

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE AGROPECUARIA

**Tema: “Determinación del punto de corte de la conductividad eléctrica de la leche para el diagnóstico de mastitis subclínica bovina en la parroquia de Tufiño”**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del  
título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR: Potosi Miño Daniel Fernando

TUTOR: Dr. Balarezo Urresta Luis, PhD.

Tulcán, 2025.

## **CERTIFICADO DEL TUTOR**

Certifico que el estudiante Potosi Miño Daniel Fernando con el número de cédula 1758706681 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Determinación del punto de corte de la conductividad eléctrica de la leche para el diagnóstico de mastitis subclínica bovina en la parroquia de Tufiño"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva

---

Dr. Balarezo Urresta Luis, PhD.

**TUTOR**

Tulcán, marzo de 2025

## AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Potosi Miño Daniel Fernando con cédula de identidad número 1758706681 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink, reading "DANIEL FERNANDO POTOSI MIÑO". The signature is stylized with large, overlapping loops and a horizontal line across the middle.

---

Potosi Miño Daniel Fernando

**AUTOR**

Tulcán, marzo de 2025

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Potosi Miño Daniel declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Determinación del punto de corte de la conductividad eléctrica de la leche para el diagnóstico de mastitis subclínica bovina en la parroquia de Tufiño" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, reading "FERNANDO Potosi Miño". The signature is stylized with large, overlapping loops and a horizontal line across the top.

---

Potosi Miño Daniel Fernando

**AUTOR**

Tulcán, marzo de 2025

## AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida, la paciencia y el entendimiento, por guiar mis pasos y darme la fortaleza para poder seguir adelante cumpliendo cada una de las metas presentes y por llegar, agradezco a Dios que haya estado siempre a mi lado batallando gracias por siempre mirarme con ojos de amor.

A mis padres por su apoyo y todo el esfuerzo que hacen a diario. También agradezco a mis hermanos por sus oraciones, sus deseos y sobre todo por impulsarme a creer en mí.

Agradezco a mis abuelos por su amor incondicional, la sutil manera de expresar su cariño y brindarme los cálidos abrazos desde que tengo memoria, gracias por confiar en mí, los amo.

Quiero expresar mis agradecimientos a Mikal Chaves, Mishelle Riascos y Carolina Velasco por aportar significativamente a que la presente investigación se pueda realizar, de verdad muchas gracias, siempre las recordaré.

Agradezco al Dr. Luis Balarezo, al Mg. Marcelo Ibarra y al Dr. Martín Campos por el profesionalismo y la experiencia que fueron clave para el desarrollo de la presente investigación.

A todas gracias.

Daniel Fernando Potosi Miño

## DEDICATORIA

A mis padres, Wilson Erney Potosi y Claudia Janeth Miño, por enseñarme a nunca rendirme, a luchar por mis sueños, a ser constante, por enseñarme a apreciar los momentos plenos y afrontar las situaciones por difíciles que sean, y sobre todo que aprenda a confiar en Dios y sus procesos que estarán presentes en toda mi vida. Este logro es de ustedes.

A mis Hermanos, David y Sarita, por su constante apoyo, consejos y palabras alentadoras que me motivan a salir adelante.

A mis abuelitos, mis queridos Estella Benavides y Luis Miño, por la permanencia y el amor que siempre me han dado desde que era un niño.

Con cariño a quienes ya no están físicamente presentes, pero siguen vivos en mis memorias como los recuerdos que alegran el alma a Dino y Pola, quienes siguen por el sendero de la vida alegrando los corazones de quienes les recordamos como los seres que abrigaron nuestro hogar.

Al proceso que trajo consigo altos y bajos pero que siempre me forjó para que pueda afrontar las situaciones difíciles y poder superarme, al éxito logrado hasta el momento, y a las canciones presentes en mi vida académica por parte de La Máquina Camaleón y Lolabúm siempre les recordare como las canciones que despertaron muchas emociones en mí.

Daniel Fernando Potosi Miño

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	11
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>I. EL PROBLEMA</b> .....	13
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	13
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	15
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	15
<b>1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	16
1.4.1. Objetivo General .....	16
1.4.2. Objetivos Específicos .....	16
1.4.3. Preguntas de Investigación .....	17
<b>II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	18
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	18
<b>2.2. MARCO TEÓRICO</b> .....	22
2.2.1. Mastitis.....	22
2.2.1.1. Agente causal .....	23
2.2.1.2. Patógenos que causan mastitis contagiosa.....	24
2.2.1.3. Patógenos ambientales.....	24
2.2.1.4. Patógenos oportunistas .....	25
2.2.1.5. Patógenos mayores y menores.....	25
2.2.1.6. Patogenia.....	26
2.2.1.7. Tipos de mastitis .....	28
2.2.1.8. Síntomas .....	29
2.2.1.9. Factores de riesgo asociados.....	31
2.2.2. Conductividad eléctrica en la leche (ce) .....	32

2.2.3. Milk checker oriental instrumens modelo n-4l .....	34
2.2.4. California test mastitis (CMT) .....	36
2.2.5. Prevalencia .....	37
2.2.7. Punto de corte .....	38
2.2.8. Correlación.....	39
2.2.9. Parroquia de Tufiño.....	39
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO .....</b>	<b>41</b>
3.1.1. Enfoque .....	41
3.1.2. Tipo de Investigación.....	41
<b>3.2. HIPÓTESIS .....</b>	<b>41</b>
<b>3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....</b>	<b>43</b>
<b>3.4. MÉTODOS UTILIZADOS .....</b>	<b>44</b>
3.4.1. Localización del experimento .....	44
3.4.2. Descripción y caracterización del ensayo .....	44
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>46</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1. RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
<b>4.2. DISCUSIÓN .....</b>	<b>52</b>
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>55</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Generalidades del equipo de conductividad eléctrica .....	35
Tabla 2. Criterio de interpretación de CMT en campo .....	37
Tabla 3. Matriz de Operacionalización de variables .....	43
Tabla 4. Criterios de comparación de la conductividad eléctrica con CMT .....	47
Tabla 5. Criterio de evaluación para el punto de corte de CE con la curva ROC ....	47
Tabla 6. Valores de criterio y coordenadas de la curva de ROC y determinación de punto de corte del equipo de Conductividad eléctrica.....	48
Tabla 7. Análisis Kappa .....	49
Tabla 8. Kappa CMT y equipo C.E.....	49
Tabla 9. Kappa CMT y Equipo C.E ajustado .....	49
Tabla 10. kappa Equipo C.E y Equipo C.E ajustado.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rutas de transmisión bacteriana durante el ordeño .....	23
Figura 2. Glándula mamaria bovina. Se evidencia los factores celulares y estructurales que participan en la respuesta inmune .....	27
Figura 3. Equipo Milk Checker mod n- 4L .....	34
Figura 4. Parroquia de Tufiño.....	44
Figura 5. Área bajo la curva ROC del equipo de CE.....	48
Figura 6. Toma de muestra por cuarto .....	61
Figura 7. Análisis con equipo de C.E.....	61
Figura 8. Equipo de C.E y CMT .....	62
Figura 9. Método de CMT.....	62
Figura 10. Equipo y materiales de recolección de datos.....	62

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC.....	59
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.....	60

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el punto de corte de la conductividad eléctrica (CE) para el diagnóstico de mastitis subclínica en los hatos ganaderos de la parroquia de Tufiño. Para poder realizarlo se tomó un total de 3040 muestras de leche de las diferentes fincas de la parroquia, las muestras fueron analizadas con el modelo Milk Checker N 4L y con el método tradicional CMT para después realizar el análisis del área bajo la curva de ROC. El punto de corte de la conductividad eléctrica es de  $>4$  valor que indica que toda muestra mayor a cuatro corresponde a mastitis subclínica con una sensibilidad y especificidad de 100.00 y 98.23 respectivamente. La prevalencia de mastitis subclínica en la parroquia de Tufiño fue 21.32% mediante el método de conductividad eléctrica. La relación que guarda la prueba de Conductividad Eléctrica respecto a la prueba estándar como es el California Test Mastitis (CMT) es de  $Kappa = 0.906$  (90%), valor que indica que la concordancia es casi perfecta.

**Palabras Claves:** Mastitis subclínica, Milk Checker, conductividad eléctrica, CMT, Kappa, Concordancia

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the electrical conductivity (EC) cutoff point for diagnosing subclinical mastitis in dairy herds in the parish of Tufiño. To achieve this, a total of 3.040 milk samples were collected from various farms in the parish. The samples were analyzed using the Milk Checker N 4L device and the traditional California Mastitis Test (CMT). Subsequently, a receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was performed. The results indicated that the electrical conductivity cutoff point is  $>4$ , meaning that any sample with a value above four corresponds to subclinical mastitis, with a sensitivity of 100.00% and a specificity of 98.23%. The prevalence of subclinical mastitis in the parish of Tufiño, as determined by electrical conductivity, was 21.32%. Additionally, a nearly perfect agreement was found between the electrical conductivity test and the standard test (California Mastitis Test), with a Kappa coefficient of 0.906 (90%).

**Keywords:** Subclinical mastitis, Milk Checker, electrical conductivity, CMT, Kappa, Concordance.

## INTRODUCCIÓN

La mastitis es una enfermedad importante para los bovinos de leche, su caracterización radica en la inflamación de la glándula mamaria y las alteraciones químicas y físicas en la leche. Esta enfermedad destaca a nivel mundial y es conocida por las enormes bajas en producción y pérdidas económicas que ocasiona al pequeño y gran productor. Existe la mastitis clínica que se caracteriza por su fácil detección por síntomas propios de la anomalía y por los cambios en la secreción de leche por otro lado está la mastitis subclínica que puede ser detectada con procesos de medición o con pruebas como son el CMT, prueba de conductividad eléctrica y conteo de células somáticas hasta incluso en condiciones de laboratorio. La leche posee características fisicoquímicas que son constituyentes bases para lograr un buen diagnóstico respecto a la enfermedad subclínica, dichas características ayudan a realizar pruebas que se basan en la detección temprana como son el contenido celular de la leche y las encaminadas al daño tisular, irregularidades y alteraciones en la permeabilidad y conductividad eléctrica (CE) (López, 2022).

La conductividad eléctrica es una técnica que se usa desde hace muchos años para monitorear la presencia de anomalías en la leche, debido a que esta posea minerales que al verse alterados la composición de la leche también cambia gracias a las concentraciones de iones que se encuentran en la leche. Las anomalías reflejan cambio de la CE en la leche principalmente ligados al aumento del sodio, cloruro cuando existe una infección bacteriana y se disminuye los iones de potasio y lactosa, por otro lado, el pH va en aumento. El sodio y el cloruro se ven en aumento en los cuartos afectados por la infiltración durante el proceso de inflamación, la CE fluye de manera más fácil de un cuarto contaminado con mastitis gracias a su mayor contenido iónico (Pérez y Tarafa, 2017).

