Dirección General de Política Alimentaria.

- Secretaria de Economía. (2012). Análisis del sector lácteo en México. dirección general de industrias básicas, 1, 29.
- Rojas García, Martha Lizzy. (2010). Manejo de enfermedades en el ganado de carne y leche. UNIMINUTO Virtual y distancia, 1, 110.
- José Mosquera, Román Rivas, Diego Blanco, Mario Valenzuela, Juan Crousset. (2017). Manual de buenas prácticas en ganadería lechera. Servicio Agropecuario Nestle, 1, 56.
- Palencia Mendoza Yanett. (2001). Los alimentos lácteos y sus limitaciones. Medicina naturista, 1, 16.
- Vásquez de Plata Gloria. (2003). La Contaminación de los Alimentos, un Problema por Resolver. Salud UIS, 1, 10.
- Mauricio Santamaría Salamanca. (2010). Identificación de riesgos biológicos asociados al consumo de leche cruda bovina en Colombia. Instituto Nacional de Salud, 1, 111.
- Ribeiro CF, Ferrari GF, Fioretto JR. Antibiotic treatment schemes for very severe community-acquired pneumonia in children: a randomized clinical study. Rev Panam Salud Publica. 2011 jun, 29, 6. 444-50
- Manuel Cué Brugueras y Moisés Morejón García<sup>2</sup>. (2022). Antibacterianos de acción sistémica. parte i. antibióticos betalactámicos. Rev cubana Med Gen Integr, 4, 14.
- Rivas KB, Rivas MA, Dávila EL, Rodríguez M. Cefalosporinas: De la Primera a la Cuarta Generación. RFM. 2021 dic 25, 2. 142-153.
- Pastor Guízar Figueroa, Juan Ignacio; Bedolla Cedeño, José Luís Carlos. (2008). Determinación de la prevalencia de mastitis bovina en el municipio de Tarímbaro, Michoacán, mediante la prueba de California. REDVE, Revista Electrónica de veterinaria, 9, 35.
- DRA. Ma. Del C. Morales Araya. (2015). Antimicrobianos: una revisión sobre mecanismos de acción y desarrollo de resistencia. Acta Médica Costarricense, 28, 5.
- MF Lucas, N Mestorino, JO Errecalde. (2017). Macrólidos: novedades de un clásico grupo de antimicrobianos. Analecta Veterinari, 1, 10.

- Servicio de información agroalimentaria y pesquera. (2018). panorama de la leche en México. secretaría de agricultura y desarrollo rural, 1, 12.
- Ramón Robledo Padilla. (2017). Producción de leche en México y el impacto de las importaciones de leche en polvo. Universidad de Guadalajara, 1, 18.
- Maria Virginia Poma Tambo. (2015). Caracterización del sistema productivo del ganado lechero en la comunidad de karhuiza, municipio de batallas, departamento de la paz. tesis de grado, 1, 127.
- Claudia Bastida Mercado. (2014). "Caracterización del sistema de producción de leche en la comunidad de loma blanca, almoloya de juarez, estado de Mexico". Trabajo terminal de grado, 1, 114.
- Colegio de postgraduados. (2014). La Ganadería Familiar en México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1, 31.
- Villa-Méndez, C. I. Tena, M. J. Tzintzun, R. y Val, D. (2008). Caracterización de los sistemas ganaderos en dos comunidades del municipio de Tuzantla de la región de Tierra Caliente, Michoacán. Revista de investigación y difusión científica agropecuaria, 2, 2012.
- Hermilio Navarro Garza, Jean-Philippe Colin, Pierre Milleville, ORSTOM. (2014). sistemas de desarrollo y producción agrícola. Colegio de Postgraduados, 1, 496.

## **IV. CAPITULO II CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES PRODUCTORAS DE LECHE DE LA REGIÓN NORTE DEL ESTADO DE GUERRERO.**

### **4.1 RESUMEN**

México es el octavo productor de leche de bovino a nivel mundial con una tasa de crecimiento del 2.4%, y con un consumo per cápita de 124.3 L para el año 2021. El país es deficitario en producción de leche por lo que para cubrir el consumo nacional tiene que importarla principalmente de Estados Unidos de América (EUA). En México predominan los productores de pequeña y mediana escala quienes enfrenta grandes obstáculos en materia de tecnología, genética, eficiencia productiva, entre otros. Se realizaron 78 entrevistas a ganaderos cooperantes en siete comunidades de la región Norte del estado de Guerrero en abril del 2022, donde se abarcó variables sociales, económicas y productivas con las que se realizó un análisis de conglomerados jerárquicos en el paquete estadístico SPSS versión 21 creando 7 grupos con características semejantes intragrupo y características diferentes intergrupo. La ganadería es su principal fuente de ingresos, la producción es para autoconsumo, venta de crías, leche y/o sus derivados, fuente de trabajo familiar y de jornal, sin embargo, enfrentan una serie de problemas, pero al que más hincapié hicieron fue en el precio de venta, porque podría arriesgar la continuidad de la actividad posteriormente la falta de recursos económicos y la capacitación.

**Palabras clave:** Caracterización, unidades productoras, leche bovina, Guerrero.

## 4.2 ABSTRACT

Mexico is the eighth largest producer of bovine milk worldwide with a growth rate of 2.4%, and with a per capita consumption of 124.3 L for the year 2021. The country has a deficit in milk production, so to cover consumption national has to import it mainly from the United States of America (USA). In Mexico, small and medium-scale

producers predominate and face great obstacles in terms of technology, genetics, productive efficiency, among others. 78 interviews were carried out with cooperating ranchers in seven communities in the Northern region of the state of Guerrero in April 2022, which covered social, economic and productive variables with which a hierarchical cluster analysis was carried out in the SPSS version 21 statistical package creating 7 groups with similar intragroup characteristics and different intergroup characteristics. Livestock farming is their main source of income, production is for self-consumption, sale of offspring, milk and/or its derivatives, a source of family work and wages, however, they face a series of problems, but the one they placed the most emphasis on was in the sale price, because the lack of economic resources and training could jeopardize the continuity of the activity later.

**Keywords:** Characterization, production units, bovine milk, Guerrero.

### 4.3 INTRODUCCIÓN

En los últimos diez años la ganadería es una de las actividades económicas más importantes con mayor crecimiento en el mundo, con una tasa promedio anual del 1.6 % (SIAP,2022). La leche por su elevado valor nutritivo y alta digestibilidad es de gran importancia en la alimentación humana, es uno de los alimentos más completos debido a su composición, ya que contiene grasas, proteínas y vitaminas (Salas et al., 2018).

El 60 % de la producción mundial de leche bovina proviene de 10 países, siendo India el mayor productor (18 %), seguida por Estados Unidos de América (12 %), China (5 %) y Brasil (5 %) (FAO, 2022). Se estima que el consumo mundial de leche es el equivalente a 500 millones de toneladas, en diversas presentaciones, el 85 % de este consumo corresponde a leche de vaca, 11 % leche de búfala y el 2 % de cabra (4). En los últimos diez años, el consumo humano total de leche ha crecido a una tasa media anual del 1.6 %, actualmente, el promedio de consumo por habitante es de 44 kg menos de la cuarta parte de la cantidad recomendada por la Organización Mundial de la Salud (FIRA, 2022).

La agroindustria de productos lácteos en México representa uno de los sectores de mayor importancia dentro de la industria alimentaria con un consumo per cápita nacional de 117.2 litros al año (Cahue et al., 2017). En producción de productos pecuarios se ha posicionado en el séptimo lugar como potencia a nivel mundial con una superficie de 109.8 millones de hectáreas, más de la mitad del territorio nacional (55.9 %) (SADER, 2022). En el año 2012, SAGARPA reportó que había poco más de 3.4 millones de unidades productoras (SADER, 2021). Por lo que México es el dieciseisavo productor de leche con un hato de bovino lechero de aproximadamente 2.49 millones de cabezas y más de 300 mil pequeños y medianos productores del lácteo, las entidades con mayor producción a nivel nacional son Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua, Guanajuato, Veracruz, Puebla, Estado de México, Aguascalientes y Chiapas (SAGARPA, 2022).

Guerrero ocupa el veintidosavo lugar a nivel nacional como productor de leche con una superficie agropecuaria de 476,688 ha y 3,040,033 unidades de producción agropecuarias (SADER, 2020). Las ciudades con mayor producción de leche del estado de Guerrero son: Altamirano (con los mayores municipios productores Coyuca de catalán y Arcelia), Atoyac (Tecpán de Galeana y Petatlán), Las Vigas (San Marcos, Acapulco de Juárez, Chilpancingo de los Bravo y Tixtla de Guerrero) e Iguala de la Independencia. En este sentido las comunidades con mayor producción de leche en la región Norte del estado de Guerrero son: Buenavista de

Cuellar, Huitzuco de los Figueroa, Teloloapan, Cocula, Iguala de la Independencia, Tepecoacuilco de Trujano y Apaxtla (SIAP, 2022).

La industria láctea enfrenta un sinnúmero de problemas económicos, productivos, sanitarios, sociales y comerciales como lo menciona Bautista (2019) de las problemáticas que destacan en las unidades de producción son: los bajos índices productivos, reproductivos y de rentabilidad como consecuencia de una inadecuada administración, carencia o uso mínimo de registros en los que se basa la toma de decisiones, así como también la ausencia de planes estratégicos para mejorar la eficiencia de las unidades de producción (UP), en este mismo sentido Ayala *et al.* (2015) mencionan además los problemas en la alimentación y suplementación del ganado, sanidad pecuaria, manejo de ordeño y finalmente, comercialización de productos del ganado bovino en el municipio de Tecoaapa, Guerrero además de baja eficiencia productiva y reproductiva que generan baja rentabilidad, por lo anterior es importante conocer las características socioeconómicas y productivas particulares de cada unidad lechera para conocer los recursos con los que cuenta, sus problemas y las condiciones en las que se encuentran.

Para ello se cuentan con herramientas como la caracterización que puede ser por un lado con mayor hincapié en variables económicas y productivas considerando recursos particulares y sistemas de producción específicos y por el otro dando mayor importancia a las cualidades de las unidades de producción y sus diferentes factores que inciden en su desarrollo. Ya que como menciona Dufumier (2015) en una misma región, los ganaderos no producen necesariamente con las mismas condiciones económicas y sociales, porque las distintas categorías de ganaderos de una misma región pueden tener o no intereses comunes, utilizar las mismas técnicas y practicar, además, sistemas de producción diferentes. Ya que la realidad es heterogénea por lo cual es necesario la búsqueda y soluciones apropiadas a las condiciones de cada una de las categorías de productores. Por tanto, es importante conocer los diferentes tipos de ganaderos implicados, considerando sus intereses, los recursos con que cuentan, sus vínculos sociales en el cual trabajan y sus reacciones frente a las nuevas tecnologías.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue realizar la caracterización de las unidades productivas de leche bovina en la región Norte del estado de Guerrero para conocer la situación en las que se encuentran.

#### **4.4. MATERIAL Y MÉTODOS**

##### **4.4.1 Invitación verbal**

En febrero de 2022 se realizó una invitación verbal a ganaderos de la región Norte del estado de Guerrero explicando el objetivo del estudio, ahí mismo se realizó un calendario de visitas por comunidad para la aplicación de un cuestionario, éste abarcó variables sociales, económicas y productivas incluidas las buenas prácticas agrícolas y prácticas de higiene en el proceso de obtención y almacenamiento de la leche (Leos *et al.*, 2018).

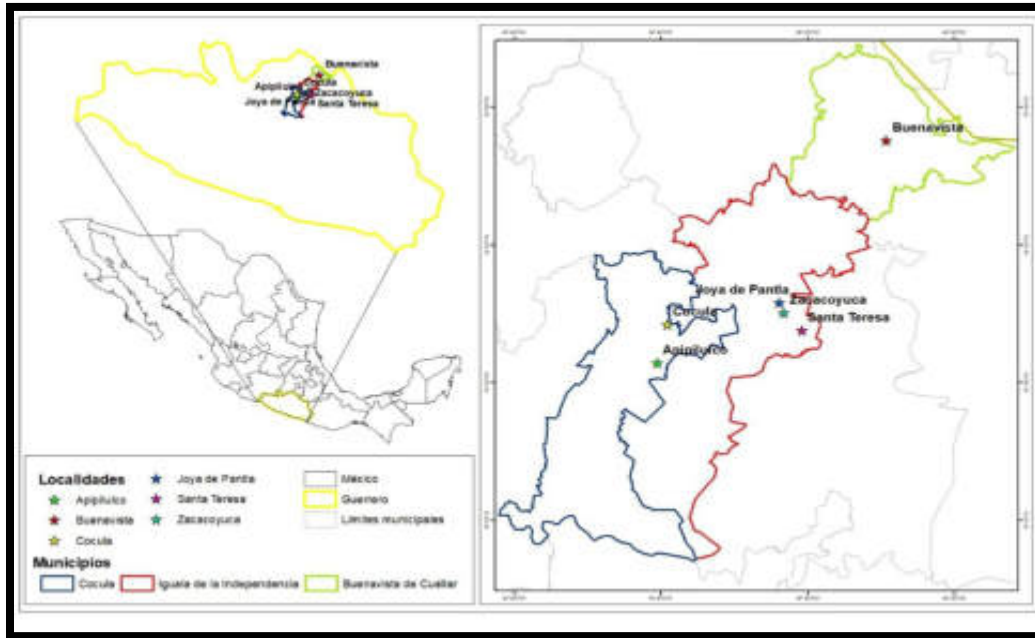


##### **4.4.2 Ubicación geográfica**

En abril de 2022 se realizaron entrevistas a 78 ganaderos cooperantes en siete comunidades de la región Norte del estado de Guerrero (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comunidades ganaderas de la región Norte del estado de Guerrero

Localidad	Localización	Número de ganaderos
Buenavista de Cuellar	Latitud: 18.4589 ° Longitud: -99.4076°	25
La Joya de Pantla	Latitud: 18.263611° Longitud: -99.533333°	10
Ceja Blanca	Latitud: 18.2947° Longitud: -99.5611°	8
Santa Teresa	Latitud: 18.230000 ° Longitud: -99.502500°	11
Zacacoyuca	Latitud: 18.250000° Longitud: 99.526944°	9
Cocula	Latitud: 18.2372° Longitud: -99.6608°	7
Apipilulco	Latitud: 18.188333° Longitud: -99.672778°	9
Total		78



#### 4.4.3 Análisis estadístico o análisis de datos

Se realizó un análisis multivariado, el análisis de conglomerado jerárquicos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 2 y la selección y reducción de las variables a través de análisis factorial. Para identificar el número de grupos de ganaderos en forma gráfica o dendrograma (Figura 1) se basó en la vinculación de Ward y como medida la distancia euclídea al cuadrado, como resultado se crearon 7 grupos, las cuales fueron utilizadas fueron los factores obtenidos en el análisis factorial por componentes principales y se estandarizaron con la media y desviación estándar (Quezada, 2014).

Las variables que permitieron la caracterización fueron:

- Escolaridad de los ganaderos
- Hectáreas de la unidad de producción
- Número de cabezas de ganado
- Número de crías al año
- Litros de leche producidos por vaca
- Venta de litros de leche diaria

- Tipo de mano de obra
- Número de hijos
- Años trabajando en la ganadería

#### 4.4.4 Análisis factorial mediante componentes principales

En los primeros 4 componentes explican la varianza acumulada hasta un 85.98%

##### Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	3.233	46.190	46.190	3.233	46.190	46.190
2	1.112	15.892	62.081	1.112	15.892	62.081
3	1.005	14.352	76.433			
4	.668	9.547	85.980			
5	.445	6.356	92.336			
6	.282	4.032	96.367			
7	.254	3.633	100.000			

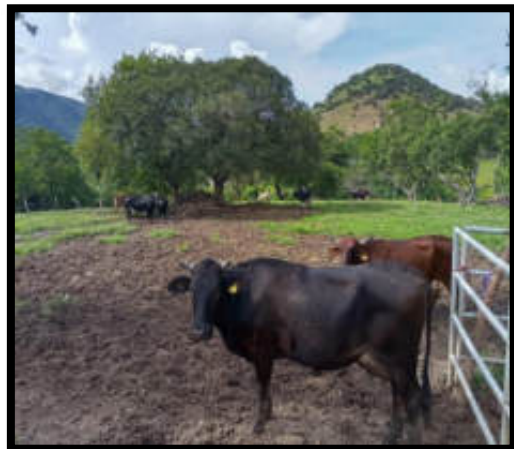
Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

##### KMO y prueba de Bartlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.	.669
Chi-cuadrado	184.05
Prueba de esfericidad aproximado de Bartlett	2
gl	36
Sig.	.000

KMO=0.669 valida el análisis factorial y es significativo

## 4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN



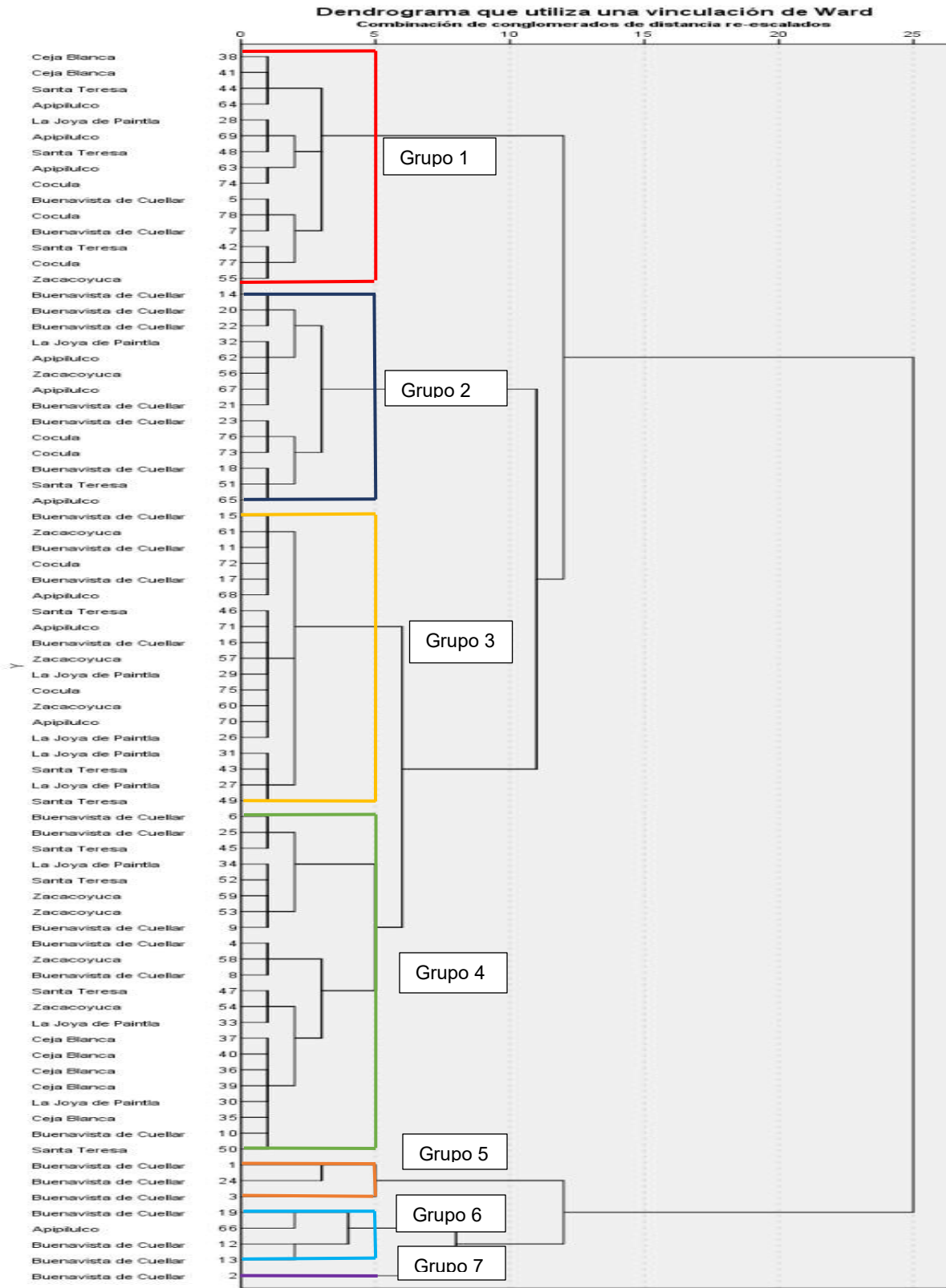


Figura 1. Caracterización de las unidades de producción de leche bovina en la región Norte del estado de Guerrero.