## I. EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mastitis causa un gran impacto en la economía de los ganaderos por medio de los costos directos e indirectos. Dentro de los costos directos está la leche que no es apta para venta o consumo, la indumentaria, fármacos y servicios de médicos veterinarios. Por otro lado, tenemos los costos indirectos que se encuentran estrechamente relacionados por sanciones al incremento en el conteo de células somáticas y baja calidad de la leche, baja producción de leche debido al daño causado en la ubre o por mastitis subclínica, horas extras de trabajo en la mano de obra cuando se presentan casos de mastitis, hembras con vida reproductiva corta y reemplazo prematuro que conlleva una pérdida del material genético. Para que una leche sea de buena calidad debe cumplir con las expectativas nutricionales, sanitarias y organolépticas del consumidor final puesto que este es quien paga por una leche de buena calidad (Cruz *et al.* 2018).

La mastitis bovina es la enfermedad con gran impacto a los costos de los productores de leche alrededor del mundo y además es un problema muy común en el sector lácteo. A pesar de todo el avance tecnológico y científico que se ha desarrollado en esta área, la mastitis se encuentra en la gran parte de granjas y fincas dedicadas a la producción láctea. Con un 30.0% del costo total que presenta la mastitis con relación a otra enfermedad, las pérdidas que causa se estiman en billones de dólares americanos. Las causas que afectan a la calidad de la leche y mal uso de equipos de buena calidad para el ordeño, de igual manera el no identificar a tiempo el agente causal de mastitis o reaccionar tarde ante la presencia de esta ignorando los controles y tratamientos en los animales contaminados (Ormanza y Rueda, 2021).

En la actualidad la mastitis se considera una enfermedad que afecta la salud pública de las personas, por la razón de uso excesivo de antibióticos aplicados a los animales contaminados con mastitis. Estos antibióticos afectan de manera significativa a la cantidad y calidad de la leche, también como a los productos derivados de la misma reduciendo el tiempo de la conservación, sabor y aroma echando a perder la leche

(producción láctea), por esta razón se considera que el impacto a la industria lechera es muy significativo. Adicional a esto el uso indiscriminado de los fármacos, la falla en el manejo y un plan sanitario, la falta de conocimiento de esta enfermedad da como consecuencia una resistencia bacteriana, pérdidas de los cuartos, descarte y sacrificio de los animales a temprana edad ocasionando un impacto significativo a la economía de los ganaderos (Martínez, 2015).

En la provincia del Carchi, el 39.9% de las vacas lecheras en producción de los ganaderos tienen problemas en el control y detección temprana de mastitis bovina, el problema radica en descuidos del pequeño y mediano productor en las buenas prácticas de ordeños que abarcan pasos a seguir en el pre-ordeño, durante el ordeño y post-ordeño. La mastitis afecta al ganadero económicamente a través de costos directos e indirectos (Ormanza y Rueda, 2021).

Según (Cruz *et al.* 2018) Señala que el 90% de la mastitis es producida por deficiencias en el ordeño, lo que significa que esta enfermedad se produce en condiciones favorables que el mismo ganadero le facilita entre ellas tenemos: mal ordeño, escasa asepsia en el área de ordeño, no separar los animales contaminados de los sanos, no tratar, no identificar de manera temprana, ni controlar la enfermedad y no brindar las dosis necesarias para cada animal. Por estas razones la mastitis subclínica sigue siendo la enfermedad silenciosa más costosa de la provincia del Carchi.

La detección tradicional se hace de forma subjetiva a través de la técnica de CMT, a razón de que la forma aproximada para la detección es variable y puede aumentar mediante su transformación logarítmica. CTM se considera un método tradicional que permite un conteo de células y su empleo es poco eficiente y costoso, adicional a esto el gran tiempo invertido en los hatos lecheros, el conteo de células somáticas ha sido utilizado para cuadros de determinación de mastitis clínica y subclínica y los autores reportan que los conteos mayores a 200.000 cs/ml para determinar mastitis subclínica (Carvajal, 2019).

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el punto de corte de la conductividad eléctrica de la leche para el diagnóstico de mastitis subclínica bovina ni la correlación entre la conductividad eléctrica y la detección de mastitis por el método tradicional CMT? en la parroquia de Tufiño?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La mastitis es una enfermedad con mayor prevalencia en el ganado lechero y es una de las enfermedades más importantes que afecta mundialmente a la industria láctea, ocasiona grandes pérdidas económicas debido a la disminución en el rendimiento y la calidad de la leche. Para definir un tratamiento óptimo para la mastitis es importante conocer la prevalencia de mastitis en las fincas lecheras de la ciudad de Tulcán con el fin de conocer el porcentaje o el número de vacas contaminadas o positivas para mastitis, adicional a esto se debe identificar las causas que generan baja producción de la leche y la disminución de la calidad nutricional. Conocer los animales contaminados en una finca ayudará a comprobar si realmente se están realizando las buenas prácticas de ordeño y siguiendo al pie de la letra el manejo sanitario (Ormaza y Rueda, 2021).

La mastitis ocasiona pérdidas de leche en los hatos de hasta un 75% de un total de producción diaria por vaca. Esta enfermedad es de origen multifactorial y ocasiona enormes pérdidas en las granjas lecheras, adicional a esto se juega la vida del animal alterando su estado y su bienestar. La mastitis se caracteriza por su gran impacto de incidencia y muy influyente sobre los costos de producción de los hatos lecheros. El bienestar animal y la inocuidad de la leche en las fincas puede mejorar y gracias a los mecanismos de detección temprana de enfermedades de los cuales los más comunes son california test mastitis (CTM), conteo de células somáticas (CCS) y el cultivo bacteriano. Estos métodos son costosos y requieren de lapsos de tiempo y esto ocasiona que no se implementen en las granjas. Existen métodos de fácil medición para detectar mastitis que se basan en la conductividad eléctrica de la leche (CE), la producción de leche y otras variables propias del animal, el conteo de células somáticas (CCS) es un método muy utilizado en todo el mundo y en muchas investigaciones sobre mastitis, se usa como un método confiable y versátil, además de ser una herramienta útil que valida herramientas u otros artefactos que usan variables de predicción como: la conductividad eléctrica (CE), la producción láctea

de un hato y factores asociados propios del animal. Esto logra un resultado óptimo y preciso para evitar que el costo de diagnóstico de la infección sea alto y que ocasione pérdidas en el rendimiento por la detección temprana de la enfermedad (Estrada, 2019).

La mastitis induce a una reducción en la producción láctea diaria, que alcanza hasta un 75% del total de la producción, esta infección se la cataloga como una enfermedad de gran importancia en las pérdidas de las fincas lecheras y su componente relacionado con el bienestar de los animales. La inocuidad de la leche y los estándares de calidad se pueden mejorar gracias a los sistemas de detección de infecciones intramamarias como la mastitis (Carvajal, 2019).

La importancia de la conductividad eléctrica en la leche está ligada al aumento en el conteo de las células somáticas que es proporcional a un mayor valor en las concentraciones de iones en disolución como: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>. Esta variable ha sido utilizada como una forma rápida para la detección de mastitis con dispositivos que se encuentran en el mercado como son el Ecomilk y Milk Checker. Se usa la conductividad eléctrica (CE), como predictor de la infección y se ha encontrado evidencia de que los dispositivos que miden conductividad eléctrica se aproximan a un 50% de la detección de casos de manera correcta, estos resultados pueden mejorar analizando las muestras de los cuartos de forma independiente y que la relación de esta variable con la del conteo de células somáticas en línea puede mejorar y tener de manera las acertada la interpretación de CE (Carvajal, 2019).

#### **1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

##### 1.4.1. Objetivo General

Determinar el punto de corte de la conductividad eléctrica de la leche para el diagnóstico de mastitis subclínica bovina en la parroquia de Tufiño.

##### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Correlacionar los métodos de identificación de mastitis subclínica por medio de conductividad eléctrica con el método tradicional CMT.
- Determinar la prevalencia de mastitis subclínica en la parroquia de Tufiño por medio del método de conductividad eléctrica.
- Determinar la sensibilidad y especificidad del método de conductividad eléctrica en leche.

#### 1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es la correlación que existe entre los métodos de mastitis subclínica de conductividad eléctrica con el método tradicional CMT en la parroquia de Tufiño?
- ¿Cuál es la prevalencia de mastitis subclínica en la parroquia de Tufiño?
- ¿Cuál es la sensibilidad y especificidad del método de conductividad eléctrica en la leche?
- ¿Cuál es el punto de corte de la conductividad eléctrica de la leche para el diagnóstico de mastitis subclínica bovina en la parroquia de Tufiño?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Reinoso (2017) en su investigación "Comparación de Conductividad Eléctrica de la leche con examen directo de la leche y California Mastitis Test" en Chile se realizó la investigación bajo confinamiento a vacas primíparas y multíparas un total de 830 vacas, se seleccionaron vacas como positivas y negativas con la variación de conductividad eléctrica para posteriormente realizar el examen directo de la leche y el CMT, se compara los métodos diagnósticos y los valores obtenidos mediante la prueba de chi cuadrado. Para la variable de conductividad eléctrica se determinó la sensibilidad y especificidad considerando pruebas de referencia el CMT, donde la población presento un 72.0% de sensibilidad y un 38.6% de especificidad en diagnóstico de mastitis clínica y como método diagnóstico de mastitis subclínica se observó una sensibilidad de un 62.3% y una especificidad de un 38.2% de la población estudiada. Finalmente, con los datos obtenidos se realiza las curvas de ROC y presentan resultados que concluyen que el punto de corte de la prueba de conductividad eléctrica tiene un valor que oscila entre 6.0 y 10, además que el método de conductividad eléctrica es útil pero no puede ser la única herramienta diagnóstica dado que existen diversos factores que pueden influir en la salud de la glándula mamaria.

Por otro lado (Ustaríz, 2023) en su investigación en Playa Ancha muestra su estudio en una granja con 53 animales, donde realizo la toma de muestras semanalmente durante el ordeño con el fin de detectar mastitis subclínica con un instrumento medidor de conductividad eléctrica (CE) calibrado para la raza de origen holandés (Holstein). Los datos se muestrearon durante ocho semanas con un total de 16 tomas, se procede a realizar el análisis estadístico que muestran resultados relevantes sobre la presencia de la infección o mastitis subclínica. De la muestra total que fue 53 vacas el 28% fueron positivos y el 72% casos negativos indicando que la CE es muy eficaz como método diagnóstico para la mastitis subclínica, como recomendación se plantea realizar la prueba mensualmente para poder cuantificar la incidencia y para

prevenir la mastitis clínica. Del total de las muestras evaluadas, 15 fueron vacas positivas (28%) que corresponde a la prevalencia de mastitis subclínica.

Maldonado *et al.* (2022) en su investigación "Diagnóstico de Mastitis Subclínica Mediante Tres Métodos para el Control y Tratamiento en Bovinos de Leche Holstein" donde se muestreo 16 vacas en el mismo momento por cada método en horas de la madrugada y en la tarde (doble ordeño) con el fin de identificar cual es el modelo más eficaz para la detección. Una vez recolectado los datos de incidencia de los hatos se procede a identificar cuáles son vacas positivas y cuales cuartos están afectados para poder tomar la muestra para el respectivo cultivo. De acuerdo con los resultados arrojados en el hato ganadero de vacas en producción (16) en la estación experimental Tunshi, se logra identificar cuál de los tres métodos determina mejor la incidencia de mastitis es el CMT con 87.5% y el Milk Checker con 81.25% y el ultimo método con 12.5% corresponde a Draminski. Para determinar la eficacia de los tres métodos se logra conocer que el CMT obtuvo un 92.18% de muestreo correctos respecto a el Milk Checker con 89.05% y Draminski con 65.62% y que las pruebas incorrectas con el Milk Checker es del 19.93% siendo la intermedia de los tres métodos. Con esto se puede concluir que el método más eficaz es el CMT dado que es valorado según la apariencia de la leche y gracias a su variabilidad es posible dar una interpretación, a pesar de que es una prueba subjetiva puesto que el resultado o el criterio de evaluación lo determina el encargado de hacer la prueba.

Fosgate (2019) en su experimento lograr comparar la sensibilidad y especificidad de la conductividad eléctrica (CE) de la leche con la prueba de CMT en ganado comercial en Sudáfrica, recolecto 1848 muestras de cada cuarto de 173 vacas de diversas edades. El análisis y el objetivo de estudio demuestra otra variable importante que genera la prevalencia general a nivel de vaca que fue del 54% según el análisis de clase latente bayesiana. El CMT fue el método más preciso para el conteo de células somáticas, pero al realizar un análisis BLC surgió un beneficio general del CMT sobre la CE, con una evidencia del 0.257 donde se conoce que el punto de corte para la CE es  $>25$  ms/cm y que el 89.9% para la sensibilidad y del 86.8% para la especificidad del método por CE. Para el método de CMT se conoce el punto de corte positivo débil y con valores de sensibilidad y especificidad del 94.4% y 77.7% respectivamente.

Para (Avellán *et al.* 2019) en su investigación realizada en el cantón Rocafuerte en Manabí determinaron la prevalencia de mastitis subclínica en 280 vacas en producción durante seis meses en diversos hatos lecheros, para conocer la prevalencia se realizó la prueba de CMT donde los resultados obtenidos muestran que existe una prevalencia de la infección en vacas de un 38.57% , los resultados en los cuatro cuartos fueron del 15.76% de prevalencia de mastitis en manera subclínica y los resultados por cuarto individual se conoce que la prevalencia varía entre 12.86% a 19.29%. El valor de prevalencia para Rocafuerte fue alto y se ve relacionado con problemas de manejo, asepsia del hato, rutina de ordeño y problemas sanitarios que afectan y provocan la pérdida láctea de los hatos productores del sitio, más aún alteran con el bienestar de las vacas.

Ormanza y Rueda (2021) en su investigación cuyo objetivo fue determinar la prevalencia, agentes causales y los factores de riesgo asociados a la mastitis bovina en Montufar, provincia del Carchi se realizó la prueba común de campo CMT a 386 vacas en etapa productiva de 70 UPAs. La prevalencia de mastitis bovina en el cantón fue del 35.71% de las fincas objeto de estudio, de las cuales el 18.58% corresponde a mastitis subclínica y el 14.28% a mastitis clínica y el 2.85 a mastitis crónica.

Da costa *et al.* (2016) desarrollaron su investigación en granjas lecheras del norte de Paraná, en Brasil donde evalúan diferentes métodos de diagnóstico rápido para la mastitis subclínica con un medidor de conductividad eléctrica (CE) y se hizo la comparación o eficacia del método con la prueba estándar como es el CMT y con el conteo de células somáticas (CCS). El dispositivo portátil Milk checker usa las variables de conductividad eléctrica absoluta (ACE) que indica el valor real de la CE de la vaca o cuarto, también está la variable de conductividad eléctrica diferencial (DCE) que indica la diferencia entre el valor absoluto encontrado y el valor más bajo del mismo (ACE) que es considerado como cero. Para el objeto de estudio se analizaron 941 cuartos de 259 vacas Holstein y jersey de 4 granjas lecheras en la cuales se les midió la conductividad eléctrica (CE) con el dispositivo portátil donde se evaluó de manera correcta el 54.8% de las muestras (445 positivas a mastitis subclínica) y 250 libre de la infección, mientras que la evaluación con el CMT. Del total de muestras evaluadas y que son positivas con una conductividad eléctrica, el 19.7%

se clasificó gracias al CMT con un valor de 2 (dos) y el 24.7% con un valor de 3 (tres). Para los resultados negativos (496 muestras) indican una baja relación entre la CE y CCS apenas del  $r=0.14$  y para la relación de CE con el CMT muestran un valor de  $r=0.17$  dado a esto se generó los resultados falsos positivos y falsos negativos de la mastitis subclínica en las granjas.

De la Cruz (2013) en su investigación "Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el laboratorio de calidad de leche de la UPS" con 124 muestras de leche, hace enfoque en la correlación de los métodos más usados para la detección de mastitis subclínica bovina para poder predecir el conteo de células somáticas gracias el CMT y la CE para esto se usa un modelo lineal que permita conocer la relación de los métodos. En la investigación se hace la toma de muestras previa desinfección del ubre y despunte, se colecta en un frasco y se lleva al laboratorio. Para realizar el análisis de CE se calienta las muestras a  $42\text{ }^{\circ}\text{C}$  en baño maría y se baja la temperatura a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  para proceder a la lectura de la CE, se llena la muestra en un recipiente y se introduce el electrodo del conductímetro, se observa el valor del análisis digitalmente. En los resultados se indica el coeficiente de Pearson ( $r$ ) para CCS y CMT es de 0.71 y el de determinación es de 0.51 con una asociación del 51% entre ambos métodos, por otro lado, la relación de CCS y CE  $r=0.62$  y el coeficiente de determinación es de 0.39 lo que significa que la asociación de los métodos es del 39%. También se conoce la correlación simple entre CE y CMT que es del  $r=0.56$  y el coeficiente de determinación 0.31 con una asociación del 31% entre estos dos métodos. Para la sensibilidad y especificidad del método de CE se establece que el 48.39% (60 vacas) como casos negativos y el 51.61% (64 vacas) son casos positivos.

Fosgate *et al.* (2013) en su investigación sobre la "Sensibilidad y especificidad de un medidor de conductividad eléctrica de leche portátil en comparación con la prueba de mastitis de California para mastitis en ganado lechero" donde recolectaron 1848 muestras de leche durante seis visitas al hato ganadero de Sudáfrica. Los resultados muestran que el CMT es más preciso que la CE para el criterio de evaluación del conteo de células somáticas  $>200.000/\text{ml}$  y de manera general la correlación existente muestra un  $p$ -valor 0.257, un punto de corte para la CE de  $>25\text{ ms/cm}$  concluyendo que la CE es útil para detectar muestras lácteas contaminadas.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

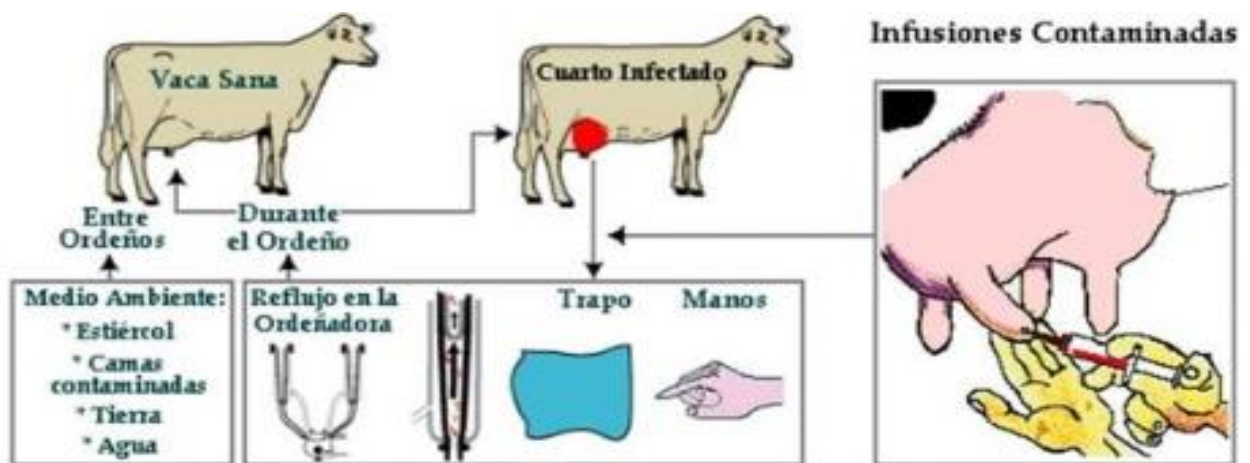
### 2.2.1. Mastitis

El origen de la palabra mastitis proviene del griego donde se separa en dos palabras "mastos" que significa mamas e "itis" que significa inflamación, la mastitis es una inflamación de la glándula mamaria que puede ser muy grave o leve para el animal, pero puede desencadenar lesiones, irritaciones y traumatismos. La mastitis es la enfermedad que tiene un gran impacto económico en los hatos lecheros, su porcentaje puede ir desde el 2% hasta un 30% de pérdidas representativas (Araúz, 2002).

Según (Cobirka, 2020) en su artículo llamado "Epidemiología y Clasificación de la mastitis" y citando a Ruegg escribe que la mastitis se manifiesta como una reacción de inflamación de la glándula mamaria que en la actualidad es una de las enfermedades más representativas que afectan al ganado lechero, aproximadamente el 60% y 70% de los antibióticos más comercializados y usados en las granjas son para prevenir, tratar y curar la mastitis. La infección Mamaria o mastitis causa que la producción láctea disminuya y por ende los ingresos de ellos ganaderos. La mastitis puede verse relacionada con la zoonosis por enfermedades asociadas con toxinas alimenticias presentes en leche no pasteurizada, por esta razón no se recomienda el consumo directo de la leche en estado crudo debido a la gran posibilidad de contaminación con microorganismos patógenos. La inflamación se determina como reacción del tejido frente a una lesión, en los casos de mastitis causada por bacterias se encuentra *Escherichia coli*, *Streptococcus uberis* y *Staphylococcus aureus* que infectan la glándula mamaria, en algunos hatos la infección resulta ser muy grave cuando la causa los SNC estafilococos coagulasa negativos.