Cuadro 2. Características socioeconómicas de ganaderos que se dedican a la industria láctea en la región Norte del estado de Guerrero.

Variables	Unidad de medida	Grupos						
		1	2	3	4	5	6	7
Edad (promedio)	Años	51.00	46.00	48.00	40.00	32.00	66.00	29.00
Escolaridad (%)	Primaria	53.33	35.71	52.63	23.81	0.00	50.0	0.00
	Secundaria	26.67	7.14	15.79	42.86	33.30	0.00	0.00
	Preparatoria	13.33	57.14	26.32	28.57	33.30	25.00	0.00
	Licenciatura	6.67	0.00	5.26	4.76	33.30	25.00	100.00
Número de hijos (%)	0-1	6.67	15.38	0.00	40.00	66.60	0.00	100.00
	1-5	6.67	61.54	88.89	50.00	33.00	50.00	0.00
	5-10	86.60	23.08	5.56	10.00	0.00	50.00	0.00
Ocupación principal (%)	Ganadero	73.30	78.57	100.00	90.48	66.60	75.00	0.00
	Agricultor	20.00	14.29	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00
	Comerciante	0.00	7.14	0.00	9.52	0.00	0.00	0.00
	Otro	6.70	0.00	0.00	0.00	33.3	0.00	100
Superficie de unidad de producción (Promedio)	Hectáreas	10.00	15.00	7.00	11.00	450.00	266.00	3.00
Tenencia de la tierra (%)	Propiedad privada	43.75	50.00	52.63	50.00	66.6	25.00	100
	Ejido	18.75	28.57	26.32	25.00	0.00	50.00	0.00
	Comunal	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
	Rentada	31.25	21.43	21.05	20.00	33.30	25.00	0.00
	Rústico	100.00	92.31	100.00	80.95	33.30	50.00	100.00

Infraestructura (%)	Tecnificado	0.00	0.00	0.00	4.76	33.30	25.00	0.00
	Semitecnificado	0.00	7.69	0.00	14.29	33.30	25.00	0.00
Años de experiencia (Promedio)	Años	22.00	27.00	26.00	15.00	35.00	33.00	30.00
Vehículos (unidades)	Camioneta	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00 - 2.00	1.00 - 4.00	1.00
Mano de obra (%)	Familiar	87.50	46.15	89.47	90.48	66.60	25.00	0.00
	Empleado de medio tiempo	12.50	38.46	0.00	14.29	33.30	50.00	100.00
	Empleado de tiempo completo	0.00	15.38	10.53	0.00	0.00	25.00	0.00

Cuadro 3. Características productivas de los ganaderos que se dedican a la industria láctea en la región Norte del estado de Guerrero.

Variables	Unidad de medida	Grupos						
		1	2	3	4	5	6	7
Pastoreo (%)	Rotacional	60.00	64.29	73.68	52.38	33.30	75.00	100.00
	Continuo	33.33	21.43	10.53	28.57	33.30	0.00	0.00
	Franjas	6.67	14.29	15.79	19.05	33.30	25.00	0.00
Cabezas de ganado (promedio)	Cabezas	26.00	23.00	24.00	28.00	32.00	83.00	138.00

Ganado en cabezas producción de leche (promedio)	Cabezas	9.00	12.00	12.00	15.00	15.00	41.00	12.00
Crías al año (promedio)	Cabezas	10.00	7.00	9.00	10.00	17.00	33.00	12.00
Producción de leche por cabeza de ganado (Promedio)	Litros	8.00	11.00	8.00	9.00	10.00	13.00	40.00
Venta por litro de leche (promedio)	Pesos	9.90	8.50	9.00	8.40	8.50	8.30	8.50
Vida productiva (promedio)	Años	11.00	11.00	12.00	10.00	7.00	15.00	10.00
Venta de leche por día (promedio)	Litros	57.00	76.00	61.00	82.00	133.00	333.00	170.00
Tipo de reproducción (%)	Natural	80.00	84.62	89.47	95.24	100.00	100.00	0.00
	Inseminación artificial	13.33	15.38	10.53	4.76	0.00	0.00	100
	Natural e inseminación artificial	6.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Destino de las crías hembra (%)	Reemplazo	80.00	53.85	61.11	90.48	33.30	100.00	100.00

	Venta	6.67	30.77	22.22	4.76	33.30	0.00	0.00
	Venta o reemplazo	13.33	15.38	16.67	4.76	33.30	0.00	0.00
Destino de las crías macho	Engorde	33.33	15.38	27.78	4.76	33.30	25.00	100.00
	Venta	66.67	76.92	66.67	95.24	66.60	75.00	0.00
	Engorde y venta	0.00	15.38	5.56	0.00	0.00	0.00	0.00

De acuerdo con la caracterización de las unidades de producción de leche bovina se describen a continuación los siete grupos formados (Cuadros 2 y 3).

Grupo 1. Representa el 19.23% del total de los ganaderos. La edad promedio de los ganaderos fue de 51.73 años, edad similar (40 a 50 años) a la reportada por Severino Lendechy *et al.* (2021) para los ganaderos de los sistemas productivos con bovinos criollos en Campeche, México. Respecto a la educación el 53.33% tiene escolaridad primaria similar a la reportada por Granados-Rivera *et al.* (2017), con productores de ganadería bovina de doble propósito en Tabasco, México donde contaban con un mayor porcentaje (52.00%) educación primaria y en un menor porcentaje (21.00%) estudios de licenciatura, el nivel escolar de los productores puede llegar a ser una limitante para adoptar nuevas tecnologías, éstas son un factor importante para incrementar la eficiencia de la unidad de producción y por consiguiente obtener mejores ingresos económicos (Salas *et al.*, 2013). Sin embargo, cuentan en promedio con 22 años de experiencia, contando con el apoyo familiar (87.50%) y con empleados de medio tiempo (12.50%), la mano de obra familiar representa un gran ahorro en los costos de producción. Este grupo es el que tiene más (86.60%) de 5 hijos, lo que normalmente son los que apoyan en las actividades ganaderas y del campo. La ocupación principal de los productores es la ganadería (73.30%), sin embargo, también complementan sus ingresos con la agricultura (20.00%) y otras actividades (6.70%) como son el comercio, carpintería,

apoyo de gobierno y cerrajería. En lo que respecta a la infraestructura con la que contaba el 100% de los ganaderos encuestados señalaron tener una infraestructura rústica que consiste en ramadas, cercas perimetrales y divisoras con materiales de la región (laminas, polines, postes de cemento, de madera, de púas o galvanizado) cercas de palos, nopal o cactus, sin embargo, cuentan por lo menos con un vehículo para sus actividades, el tipo de infraestructura coincide con lo reportado por Torres *et al.* (2015) quienes describieron en productores de sistemas bovinos mixtos de doble propósito en provincia de Manabí, Ecuador tener un mayor porcentaje (46.30%) de infraestructura básica pequeña en comparación con la tecnificada (4.90%), consideran que a mayores niveles de índices tecnológicos habrá una mayor disponibilidad de infraestructura, maquinaria y equipo, lo anterior se encuentra relacionado de acuerdo a los años de asistencia técnica en las unidades productoras. La tenencia de la tierra está entre propiedad privada (43.75 %) y rentada (31.25 %), representando esta última un costo de \$2,000 pesos anuales. Este grupo es el único que utiliza dos tipos de reproducción, el natural e inseminación artificial (6.67 %), puesto que el más utilizado es la monta natural (80.00 %). Respecto al tipo de pastoreo el 60 % de los ganaderos, realiza pastoreo rotacional que consiste en toda el área se divide en potreros pequeños, en este sistema hay tiempos de descanso y de ocupación definidos en aras de que los animales vuelvan al potrero en el momento adecuado, esto concuerda con Milera *et al.* (2019) para los ganaderos de Matanzas, Cuba, donde refieren que el pastoreo rotacional sin la aplicación de agrotóxicos no solo contribuye a paisajes más sanos, sino que tiene un efecto positivo en la calidad e inocuidad de la ración, mejor aprovechamiento de la biomasa. Con respecto a los demás grupos se observa el menor número (9) de cabezas (vacas) dedicadas a la producción de leche con un promedio del hato ganadero de 26 cabezas y con 10 crías al año y una vida útil de la vaca de 11 años, así mismo un rendimiento por vaca en la producción de leche de tan solo 8 litros cuando la media nacional en un sistema intensivo es de 27 litros de leche por vaca según Loera *et al.* (2017), repercutiendo con el menor promedio registrado respecto a los demás grupos con 57 litros de venta diaria de leche, estos resultados concuerdan con lo señalado por Larios *et al.* (2011) en un estudio llevado

a cabo en México, con ganado bovino jersey donde refirieron utilizar en mayor porcentaje la inseminación artificial con un 87% en consecuencia refieren tener una mayor producción de leche al día por vaca (19.6 litros), sugieren que la inseminación artificial es la principal vía de mejoramiento genético a pesar de tener poca difusión entre los hatos lecheros, debido a que se deja de lado la importancia e impacto que puede tener el mejoramiento genético a través de la inseminación artificial, ya que dicho mejoramiento puede aumentar la producción de leche en ganado bovino lechero y aumentar el número de partos. La producción de leche en los hatos depende de diversos factores, entre los que destacan la calidad de los ingredientes usados en la alimentación y la raza como lo reportan Hernández *et al.* (2013) en un estudio llevado a cabo en el sur del estado de México con campesinos que se dedican a la producción de leche, señalan que en los sistemas de producción de leche en pequeña escala la cantidad de concentrados suministrados al ganado lechero depende del objetivo de la finca, nivel de producción del ganado, precio de la leche y de los concentrados, también mencionan que la producción promedio de leche fue más alta en los grupos con ganado que salía a pastar y se alimentaban con pasto nativo, así mismo también Nahed *et al.* (2013) resalta la importancia del pastoreo, puesto que la alimentación de los animales en libre pastoreo se ve reflejado en la calidad de la leche y sus productos derivados. El precio de venta por litro de leche es el mayor (\$9.90) con respecto a los demás grupos, la cual la comercializan en fresco en la comunidad lo que concuerda con Espinoza *et al.* (2008) para los ganaderos del municipio de Maravatío, Michoacán con un precio por litro de \$ 9. 354, refieren que la actividad lechera en pequeña escala (hatos menores a 30 vacas en producción) parece haberse estancado en los últimos años, a pesar de que representa una opción de desarrollo rural, pues se considera una fuente de ingresos constantes, genera ocupación en el medio rural, permite valorar forrajes y subproductos agrícolas y constituye un sistema potencialmente sostenible.

El destino de las crías hembra es en gran medida (80.00 %) para reemplazo y tan solo el 6.67 % para venta, por otra parte, el destino de las crías macho es en gran medida (66.67 %) para su venta y engorde (33.33 %) para posteriormente comercializarlos en la comunidad.

Grupo 2. Representa el 17.95 % del total de los ganaderos. La edad promedio fue de 46.42 años, menor edad registraron Vilaboa *et al.* (2009) con bovinos de doble propósito en la región del Papaloapan, Veracruz, México con un promedio de 53 años, en cuanto al nivel educativo se mencionó que el 57.14 % de los ganaderos contaban con un nivel educativo de preparatoria, un mayor nivel educativo reporto Larios *et al.* (2011) con ganado Bovino jersey en México, mencionaron tener en menor porcentaje estudios de licenciatura y en mayor porcentaje profesionistas, considerando que en este grupo se observó un mayor nivel educativo con respecto a los demás, tomando en cuenta que el grado de escolaridad tiene una relación importante con el grado de adopción de tecnología, debido a que los productores con baja escolaridad tienen escasa adopción de tecnología según Salas *et al.* (2013) con productores ganaderos en México. Cuentan con 27 años de experiencia, apoyo familiar (46.15 %), empleado de medio tiempo (38.46 %), Empleado de tiempo completo (15.38), número de hijos de 1-5 (61.54 %). Sin embargo, el 92.31 % de los ganaderos en este grupo reportaron tener una infraestructura rustica, de acuerdo a lo reportado por Murga *et al.* (2018), en un estudio llevado a cabo con sistemas de producción de ganado bovino en las cuencas de ventilla, Florida y Leyva- región Amazonas, comentan que las instalaciones y estructuras ganaderas dependen del tipo de explotación, aunque solo se cuente con algunas instalaciones básicas de apoyo, por ende, consideran que tener cercos vivos para el manejo del ganado disminuye la temperatura en su interior y se crean microclimas que permiten tener los animales con mayor comodidad al obtener más tranquilidad para las labores que se vayan a realizar (Uribe, 2011) reflejándose en la productividad del animal.

El 78.57 % refirió tener una ocupación ganadera, mientras el 72.73 % menciona desempeñar la agricultura como otra ocupación, a pesar de que en la ganadería no es frecuente encontrar que los productores tengan una dedicación exclusiva a esta actividad, esto concuerda a los reportado por Juárez-Barrientos *et al.* (2015) con bovinos de doble propósito para producción de leche en el distrito de desarrollo rural 008, Veracruz, México, donde explican que algunos productores dedican parte de su tiempo en actividades productivas no ganaderas, las cuales les permitan obtener

ingresos económicos complementarios. Superficie de unidad de producción de 15 hectáreas, la tenencia de la tierra en mayor porcentaje refirió tener propiedad privada (50.00%), contando con 1 vehículo. Pastoreo rotacional con 60.00 %. Es el grupo con el menor promedio registrado con 23 cabezas de ganado, en cuanto a , ganado en producción de leche se cuantificaron 12 cabezas, registrándose 11 litros de leche por cabeza de ganado y una vida productiva de 11 años, el tipo de reproducción en mayor parte fue natural (84.62%), teniendo en cuenta que también se observa el menor promedio de natalidad con 7 nacimientos por año, resultados similares a los reportados por García *et al.* (2022) en un estudio llevado a cabo en la provincia Matanzas, Cuba donde mencionan que la deficiente detección del celo es una de las causas del incremento de las vacas vacías, lo que conducen a un bajo número de hembras gestantes y por ende una baja natalidad, entre los factores que limitan la conducta reproductiva están los nutricionales, que se asocian con el consumo insuficiente de alimentos, deficiente manejo alimentario y desequilibrios en las raciones. La venta por litro de leche fue de \$8.50. Por otra parte, en este grupo se observa el mayor porcentaje de engorde y venta con 15.38 %, como destino para las crías macho. Similar a lo señalado por Nahed *et al.* (2013) en un estudio llevado a cabo con ganadería bovina tropical de doble propósito en Chiapas, México, donde menciona que la producción de leche y venta de carne permite que los productores obtengan ingresos económicos por la venta de dichos productos en mercados locales o regionales, la ordeña manual con apoyo de la venta del becerro y animales ayudan a subsistir a los ganaderos que se dedican a la producción de leche. En cuanto a las crías hembra se observa que la mayoría (53.85%) se encuentran destinadas a reemplazo.

Grupo 3. Representa el 24.36 % del total de los ganaderos. La edad promedio fue 48 años, el 52.63 % contaba con estudios de primaria, por otra parte, reportaron tener entre 1 a 5 hijos en un 88.89%, el 100.00 % refirió ser ganadero como ocupación principal y el 75.00 % menciono ejercer la agricultura como segunda ocupación. En cuanto a superficie de unidad de producción de los siete grupos fue de los menores con un promedio de 7.8 hectáreas, todos los ganaderos en este grupo (100.00 %) refirieron tener un tipo de construcción rustico, como lo menciona

Granados *et al.* (2018) con ganado bovino de doble propósito en Tabasco, México mencionan que una reducida superficie con un nivel educativo bajo y bajo equipamiento en las unidades productoras reducen la posibilidad de aumentar los ingresos económicos de los productores, también se mencionó que es el segundo grupo con el mayor porcentaje de mano de obra familiar con un 89.47%, se ha demostrado que un alto uso de la mano de obra familiar influye de manera positiva en la rentabilidad de las unidades productoras, como lo menciona Jiménez *et al.* (2014) en un estudio con familias que se dedican a la venta de leche con ganado bovino en Michoacán, México. Por otra parte, también el 52.63% de los ganaderos refirió tener una tenencia de la tierra privada, infraestructura en un 92.31% rustica, con un promedio de 29.68 años de **operación** en su rancho y 1 vehículo o un caballo, mencionan ejercer un tipo de pastoreo rotacional en un 73.68%, a pesar de que enumeraron tener en promedio 24 cabezas de ganado y 12 cabezas de ganado para producción de leche, es el grupo con el menor número de producción de leche por cabeza de ganado con 8 litros, mayor producción de leche reporto Sheen *et al.* (2002) con vacas de doble propósito en trópico húmedo en Perú, refirieron obtener 12 litros por día, la producción de leche varía de acuerdo con la etapa de lactancia en el punto más alto de producción llegan a producir un mayor número de litros por día, teniendo en cuenta que el promedio generalizado es de 6 a 8 litros /día, según a lo reportado por Cuevas *et al.* (2018) en un estudio llevado a cabo con productores de ganado bovino de doble propósito en tres municipios del Norte de Sinaloa, estos rendimientos también dependen mucho del tipo de alimentación que se ofrece e infraestructura cuanto más escasos estos recursos son más bajos los rendimientos, de acuerdo con un estudio llevado a cabo por Gutiérrez *et al.* (2019) **en un estudio** llevado a cabo en provincia de Pichinch, Ecuador con vacas de raza Holstein-Friesian refieren que la alimentación es uno de los principales factores que afectan la producción de leche una mayor abundancia de pastura tiene un efecto positivo, debido a que al disminuir la calidad del forraje hay una disminución en la digestibilidad y aumenta el contenido de fibra cruda, lo que tiene una repercusión negativa sobre la disponibilidad de proteína y energía, causando una disminución en la producción de leche. Refieren también tener 9 crías al año, venta por litro de

leche de \$9.00, vida productiva de 12 años, promedio de venta de leche por día 61 litros, 89.47% tipo de reproducción natural, Destino de las crías hembra 61.11% para reemplazo y Destino de las crías macho 66.67% para venta.