La mastitis bovina es la respuesta a la inflamación de uno o varios cuartos del animal, esta enfermedad se ocasiona como una respuesta por parte de los tejidos que producen leche gracias a la lesión traumática o el factor principal que es la contaminación por presencia de microorganismos que han ingresado a la ubre de la vaca. También se presenta como el resultado de la interrelación de diversos agentes causantes como puede ser el humano, los demás animales, el entorno, el medio ambiente, los patógenos y el manejo del hato. La mastitis bovina puede ser causada por problemas asociados al manejo y crianza de los animales que se encuentran bajo

condiciones de escasa asepsia, así como también del manejo incorrecto del ganado antes, durante y después del ordeño, existen procesos mecánicos inadecuados que son responsables de la contaminación por patógenos que ingresan al tejido mamario del animal como se observa en la Figura 1. La mastitis puede causar malestar, presión y dolor en las vacas productoras de leche, rompiendo la barrera del bienestar animal, dicho malestar ocasiona las bajas de producción diaria, la calidad física del animal, por otro lado, la carga bacteriana se ve en ascenso lo que perjudica y altera la composición química y física de la leche. Dentro de las enfermedades que puede desencadenar la mastitis está la fibrosis, edema inflamatorio, atrofia o rompimiento del tejido, abscesos, gangrena en casos avanzados hasta el punto de considerar una amputación del cuarto mamario o amputación total de la urbe (Ormanza y Rueda, 2021).



**Figura 1.** Rutas de transmisión bacteriana durante el ordeño

**Fuente:** Agrobot (2023)

#### 2.2.1.1. Agente causal

En la glándula mamaria bovina se han logrado identificar más de 100 especies, incluyendo serovariedades microbianas, gracias a las técnicas de microbiología permite la identificación de muchos agentes patógenos que afectan a la glándula mamaria provocando mastitis. Muchos de estos microorganismos causantes de la infección se han separado en patógenos contagiosos y ambientales, de acuerdo con su asociación con la patología y a su forma de causar infección oportunista, persistente o transeúnte. Todo depende del ambiente, su repertorio y como afecta al cuarto contaminando con la infección. También se pueden encontrarse grupos de patógenos oportunistas que atacan cuando los mecanismos de defensa de la vaca

son muy bajos o cuando invaden la glándula mamaria al momento de realizar un proceso o tratamiento intramamario (Bedolla, 2017).

#### 2.2.1.2. Patógenos que causan mastitis contagiosa

Dentro de este gran grupo se incluyen patógenos de gran importancia como: *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Corynebacterium spp*, y *Mycoplasma spp*. Estos microorganismos pueden diseminarse por contaminación de vaca a vaca siendo el albergue primario el animal o el cuarto contaminado, y también la exposición de los cuartos no infectados se ven restringidos al momento del ordeño. Los patógenos infeccioso como el *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus agalactiae*, causan la infección a nivel individual y han sido reportados bajo control en las fincas lecheras mediante el uso de buenas prácticas de ordeño donde se usa el debido aseo y asepsia de los pezones antes y después del ordeño, también el manejo del hato seco, manejo de desechos, mantenimiento y orden del equipo de ordeño además del control con antibióticos ante la infección intramamaria (Bedolla, 2017).

#### 2.2.1.3. Patógenos ambientales

Este grupo de microorganismos, a diferencia de los que causan mastitis contagiosa se transmiten entre el ordeño donde el ambiente es el principal medio de difusión, aquí se puede encontrar bacilos entéricos Gram- negativos como: (*Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*), *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus uberis*, y *Enterococcus spp*. Los patógenos ambientales causan gran problema afectando los hatos lecheros que llevan un manejo adecuado incluso aquellos hatos que llevan un control y monitoreo de mastitis, muchos de estos patógenos no pueden ser erradicados del ambiente de las vacas por razón de que pertenecen a la micro fauna del ambiente y de los lugares del establo determinados y destinados al ordeño, aunque estos patógenos poseen un potencial escaso para causar la infección, pueden filtrarse al ducto galactóforo hacia la ubre y desencadenar infecciones que requieren alta inversión para su terapia, dentro de las fuentes ambientales se pueden encontrar: materiales de la cama , el estiércol, suciedad y barro (lodo), aguas retenidas o estancadas e incluso el propio alimento siendo la cama la principal a razón del contacto que guarda los pezones con la misma en tiempos prolongados, por eso la precaución y prevención de la contaminación de los pezones es de gran importancia al igual que mantener la cama seca y revisarla periódicamente con el fin de controlar y reducir la población de estos agentes (Bedolla, 2017).

#### 2.2.1.4. Patógenos oportunistas

En este grupo de microorganismos se puede encontrar a *Pseudomonas spp.*, levaduras como *Prototheca spp.*, *Serratia marcescens* y *Nocardia sp.* Cada microorganismo con características de cultivo, mecanismos y consecuencias clínicas particulares. El hábitat de estos patógenos es el entorno donde vive la vaca desencadenando que fuente principal de contaminación sea el ambiente donde se encuentra una escasa asepsia del mismo de los cuales podemos destacar que la cama se encuentre mojada o húmeda, caminos y terrenos sucios, ubres mojadas y húmedas por leche, buenas prácticas de ordeño escasa, establos en malas condiciones que favorecen a las lesiones en la ubre y la exposición a los cuartos no contaminados que puede ocurrir en cualquier momento durante la vida del animal.

Las infecciones por este tipo de patógenos son de manera esporádica, pero ocasiona brotes en los hatos o una población entera de vacas, la infección se ve ligada a la escasa higiene que se mantiene en los establos y en el momento del ordeño, se ha demostrado que la mastitis causada por *Pseudomonas aeruginosa* se ve estrechamente relacionada con los conductos de goma del ordeño (Bedolla, 2017).

#### 2.2.1.5. Patógenos mayores y menores

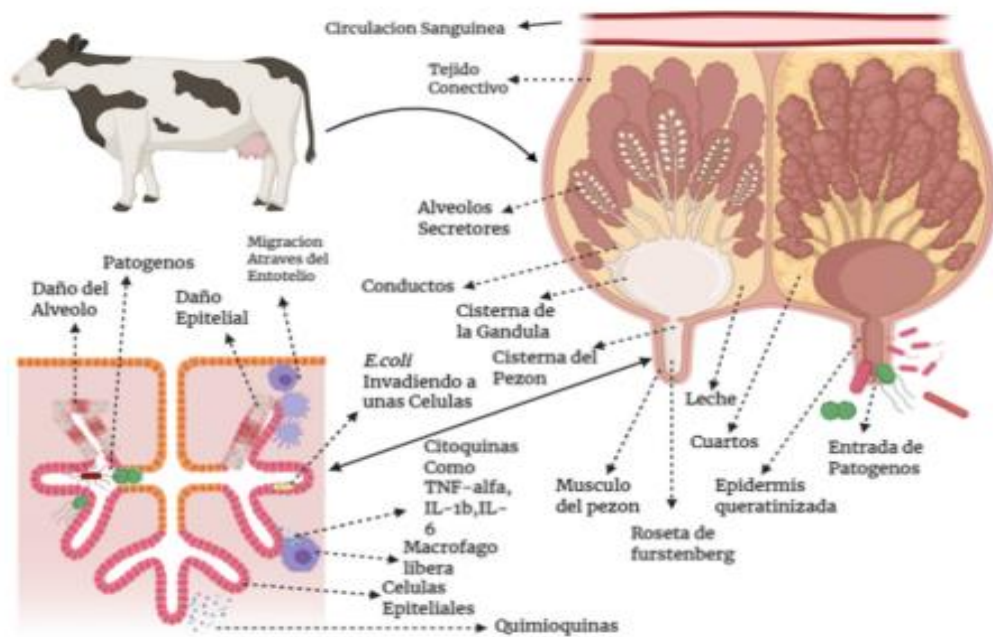
Tradicionalmente los patógenos más comunes que provocan mastitis han sido clasificados como patógenos principales (mayores) y menores de acuerdo con el grado de inflamación que provoca en la glándula mamaria: dentro de los patógenos mayores o principales se definen como aquellos responsables de mastitis clínicas o de fuertes inflamaciones de la ubre además de elevado conteo de células somáticas de la leche aquí se destaca a *Staphylococcus aureus*, *S. uberis*, *S. agalactiae*, *S. dysgalactiae* y *coliformes*. Para el grupo de los patógenos menores se encuentran aquellos que causan lesiones moderadas al igual que un conteo de células somáticas baja, pero que pueden generar signos de mastitis clínica aquí se destacan y son muy frecuentes *Staphylococcus chromogenes* que pueden encontrarse con normalidad en muestras de leche y en ocasiones en el canal del pezón, *Staphylococcus xylosus* y *Staphylococcus sciuri* presentes en el entorno, *Staphylococcus Warner*, *staphylococcus simulans* y *Staphylococcus epidermidis* se localizan en la flora normal y común de la piel del pezón de la vaca (Bedolla, 2017).

#### 2.2.1.6. Patogenia

Rodostits citado por (Ormaza y Rueda , 2021) mencionan que durante la infección de la glándula mamaria se presentan tres etapas: la invasión, la infección e inflamación.

La invasión: los microorganismos entran en la leche que se encuentra en las glándulas mamarias desde el exterior del pezón, los patógenos que ocasionan mastitis ingresan a través del esfínter del pezón, por ende, es considerada como primera e importante barrera protectora y defensiva de la ubre como es el esfínter. Antes de que los microorganismos ingresen y colonicen dentro del parénquima es muy importante minimizar la carga bacteriológica existente en la piel del pezón, también se considera mantener la función del canal y del esfínter, por razón de que el esfínter es el encargado de dar la respuesta inflamatoria y posteriormente se dañará y contaminara la leche. Se debe tomar en cuenta la longitud del canal que mide entre 8 a 15 mm. Las vacas que poseen alta lactancia son más susceptibles a padecer o adquirir nuevas infecciones durante este periodo al igual que los primeros días se secado, se conoce que la presencia de la calidad total de queratina ayuda a prevenir la entrada y presencia de bacterias gracias a la cualidad de absorción bacteriana de las células de la capa superficial del epitelio con gran aporte de queratina.

La inflamación: esta cualidad ocasiona el aumento el conteo de leucocitos en la leche, además de inflamación se puede observar anormalidades en el pezón y la ubre de la vaca, los glóbulos blancos también van en aumento. Un claro ejemplo: temperatura corporal elevada, gangrena, hinchazón o mastitis clínica. Continuando con la patogenia, una vez que las bacterias ingresan y cruzan la barrera protectora del canal del pezón y logra alcanzar el tejido superior, se activa la segunda barrera en la cual influyen factores poco específicos humorales en la leche o secreciones presentes en la glándula como lactoferrina, lisozima entre otras, también existen mecanismos de defensa inmune o específicos humorales como la Inmunoglobulina, mecanismos del sistema fagocítico como son los macrófagos (MA) y (PMN) y por último los linfocitos (Ormaza y Rueda , 2021).



**Figura 2.** Glándula mamaria bovina.  
**Fuente:** Rodríguez (2022)

Al igual que otros tejidos, las glándulas mamarias presentan una respuesta inflamatoria que se da en tres etapas donde el sistema de microcirculación juega un papel central. En la Figura 2 se evidencia los factores celulares y estructurales que participan en la respuesta inmune.

Primera Etapa: en esta fase aguda, la respuesta de la inflamación comienza con la reacción del endotelio capilar muy cerca de las células alveolares que son invadidas por las bacterias, el flujo de sangre en el tejido capilar y la permeabilidad del endotelio se ven en aumento por razón de que las células endoteliales se encogen, ocasionando que haya un vacío o espacio entre ellas donde las proteínas sanguíneas, los iones y el agua realizan el paso por medio de estos ocasionando edema (Sanchez, 2018).

Segunda Etapa: en esta fase subaguda, los macrófagos y las células polimorfonucleares que van desde la sangre y el espacio intersticio a los alvéolos contaminados y la leche. Los macrófagos actúan como células de alerta temprana logrando identificar agentes o sustancias desconocidas e invasores, estas destruyen y fagocitar (tragar) los microorganismos invasivos o cualquier cuerpo extraño. Dado cambios en la barrera epitelial del endotelio capilar se ven alterados, se observa como los componentes del plasma sanguíneo atraviesan hacia la leche, la proteasa

y lipasa presente en el plasma de la sangre aceleran la descomposición y alteración de la leche, la grasa de la leche también se ve alterada y dañada. En función a que las células somáticas aumentan, la estructura de la leche comienza a cambiar, se presenta menos contenido de lactosa en la leche contaminada al igual que la alteración mineral de la misma. Las vitaminas presentes que son insolubles se ven afectadas y por ende existirá una anomalía en el proceso de fermentación (Sanchez, 2018).

Tercera Etapa: es el proceso final de la inflamación (fase crónica proliferativa) aquí se conoce la disminución de la actividad sintética secretora de manera parcial o total, la degeneración y lisis de las células alveolares que es reemplazado por tejido conectivo funcional logrando la pérdida de la producción (Sanchez, 2018).

#### 2.2.1.7. Tipos de mastitis

##### 2.2.1.7.1. Mastitis Subclínica

Es muy común en las infecciones de la glándula mamaria, su predominancia es de 15 a 40 veces más común que la mastitis clínica a diferencia de la clínica esta no puede ser visualizada con facilidad a través de la ubre o de la leche porque se muestran presuntamente normal; por ende, solo puede ser detectada mediante prueba del laboratorio, test de campo que logren evidenciar la presencia de agentes patógenos. La mastitis subclínica es la infección que ocasiona mayores pérdidas económicas y productivas del hato lechero, dado que la producción disminuye al igual que la calidad de la leche. La infección perdura por mucho tiempo, es de difícil diagnóstico y tratamiento además de ser un reservorio de la infección para otros animales del hato (Ormanza y Rueda, 2021).

Según (López, 2022) es su investigación sobre el diagnóstico de la mastitis bovina, la mastitis subclínica es más notoria en vacas que presentan más de un ciclo de lactación y se conoce por no presentar signos visibles. La leche puede verse normal, pero con respecto a la producción esta se ve alterada y presenta una baja considerable del 40%.

##### 2.2.1.7.2. Mastitis clínica

Su característica principal es que muestran daños o anomalías en la ubre y la leche de la vaca y el grado de daño puede variar durante la etapa y curso de la enfermedad, los cuartos pueden verse inflamados de color rojo y de textura dura ante

la palpación. Las anomalías visibles de la leche pueden observarse mediante coágulos a flóculos, secreciones cerosas como el suero o de con manchas o pintas de sangre. Por lo general la mastitis clínica es provocada por agentes patógenos de los géneros *Coliformes*, *Staphylococcus* y *Streptococcus*, se considera que un hato lechero no debe existir más del 0.5% de tratamiento de mastitis y que el descarte por mastitis anual no debe superar el 3% y que las muertes por mastitis no deben ser mayor al 1% del rebaño al año (Ormanza y Rueda, 2021).

En la investigación realizada por (López, 2022) determina la mastitis clínica como el cambio o alteración de los vasos sanguíneos esto por el proceso de inflamación y el daño que sucede a nivel celular (células epiteliales) que son los responsables de la creación o síntesis de la leche y de cada uno de los elementos que la componen. Los animales contaminados presentan signos visibles a diferencia de la forma subclínica, como son la anorexia, fiebre, temperatura alta (fiebre), inflamación de los cuartos, dolor, ubre de color rojo y caliente al palpar y la disminución de la producción puede ser del 50%. En la leche puede verse coágulos, grumosidades que se relacionan con la colonización y gran carga bacteriana en la glándula mamaria especialmente más directamente en los alvéolos.

#### 2.2.1.8. Síntomas

En la investigación de (Ormanza y Rueda, 2021) citando a Bedolla narra y explica que al inicio de la infección no se puede presentar ningún signo clínico de la enfermedad, no hay fiebre, no hay reacción local y la leche se muestra normal aparentemente. Con el paso de los días se puede observar las alteraciones más notables, la leche se hace más ligera acuosa y después grumosa, viscosa y con tonalidades de color que pueden ir de amarillo hasta rojo (por las pintas de sangre) , la producción disminuye, la ubre puede presentar lesiones en la base de los pezones, si la lesión se extiende puede dañar el tejido fibroso para dar paso a la esclerosis que inicia con la invasión inicial extendiéndose al tejido conjuntivo intestinal, contaminando el tejido noble y por ultimo todo el cuarto se muestra endurecido, fibroso convirtiéndolo en una masa dura. Los cuartos que se muestran indurados son cuartos descartados o perdidos, hay una mejoría cuando finaliza la etapa de lactación, pero si retorna esta etapa la ubre vuelve a iniciar con el ciclo de contaminación.

#### 2.2.1.8.1. Mastitis subclínica

- La leche puede verse normal y no hay signos visibles de inflamación de los cuartos y pezones
- El recuento de células somáticas en la leche de la vaca es muy alto para esto se opta por realizar un aislamiento microbiano
- El estado del animal parece normal, no hay anorexia, no hay fatiga ni fiebre.

#### 2.2.1.8.2. Mastitis clínica

De acuerdo con el tipo de agente patógeno que ha contaminado la vaca, la fiebre y el letargo puede verse relacionados con signos muy evidentes de la inflamación. Las glándulas mamarias presentan enrojecimiento, fiebre, se notan hinchadas y al ser palpadas la vaca muestra una respuesta al estímulo dolor, estos signos provocan cambios de tipo químicos y físicos en la leche desde grumos poco concentrados hasta la formación de coágulos de fibrina.

#### 2.2.1.8.3. Mastitis aguda gangrenosa

- La baja de apetito o pérdida total, deshidratación, la fiebre y los signos que indican la toxemia puede hasta causar la muerte de la vaca.
- En un inicio la ubre esta de color rojo, aumenta su tamaño a causa de la hinchazón y la temperatura aumenta. En seguidas horas los cuartos se enfrían y las bajas o descargas lácteas se muestran con pintas de sangre o sanguinolentas además de apariencia más liviana. Pueden perderse los cuartos contaminados por daños necróticos.

#### 2.2.1.8.4. Mastitis aguda

Existe la presencia de fiebre, dolor general y al tacto, color rojo intenso e hinchazón de la glándula mamaria, la secreción láctea puede ser acuosa o muchas veces de color amarillo.

#### 2.2.1.8.5. Mastitis crónica

- a) Los signos clínicos se muestran como la infección aguda y sin ningún signo clínico puede ser silenciosa durante mucho tiempo.
- b) Secreciones con coágulos.

### 2.2.1.9. Factores de riesgo asociados

Ormaza y Rueda (2021) mencionan que entre los factores de mayor importancia se pueden destacar los hábitos a la hora del ordeño, la zona y el lugar de ordeño, higiene del potrero, asepsia de los establos, almacenamiento de los desechos entre otros. El riesgo de contraer la infección aumenta cuando los potreros están descuidados, sucios e inundados.

Los principales factores de riesgo son:

- Edad y número de partos: Un animal que ha parido más de cuatro veces es más susceptible a contaminarse de mastitis, cuando el animal presenta mayor edad la prevalencia de la mastitis aumenta (Ormanza y Rueda, 2021).
- Periodo de Lactancia: Las nuevas infecciones pueden verse más presentes en la primera mitad del estado o periodo seco de las vacas y en los primeros meses de lactancia, esto a razón de que puede contraerse por patógenos ambientales. En la gestación la incidencia de la mastitis es alta en el último trimestre y días antes del parto. Los animales de calostro contagiados pueden ser un riesgo y reservorio para los animales sanos del rebaño (Ormanza y Rueda, 2021).
- Raza: Los estudios revelan que los casos más numerosos y representativos se encuentran en la raza Holstein-Friesian en relación con otras razas lecheras como la Jersey, Normando por mencionar unas. Esto se ve ligado al manejo que se les brinda en lugar a la diferencia genética (Ormanza y Rueda, 2021).
- Ordeño: Otro factor importante es la manera en que se realiza el ordeño, la maquinaria cambia la forma del canal del pezón, logrando que sea menos resistente a la invasión de patógenos. Las pezoneras mal instaladas pueden generar lesiones que afectan la piel, el esfínter del pezón y también son foco de infección entre glándulas.
- Higiene del Ubre: El aumento de las células somáticas se ve ligado a las ubres sucias o que no se les realiza una adecuada limpieza, esto también causa el aumento de la carga bacteriana. La limpieza de la ubre es de gran importancia antes durante y después del ordeño con el fin de reducir la presencia de microorganismos que pueden estar en la piel (Ormanza y Rueda, 2021).

### 2.2.2. Conductividad eléctrica en la leche (CE)

La conductividad eléctrica es una característica la cual relaciona la presencia de iones característicos de la leche que actúa como un líquido conductor debido a la presencia de las sales presentes en ella como son los electrolitos. La técnica de CE en la leche fue propuesta como una propiedad analítica de gran eficacia para la detección de mastitis desde 1942 donde se emplearon diversos modelos de conductímetros de laboratorio y los más actuales que son manuales y portátiles, estos pueden ser fácilmente adquiridos en los hatos lecheros como complemento de los sistemas de ordeño (Signorini, 2009).