Grupo 4. Representa el mayor número de ganaderos con un 28.21 % del total. La edad promedio de los ganaderos fue de 40 años, un 42.86 % de ganaderos refirieron tener estudios de secundaria, es el grupo con el menor porcentaje registrado de número de hijos, según lo reportado por Parra *et al.* (2019) en un estudio llevado a cabo con sistemas de producción bovina de razas criollas en Zonas tropicales en México, comentaron que la ausencia de relevo generacional en la actividad ganadera es un factor que limita la sostenibilidad, es por ello que un menor número de hijos es un factor negativo para los sistemas ganaderos lecheros. La ocupación principal fue ganadera con 90.48% y como segunda ocupación agricultor 83.30 %, se calculó un promedio de 11.7 hectáreas de superficie de unidad de producción y un mayor porcentaje (50 %) con tenencia de la tierra privada, con un porcentaje de 80.95 tipo de construcción rustico, el grupo con el menor promedio de años de experiencia en la actividad ganadera con 15 años, 1 camioneta algunos tractores, es también el grupo con mayor porcentaje de mano de obra familiar (90.48%), similar a lo reportado por Duran *et al.* (2018) en un estudio llevado a cabo con ganado de doble propósito en la costa de Oaxaca, México donde mencionaron que el uso de la mano de obra familiar es una característica que distingue al sistema de doble propósito y tiene la ventaja de influir positivamente en la rentabilidad de las unidades productoras. De las 28 cabezas de ganado que se cuantificaron, 15 cabezas de ganado para producción de leche, 10 crías al año, producción de leche por cabeza de ganado 9, Venta por litro de leche \$8.40, vida productiva de 10 años, venta de leche por día 82 litros, tipo de producción natural con un 95.24 %, pastoreo 52.38 % rotacional, en el grupo se observó el menor porcentaje de las crías macho para engorde porque el destino de la mayoría (95.24%) es para venta, resultados similares a los reportados por Orantes *et al.* (2014) en un estudio llevado a cabo con ganado de doble propósito en Chiapas, México donde describe a la ganadería de doble propósito como una ayuda en gran medida a la economía de los productores, debido a que permite producir leche y carne en un sólo sistema productivo, con la

finalidad de hacer un uso sostenible, eficiente y rentable de los recursos naturales y económicos con ello satisfacer las necesidades alimentarias de la población y generar ingresos al productor.

Grupo 5. Representa el 3.85 % del total de los ganaderos. La edad promedio fue de 32.30 años, el 33.30 % tiene estudios de secundaria, 33.30 % estudios de prepa y 33.30 % estudios de licenciatura, también mencionaron tener entre 0 a 1 hijo en un 66.6 %, como ocupación principal 66.60 % refirió ejercer la ganadería, comentando tener como segunda ocupación licenciado (33.30 %). Es el único grupo que menciona en un 100 % ejercer el comercio como segunda ocupación, si bien los productores venden leche solo a los queseros artesanales. La venta de quesos a partir de la leche producida es una importante fuente de ingresos del productor debido al valor agregado así lo refiere Paredes *et al.*, (2019) en un estudio llevado a cabo en el municipio de Balancán, Tabasco, de la misma manera cuentan con una superficie de unidad de producción en promedio de 450 hectáreas, mayor unidad de producción en comparación con los otros grupos, con una tenencia de la tierra de propiedad privada con un 66.60 % en cuanto al tipo de construcción el 33.30 % refirió tener una construcción rustica, 33.30 % tecnificado, 33.30% semitecnificado. En este sentido, Suarez *et al.* (2014) en un estudio llevado a cabo con cría de becerros en México, señalan que las unidades productoras que implementan innovaciones tecnológicas tienen mayores ingresos por un incremento en la producción de leche y becerros, mejorando así su rentabilidad. La aplicación de nuevas tecnologías relacionadas con la actividad productiva sirve para lograr un incremento en el uso de nuevas tecnologías apropiadas para los productores y los resultados de la adopción de estas se reflejen en mayores ganancias económicas de las unidades productivas como lo menciona Espinoza *et al.* (2018) en un estudio llevado a cabo con ganaderos del municipio de Maravatío, Michoacán. El uso de los componentes tecnológicos de las actividades de manejo sanitario es importante porque ayuda a evitar o reducir el riesgo de enfermedades en el hato y evitar disminuir la producción por la presencia de enfermedades, lo cual tiene un impacto económico porque al haber presencia de enfermedades, hay pérdidas económicas por muerte de animales, disminuye la producción de leche y hay ganancias de peso

en animales en crecimiento, lo que ocasiona mayores gastos en alimentación al aumentar el periodo de engorde y compra de medicamentos para el control o corrección de enfermedades, como lo refieren Bautista *et al.* (2019) en un estudio llevado a cabo con ganado bovino de doble propósito en tres regiones tropicales de México. Con un promedio de 35 años de experiencia, refieren tener entre 1 a 2 camionetas para la actividad ganadera, cuentan con una mano de obra familiar en un 66.60 %. Grupo con el menor porcentaje de pastoreo rotacional (33.30 %) y mayor porcentaje en pastoreo en franjas (330%), sin embargo, se observa el menor promedio de vida productiva con 7 años, como lo describe Copas *et al.* (2022) en un estudio llevado a cabo con vacas lecheras Holstein y Pardo Suizo en Honduras, la longevidad refleja la habilidad de una vaca para no ser eliminada por baja producción, baja fertilidad o enfermedad, la longevidad también se puede estimar en el número de lactaciones completas o en años de edad, debido a que a mayor número de lactaciones de la vaca, más largo será el periodo en que el ganadero podrá amortizar su inversión, es por ella la importancia de la edad al primer parto considerado como factor muy importante en la vida productiva de la vaca, una edad de años de edad en comparación a partos con edades más avanzadas repercute en una mayor producción láctea y conduce a un menor consumo de alimento, derivando un menor costo inicial de crianza. De las 32 cabezas de ganado, 15 cabezas de ganado son destinadas a la producción de leche, se producen 10 litros de leche por cabeza de ganado, obteniendo una producción, de 133 litros de leche por día, el ingreso por la venta de litro de leche es de \$8.50, se observa una natalidad de 17 crías al año. El 100.00 % de los productores refirió realizar un tipo de reproducción a partir de la monta y en lo que se refiere al destino de las crías hembra observamos el mayor porcentaje con un 33.00% destinado a la venta y no al reemplazo.

Grupo 6. Representa el 5.13 % del total de los ganaderos. La edad promedio fue de 66.5 años, la mayor edad registrada entre grupos en este estudio, teniendo en cuenta que la edad del productor es de suma importancia debido a que ésta influye en el grado de adopción de prácticas tecnológicas, se ha demostrado que en productores con edad avanzada se reduce la probabilidad de que estos adopten

nuevas tecnologías en los sistemas productivos bovinos, similar a la reportada por Granados-Rivera *et al.* (2017), con productores de ganadería bovina de doble propósito en Tabasco, México. Con un promedio de 1 hijo por productor, el 75.00 % dijo tener como ocupación principal la ganadería y 50 % agricultor como otra ocupación, con un promedio de 266.625 hectáreas de superficie de unidad de producción, podemos observar un mayor porcentaje (50 %) ejido y en un menor porcentaje (25.00%) privada y rentada (25.00 %), si bien se ha confirmado que los tipos de tenencia de la tierra ejidal y privada permiten la estabilidad en la producción agropecuaria, a pesar de tener en un 50.00 % una infraestructura rústica, es el único grupo con un 25.00 % de infraestructura tecnificada y el otro 25.00 % semitecnificada, el 50.00% refirió tener un nivel educativo de primaria, el 25.00 % de prepa y 25.00 % restante estudios de licenciatura, siendo de los mayores grupos con un nivel escolar alto, en contraste con lo mencionado por Parra *et al.* (2019) en un estudio llevado a cabo con sistemas de producción bovina de razas criollas en Zonas tropicales en México. Los cuales reportaron que los sistemas de producción bovina tradicionales eran gestionados por productores con menor escolaridad, mientras los semitecnificados y tecnificados por aquellos con mayor nivel educativo. En promedio fue el grupo con mayores años de experiencia con un promedio de 33 años de operación, por lo que cabe resaltar que la edad madura de los productores y los años de experiencia indican una falta de los ganaderos en la continuidad generacional, lo que sugiere que los ganaderos de mayor edad y menor educación son personas con conocimientos muy arraigados respecto a la forma de producir y que podrían considerarse reacios al cambio tecnológico, de la misma forma Severino *et al.* (2021) reportaron para los ganaderos de los sistemas productivos con bovinos criollos en Campeche, México, cuantificaron tener de 1 hasta 4 camionetas destinadas a la actividad ganadera, siendo el grupo con mayor número de vehículos, registrando en un 50.00 % mano de obra en la categoría de empleado de medio tiempo, 25.00% mano de obra familiar y 25.00 % mano de obra empleado de tiempo completo.

A pesar de no ser el grupo con el mayor número de cabezas de ganado, es el grupo con el mayor número de cabezas de ganado en producción de leche, teniendo una

producción de 13 litros por cabeza de ganado, es el de mayor producción de leche para venta con 333 litros, considerando que el tipo de reproducción es natural en un 100.00 %, ya que se cuenta con el mayor porcentaje del destino de las crías hembra para reemplazo y mayor promedio de crías al año, con el mayor número de años en vida productiva sin embargo el valor de la leche por litro es el más bajo con \$8.30.

Grupo 7. A pesar de que representa el menor porcentaje de ganaderos con un 1.28 % del total. La edad fue de 29 años, siendo la menor edad registrada entre grupos, se ha demostrado que a una menor edad se encuentran abiertos a recibir asesoría, capacitación e interés para incursionar en innovaciones tecnológicas que los adultos mayores, lo cual fue observado por Nahed *et al.* (2010), es importante destacar que la edad de los productores puede ser una ventaja para la adopción de innovaciones y nuevo conocimiento pecuarios, por ende también se reportó tener estudio de licenciatura, si bien el grado educativo del productor influye positivamente en la adopción y uso de innovaciones tecnológicas en las unidades productivas, provoca una mejora en la producción y desempeño económico de estas según a lo reportado por Velasco-Fuenmayor *et al.* (2009) que menciona como ocupación principal veterinario y como otra ocupación la ganadería, en efecto Parra *et al.* (2019) refiere que los productores consideraron a la ganadería como su actividad secundaria, ya que, al poseer mayor nivel de escolaridad, tienen la posibilidad de realizar otras actividades remuneradas; por lo que la cría de ganado la consideran como medio de inversión y de ahorro. a pesar de que su tenencia de la tierra es privada, tiene la menor superficie de unidad de producción con 3 hectáreas y un tipo de construcción rustico, independientemente del nivel tecnológico que tengan en su unidad de producción, el ganadero no perciben a la ganadería como una empresa, sino como un negocio familiar que es heredado de padres a hijos y como una fuente de ahorro para solventar gastos de emergencia, pues no dependen en su totalidad de la actividad agropecuaria según lo reportado por Díaz *et al.*, (2011) en un estudio llevado a cabo con ganado de doble propósito en Veracruz, México. También podemos observar la menor cantidad de años de operación entre grupos con 18 años, el único grupo donde no se observó mano de obra familiar como

menciona Rodríguez *et al.* (2020) en un estudio llevado a cabo con ganado bovino en la costa de Chiapas, México. Los productores que contratan trabajadores temporalmente durante el ciclo anual, tienen un incremento del costo de producción y reduce el margen neto por vaca y año, margen neto por hectárea e ingreso económico en la actividad ganadera, por lo que para ellos no es viable así mismo una reducida superficie con un nivel educativo bajo y bajo equipamiento en las unidades productoras reducen la posibilidad de aumentar los ingresos económicos de los productores. Es el grupo con el mayor número de cabezas de ganado, mayor producción de leche por cabeza de ganado (40), teniendo en cuenta que el 100.00 % del destino de las crías hembra es para reemplazo, el tipo de reproducción 100.00 % inseminación artificial considerando que el 100 % del destino de las crías macho es para engorde.

#### **4.6 CONCLUSIONES**

El análisis permitió identificar siete grupos de ganaderos con características y elementos diferentes entre grupos, pero similares dentro de cada grupo, en donde la ganadería es su principal fuente de ingresos, sin embargo, sus mayores retos son su baja tecnología, desconocimiento de prácticas ganaderas, factores ambientales, industrialización y la falta de precios justos para la comercialización de sus productos.

#### **4.7 LITERATURA CITADA**

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2022. La ganadería: símbolo de fortaleza del campo mexicano. <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-ganaderia-simbolo-de-fortaleza-del-campo-mexicano>.
- Salas SJ, Babio N, Juarez IM, Pico C, Ros E. y Moreno ALA. 2022. Importancia de los alimentos lácteos en la salud cardiovascular: ¿enteros o desnatados? *Nutr Hosp* 2018; 35 (1): 1479-1490.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2022. Perspectivas agrícolas. <https://www.oecd->

[library.org/sites/8b675a1a](http://library.org/sites/8b675a1a)

es/index.html?itemId=/content/component/8b675a1a-es

- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 2022. Leche y lácteos. Panorama Agroalimentario. <http://s3.amazonaws.com/inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/16093139/Panorama-Agroalimentario-Leche-y-la769cteos-2019.pdf>
- Cahue OAG, Melendez FR, y Fomperosa MJM. 2017. Un acercamiento a los factores de competitividad de la industria láctea. Memoria del XI congreso Red Internacional de Investigadores. 971-985.
- Secretaria de agricultura y desarrollo rural. 2022. Consolida México el séptimo lugar en ranking mundial como productor de proteína animal. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/consolida-mexico-el-septimo-lugar-en-ranking-mundial-como-productor-de-proteina-animal>.
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. 2021. Unidades de producción agropecuaria son un orgullo de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/unidades-de-produccion-agropecuaria-son-un-orgullo-de-mexico>
- Gobierno de México. 2022. Crece la producción de leche en México: SAGARPA. <https://www.gob.mx/agricultura/colima/articulos/crece-la-produccion-de-leche-en-mexico-sagarpa-158944?idiom=es>
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. 2020. Obtiene Guerrero un millón 255 mil 327 tons de maíz en año agrícola 2019, a pesar de la sequía. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/obtiene-guerrero-un-millon-255-mil-327-tons-de-maiz-en-ano-agricola-2019-a-pegar-de-la-sequia>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2022.
- Ayala SLE, López VR, Silvia GSE. 2015. Caracterización de la ganadería bovina de pequeños productores en el municipio de Tecoaapa, Guerrero. AMECIDER – CRIM, UNAM.

- Severino LVH, Perezgrovas GRA, Ahuja AC, Montiel PF, Peralta TJA, Segura CJC. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas productivos con bovinos criollos en Campeche, México. Act Uni Multi Sci Jour 2021; 1 (31) 1-14.
- Granados RLD, Quiroz VJ, Maldonado JJA, Granados ZL, Diaz RP, Olivia HJ. Caracterización y tipificación del sistema doble propósito en la ganadería bovina del Distrito de Desarrollo Rural 151, Tabasco, México. Act Uni Multi Sci Jour 2019; 28 (6), 47-57.
- Salas GJM, Leos RJA, Sagarnaga VLM, Zavala PMJ. Adopción de tecnologías por productores beneficiarios del programa de estímulos a la productividad ganadera (PROGAN). México Rev Mex Cien Pecu 2013; 4(2), 243-254.
- Torres YG, García A, Rivas J, Perea J, Argón E, Pablos HCP. caracterización socioeconómica y productiva de las granjas de doble propósito orientadas a la producción de leche en una región tropical de ecuador. Caso de la provincia de Manabí. Ecuador. Rev Científ de Amé Latina, el Caribe, España y Portugal 2015; 25 (4), 330-337.
- Larios SN, Ramírez VR, Núñez DR, García MJG, Ruiz FA. Caracterización técnica, social y económica de las empresas del hato bovino jersey de registro en México. México Agric, Socie Y Desa 2011; 8(2), 229- 247.
- Hernández MP, Estrada FJG, Avilés NF, Yong AG, López GF, Solís, Castelán, OOA. Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del estado de México, Univer y Cien Trop Hum 2013; 29(1), 19-31.
- Nahed TJ, Palma GJM, Aguilar JJR, Grande CD, Valdivieso PIA, Juárez MHA, Trujillo VR, Sánchez MB, Ruiz RJL, León MNS, Parra VMR. Índice de desarrollo tecnológico para la clasificación y análisis multicriterio de unidades de producción: Aplicación en la ganadería bovina de doble propósito convencional *versus* orgánica. México. Avances en Investigación Agropecuaria 2021; 25(2), 97-118.

- Murga L, Vásquez H, Bardales J. Caracterización de los sistemas de producción de ganado bovino en las cuencas ganaderas de Ventilla, Florida y Leyva -región Amazonas 2018; 1(3), 28-37.
- Uribe F, Zuluaga A, Valencia L, Murgueitio E, Ochoa L. Buenas prácticas ganaderas. Manual 3, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, Banco Mundial, Fedegán, Cipav, Colombia. 82 p. 2011.
- Juárez BJM, Herman LE, Soto EA, Avalos de la cruz DA, Vilaboa AJ, Diaz RP. Tipificación de sistemas de doble propósito para producción de leche en el distrito de desarrollo rural 008, Veracruz, México. Rev Cien 2015; 25 (4), 317-323.
- García SF, Sánchez ST, Lamela LL, Morales QD, Benítez AMA. Producción y calidad de la leche de una lechería comercial en la provincia Matanzas, Cuba. Pas y Forr 2022: 45 (1) 1-8.
- Jiménez JRA, Espinosa OV, Soler FDM. El costo de oportunidad de la mano de obra familiar en la economía de la producción lechera de Michoacán, México. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 2014: 5 (1) 47-56.
- Sheen RS, Riesco D A. Factores que afectan la producción de leche en vacas de doble propósito en trópico húmedo (PUCALLPA). Rev Inv Vet Perú 2002; 13 (1) 25-31.
- Cuevas RV, Rosales NC. Characterization of the dual-purpose bovine system in northwest México: producers, resources and problematic. REVISTA MVZ CÓRDOBA 2018; 23(1), 6448- 6459.
- Gutiérrez LFA, Rocha J, Portilla A, Rúaes B. Effect of supplementation in grazing cows on production, efficiency of use and cost benefit ratio. Uni Cen del Ecu 2019; 6 (1), 15–23.
- Parra CRI, Magaña MMA. Características técnico-económicas de los sistemas de producción bovina basados en razas criollas introducidas en México. Eco y Recu Agro 2019; 6(18), 535-547.
- Duran ME, Ruiz MA, Sánchez VV. Competitividad de la ganadería de doble propósito en la costa de Oaxaca, México. Rev Mex de Agro 2018; 43, 77-88.