La función de los conductímetros es detectar la alteración de la carga iónica de la leche que se ve afectada principalmente por la inflamación de la glándula mamaria, dicha alteración se manifiesta en el aumento de la concentración de sodio (Na) y cloro (Cl) consiguiente un incremento de la concentración iónica total de leche y por ende mayor concentración de la CE. En los hatos lecheros es necesario implementar la automatización de muchas practicas rutinarias (diarias) como es la extracción de pezoneras, identificación y chequeo sanitario de los cuartos de la ubre (Signorini, 2009).

El análisis de la propiedad de CE puede verse afectado cuando el análisis se lo hace manera conjunta de los cuartos o a forma de pool, esto puede causar que la detección no sea acertada, por eso se recomienda que se haga el análisis de la leche por cuartos individuales, otras variables que pueden afectar los análisis puede ser el estrés del ordeño y la actividad pesada de las vacas que pueden afectar los resultados de los análisis por el método de CE (Signorini, 2009).

Pérez y Lázaro (2017) se refieren a la conductividad eléctrica como una técnica que ha sido usada por varios años para llevar registros y poder monitorear la presencia de anomalías en la leche de las vacas por concentraciones específicas de iones, este método de detección de mastitis subclínica tiene como objetivo notar la diferencia de las concentraciones de las sales en los cuartos alterados e infectados frente a los que no lo están. Las alteraciones de los iones muestran cambios en la CE de la leche, si un cuarto presenta contaminación bacteriana los iones de sodio y cloro (sal) aumentan en la leche además disminuyen los iones de potasio y lactosa, también el

PH aumenta. La razón del aumento de los iones de sodio y calcio son a razón de que en los cuartos infectados presentan inflamación y se infiltran en la sangre. La corriente eléctrica o CE puede fluir de manera adecuada a través de la leche de un cuarto con mastitis debido a su mayor carga de iones.

Entre los hallazgos obtenidos por Copero *et al.* (2005) donde señalan que la leche que proviene de una vaca contaminada y afectada por mastitis es mejor conductora que la leche de una vaca sana, el método de CE es uno de los más usados y seguros con resultados eficaces para el diagnóstico temprano de mastitis. Durante el proceso inflamatorio de la ubre, a razón de la presencia de agentes patógenos producen alteraciones en la composición de la leche. Dentro de las alteraciones se ven afectados electrolitos de gran importancia como el  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  que están en constante aumento y el  $\text{K}^+$  disminuye. Estas alteraciones aumentan la CE de la leche que se puede medir y ser una variable indicadora de inflamación. En cuanto a la leche, esta se torna salada y puede ser comprobado en campo probando el sabor de esta. La CE permite determinar el estado de mastitis bovina de manera subclínica en un hato lechero, implementar esta propiedad en un hato lechero puede generar un control muy apto y los ganaderos no se verán afectados por las bajas producciones de la leche.

La conductividad eléctrica EC es la medida de un material o de alguna solución para conducir corriente eléctrica y esta va a depender de la naturaleza del material o la solución, también depende de la concentración y el movimiento de los iones de las soluciones, la unidad de medida de la CE es la mili Siemens por centímetro (mS/cm). La CE de la leche depende del 60% del contenido presente de sales disueltas, su comportamiento y las interacciones, por esta razón los componentes de la leche (grasa, proteína y lactosa) tiene una influencia equilibrada comparada con las sales inorgánicas.

La CE para la detección de mastitis subclínica se guía en que cuando la glándula mamaria se inflama, el componente que actúa como barrera sangre-leche se rompe y causa que los sistemas activos de la bomba de iones pierdan su permeabilidad desencadenando compuestos en el fluido extracelular como son los iones sodio, cloruro, hidrogeno, hidróxido y potasio que entran en la glándula para mezclarse con la leche.

La pérdida de la permeabilidad capilar de la sangre causa que exista un cambio en la concentración de varios componentes de la leche, puesto que la leche es iso-osmótica con la sangre, las células secretoras que se encuentran en la glándula mamaria mantienen estabilizada la presión osmótica.

El sistema de transporte celular (activo y pasivo) en las células secretoras de la glándula mantienen una relación  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  en la leche con 1:3 y por otro lado 30:1 en el fluido del medio extracelular en este casi la sangre. El valor de CE en la leche de vaca se encuentra entre 4.0 y 6.0 mS/cm que refiere un valor alto frente al de las vacas contaminadas con mastitis, a razón de que la leche de los cuartos afectados es mayor conductor de corriente por el incremento de los iones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  con la reducción del contenido de iones de  $\text{K}^+$  y Lactosa (Gumbua, 2017).

### 2.2.3. Milk checker oriental instrumens modelo n-4L (equipo)

Es un instrumento de campo para el diagnóstico de mastitis subclínica, el medidor indica en su pantalla los resultados de la medición de la leche en segundos y de manera numérica como lo indica la Figura 3. El uso de este equipo permite el fácil monitoreo de la salud del ganado desde el nacimiento de la leche y durante toda la fase de lactación.

Con el equipo se puede detectar la infección en su fase inicial incluso cuando no se puede observar síntomas de la enfermedad, esto ayuda a reducir las posibles bajas de los animales a causa de mastitis, el diseño del modelo está fabricado con tecnología innovadora que permite detectar las variaciones en la conductividad eléctrica de la leche con los valores bajos que presente la muestra. La función del equipo es detectar anomalías en la leche de los cuartos de la vaca, la mastitis subclínica no se desarrolla de manera general en los cuatro pezones, este modelo permite calcular el valor diferencial de los cuatro pezones e idéntica cual es el que se encuentra infectado.



**Figura 3.** Equipo Milk Checker mod n- 4L

Las especificaciones del modelo se destacan por su efectividad y capacidad de diagnosticar con resultados viables y es muy útil como instrumento de medición o test de campo en los hatos ganadero. El modelo cuenta con un diseño de carcasa robusto que es impermeable con pantalla digital que indica valores numéricos con cifras decimales (IbericaPce, 2020).

### 2.2.3.1. Generalidades del modelo.

La Tabla 1 indica las características y las generalidades del equipo de conductividad eléctrica.

**Tabla 1.** Generalidades del equipo de conductividad eléctrica

<b>Característica</b>	<b>Función/valor</b>
Método de medición	Medidor de la conductividad eléctrica CE
Proceso para calcular los resultados	Medir las diferencias de CE que indica la leche de los cuatro cuartos
Calibración	Automática Visible en pantalla
Resultado	Resultados simultáneos de cada cuarto Calcula la diferencia de CE
Rango de medición	0 .... 13 mS/cm (milisiemens por centímetro)
Precisión	3% ± 1%
Compensación automática de temperatura	+3 .... +40 °C
Alimentación	Pilas AA (2)
Consumo	0.45 mA
Dimensiones	91 x 45 x 181 mm
Peso	320 g
Color	Negro
Correa	Si

**Fuente:** Iberica (2006)

### 2.2.3.2. Características del equipo de conductividad eléctrica

- Recipiente de medición: se usa el mismo recipiente (depósito) para cada cuarto, no se necesita enjuague. Se ordeña la leche directamente al recipiente y se pulsa "Test", se elimina la leche y se procede con el siguiente cuarto.
- Protector contra líquidos y salpicaduras: protege la pantalla contra salpicaduras de la muestra de leche gracias a su carcasa plástica de gran resistencia que hace que sea un medidor 100% impermeable.
- Sensor de temperatura: Obtiene resultados de manera independiente de cada cuarto, gracias a esto se puede usar en el hato ganadero en cualquiera momento del día o la época del año.

- Sensor de electrodos: son lo que miden la conductividad eléctrica de la leche con una gran precisión, gracias a estos se puede conocer la diferencias de estos por mínima que sea.
- Pantalla Digital: permite lectura de los resultados de manera simultánea de los cuatro cuartos de manera numérica y clara con cifras decimales.
- Para el criterio de evaluación o lectura se basa en el aumento de la concentración de electrolitos presentes en la leche por la inflamación u otros trastornos mamarios. El aumento del contenido de sodio y cloro presentes en la leche aumentan la conductividad eléctrica.
- Conductividad absoluta 6.2 mS/cm o más, leche anormal con alteración en CE.
- Conductividad diferencial 0.5 mS/cm o más, cuarto infectado.

#### 2.2.4. California test mastitis (CMT)

Parra citado por (Echeverri y Jaramillo, 2010 ) menciona que La prueba de california para mastitis (CMT) se usa desde hace muchas décadas y es la prueba más utilizada en los hatos ganaderos a nivel de campo para el diagnóstico de mastitis clínica y subclínica para el ganado lechero. Esta prueba se caracteriza por ser útil para poder detectar mastitis subclínica por el conteo o recuento de las células somáticas presentes en la leche, el resultado no se muestra como contenido numérico, sino como contenido visual categórico es decir que puede ser observado y calificado de acuerdo con criterio.

La prueba consiste en agregar el reactivo del detergente a base de Lauril sulfonato de sodio en la muestra de leche y causa la liberación del ADN de los leucocitos que se encuentran en la ubre para después convertirlo en un contenido gelatinoso cuando se combina con sustancias proteicas de la leche. Los resultados de la prueba pueden ser interpretados de cinco formas que va desde el caso negativo es decir cuando la mezcla sigue siendo acuosa sin anomalías hasta el recuento elevado de las células donde se puede apreciar la mezcla compactada y solidificada.

El reactivo de CMT para la prueba de mastitis contiene en sus componentes un tenso activo que baja la tensión superficial de leucocitos presentes en leche contaminada de mastitis por esta razón el disminuir la tensión superficial causa el rompimiento de los leucocitos y su contenido que reacciona con Lauril que se puede visualizar en la paleta de campo un complejo viscoso y gelatinoso. A mayor concentración o presencia de células se libera una mayor concentración del material genético ADN,

por esta razón el grado de contaminación y de gelificación será mayor, es decir, se logra determinar la respuesta inflamatoria basándose en la apariencia del gel que se mezcla con el reactivo en cantidades iguales con la leche; para este método se recomienda realizar el testeo con relación 1:1 es decir la misma cantidad de leche y la misma cantidad de reactivo en la paleta y de manera individual cada cuarto de la vaca.

Para determinar los criterios de evaluación y la interpretación de los resultados con la prueba de CMT se implementa el sistema de cruces que se muestra a continuación en la Tabla 2:

**Tabla 2.** Criterio de interpretación de CMT en campo

Apariencia de la mezcla	Criterio/ Puntaje CMT	Cantidad de células somáticas	Bajas de producción láctea diaria
Líquido en mezcla, pero no se precipita no registra anomalía	Negativo N (-)	No hay infección	0,0%
Precipitación leve que desaparece con el movimiento de la paleta de campo	Trazas T (s)	< de 750.000 células	5,0%
Muestra un precipitado firme, pero no gelifica con el movimiento	1 (+)	Entre 750.000 y 2.000.000 de células	8,0%
Se forma un gel definido, con densidad y floculante	2 (++)	>2.000.000 de células	9,0% - 18%
Se forma un gel con fuerte densidad que puede verse al final y adherirse a la paleta, puede formar un pico central definido	3 (+++)	>2.000.000 de células	19% - 25%

**Fuente:** Echeverri y Jaramillo (2010)

#### 2.2.5. Prevalencia

La prevalencia de una enfermedad es la cantidad o el número de individuos enfermos de alguna enfermedad y que presentan los síntomas de esta en un periodo de tiempo, dividido por el número general o total de la población objeto de estudio. La prevalencia es un dato estadístico que proporciona estimación de riesgo o de probabilidad de que los individuos puedan, o no padecer la enfermedad estudiada, este concepto es usado en epidemiología y se usa para planificar y monitorear el estado de salud de un país, una región, una ciudad o una población (Rodríguez, 2020).

#### 2.2.6. Sensibilidad y especificidad de una prueba

La sensibilidad y especificidad son indicadores inherentes que se usan en el campo de investigación médica o con fines educativos con ello se calcula con exactitud los

resultados de las pruebas planteadas. Estas medidas son importantes de la precisión del instrumento (Lino y Gonzáles, 2021).

La sensibilidad es la probabilidad de clasificar de manera adecuada a los animales enfermos o pereciente de alguna anomalía o lo que se puede catalogar como verdaderos casos positivos o animales que tienen realmente la enfermedad. En relación con el aumento de la sensibilidad de la prueba la cantidad de animales portadores disminuye solo en las pruebas que arrojen resultado negativo (negativos falsos).

La especificidad hace referencia a la probabilidad de que los resultados de la prueba sean negativos no portadores de la anomalía, se trata de clasificar de manera adecuada a los animales sanos o lo que se conoce como verdaderos negativos, conforme el valor de la especificidad aumente, disminuye la cantidad de animales que no tienen la enfermedad.

Existen factores que pueden afectar o alterar la sensibilidad y especificidad entre los cuales se destacar los siguientes:

- Diseño del instrumento/ modelo y el uso
- Método de ejecución de la prueba
- Características del objetivo y población de estudio

La importancia de realizar estas pruebas determina la decisión del caso, los instrumentos con alta sensibilidad y especificidad ayudan a la persona a diagnosticar enfermedades de manera exacta y precisa por ende existirá una mejor orientación frente al tratamiento al cual se debe someter el objeto de estudio (Lino y Gonzáles, 2021).

#### 2.2.7. Punto de corte

El punto de corte especifica o divide las variables seleccionadas dentro del objeto de estudio los casos con valores menores que el punto de corte se les asigna un grupo y los casos mayores o iguales que el punto de corte otro grupo es importante que para cada prueba se lleve un punto de corte seleccionado. Los valores por encima o por debajo del punto de corte o valor de corte ayudan a determinar la presencia o ausencia de enfermedades anomalías o afecciones que puedan alterar la función del animal. El punto de corte sirve para clasificar a los individuos en dos grupos: positivos y negativos, el valor de corte depende de diversos factores entre los que se

encuentra la sensibilidad y especificidad, la prevalencia bajo condición de la población y la relación costo beneficio de la prueba, por esta razón no existe un único punto de corte y que sea óptimo en todas las situaciones (Chávez, 2021).

#### 2.2.8. Correlación

La correlación es una medida en el campo estadístico que indica la dirección y la fuerza de la relación que guardan dos variables objeto del campo de estudio. Estas variables pueden tender a aumentar su relación o a disminuir de acuerdo sea el caso expuesto, la correlación se expresa mediante el coeficiente de correlación que puede variar entre -1 y 1, este coeficiente indica que las dos variables están relacionadas positivamente cuando el valor del coeficiente es positivo (+), es decir cuando una variable aumente la otra también tiende a aumentar (JMP, 2024).

El valor del coeficiente negativo indica que las variables guardan relación de forma negativa, es decir que cuando una variable aumenta la otra disminuye y viceversa. Para que la correlación no guarde ninguna similitud es correlación cero esto indica que no existe correlación entre las variables, es importante saber que la correlación no implica que exista causa y efecto, ambas pueden ser independientes y no depender una de otra, puede existir una tercera variable que cause ambas. La correlación es una herramienta útil para explorar campos de estudio y asociar variables siempre y cuando no se utilicen para inferir relaciones de causa y efecto sin detallar el análisis (JMP, 2024).

#### 2.2.9. Parroquia de Tufiño

La parroquia de Tufiño ubicada en la provincia del Carchi tiene una extensión de 180.6 km cuadrados de los cuales 120 km son aptos para realizar actividades de siembra y ganadería dentro de la actividad ganadera se maneja animales aptos para leche que producen de 7 a 10 litros por día en las y para las razas mejoradas pueden ir de 13 a 15 litros por día. De las 92 familias que se trabajan sus tierras 70 familias destinan hasta cinco hectáreas y un porcentaje muy pequeño destinan 10.1 hectáreas lo que permite concluir que las familias venden la producción láctea a intermediarios en pequeñas cantidades y que existen muy pocos grandes productores (GAD, 2019).

La producción diaria de leche se concentra hasta los 20 litros de leche diarios por familia, hay una familia que aporta 110 y otros 170 litros al día, pero la producción láctea diaria total es de 3230 litros por día siendo esta actividad fuente de ingresos.

La asociación El Frailejón provee a las lecheras con 1200 litros al día, existe un productor no asociado que provee 3000 litros al día, lácteos Carmita con 3000 litros y la Lechera Carchi con 4000 con un total de 14431 litros diario de los cuales el 75% es ofrecida a las empresas lácteas, cabe destacar que una vaca puede producir un promedio de 8.5 litros al día de los cuales el 15% es la materia prima para la elaboración de quesos, quesillos y un 10% se destina al consumo de las familias. El 25% de la producción láctea es vendida o captada por intermediarios que se les cancela cada fin de semana lo que convierte este modelo de negocio rentable para las familias de Tufiño (GAD, 2019).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO**

##### **3.1.1. Enfoque**

El enfoque de la investigación es de carácter mixto por la razón de que en el estudio se presentan características cualitativas y cuantitativas. La investigación es cualitativa porque se usó el método tradicional de detección de mastitis subclínica temprana con CMT (california test mastitis) que permite identificar anomalías (grumosidades) en la leche gracias al método con el reactivo, y de carácter cuantitativo ya que se registró los valores de conductividad eléctrica en el equipo que son valores numéricos que son registrados para su respectivo análisis estadístico.

El enfoque cuantitativo se basa en los análisis estadísticos con datos numéricos y el enfoque cualitativo hace énfasis en el uso de información que no se mide de manera numérica y por ende su análisis no es estadístico (UPEC, 2023).

##### **3.1.2. Tipo de Investigación**

Investigación exploratoria: se realiza la recolección de datos en los diferentes hatos de la parroquia de Tufiño, con la finalidad de conocer el punto de corte de la conductividad eléctrica en la leche para el diagnóstico de mastitis subclínica, con la investigación se logra un muestreo amplio que permita validar mediante el método CMT.

Investigación correlacional: permite identificar la correlación que guardan ciertas variables, en la investigación se busca determinar la correlación de los métodos diagnósticos de mastitis subclínica en la parroquia de Tufiño, entre la conductividad eléctrica (instrumento de campo) y el CMT (prueba estándar).

#### **3.2. HIPÓTESIS**

H<sub>1</sub>: La conductividad eléctrica permite identificar de forma cuantitativa la presencia de mastitis subclínica en bovinos de la parroquia de Tufiño.

H<sub>0</sub>: La conductividad eléctrica no permite identificar de forma cuantitativa la presencia de mastitis subclínica en bovinos de la parroquia de Tufiño

### 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

**Tabla 3.** Matriz de Operacionalización de variables

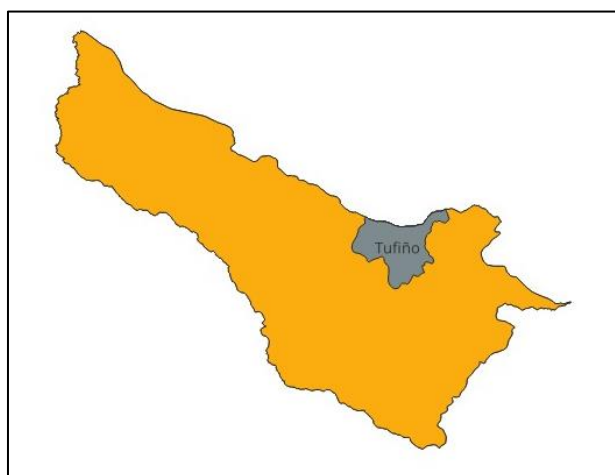
Variable/ definición	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
La Mastitis subclínica	Alto grado +++ Medio grado ++ Bajo Grado + Negativo o trazas	<p><b>Variables Independientes</b></p> <p>Realizar despunte de los dos primeros chorros de cada pezón. Extraer aproximadamente 2ml de leche de cada cuarto en la paleta de CMT. Accionar en Círculos la paleta con la leche y agregar la misma cantidad de reactivo a la paleta. Conservar el movimiento circular por 15 segundos. Realizar lectura (viscosidad) y Anotar.</p>	Observación	Reactivo CMT, Paleta y ficha de campo
La conductividad eléctrica (CE) es un método de campo para la detección de mastitis de manera subclínica que se basa en el aumento de las cargas de los iones de sodio y cloro principalmente, presentes en la leche. Gracias a la CE es posible evaluar los estados normales y anormales de la leche, el objetivo principal es conocer la concentración de las sales presentes en la leche de los cuartos contaminados frente a los que no lo están (Gumbua, 2017).	Valor absoluto con valores de 0 a 13, donde $\geq 6,2$ indica anomalías en la leche Valor diferencial donde indica el grado de inflamación	<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Despunte: Ordeñar y desechar los dos primeros chorros de cada peso. Se posiciona el medidor debajo del cuarto a muestrear siguiendo la ficha de campo para anotar. El modelo MC tiene un depósito a forma de copa que permite recolectar la muestra de leche. Se acciona el botón "test" cuando el recipiente tenga la muestra necesaria, aproximadamente 3 a 4 chorros Para cada cuarto se debe eliminar la muestra y limpiar con toalla desechable para evitar contaminación entre muestra y muestra. Los valores se anotan en la ficha de campo una vez se complete la toma de los cuatro pezones. Se acciona "Test" nuevamente para poder conocer el valor diferencial que es el indicador de que exista o no alteraciones de iones.</p>	Observación	Equipo de CE CMT y ficha de campo

### 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

#### 3.4.1. Localización del experimento

Esta investigación se realizó en las fincas ganaderas de la parroquia de Tufiño señalada en la Figura 4, donde se recolectó muestras de leche para su respectivo análisis con los métodos de detección temprana de mastitis subclínica bovina con es el CMT y CE.