- Orantes ZMA, Platas RD, Córdoba AV, De los santos LMC, Córdoba AA. Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosis y recur. Agro* 2014; 1(1) 49-58.
- Suarez DH, Aranda OG. Importancia de la innovación para mejorar la productividad en los sistemas de cría de becerros. *Avan en Inve Agro* 2014; 18 (3), 65-73.
- Espinosa GJA, Vélez IA, Góngora GSF, Cuevas RV, Vázquez GR, Rivera MJA. Evaluación del impacto en la productividad y rentabilidad de la tecnología transferida al sistema de bovinos de doble propósito del trópico mexicano. *Trop and Subt Agro* 2018; 21 261-272.
- Bautista MY, Herrera HJG, García E, Martínez CFE, Vaquera HH, Morales A, Aguirre GG. Caracterización económico-productiva del sistema bovino doble propósito en tres regiones tropicales de México. *Tec. Econ. Agrar.* 2019; 115(2): 134-148.
- Copas MKA, Valladares RM, Baeza RJJ, Magaña MJG, Segura CJC. Efecto de la edad al primer parto sobre la longevidad, el número de días en producción y la producción de leche durante la vida productiva de las vacas lecheras Holstein y Pardo Suizo en Honduras. *Rev Mex Cienc Pecu.* 2022; 13(1),163-174.
- Velasco FJ, Ortega SL, Sánchez CE, Urdaneta F. Factores que influyen sobre el nivel tecnológico presente en las fincas ganaderas de doble propósito localizadas en el estado zulía, Venezuela. *Revista Científica, FCV-LUZ.* 2009; 19(2) 187-195.
- Diaz RP, Oros NV, Vilaboa AJ, Martínez DJP, Torres HG. Dinámica del desarrollo de la ganadería doble propósito en las Choapas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 2011; 14 (1) 191 – 199.
- Rodríguez MOG, Nahed TJ, Guevara HF, Ayalon GJA, Grande CJD. Historia y caracterización técnica y socioeconómica de la ganadería bovina en la costa de Chiapas, México. 2020; 23(1) 1-13.

- Dufumier, M. 2015. La importancia de la tipología de las unidades de producción agrícolas en el análisis-diagnóstico de realidades agrarias. Instituto Nacional Agronómico-Paris Grignon (INA-PG) Francia. 17 p.
- Leos RJA, Serrano P A, Salas G J M, Ramírez-Moreno P. P. y Sagarnaga-Villegas M. 2008. Caracterización de ganaderos y unidades de producción pecuaria beneficiarios del programa de estímulos a la productividad ganadera (PROGAN) en México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. 5(2): 213-230.

## V. CAPITULO III. EVALUACIÓN SANITARIA DE LECHE BRONCA OBTENIDA EN UNIDADES PRODUCTORAS DE 7 LOCALIDADES DE LA REGIÓN NORTE DE GUERRERO.

### 5.1 INTRODUCCIÓN

Los alimentos involucrados con más frecuencia en casos de enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) son aquellos de origen animal, entre los cuales se encuentra la carne bovina, porcina y aviar; huevos, pescados, crustáceos, moluscos, o productos lácteos (*Bergaglio, 2020*). Las enfermedades de transmisión alimentaria abarcan un amplio espectro de dolencias y constituyen un problema creciente de la salud pública, en todo el mundo. (*Reyes-Solórzano, 2017*). La contaminación de los alimentos puede producirse en cualquier etapa del proceso que va desde la producción hasta al consumo de alimentos y puede también, deberse a la contaminación ambiental, ya sea del agua, la tierra o el aire (*OMS, 2015*).

Las Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETAs) son provocadas por la ingestión de alimentos contaminados por microorganismos o sustancias químicas, y representan una importante carga de mortalidad y morbilidad dentro de los sistemas de Salud Pública de las naciones, impactando igualmente en el comercio internacional. Se clasifican en infecciones alimentarias e intoxicaciones alimentarias, y sus agentes causales pueden ser de tipo químicos, físicos o biológicos. En el mundo 1 de cada 10 personas se enferman por ingerir alimentos contaminados, causando un total de 420 mil muertes anuales, de las que 125 mil representan a niños. Más del 70% de los casos de ETA's se originan debido a una manipulación inadecuada, por ende, se recomienda utilizar las Buenas Prácticas Agrícolas y Buenas Prácticas de Manufactura como medidas de prevención (*Fernández et al., 2021*).

Se dice que ocurre contaminación alimentaria cuando existe la presencia de cualquier materia anormal en el alimento que conlleve a la pérdida de su calidad, ya sea para el consumo humano o animal (*Barreto et al., 2010*). Se han descrito más de 250 tipos de ETAs debido a la naturaleza amplia y heterogeneidad de los

contaminantes, los cuales pueden ser químicos; físicos y biológicos (*Rodríguez et al 2015*)

- Los contaminantes químicos en la leche, derivan del medio ambiente o de los alimentos que consume el ganado que rodea el proceso de producción desde el ordeño hasta el proceso industrial, como lo son residuos de detergentes, desinfectantes, metales, plásticos, pesticidas, fertilizantes, medicamentos, residuos industriales, plaguicidas, insecticidas, herbicidas, fungicidas, micotoxina, contaminación radioactiva y antibióticos. (*FAO, 2017*) Estas sustancias pueden pasar al animal, acumularse en el tejido adiposo y eliminarse por las secreciones, entre las que se encuentra la leche. Estos contaminantes pueden llegar al animal por ingestión, contacto directo o administración de medicamentos (*Martínez et al., 2017*)
- Los contaminantes físicos se encuentran constituidos por partículas y cuerpos extraños que llegan al alimento o durante la manipulación o transporte del producto, son partículas de vidrio, madera, plástico, trozos de huesos, restos orgánicos (pelo, uñas, restos de comida), artículos de uso personal, trapos, pajas, tierra, cartón, plástico, cristales, madera, metales, insectos (*Baracat et al., 2021*)
- Los contaminantes biológicos del producto son los microorganismos patógenos o toxinas naturales, como lo son bacterias, hongos, levaduras, protozoos, lombrices, huevecillos de helmintos, virus. Los alimentos pueden albergar por sí mismos microorganismos patógenos, oxigénicos y saprofitos, como: *Acinetobacter spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Enterobacter spp.*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Clostridium perfringens*. (*Cortés et al., 2021*)

La presencia de microorganismos patógenos en leche cruda, refleja las deficiencias sanitarias durante el proceso de producción. La calidad de la leche cruda se establece con bases en parámetros higiénicos, sanitarios y composicionales, los cuales inciden de manera representativa en la vida útil de este producto

Existen pocos estudios enfocados en la caracterización microbiológica de la leche cruda, los cuales se centran principalmente en identificar los microorganismos patógenos más representativos, entre los que se encuentran *B. cereus*, *Brucella* spp., *Campylobacter* spp., *C. burnetii*, *E. coli*, *L. monocytogenes*, *Mycobacterium* spp., *Salmonella* spp., *S. aureus* y *Y. enterocolitica*. Estos patógenos pueden llegar a la leche cruda provenientes de animales infectados, heces, piel de los animales, agua, suelo, polvo, manipuladores, equipos y utensilios contaminados.

La calidad bacteriológica de la leche cruda bovina tiene implicaciones económicas y sanitarias muy importantes para el desarrollo de los países. En este sentido, se realizó el presente trabajo para conocer la calidad bacteriológica de la leche cruda bovina

## **5.2 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.2.1 Localización**

En abril de 2022 se realizó la recolección de muestras de leche bronca con la participación de 64 ganaderos cooperantes en siete comunidades de la región Norte del estado de Guerrero.

<b>Localidad</b>	<b>Localización</b>	<b>No. de muestras de leche</b>
<b>Buenavista de cuellar</b>	Latitud: 18.4589 ° Longitud: -99.4076°	<b>21</b>
<b>Joya de Pantla</b>	Latitud: 18.263611 Longitud: -99.533333	<b>10</b>
<b>Ceja blanca</b>	Latitud: 18.2947° Longitud: -99.5611°	<b>2</b>
<b>Santa Teresa</b>	Latitud: 18.230000 ° Longitud: -99.502500°	<b>9</b>
<b>Zacacoyuca</b>	Latitud: 18.250000° Longitud: 99.526944°	<b>8</b>
<b>Cocula</b>	Latitud: 18.2372° Longitud: -99.6608°	<b>7</b>
<b>Apiculco</b>	Latitud: 18.188333° Longitud: -99.672778°	<b>7</b>
		<b>Total 64</b>

Cuadro 1. Comunidades ganaderas de la región Norte del estado de Guerrero.

Las muestras de leche se analizaron en el laboratorio de microbiología agrícola, campus Tuxpan de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales (Figura 2). Universidad Autónoma de Guerrero, ubicado en el km 2.5 de la carretera Iguala-Tuxpan, en el estado de Guerrero, el cual, se localiza entre las coordenadas geográficas 18° 25' 00" Latitud Norte y 99° 35' 00" Longitud Oeste, a una altitud de 731 metros.



Figura. 2 Facultad de ciencias agropecuarias y ambientales

## 5.2.2 Equipos, materiales, reactivos y cepas control

### 5.2.2.1 Equipos

- Autoclave
- Incubadora con termostato para evitar variaciones mayores de  $\pm 0,1$  °C
- incubadora
- Balanza granataria con sensibilidad de 0.1g
- Termómetro

### 5.2.2.2 Materiales

- Matraz Erlenmeyer de 500 mL y 250 mL
- Tubos de ensaye de 16 x 150 mm y de 20 x 100 mm
- Pipetas de 1 mL, 0.2 mL y 0.1 mL
- Probetas de 100 mL y 10 mL
- Rejillas para tubos de ensaye
- Cajas de Petri estériles desechables
- Asa de platino de aproximadamente 3 mm de diámetro
- Mecheros Bunsen o Fisher
- Agua destilada
- Solución salina
- Varilla de vidrio de 3.5 mm de diámetro aproximadamente y 20 cm de largo dobladas en ángulo recto

### 5.2.2.3 Medios de cultivo

- Agua Peptonada Amortiguada, (GranuCult®)
- Medio de Rappaport-Vassiliadis (RVS); DIN EN ISO 6579:2002, (SigmaAldrich®) 16
- Caldo de Muller-Kauffmann tetratonato novobiocina (MKTTn), (GranuCult®)
- Agar Entérico de Hektoen (EH), (BD Bioxon®)
- Agar xilosa lisina desoxicolato (XLD), (BD Bioxon®)
- Agar sulfito bismuto (ASB), (BD Bioxon®)
- Agar Verde Brillante (VB), (BD Bioxon®)
- Agar nutritivo, (BD Bioxon®)
- Agar lisina-hierro (LIA), (BD Bioxon®)
- Agar triple azúcar hierro (TSI), (GranuCult®)
- Medio L-Lisina descarboxilasa, (Sigma-Aldrich®)
- Medio Agar Mac Conkey (BD Bioxon®)
- Caldo Lauril Sulfato de Sodio (BD Bioxon®)
- Caldo Bilis Verde Brillante (BD Bioxon®)
- Caldo *e. coli* (BD Bioxon®)
- Caldo RM-VP (BD Bioxon®)
- Caldo triptona (BD Bioxon®)
- Citrato de Simmons (BD Bioxon®)
- Medio Baird- Parker (BD Bioxon®)
- Solución de telurito de potasio con emulsión de yema de huevo (BD Bioxon®)
- Caldo de infusión cerebro – corazón (BHI) (BD Bioxon®)
- Citrato de Koser

### 5.2.2.4 Reactivos

- Agua destilada estéril
- Yodo
- Yoduro de Potasio

- Alcohol etílico 96%
- Cloruro de sodio
- Alcohol al 70%
- Reactivo de Erlich o Kovac
- Indicador rojo de metilo
- Reactivo alfa nafto
- Solución de hidróxido de potasio al 40 %
- Colorantes para tinción de Gram

#### **5.2.2.5 Cepas control**

- *Salmonella typhimurium* (cepa clinica)
- *Escherichia. coli* (ATCC25922)
- *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923)

#### **5.2.2.3 Sensidiscos**

- Penicilina 10 unidades
- Eritromicina 15 unidades
- Clindamicina 2 microgramos
- Ampicilina 10 microgramos
- Cefaxolin 30 microgramos
- Gentamicina 10 microgramos
- Cefoxitin 30 microgramos
- Trimetoprim con sulfametoxazol

#### **5.2.3 Recolección de muestras**

Todas las muestras se colectaron y transportaron de acuerdo con lo indicado por la Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2020, de animales de las principales comunidades productoras de leche y sus derivados (Figura 3).



**Figura 3.** Transporte de muestras de leche.

#### **5.2.3.1 Preparación de material para procesamiento de las muestras**

En la toma y procesamiento de muestras se procedió a realizar la esterilización del material envolviendo los materiales y adhiriendo cinta testigo para introducirlos posteriormente en autoclave a una temperatura de 121 °C durante 15 min (Figura 4).



**Figura 4.** Preparación de material para esterilización.

#### **5.2.3.2 Preparación de las muestras**

Para la preparación de las muestras se utilizó el método microbiológico, regido por la Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2020, de animales de las principales comunidades productoras de leche y sus derivados (Figura 5).



**Figura 5.** Muestra de leche etiquetada.

#### **5.2.4 Identificación y aislamiento de coliformes totales y fecales.**

Para la identificación microbiológica de coliformes totales y fecales. se llevó a cabo con base a la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.

##### **5.2.4.1 Pre-enriquecimiento**

Se midieron 10 mL de muestra con una pipeta graduada, posteriormente se vació y se homogenizó la muestra con 90 mL de agua peptonada amortiguada en un matraz Erlenmeyer, después se realizaron 2 diluciones con decimales más en tubos con 9.0 mL de agua peptonada (Figura 6).



**Figura 6.** Pre- enriquecimiento de las muestras de leche.

#### **5.2.4.2 Prueba presuntiva**

##### **5.2.4.2.1 Siembra en tubos de caldo lauril sulfato de sodio**

Posterior a la homogenización de los 10 mL de muestra de leche en agua peptonada, se realizaron diluciones decimales empleando tubos con 9.0 mL de Solución diluyente. Las muestras se dejaron incubar a una temperatura de 35 °C durante 24 h (Figura 7).

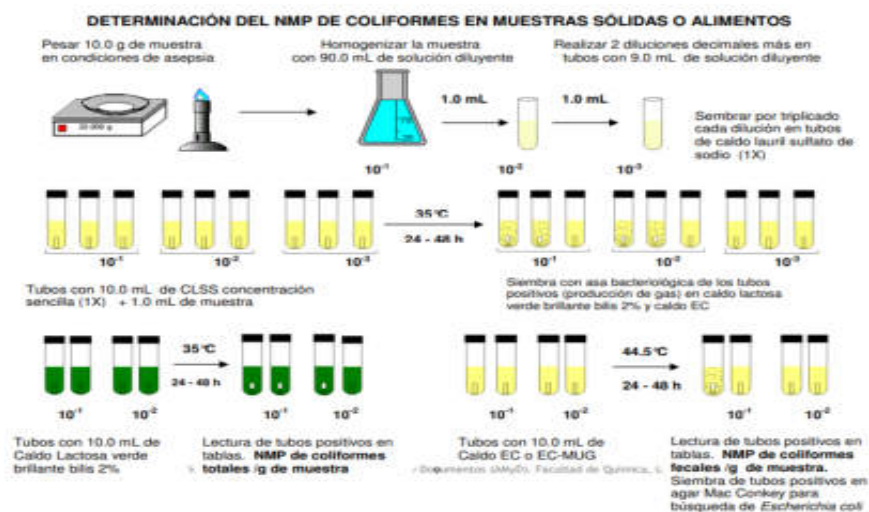


**Figura 7.** Inoculación en Caldo Lauril Sulfato de Sodio

### 5.2.4.3 Prueba confirmativa

#### 5.2.4.3.1 Siembra en tubos de caldo verde brillante

Transcurridas las 24 h se realizó la lectura de los tubos de caldo lauril inoculados, de los tubos positivos se tomaron tres azadas para la inoculación en caldo verde brillante, se agitaron los tubos para su homogeneización, se dejaron incubando a  $35 \pm 2^\circ\text{C}$  durante 24 h, con ayuda del método del Número más Probable se determinó el número de coliformes fecales en las muestras (Camacho et al., 2009) (Figura 8).



**Figura 8.** Determinación de coliformes en muestras sólidas o alimentos (Camacho, et al., 2009).

El número más probable para coliformes totales y fecales en las muestras de leche se determinó en proporción al cuadro 2.

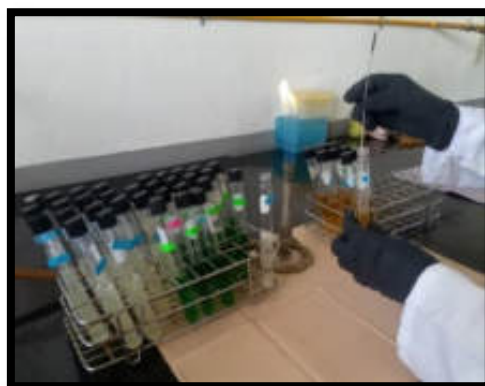
**Cuadro 2.** NMP para 1 g de muestra cuando se usan tres tubos con porciones de 0.1; 0.01 y 0.001 g.

Tubos Positivos				Tubos Positivos				Tubos Positivos				Tubos Positivos			
0,1	0,01	0,001	NMP	0,1	0,01	0,001	NMP	0,1	0,01	0,001	NMP	0,1	0,01	0,001	NMP
0	0	0	<3	1	0	0	3,6	2	0	0	9,1	3	0	0	23
0	0	1	3	1	0	1	7,2	2	0	1	14	3	0	1	39
0	0	2	6	1	0	2	11	2	0	2	20	3	0	2	64
0	0	3	9	1	0	3	15	2	0	3	26	3	0	3	95
0	1	0	3	1	1	0	7,3	2	1	0	15	3	1	0	43
0	1	1	6,1	1	1	1	11	2	1	1	20	3	1	1	75
0	1	2	9,2	1	1	2	15	2	1	2	27	3	1	2	120
0	1	3	12	1	1	3	19	2	1	3	34	3	1	3	160
0	2	0	6,2	1	2	0	11	2	2	0	21	3	2	0	93
0	2	1	9,3	1	2	1	15	2	2	1	28	3	2	1	150
0	2	2	12	1	2	2	20	2	2	2	35	3	2	2	210
0	2	3	16	1	2	3	24	2	2	3	42	3	2	3	290
0	3	0	9,4	1	3	0	16	2	3	0	29	3	3	0	240
0	3	1	13	1	3	1	20	2	3	1	36	3	3	1	460
0	3	2	16	1	3	2	24	2	3	2	44	3	3	2	1100
0	3	3	19	1	3	3	29	2	3	3	53	3	3	3	>1100

**Fuente:** Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014.

#### 5.2.4.3.2 Siembra en tubos de caldo *Escherichia coli*

Tomando tres asadas de los tubos positivos de caldo lauril, se inocularon en caldo *E. coli*, para posteriormente dejar los tubos de caldo *E. coli* en incubación a 35° C por 24 h (Figura 9).



**Figura 9.** Siembra en tubos de Caldo *E. coli*

#### 5.2.4.3.3 Siembra en Agar Mac Conkey

Tomando una azada de los tubos positivos de caldo *E. coli* para sembrar por estría cruzada en placas de agar Mac Conkey, se incubaron a 35° C por 24 h (Figura 10).



**Figura 10.** Siembra de estría cruzada en Agar Mc Conkey.

Posteriormente se seleccionaron colonias típicas fermentadoras de lactosa de color rosa intenso para realizar las pruebas de morfología microscópica y pruebas bioquímicas.

#### **5.2.4.3.4 Control positivo *E. coli***

Para identificar y diferenciar las colonias típicas de *E. coli.*, de otras bacterias con la morfología macroscópica similar, se utilizó un control positivo de *E. coli* (Figura 11).



**Figura 11.** Siembra en agar Agar Mac Conkey de los controles positivos.

#### **5.2.4.3.5 Pruebas bioquímicas para *E. coli***

Se realizaron las pruebas de Vogues- Proskauer, rojo de metilo, citrato de Koser y catalasa de todas las muestras sembradas con morfología similar al control en agar MacConkey.

### **5.2.5 Identificación de *Salmonella spp.***

Para la identificación microbiológica de *Salmonella spp.*, se llevó a cabo con base en lo descrito en la NOM-210-SSA1-2014.

#### **5.2.5.1 Pre-enriquecimiento**

Se midieron 10 mL de la muestra de leche con una pipeta graduada. Posteriormente, en un matraz Erlenmeyer se vació y se homogenizó la muestra con 90 mL de agua peptonada amortiguada y se **incubo** en una estufa por 18 horas (h) a 37 °C (Figura 12).



**Figura 12.** Pre- enriquecimiento de las muestras de leche en agua Peptonada.

#### **5.2.5.2 Enriquecimiento selectivo**

Del cultivo de pre-enriquecimiento se transfirió 0.1 mL a un tubo del 10 mL de caldo Rappaport-Vassiliadis (RVS) y 1mL a un tubo conteniendo 10 mL de caldo de Muller-Kauffmann tetracionato novobiocina (MKTTn). El caldo de RVS se dejó incubar a 41 °C y el caldo MKTTN a 37 °C por 24 h. (Figura 13).



**Figura 13.** Etapa de pre-enriquecimiento selectivo de muestras de leche.

#### 5.2.5.3 Selección en medios sólidos

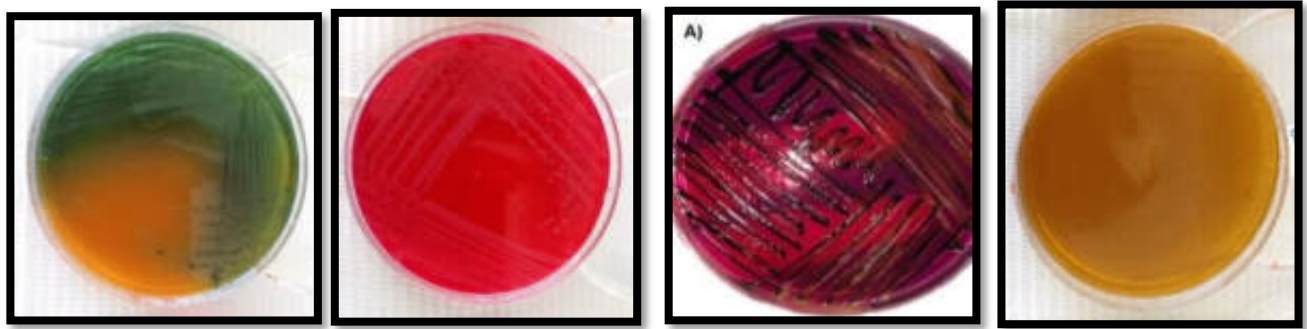
Las muestras positivas se inocularon en 4 medios selectivos marca (BD Bioxon®); Agar Entérico de Hektoen (EH), Agar Sulfito de Bismuto (ASB), Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD) y Agar Verde Brillante (VB) (Figura 14).



**Figura 14.** Siembra en medios selectivos: EH, XLD, ASB y VB.

#### 5.2.5.4 Control positivo de *Salmonella*

La Identificar y diferenciación de las colonias típicas de *Salmonella spp.*, se utilizó un control positivo de *Salmonella typhimurium* (Figura 15).



**Figura 15.** Siembra en agar EH, VB, XLD y ASB de los controles positivos.

#### 5.2.5.5 Identificación bioquímica *Salmonella spp.*

Las colonias típicas *Salmonella spp.*, se inocularon en los medios: Agar de Hierro y Lisina (LIA), Agar de Hierro y Triple Azúcar (TSI) y caldo L-lisina descarboxilasa se dejaron incubar a 37 °C por 24 h (Figura 16)



**Figura 16.** Pruebas bioquímicas de las muestras de leche en: agar TSI, LIA y caldo L-lisina descarboxilasa

#### 5.2.6 Identificación y aislamiento de *Staphylococcus aureus*

Para la identificación microbiológica de *Staphylococcus aureus*. se llevó a cabo con base en lo descrito en la Norma Oficial Mexicana NOM-115-SSA1-1994. Método para la determinación de *Staphylococcus aureus* en alimentos.

### 5.2.6.1 Pre-enriquecimiento

Las muestras de leche en condiciones estériles se midieron 10 mL con una pipeta graduada. Posteriormente, en un matraz Erlenmeyer se vació y se homogenizó la muestra con 90 mL de agua peptonada amortiguada, después se realizaron 3 diluciones con decimales más en tubos con 9.0 mL de agua peptonada (Figura 17).



**Figura 17.** Pre-enriquecimiento en agua peptonada de las muestras.

### 5.2.6.2 Enriquecimiento selectivo y diferencial

Posterior a las diluciones con decimales utilizando una pipeta de 1 mL se depositó por duplicado 0.1 mL de cada dilución en la superficie de cajas Petri con agar Baird Parker, distribuyendo el inóculo sobre la superficie del agar con varillas estériles de vidrio en ángulo recto, utilizando una por cada dilución, manteniendo las placas en



su posición hasta que el inóculo sea absorbido por el agar, se incubó de 24 a 48 h a 37°C (Figura 18)

**Figura 18.** Siembra de diluciones en Agar Baird Parker.

### 5.2.6.3 Enriquecimiento no selectivo.

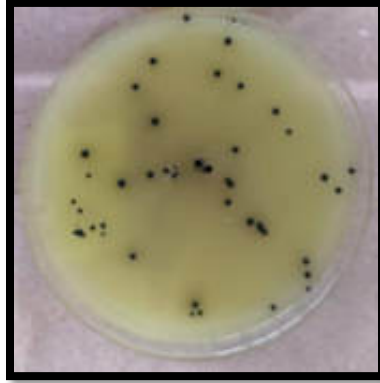
Seleccionando las colonias negras con hidrólisis de lectina, se seleccionó el número de colonias sospechosas en placa y cada una se sembró en tubos con 0.5 mL de caldo infusión cerebro corazón, se incubó a 35°C durante 24 h (Figura 19).



**Figura 19.** Siembra de Colonias con Hidrólisis de lectina con 0.5 mL de Caldo infusión cerebro corazón.

### 5.2.6.5 Control positivo *Staphylococcus aureus*

Para identificar y diferenciar las colonias típicas de *Staphylococcus aureus*, de otras bacterias con la morfología macroscópica similar, se utilizó un control positivo de *Staphylococcus aureus* (Figura 20).



**Figura 20.** Siembra en agar Baird Parker de los controles positivos.

## **5.2.7 Pruebas complementarias**

### **5.2.7.1 Morfología microscópica mediante tinción de Gram**

La tinción de gram se realizó colocando una gota de agua destilada en un portaobjeto limpio, con un asa bacteriológica se colocó una pequeña cantidad de la colonia bacteriana, se frotó la colonia, pasando el portaobjetos cerca de un mechero de Bunsen 3 a 4 veces. Una vez fijado se prosiguió a teñir con los colorantes; Se agregó cristal violeta durante 1 min. Posteriormente se dejó escurrir y se enjuagó con agua destilada el portaobjetos, en seguida se agregó yodo-lugol y se dejó reposar por 1 min, del cual transcurriendo el tiempo también se enjuagó con agua destilada, después se agregó alcohol acetona por 15 segundos y posteriormente se enjuagó con agua destilada, para finalizar se agregó colorante safranina y se dejó reposar 1 min y nuevamente se enjuagó con agua destilada se dejó secar para posteriormente observar al microscopio.

### **5.2.7.2 Prueba de Catalasa**

Con un palillo de madera completamente estéril se tomó el centro de una colonia pura y se colocó el inóculo sobre un portaobjetos de vidrio. Se prosiguió colocando una gota de agua oxigenada.

### **5.2.7.3 Prueba de Coagulasa**

La prueba de coagulasa se realizó agregando 0,2 mL del cultivo de agar BHI y 0,2 mL de plasma de conejo diluido volumen a volumen con solución salina estéril, se incubó en baño de agua de 35 a 37°C y observar durante 6 h a intervalos de 1 h, si había formación de coágulo por 24 h.

### **5.2.8 Método del antibiograma disco-placa.**

Para los multidiscos se utilizó la técnica propuesta por Kirby-Bauer, un método desarrollado por National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS-2017). Se colocaron 203 µL de solución bacteriana sobre una caja Petri con medio Agar Nutritivo (Bioxon™) y con un isopo estéril se homogenizó completamente sobre la superficie del agar. Enseguida se colocaron los sensidiscos compuestos de papel secante impregnado con antibiótico de amplio espectro: Penicilina (PE-10 U), Eritromicina (E-15 U), Clindamicina (DCI- 2 mcg), Ampicilina (AM-10 mcg), Cefaxolim (CFZ-30 mcg) Gentamicina (GE-10 mcg), cefoxitim (Fox- 30mcg) y Trimetoprim-Sulafametoxazol (STX-25 mcg). Las cajas con multidiscos se mantuvieron en una incubadora a 28 °C en oscuridad continua. Transcurridos 24 – 48 h de incubación, se evaluaron los halos de inhibición (mm) de cada tratamiento, posteriormente se midió el diámetro de la zona de inhibición del disco con una regla.

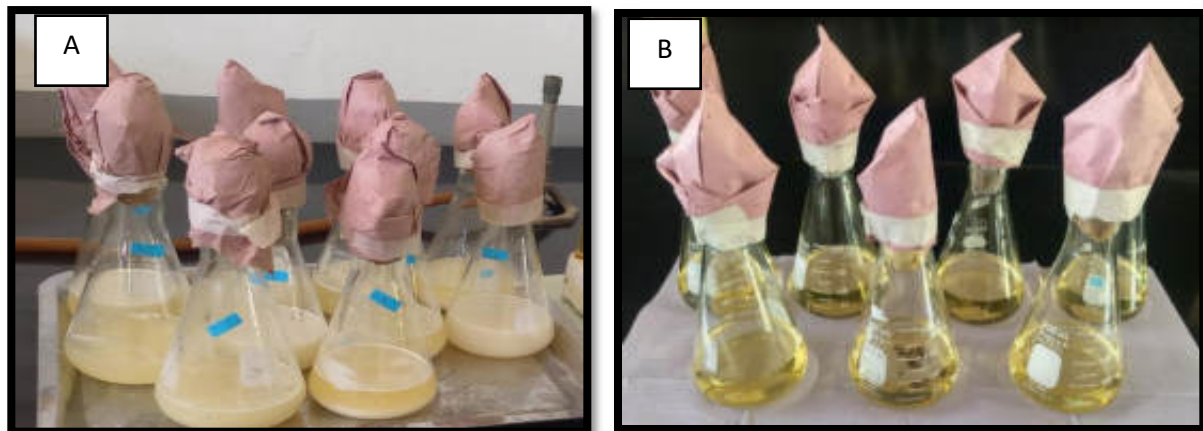
## 5.3 RESULTADOS

### 5.3.1 Identificación bacteriana

#### 5.3.1.1 Identificación de *Escherichia coli*

##### 5.3.1.1.1 Restauración de células dañadas de *Escherichia coli*

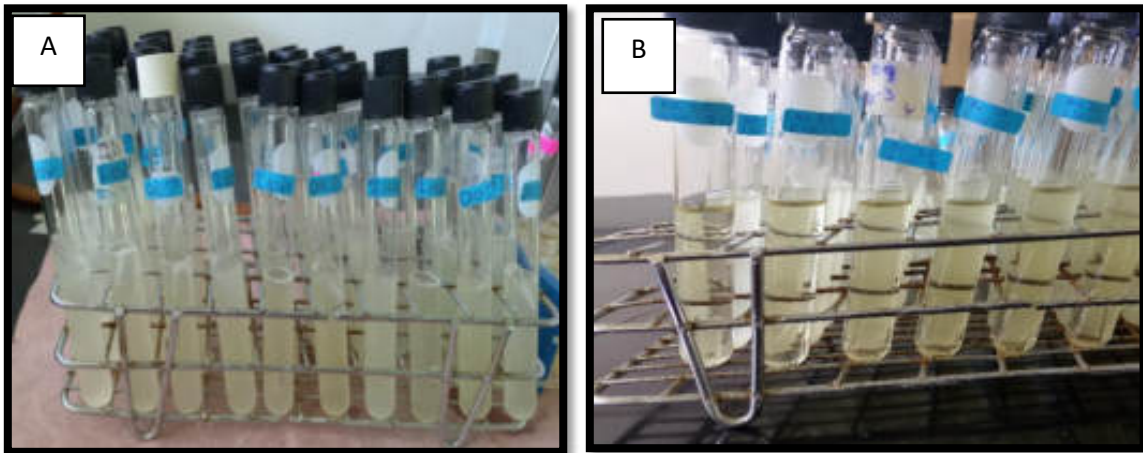
Los medios de enriquecimientos no selectivos, se observaron turbio después de transcurrir 18 horas de incubación, de acuerdo a la ficha de producto GranuCult®, permitiendo restaurar las células dañadas e indicando crecimiento bacteriano (Figura 21).



**Figura 21.** Presencia de turbidez en medios de pre-enriquecimiento (A), ausencia de turbidez en medios de pre-enriquecimiento (B).

##### 5.3.1.1.2 Prueba presuntiva

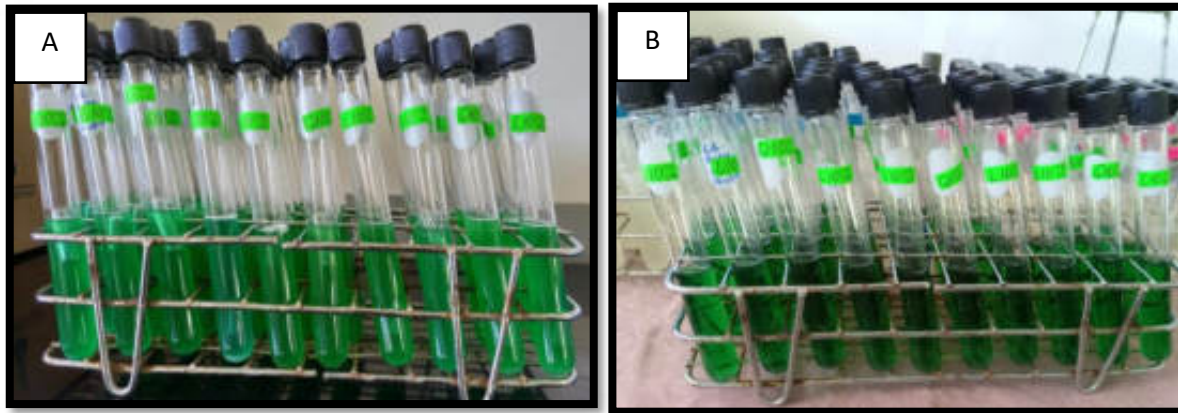
Los tubos con caldo Lauril sulfato de sodio se observaron turbios después de transcurridas las 24 horas de incubación. La fermentación de lactosa produce ácido y gas, como se observa en las campanas Durham indicando crecimiento bacteriano (Figura 22).



**Figura 22.** Caldo Lauril sulfato de sodio positiva, se observa presencia de turbidez y producción de gas (A). Caldo Lauril sulfato de sodio negativa, no se observa presencia de turbidez y gas (B).

#### **5.3.1.1.3 Prueba confirmativa de microorganismos coliformes totales**

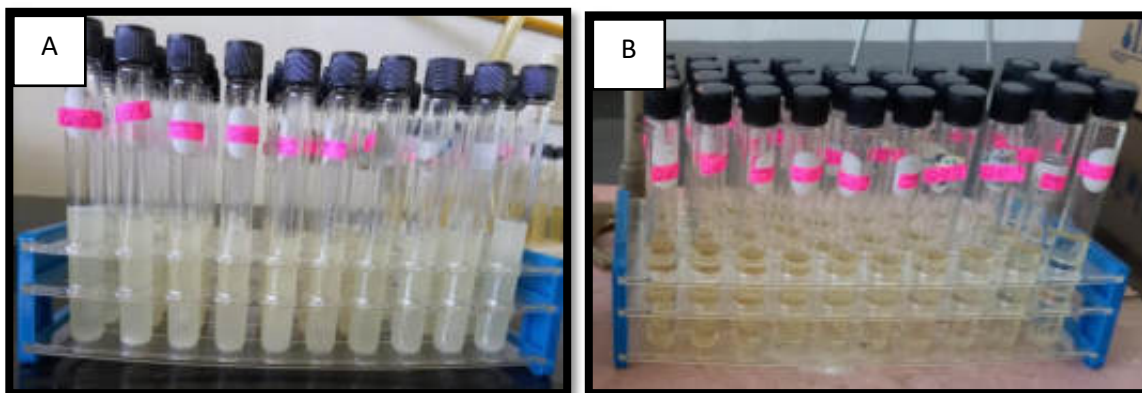
En los tubos con caldo verde brillante, se observaron turbios con producción de gas, por lo que hay crecimiento bacteriano y bacterias productoras de gas, lo que nos indica que hay presencia de coliformes totales después de transcurridas las 24 horas de incubación (Figura 23).



**Figura 23.** Caldo verde brillante turbio con producción de gas (A). Caldo verde brillante sin turbidez ni producción de gas (B).

#### 5.3.1.1.4 Prueba confirmativa de microorganismos coliformes fecales.

En los tubos inoculados con caldo *E. coli*, se observa turbidez con producción de gas en las campanas de Durham, por lo que hay crecimiento bacteriano y bacterias productoras de gas, lo que nos indica que hay presencia de coliformes fecales después de transcurridas las 24 horas de incubación (Figura 24).



**Figura 24.** Caldo *E. coli* turbio con producción de gas (A) y caldo *E. coli* sin turbidez ni producción de gas (B).

#### 5.3.1.1.5 Prueba confirmativa para *Escherichia coli*

Se tomo una azada de cada tubo positivo de caldo *E. coli* y se sembró por estría cruzada en agar MacConkey se observaron colonias típicas fermentadoras de lactosa de color rosa intenso (Figura 25).

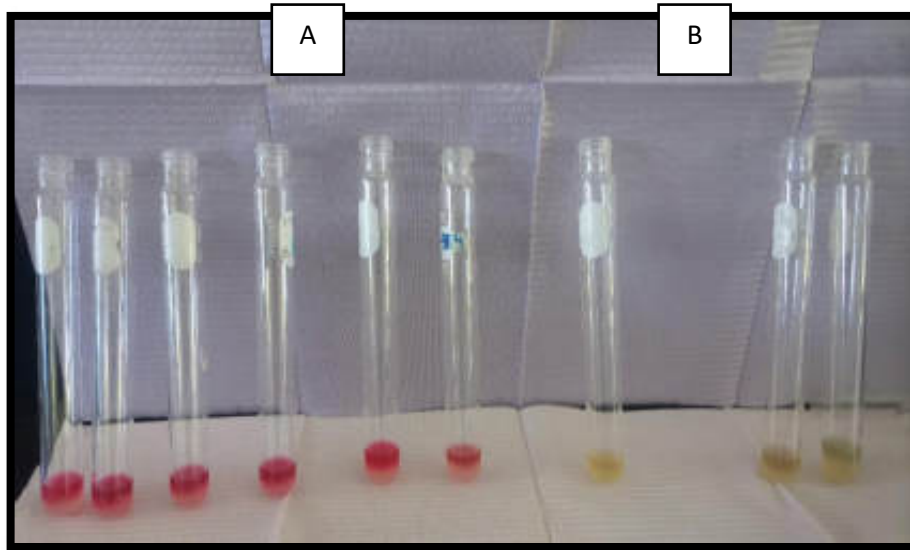


**Figura 25.** Colonias típicas de *E. coli* fermentadoras de lactosa.

#### 5.3.1.1.6 Identificación de microorganismos mediante pruebas bioquímicas

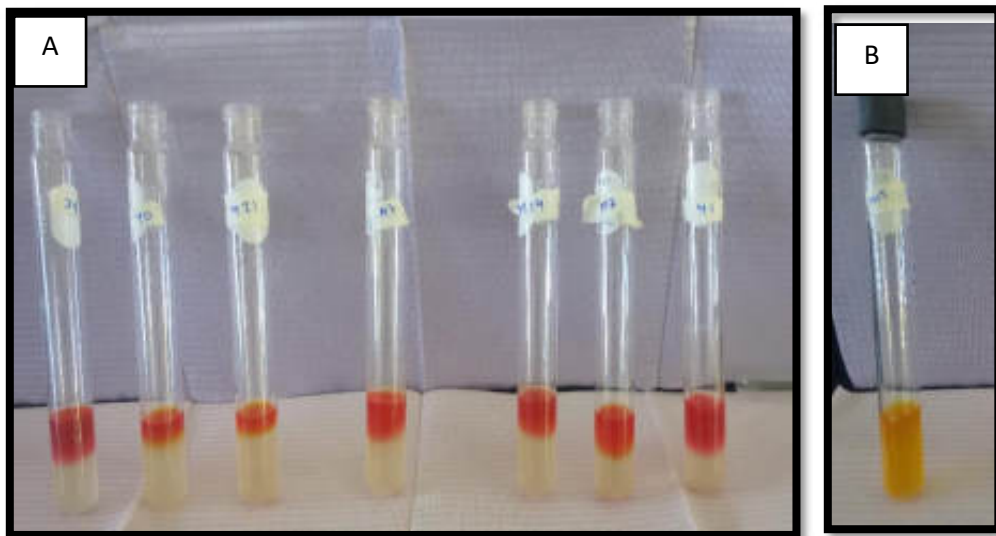
De las muestras analizadas de leche que resultaron positivas en las pruebas de morfología macroscópica, se realizaron pruebas bioquímicas para confirmar la presencia de *E. coli* y determinar si las bacterias encontradas presentan las mismas características químicas para Rojo de metilo (RM), Voges-Proskauer (VP), Citrato (CIT) y Catalasa (CAT).

Una prueba positiva de VP (Voges-Proskauer) se observa mediante la formación de un halo rojizo en la superficie del inóculo y una prueba negativa, se observa una coloración amarilla (Figura 26).



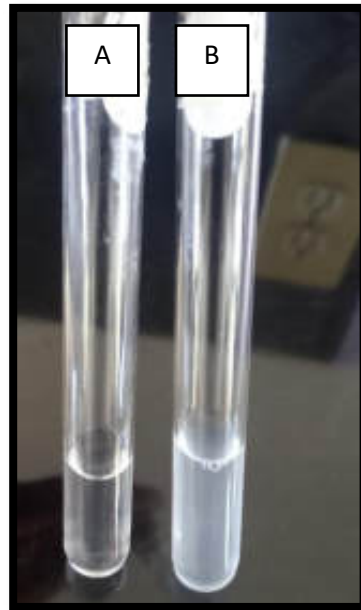
**Figura 26.** Prueba de Voges-Proskauer positiva (A). Prueba de Voges Proskauer negativa (B).

Prueba de RM (rojo de metilo) positiva se observa coloración rojiza en la superficie del tubo inoculado y una prueba negativa se observa una coloración amarilla.



**Figura 27.** Prueba de rojo de metilo positiva (A). Prueba de rojo de metilo negativa (B).

En una prueba de citrato positiva se observa la presencia de turbidez, en una prueba negativa el inoculo permanece transparente (Figura 28).



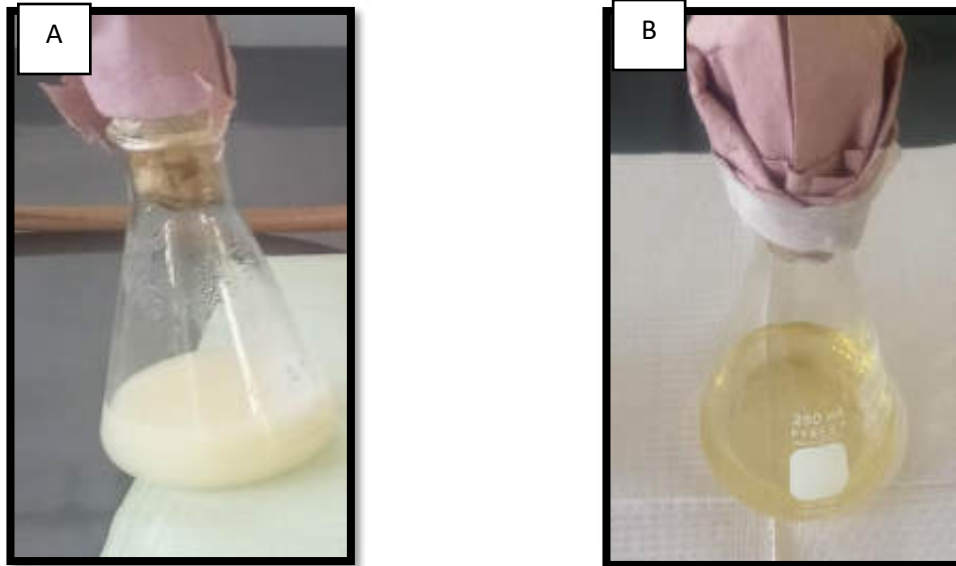
**Figura 28.** Prueba de citrato de

Kosser negativa (A). Prueba de citrato de Kosser positiva (B).

### ***5.3.2.1 Identificación de *Salmonella* spp.***

#### ***5.3.2.1.1 Restauración de células dañadas de *Salmonella* spp.***

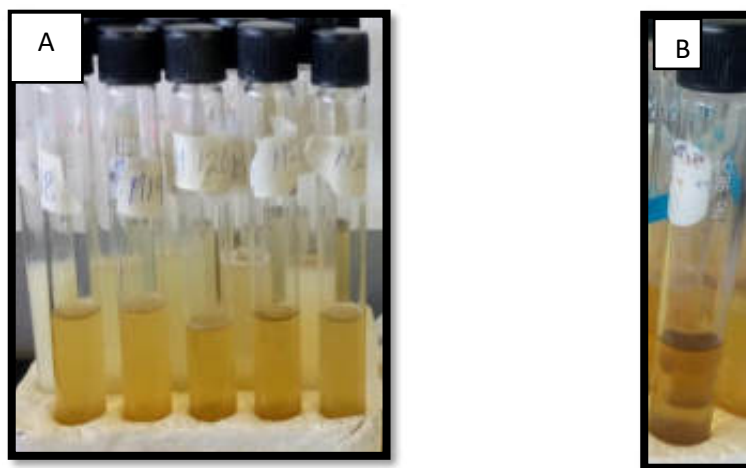
Los medios de enriquecimientos no selectivos, se observaron turbio después de transcurrir 18 horas de incubación, de acuerdo a la ficha de producto GranuCult®, permitiendo restaurar las células dañadas e indicando crecimiento bacteriano (Figura 29).



**Figura 29.** Presencia de turbidez en medios de pre-enriquecimiento (A), ausencia de turbidez en medios de pre-enriquecimiento (B).

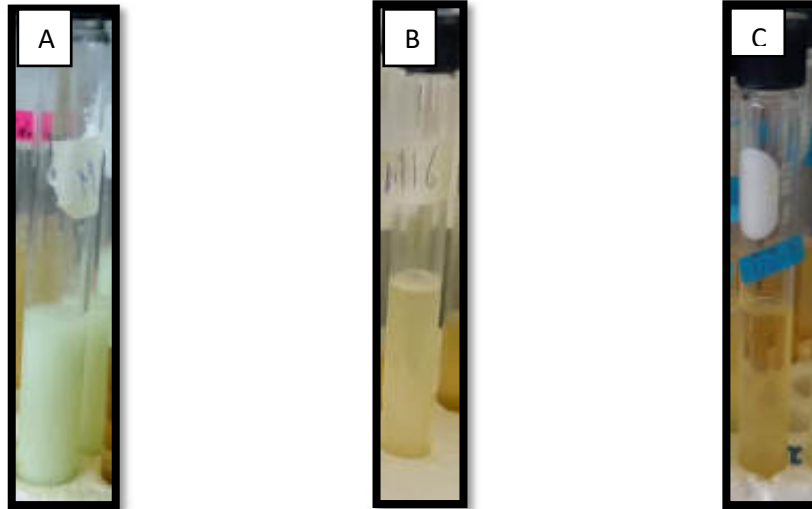
#### 5.3.2.1.2 Estimulación del crecimiento de *Salmonella spp.*

El medio de enriquecimiento selectivo, el caldo Rappaport-Vassiliadis (RVS) se observó turbio por ello se aislaron bacterias en los tubos que se observaron turbios, eliminando el microbiota acompañante (Figura 30).



**Figura 30.** Presencia de turbidez en caldo (RVS) (A), ausencia de turbidez en en caldo (RVS) (B).

El medio de enriquecimiento selectivo, Caldo de Muller-Kauffmann tetracionato novobiocina (MKTTn), se lograron aislar bacterias en los tubos que se observaron turbios y de aspecto lechoso (Figura 31).



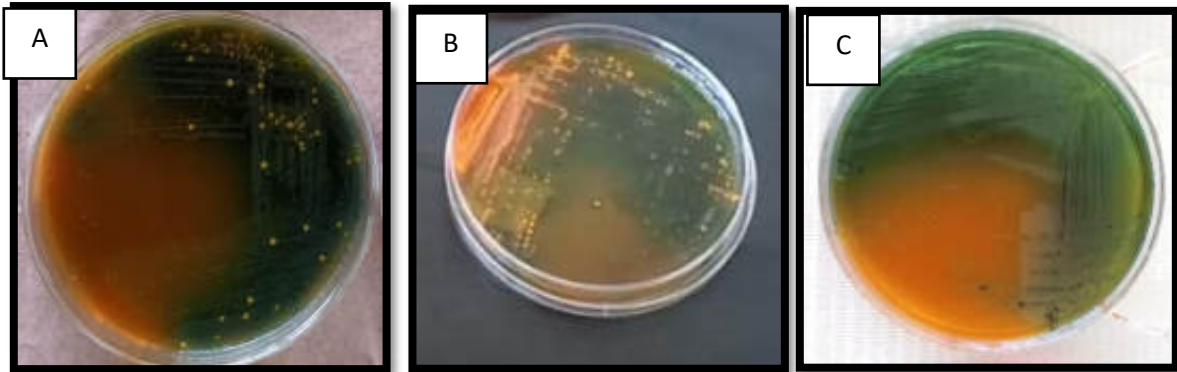
**Figura 31.** Presencia de turbidez y aspecto lechoso en caldo MKTTN (A), Presencia de turbidez en caldo MKTTN (B) y ausencia de turbidez en caldo MKTTN (C)

#### **5.3.2.1.3 Aislamiento en medios de cultivo selectivos**

El aislamiento e identificación de las colonias típicas de *Salmonella spp.* se procedió a la inoculación de los medios de enriquecimiento selectivo en agares selectivos y diferenciales agar Entérico de Hektoen (EH), agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD), agar Verde Brillante (VB) y Agar Sulfito de Bismuto (ASB).

##### **5.3.2.1.3.1 Aislamiento en agar Entérico de Hektoen (EH)**

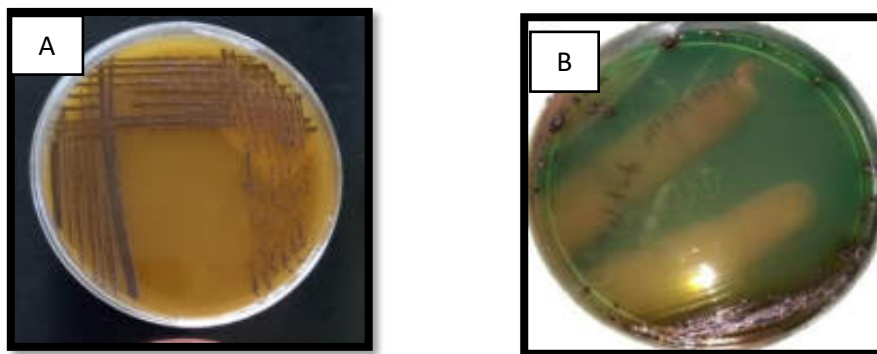
Se lograron aislar colonias presuntivas de *Salmonella spp.*, con base en su morfología típica en el medio selectivo de agar EH. Las colonias mostraron características de color verdes azulados con centro oscuro (Figura 32).



**Figura 32.** Morfología colonial presuntiva de *Salmonella spp.* en agar EH (A y B) y control positivo: Colonias típicas de *S. typhimurium* en agar EH (C).

#### 5.3.2.1.3.2 Aislamiento en Agar Sulfito de Bismuto (ASB)

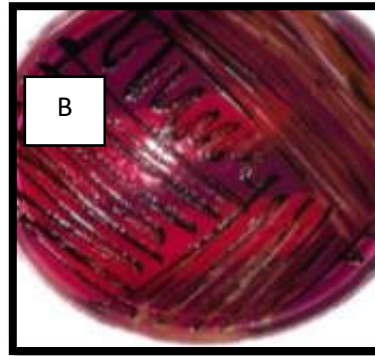
La identificación y presencia de colonias presuntivas de *Salmonella spp.* con base en su morfología típica en el medio selectivo de agar ASB se observaron con características de color café a negro metálico (Figura 33).



**Figura 33.** Colonias presuntivas de *Salmonella spp.* en agar ASB (A) y control positivo: Colonias típicas de *S. typhimurium* en agar ASB (B).

#### 5.3.2.1.3.3 Aislamiento en agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD)

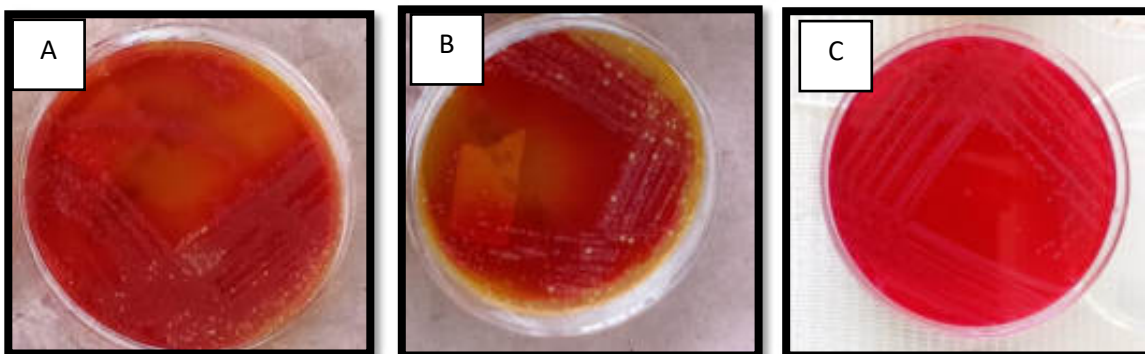
El aislamiento e identificación de *Salmonella spp.* con base a su morfología en el medio moderadamente selectivo y diferencial las colonias se observaron negras (Figura 34).



**Figura 34.** Colonias aisladas en agar XLD: colonias presuntivas de *Salmonella spp.* (A) y colonias típicas de *S. typhimurium* (B)

#### 5.3.2.1.3.4 Aislamiento en Agar Verde Brillante (VB)

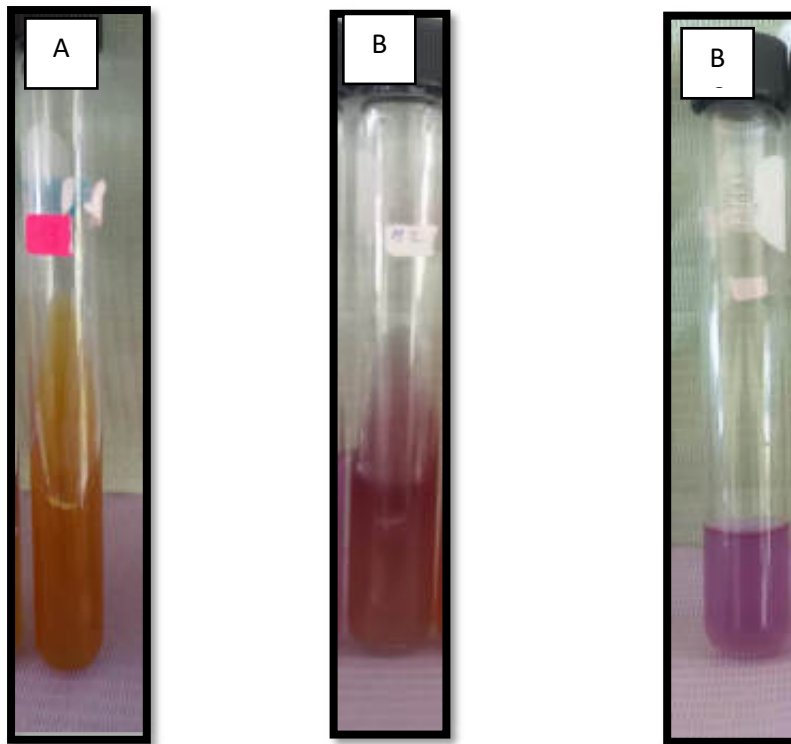
El aislamiento e identificación de *Salmonella spp.* con base a su morfología en el medio altamente selectivo y diferencial las colonias se observaron rosas (Figura 35).



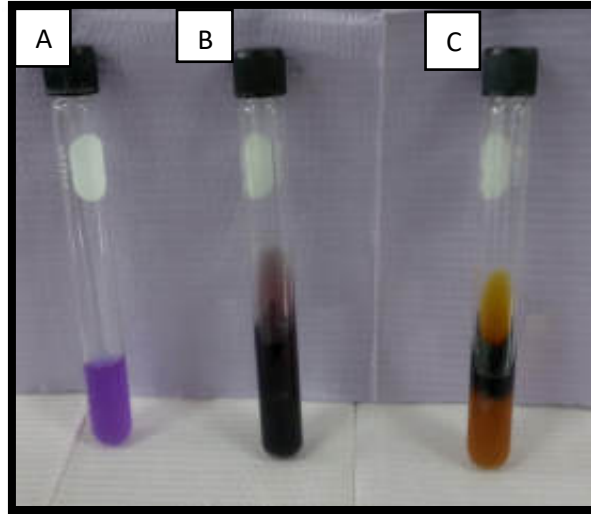
**Figura 35.** Colonias aisladas en agar VB: Colonias presuntivas de *Salmonella spp.* (A y B) y control positivo de *S. typhimurium* en agar VB (C).

#### 5.3.2.1.4 identificación de microorganismos mediante pruebas bioquímicas

Para determinar la calidad de los medios para las pruebas bioquímicas, se llevó un control sin inocular en agar TSI, LIA y L-lisina descarboxilasa (Figura 36) y un control positivo de *S. typhimurium* que cumplió con todas las características de *Salmonella spp.*, según la NOM-210-SSA1-2014. Los controles positivos de *Salmonella spp.*, en la prueba de TSI mostraron fermentación de glucosa con producción de ácido sulfhídrico y gas. En la prueba de LIA resultó positiva la lisina descarboxilasa con producción de ácido sulfhídrico y gas, y en la prueba de L-lisina descarboxilasa resultó positiva haciendo virar a violeta el medio.



**Figura 36.** Control sin inocular en los medios A) TSI, B) LIA y C) L-lisina descarboxilasa.

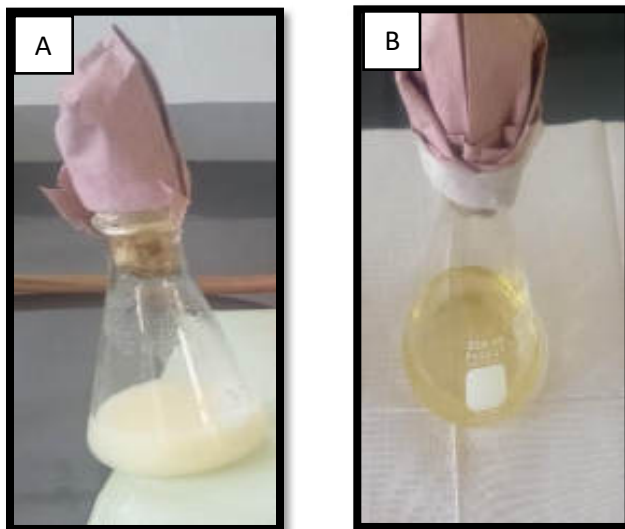


**Figura 37.** control positivo de *S. typhimurium*: L-lisina descarboxilasa (A), LIA (B) y TSI (C).

### 5.3.1.3 Identificación de *Staphylococcus aureus*

#### 5.3.1.3.1 Restauración de células dañadas de *Staphylococcus aureus*.

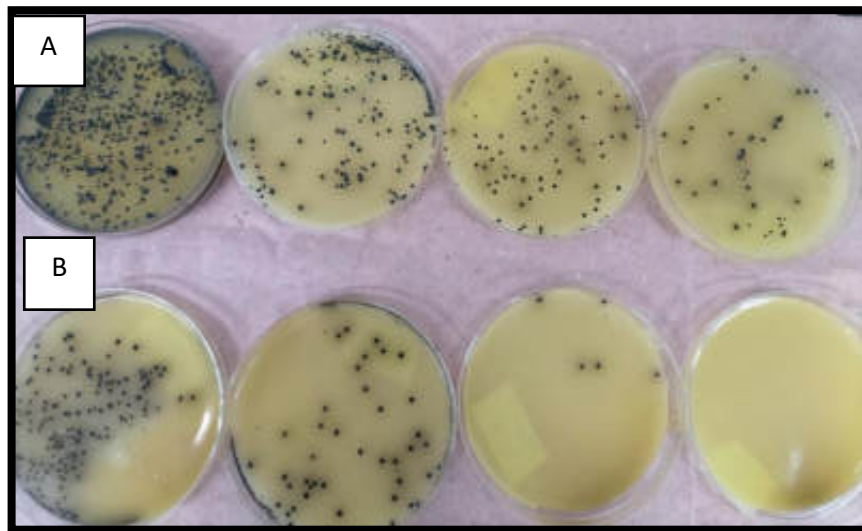
Los medios de enriquecimientos no selectivos, se observaron turbios después de transcurrir 18 horas de incubación, de acuerdo a la ficha de producto GranuCult®, el medio se observó turbio indicando crecimiento bacteriano (Figura 38).



**Figura 38.** Presencia de turbidez en medios de pre-enriquecimiento (A). Usencia de turbidez en medios de pre-enriquecimiento.

#### 5.3.1.3.2 Enriquecimiento selectivo y diferencial

En el agar Baird Parker se llevó un control positivo, para diferenciar las colonias de *S. aureus*. Se utilizó *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), cuyas colonias se mostraron negras con hidrolisis de lectina.

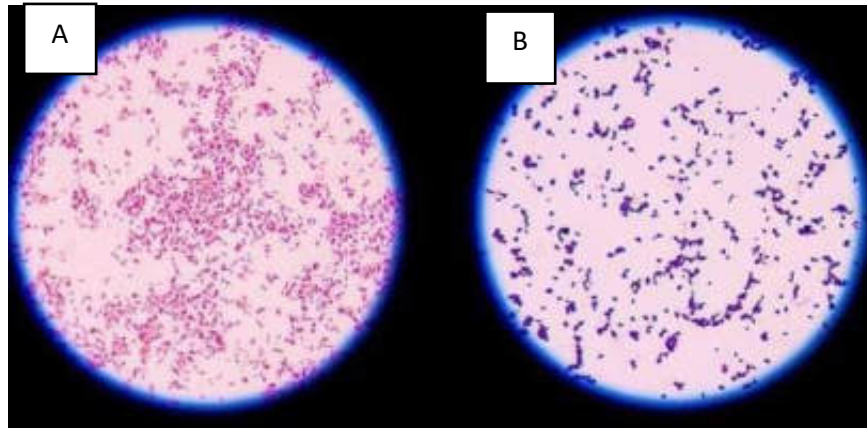


**Figura 39.** Muestra control (A). Las colonias presuntivas de *S. aureus* se observaron negras con hidrolisis de lectina (B).

#### 5.3.1.4 Pruebas complementarias

##### 5.3.1.4.1 Morfología microscópica mediante tinción Gram

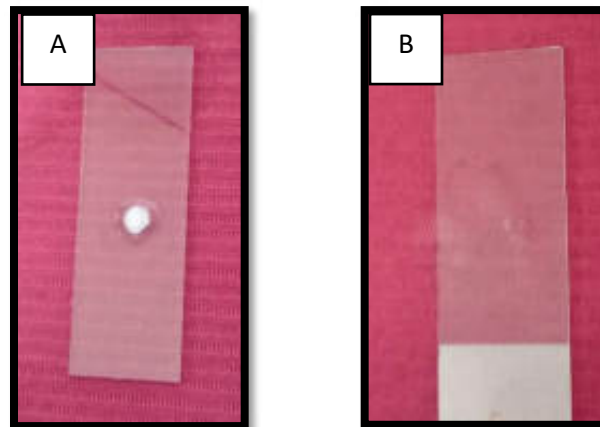
Para la identificación microscópica de las cepas aisladas presuntivas de *Salmonella* spp. y *E.coli* se realizó la tinción de Gram de los medios agar Mac Conkey, agar Entérico de Hektoen, agar Xilosa Lisina Desoxicolato, agar verde Brillante, agar sulfito de Bismuto en donde se observaron bacilos gran negativos. En las colonias presuntivas de *S. aureus* se observaron cocos gran positivos en racimos.



**Figura 40.** Características microscópicas de bacilos gram negativos (A), cocos gram positivos en racimos (B)

#### 5.3.1.4.2 Prueba de catalasa

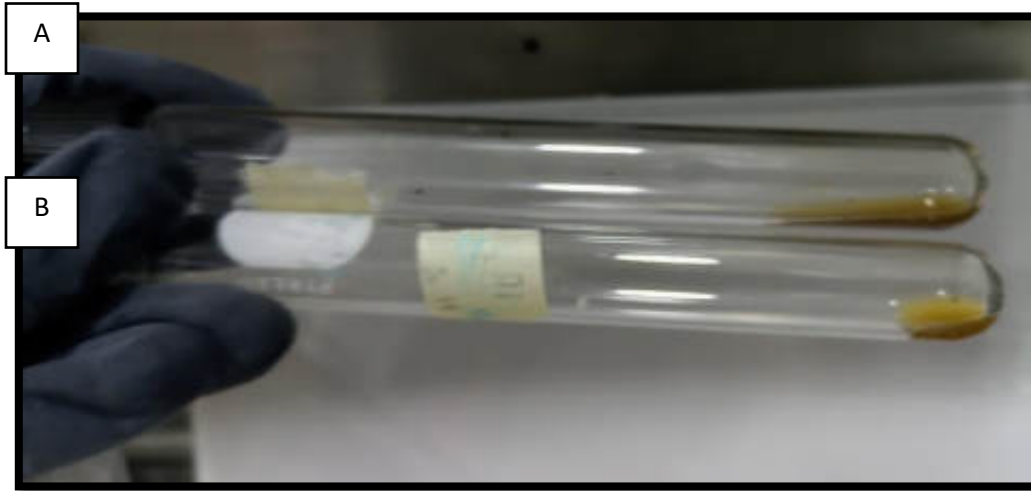
Se realizó la prueba de catalasa al colocar una gota de agua oxigenada sobre un portaobjetos, posteriormente se seleccionó una colonia presuntiva de *Salmonella spp.* con un asa bacteriológica se colocó la colonia sobre el agua oxigenada, la reacción fue positiva al observar la formación de burbujas (Figura 41).



**Figura 41.** Prueba de catalasa positiva (A). Prueba de catalasa negativa (B).

#### 5.3.1.4.3 Prueba de coagulasa

Se seleccionaron aquellas colonias con hidrolisis de lectina para realizar la prueba de coagulasa, añadiendo 0.5 de plasma de conejo y 0.5 de medio BHI con la colonia previamente diluida, se observó la formación de un coagulo.



**Figura 42.** Prueba de coagulasa negativa (A) y prueba de coagulasa positiva (B).

### 5.3.2 Resultados coliformes

Para determinar la calidad sanitaria de la leche, se realizó la determinación de coliformes totales y fecales (Cuadro 43) utilizando la metodología del número más probable y usando las tablas obtenidas de la NOM-210-SSA1-2014, se obtuvieron los siguientes resultados para las muestras de leche de las diferentes comunidades muestreadas. Se encontró que un alto porcentaje de las muestras resultaron positivas (90.6%), es decir que se encontró la presencia de bacterias pertenecientes al grupo de coliformes totales, así como de coliformes fecales lo cual son indicadores de contaminación fecal.

**ESTIMACION DEL NMP PARA COLIFORMES MUESTRAS DE LECHE**

<b>N °</b> <b>Muestra</b>	<b>Localidad de</b> <b>procedencia</b>	<b>Totales</b>	<b>Fecales</b>
		<b>NMP/100 ml</b>	<b>NMP/100 ml</b>
		<b>(C. F)</b>	<b>(C. F)</b>
<b>1</b>	Buenvista de cuellar	0	0
<b>2</b>	Buenvista de cuellar	240	24
<b>3</b>	Buenvista de cuellar	>1100	>1100
<b>4</b>	Buenvista de cuellar	0	0
<b>5</b>	Buenvista de cuellar	460	240
<b>6</b>	Buenvista de cuellar	>1100	>1100
<b>7</b>	Buenvista de cuellar	>1100	460
<b>8</b>	Buenvista de cuellar	>1100	>1100
<b>9</b>	Buenvista de cuellar	0	0
<b>10</b>	Buenvista de cuellar	0	0
<b>11</b>	Buenvista de cuellar	>1100	>1100
<b>12</b>	Buenvista de cuellar	>1100	>1100
<b>13</b>	Buenvista de cuellar	>1100	460
<b>14</b>	Buenvista de cuellar	>1100	>1100
<b>15</b>	Buenvista de cuellar	>1100	>1100
<b>16</b>	Buenvista de cuellar	>1100	460
<b>17</b>	Buenvista de cuellar	>1100	23
<b>18</b>	Buenvista de cuellar	>1100	>1100
<b>19</b>	Buenvista de cuellar	23	0
<b>20</b>	Buenvista de cuellar	23	0
<b>21</b>	Buenvista de cuellar	23	0
<b>22</b>	Joya de Pantla	>1100	>1100
<b>23</b>	Joya de Pantla	>1100	460
<b>24</b>	Joya de Pantla	>1100	>1100
<b>25</b>	Joya de Pantla	0	0

<b>26</b>	Joya de Pantla	>1100	>1100
<b>27</b>	Joya de Pantla	>1100	>1100
<b>28</b>	Joya de Pantla	0	0
<b>29</b>	Joya de Pantla	23	23
<b>30</b>	Joya de Pantla	>1100	>1100
<b>31</b>	Joya de Pantla	>1100	>1100
<b>32</b>	Ceja blanca	>1100	240
<b>33</b>	Ceja blanca	>1100	>1100
<b>34</b>	Santa teresa	>1100	460
<b>35</b>	Santa teresa	>1100	>1100
<b>36</b>	Santa teresa	>1100	>1100
<b>37</b>	Santa teresa	0	0
<b>38</b>	Santa teresa	0	0
<b>39</b>	Santa teresa	>1100	>1100
<b>40</b>	Santa teresa	23	23
<b>41</b>	Santa teresa	240	240
<b>42</b>	Santa teresa	>1100	>1100
<b>43</b>	Zacacoyuca	>1100	240
<b>44</b>	Zacacoyuca	23	0
<b>45</b>	Zacacoyuca	23	0
<b>46</b>	Zacacoyuca	>1100	>1100
<b>47</b>	Zacacoyuca	>1100	>1100
<b>48</b>	Zacacoyuca	23	0
<b>49</b>	Zacacoyuca	23	0
<b>50</b>	Zacacoyuca	23	0
<b>51</b>	Cocula	23	0
<b>52</b>	Cocula	240	23
<b>53</b>	Cocula	>1100	>1100
<b>54</b>	Cocula	>1100	>1100
<b>55</b>	Cocula	240	240

56	Cocula	23	0
57	Cocula	>1100	240
58	Apipilulco	>1100	>1100
59	Apipilulco	0	0
60	Apipilulco	>1100	>1100
61	Apipilulco	240	23
62	Apipilulco	>1100	>1100
63	Apipilulco	>1100	240
64	Apipilulco	0	0

Cuadro 43. Estimación del nmp para coliformes muestras de leche.

### 5.3.3 Prevalencia de microorganismos

Las bacterias analizadas en este estudio fueron *E. coli*, *S. aureus* y *Salmonella spp*, por el riesgo a la salud que representa al consumir alimentos con la presencia de estas especies bacterianas. Como era de esperarse el principal microorganismo aislado de la leche bronca en una alta frecuencia fue *Staphylococcus aureus* (100%), seguido de *E. coli* (12.5%) y en menor frecuencia *Salmonella* (4.6%).

## Prevalencia de microorganismos

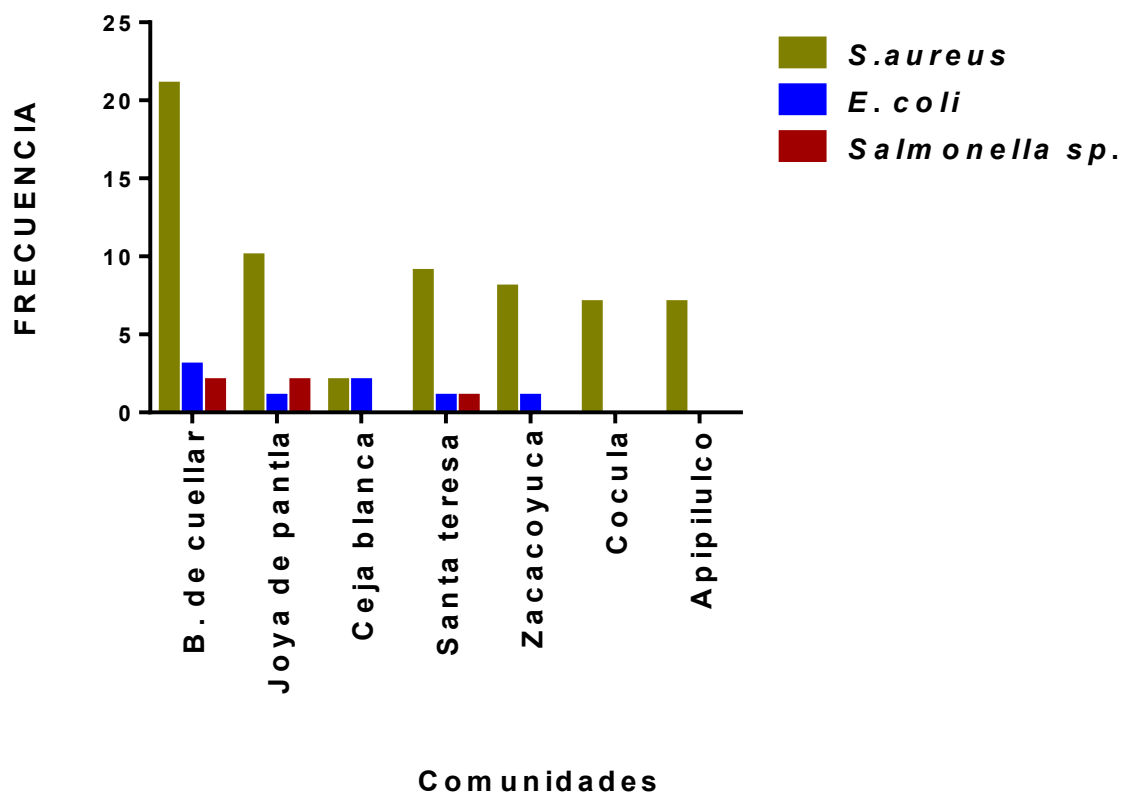
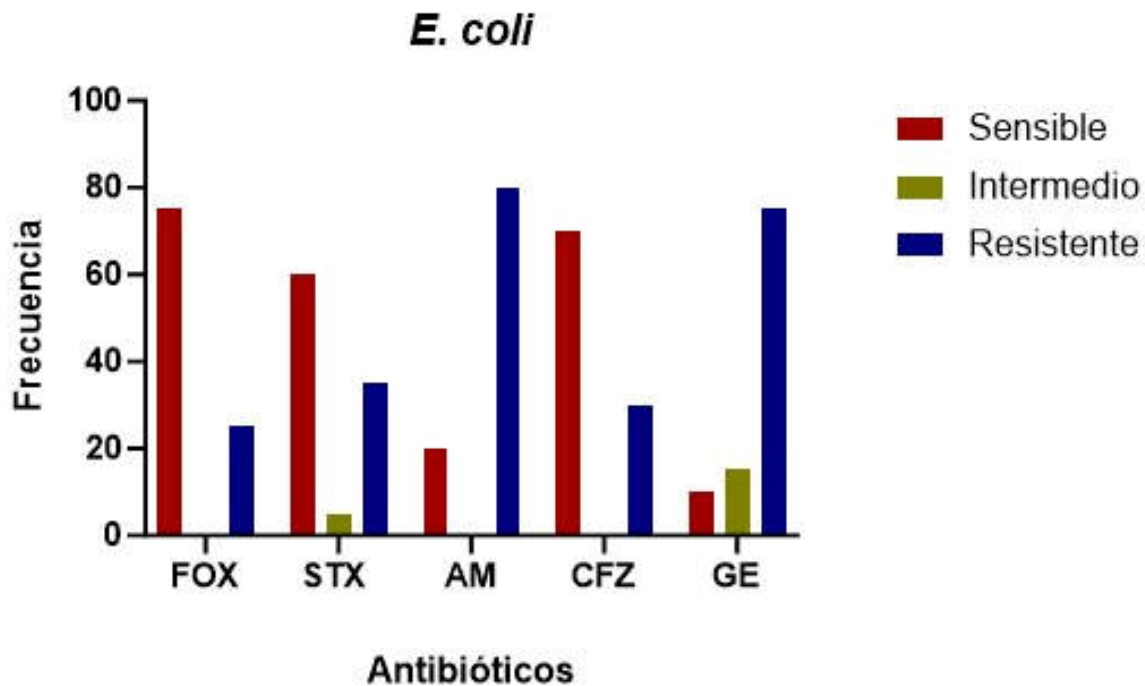


Figura 43. Prevalencia de microorganismos

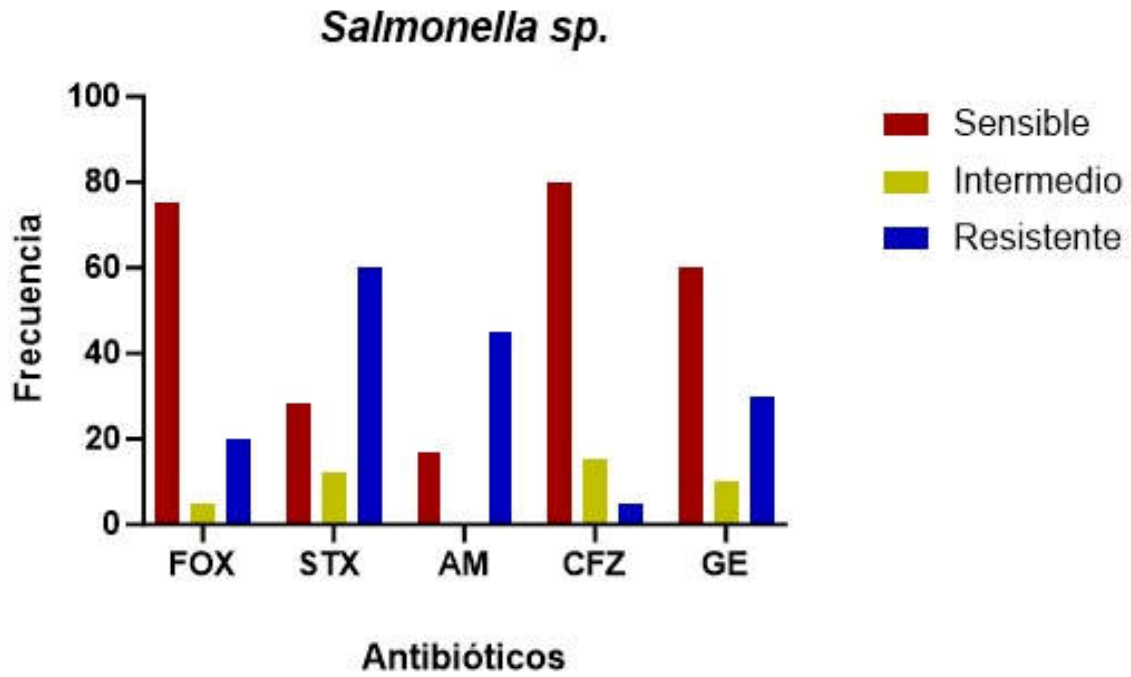
### 5.3.4 Prueba de sensibilidad a antibióticos

Las cepas aisladas de fueron analizadas con el método de difusión en disco de Kirby-Bauer siguiendo las recomendaciones del Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2022). Se tomaron 3-5 colonias de cada cepa previamente identificada, se resuspendieron en 2 ml de caldo soya tripticaseína (TSB) (Merk) estéril y la suspensión bacteriana se homogenizó y se incubó a 37°C por 24 h en baño con agitación (200 rpm). Posteriormente, se colocaron 500 µl del cultivo en 5 ml de solución fisiológica y se ajustó la densidad óptica medida a 600 nm (DO600) de cada mezcla alrededor de 0.084, turbidez equivalente al tubo N° 0,5 de la escala

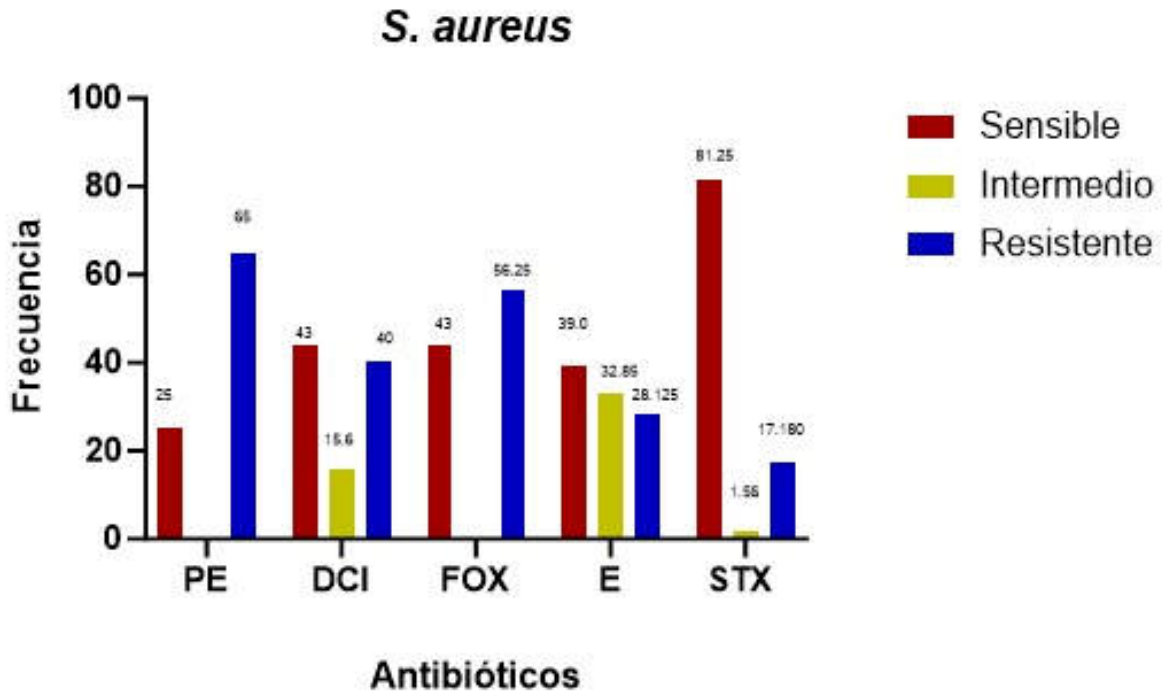
de McFarland ( $1,5 \times 10^8$  ufc/ml). Luego la suspensión se sembró con hisopo estéril en placas contenido 20 ml de agar Muller Hinton (Merk). El porcentaje de resistencia para las cepas aisladas de *S. aureus* (100%), seguido de *E. coli* (12.5%) y en menor frecuencia *Salmonella* (4.6%)



**Figura 44.** Sensibilidad a 5 antibióticos: Ampicilina (AM-10 mcg), Cefaxolim (CFZ-30 mcg) Gentamicina (GE-10 mcg), cefoxitim (Fox- 30mcg) y Trimetoprim-Sulafametoxasol (STX-25 mcg).



**Figura 45.** Sensibilidad a 5 antibióticos: Ampicilina (AM-10 mcg), Cefaxolim (CFZ-30 mcg) Gentamicina (GE-10 mcg), cefoxitim (Fox- 30mcg) y Trimetoprim-Sulafametoxasol (STX-25 mcg).



**Figura 46.** Penicilina (PE-10 U), Eritromicina (E-15 U), Clindamicina (DCI- 2 mcg), cefoxitim (Fox- 30mcg) y Trimetoprim-Sulafametoxazol (STX-25 mcg).

## 5.6 DISCUSIÓN.

La inocuidad alimentaria es la garantía de que los alimentos que consumimos son seguros y no representan un riesgo para la salud de los consumidores. Para poder lograrla se deben implementar medidas y prácticas adecuadas a lo largo de la cadena alimentaria para prevenir la presencia de agentes contaminantes como las bacterias, que pueden causar enfermedades transmitidas por los alimentos. En el presente trabajo de investigación se analizó la inocuidad alimentaria de leche vaca obtenida en siete comunidades en la Región Norte del Estado de Guerrero.

Los resultados obtenidos nos indican que, en todas las comunidades estudiadas, el 100% de la leche producida se encontraba contaminada con *Staphylococcus aureus* (64 aislamientos en 64 muestras de leche obtenidas). Resultados similares a los reportados por Saltos et al., (2016) en la Cooperativa de Producción Agropecuaria Chone donde el 100 % de muestras se encontraron contaminadas por *S. aureus*,

Como lo menciona Pacha *et al.* (2021), la presencia de cepas de *Staphylococcus* en la leche cruda de los tanques de almacenamiento pueden provenir de los recipientes utilizados en las fincas, en donde, si no se realiza una buena desinfección de éstos, esta bacteria puede formar biofilm y serviría como un reservorio de células que, al pasar la leche recién ordeñada, podría arrastrar parte de la comunidad bacteriana del biofilm, incluido los *Staphylococcus*, sin mencionar que las especies del género *Staphylococcus* se les ha asociado con las infecciones de mastitis bovina encontrándose en algunos estudios inclusive en la piel de pezón y en los equipos empleados para el ordeño. También se ha señalado que *Staphylococcus aureus* puede contaminar la leche cruda con el contacto con los recipientes y utensilios empleados en el ordeño y manipulación de la leche, así como por su transmisión a partir de la nariz, ojos, cabello, garganta y manos de ordeñadores portadores de esta bacteria (Albuja *et al.*, 2021), debido a que *S. aureus* es un microorganismo habitual de la piel del ser humano, su presencia en la leche se asocia a una pobre higiene de manos de los ordeñadores antes y durante el periodo de ordeña y puede causar enfermedades gastrointestinales cuando se ingiere a través de alimentos contaminados, entre las cuales se encuentran la intoxicación alimentaria (producida por las toxinas que la bacteria produce) y la gastroenteritis estafilocócica. Si bien es cierto que estas enfermedades suelen ser autolimitantes, pueden llegar a ser mortales si no se atienden a tiempo. Por lo que una correcta técnica de lavado de manos o el uso de gel antibacterial antes y entre cada ordeña ayudaría a reducir la frecuencia de aislamiento de esta bacteria en la leche.

En el caso de las bacterias coliformes, la técnica del número más probable, nos mostró que, en las comunidades de Cocula, Zacacoyuca y Ceja Blanca, el 100% de las muestras obtenidas presentaban contaminación fecal, incluso ocho de estas muestras presentaron valores tan altos de coliformes de aproximadamente > 1100 NMP/ 100 mL. Únicamente se encontraron nueve muestras libres de bacterias coliformes fecales, las cuales se recolectaron en las localidades de Buenavista de Cuellar, Joya de Pantla, Santa Teresa y Apipilulco, considerando que los resultados obtenidos en el conteo de bacterias coliformes en muestras de leche exceden los

límites máximos permitidos por la NOM-243-SSA1-2010 “Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos”, que indica que deberán contener menos de 3 NMP/g por ml de producto y 0 UFC/g de organismos patógenos, como *Salmonella sp* y *S. aureus* esto es un indicador de que hay problemas de contaminación durante el proceso de producción.

Debido a que las bacterias coliformes fecales tienen como hábitat natural el intestino de los mamíferos y, por lo tanto, se encuentran de manera abundante en las heces fecales, su presencia en la leche es indicador de contaminación fecal de la misma.

Esto concuerda con un estudio llevado a cabo por Vargas y Hernández en 2015 en el estado de Tabasco sobre la calidad microbiológica de los quesos, en el que se observó que 41.7 % de las muestras se encuentran contaminadas por coliformes fecales, así mismo también Martínez et al., (2013) señalan en otro estudio llevado a cabo en las industrias lácteas ubicadas en 11 municipios de Colombia, que en 43 muestras de leche cruda, se observó que 66.8% de las muestras tenían niveles no permisibles muy por encima  $<3$  NMP/mL, por lo tanto refieren que la presencia de un alto número de coliformes fecales indica contaminación directa con materia fecal, lo que se atribuye a las malas condiciones higiénicas de las instalaciones, utensilios y manipuladores. Triana (2015) menciona que, se denota el recuento de Coliformes en el ambiente de la sala de ordeño, cuando es deficiente la rutina higiénica en el ordeño y/o higiene del equipo. SENASAG (2011) refiere que, los coliformes fecales son indicadores de la higiene de la rutina de ordeño. Estos microorganismos están presentes en el estiércol y en el medio ambiente. Su presencia en la leche se debe a un deficiente lavado de los pezones o cuando se caen las unidades de ordeño al piso y estas absorben bosta y suciedad del piso, por lo tanto, la presencia de estas bacterias indica falta de higiene.

La FAO (2011) menciona que, la leche es un producto muy susceptible de adquirir olores o sabores extraños y es un medio de cultivo para los microorganismos. Por lo tanto, evitar la contaminación y posterior crecimiento de microorganismos mediante un manejo adecuado de la leche es fundamental para obtener un producto de buena calidad y una mejora en la limpieza de los sitios donde se realiza la ordeña de las vacas reducirá de forma importante su frecuencia de aislamiento en la leche.

Dentro de las bacterias coliformes fecales, *Escherichia coli* es la más abundante y frecuentemente encontrada como contaminante ambiental y alimentario. En este estudio, se logró identificar a *E. coli* en ocho de las 64 muestras analizadas. A pesar de ser una bacteria que forma parte del microbiota intestinal normal, existen algunas variantes diarreogénicas que representan un verdadero problema de salud pública por lo que su presencia en los alimentos representa un riesgo para la salud humana. Dentro del alcance de este estudio no estaba contemplada la caracterización patotípica de las cepas de *E. coli* identificadas en este estudio, pero sin duda alguna es una perspectiva a futuro que debe tomarse en consideración.

De manera preocupante, se identificaron dos cepas de *Salmonella spp* en el presente estudio. Una de ellas en una muestra obtenida en la localidad de Buenavista de Cuellar y la otra en la comunidad de Santa Teresa perteneciente al municipio de Iguala, Guerrero. *Salmonella* es un género de bacterias patógenas ampliamente reconocido por su capacidad para causar enfermedades transmitidas por alimentos en humanos y animales. Este género bacteriano comprende diversas especies, siendo *Salmonella entérica* y *S. typhi* dos de las más conocidas por su impacto en la salud pública. La capacidad de la *Salmonella* para contaminar una amplia gama de alimentos y su resistencia a condiciones adversas la convierten en un desafío significativo para la seguridad alimentaria a nivel mundial.

Otro de los objetivos de la presente investigación fue determinar la presencia de cepas multidrogoresistentes como contaminantes de la leche producida en siete comunidades de la región norte del Estado de Guerrero. Los resultados encontrados muestran que de los 64 aislamientos de *S. aureus* identificados en este estudio, 48 (75 %) mostraron resistencia al menos a una clase de antibióticos, principalmente la penicilina. De estas 48 cepas, 34 cepas mostraron un fenotipo multidrogoresistente, siendo el patrón de multidrogoresistencia penicilina-clindamicina-cefoxitina el más frecuentemente identificado. Solo 16 de 64 cepas de *S. aureus* (25 %) no mostró resistencia a ninguno de los antibióticos probados. Dentro del grupo de aislamientos de *S. aureus*, el trimetoprim con sulfametoxazol fue el antibiótico en el cual se observó una menor resistencia (11 cepas de 64) y,

por el contrario, la penicilina fue el antibiótico en el cual se observó la mayor frecuencia de resistencia (48 de 64 cepas). El fenotipo de multidrogoresistencia encontrado en las cepas de *S. aureus* identificadas en este estudio, es sumamente preocupante, ya presentan un elevado potencial zoonótico.

Dentro del grupo de los coliformes fecales, siete de los ocho aislamientos de *E. coli* mostraron resistencia al menos a uno de los antibióticos probados. La mayor tasa de resistencia se identificó para ampicilina y gentamicina (3 cepas resistentes a cada uno) y la menor tasa de resistencia se observó para el trimetoprim-sulfametoxazol (una cepa), siendo esto último un fenómeno similar al observado en *S. aureus*. En el caso de *E. coli*, ninguna de las cepas identificadas mostró un fenotipo de multidrogoresistencia.

Las dos cepas de *Salmonella spp.* identificadas en este estudio mostraron un fenotipo de resistencia al menos a un antibiótico. Una de estas cepas fue resistente a cefazolina y cefoxitina y la cepa restante únicamente mostró resistencia a la gentamicina.

La capacidad de las bacterias coliformes, *S. aureus* y las bacterias del género *Salmonella* para contaminar una amplia gama de alimentos y su resistencia a condiciones adversas la convierten en un desafío significativo para la seguridad alimentaria a nivel mundial. Su estudio y comprensión son fundamentales para prevenir brotes de enfermedades transmitidas por alimentos y promover prácticas de manipulación y preparación de alimentos más seguras.

## 5.7 LITERATURA CITADA

- Bergaglio, J. P., & Bergaglio, O. E. (2020). Contaminación de alimentos por *Escherichia coli* y la inocuidad alimentaria como eje fundamental. INNOVA UNTREF. <https://www.revistas.untref.edu.ar/index.php/innova/article/view/596/585>

- Reyes-Solórzano, S. J. (2017). Circunspecciones acerca de las enfermedades producidas por alimentos. *Dominio De Las Ciencias*, 3(1), 299–310. <https://doi.org/10.23857/dc.v3i1.394>
- Fernández, S., Marcía, J., Bu, J., Baca, Y., Chavez, V., Montoya, H., Varela, I., Ruiz, J., Lagos, S., & Ore, F. (2021). Enfermedades transmitidas por Alimentos (Etas); Una Alerta para el Consumidor. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(2), 2284–2298. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i2.433](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i2.433)
- Barreto - Argilagos, G.; Sedrés - Cabrera, M.; Rodríguez - Torrens, H.; Guevara - Viera, G. (2010). Agentes bacterianos asociados a brotes de Enfermedades Trasmitidas por Alimentos (ETA) Camagüey, Cuba, durante el período 2000 - 2008. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 11(2).
- Rodríguez Torrens, Herlinda, Barreto Argilagos, G, Sedrés Cabrera, Martha Bertot Valdés, J. (1); Martínez Sáez, S. Guevara Viera, G. (2015) The foodborne diseases, a health problem inherited and increased in the new millennium, 8(16) 1-27.
- Martínez-Vasallo, A., Ribot-Enríquez, A., Villoch-Cambas, A., Montes de Oca, N., Remón-Díaz, D., & Ponce-Ceballo, P. (2017). Calidad e inocuidad de la leche cruda en las condiciones actuales de Cuba. *Revista de Salud Animal*, 39(1), 51–61.
- Cortés-Higareda, M., Bautista-Baños, S., Ventura-Aguilar, R. I., Landa-Salgado, P., & Hernández-López, M. (2021). Bacterias patógenas de los alimentos agrícolas frescos y mínimamente procesados. Estado actual en el control del género salmonella. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 22(1).
- Producción y productos lácteos: Peligros para la salud. (n.d.). [Www.fao.org](http://www.fao.org). <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/peligros-para-la-salud/es/>