La parroquia de Tufiño se encuentra en la provincia del Carchi, Cantón Tulcán sus coordenadas geográficas son: 0°48'1.32 latitud N y -77°51'19.11 longitud W y una superficie terrestre de 127 kilómetros cuadrados. Tufiño posee a una altura territorial entre los 2.920 a 4.720 m.s.n.m y su cabecera se encuentra a 3.200 m.s.n.m, la temperatura promedio del lugar puede variar entre los 6 y 11 grados °C (GAD, 2019).



**Figura 4.** Parroquia de Tufiño

#### 3.4.2. Descripción y caracterización del ensayo

Para el desarrollo de la presente investigación se tomó 3040 muestras de leche de vacas en producción, la toma de muestras se hizo de manera individual por cuartos en los diferentes hatos de la parroquia de Tufiño.

##### 3.4.2.1. Procedimiento para la toma de muestras

Una vez que se dirige hacia la finca o el hato ganadero, se procede a tomar las muestras en la zona de ordeño, se revisa la información de la vaca como es el nombre o número para poder enlistar los resultados en el formato o plantilla de los valores registrados. Para la toma de muestras con el equipo de Conductividad eléctrica que ha sido previamente desinfectado, se recolecta la muestra directo al instrumento y se ejecuta el botón, así por cada cuarto, los valores de CE y el diferencial se registra en la plantilla. Una vez registrado los valores de CE se procede al método de CMT

para observar la presencia o ausencia de grumosidades en la paleta de CMT junto al reactivo, para cada cuarto se toma la muestra directa a la paleta se mueve y se iguala la cantidad con el reactivo. la toma de muestras se debe tener en cuenta las medidas de protección necesarias como es usar guantes en las manos, overol y/o tapabocas.

Para la toma de muestras de leche se realiza los siguientes pasos:

- a) Registrar la información de la finca y de los animales usados en el experimento (fecha, lugar, propietario, nombre de la vaca y numero de cuarto)
- b) Los instrumentos deben estar limpios y desinfectados para cada toma y por cada cuarto se hace la limpieza para que no exista una contaminación entre la muestra de leche de cada cuarto.
- c) Se debe eliminar la suciedad de la glándula mamaria y de los pezones con un lavado leve de agua y jabón antes de recolectar la muestra de leche para realizar el despunte necesario.
- d) Se seca cada cuarto de la ubre con toallas desechables.
- e) Se lleva un registro de las muestras realizadas en el formato, para después continuar con los objetivos planteados. Si es necesario las muestras pueden recolectarse y ser almacenadas en un cooler (Meza & Flores , 2019).

#### 3.4.2.2. Equipos y Materiales

Materiales de oficina

- Matriz o fichas de campo para cada método
- Celular
- Lapicero

#### 3.4.2.3. Materiales de campo

- Equipo de Conductividad eléctrica
- Reactivo de CMT california
- Paleta de CMT
- Toallas desechables
- Overol y botas

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.5.1. Prevalencia

Para realizar el cálculo de la prevalencia (P) de mastitis subclínica en la parroquia de Tufiño por medio de la conductividad eléctrica se utilizó la fórmula indicada por (Rodríguez, 2020).

$$P = \frac{\text{Número de muestras positivas}}{\text{Número total de muestras}} \times 100\%$$

#### 3.5.2. Curva ROC

Se usó para evaluar el rendimiento de un modelo o una variable, sirve para clasificar las clases positivas y negativas. Además, se enfocó en determinar y elegir el punto de corte adecuado de una prueba en este caso del equipo, conocer el rendimiento, la sensibilidad, la especificidad y comparar su utilidad entre dos o más pruebas diagnósticas.

#### 3.5.3. Índice de Youden (J)

Esta medida tuvo como objetivo establecer el rendimiento del modelo de conductividad eléctrica en un solo valor, si el valor es de 1 o cercano, indica un desempeño excelente y si el valor es 0 indica que el modelo no puede discriminar entre clases. Este parámetro también me indica si los métodos guardan relación entre ellos.

#### 3.5.4. Análisis Kappa

Es una medida de concordancia (correlación) entre dos muestras o variables categóricamente dependientes, se usa para conocer si dichas variables guardan o no una relación entre sí, es muy útil en situaciones cuyas decisiones son de categoría nominal (no tienen un orden natural). El valor de kappa varía entre -1 y 1 donde el valor de 1 o cerca de 1 indica un acuerdo o concordancia perfecta, valor de 0 indica un acuerdo igual al esperado si fuera por azar y los valores negativos indican una concordancia menor.

- 0.81-1.00: Acuerdo casi perfecto.
- 0.61-0.80: Acuerdo sustancial.
- 0.41-0.60: Acuerdo moderado.
- 0.21-0.40: Acuerdo débil.
- 0.00-0.20: Acuerdo leve

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

#### 4.1.1. Valor absoluto de la conductividad eléctrica

Indica la presencia de los minerales presentes en la leche, los cuales al verse alterados la conductividad eléctrica de leche se altera y el valor numérico que indica el modelo se interpreta respecto a los cuartos de la vaca. En base a los datos se toma como referencia la variable de clasificación (CMT) frente al valor absoluto del modelo del equipo de Conductividad eléctrica para determinar el área de la curva ROC que se indica en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Criterios de comparación de la conductividad eléctrica con CMT

Característica	Valor
Variable	Equipo CE
Variable de clasificación	CMT
Tamaño de muestra	3040
Positivo CMT	274(9,02%)
negativo CMT	2765 (90,98)

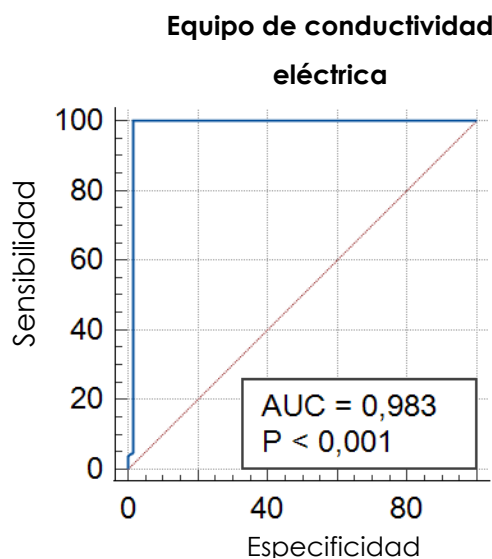
#### 4.1.2. Punto de corte de la conductividad eléctrica absoluto en la leche con el equipo de conductividad eléctrica bajo el criterio asociado

**Tabla 5.** Criterio de evaluación para el punto de corte de CE con la curva ROC

Variable	Valor
Área bajo la curva ROC (AUC)	0,983
Error estándar <sup>a</sup>	0,00239
Intervalo de confianza del 95% <sup>b</sup>	0,978 a 0,987
índice Youden J	0,9823
Criterio asociado	>4*
Sensibilidad	100,00
Especificidad	98,23

El análisis de la curva ROC indica el punto de corte para la conductividad eléctrica de la leche para el diagnóstico de mastitis subclínica bovina en la parroquia de Tufiño, como se muestra en la Tabla 5. El valor de >4\* que es el criterio de asociación entre las pruebas. El valor indica que toda muestra mayor a cuatro es positiva a

mastitis subclínica por el método del equipo de conductividad eléctrica con un área bajo la curva de valor 0,983 como se indica en la Figura 5.



**Figura 5.** Área bajo la curva ROC del equipo de CE

#### 4.1.2.1. Valores de criterio y coordenadas de la curva ROC del equipo de CE

**Tabla 6.** Valores de criterio y coordenadas de la curva de ROC y determinación de punto de corte del equipo de Conductividad eléctrica

<b>Criterio</b>	<b>Sensibilidad</b>	<b>Especificidad</b>
≥0	100	0
>4**	100	98,23
>5,1	58,03	98,23
>5,2	57,66	98,26
>6	5,11	98,26
>6,2	4,74	98,88
>6,3	4,74	98,92
>6,5	4,38	99,42
>6,6	4,38	99,49
>6,7	4,01	99,64
>6,9	4,01	99,75
>7	2,92	99,89
>7,2	1,82	99,93
>7,3	1,46	99,93
>7,4	1,46	99,96
>7,7	0,73	99,96
>7,9	0,36	100
>8,2	0	100
≥0	100	0

La Tabla 6 indica \*\* el criterio >4 indica que es el punto de corte para el modelo de conductividad eléctrica, con una sensibilidad de 100.00% y una especificidad del 98.23.

#### 4.1.3. Ajuste de datos y valores de las muestras por análisis Kappa

**Tabla 7.** Análisis Kappa

CMT	C.E punto de corte >6.2	C.E Ajustada punto de corte >4	Observaciones
+	+	+	12
+	+	-	0
+	-	+	263
-	+	+	16
-	-	+	35
-	+	-	0
-	-	-	2714
			3040

La Tabla 7 indica que 12 muestras son positivas para CMT al igual que para la C.E y la C.E ajustada, un total de 263 se observaron positivas para el método de CMT y la C.E, pero negativas para la C.E ajustada. De igual manera se observó que 16 muestras son positivas por el método de C.E y C.E ajustada pero negativas en CMT. Por otro lado 35 muestras son positivas en la C.E ajustada únicamente, finalmente 2714 muestras son negativas en los tres métodos.

#### 4.1.4 Análisis estadístico kappa de CMT y equipo C.E

**Tabla 8.** Kappa CMT y equipo C.E

		CMT		
		+	-	Total
EQUIPO C. E	+	12	16	28
	-	263	2749	3012
Total		275	2765	3040

La Tabla 8 indica la concordancia del método de CMT con el equipo de C.E donde se conoció el número de muestras positivas entre CMT y el equipo cuyo valor de Kappa= 0.064 el cual señala que la concordancia entre ambos métodos es de acuerdo leve.

#### 4.1.4.1 Análisis estadístico kappa de CMT y equipo C.E ajustado al punto de corte

**Tabla 9.** Kappa CMT y Equipo C.E ajustado

		CMT		
		+	-	Total
EQUIPO C.E AJUSTADO	+	275	51	326
	-	0	2714	2714
Total		275	2765	3040

La Tabla 9 muestra el análisis de kappa para el método de CMT y el equipo de C.E ajustado al punto de corte, cuyo resultado o valor es de Kappa= 0.906. Para el análisis entre estos dos métodos se observó que la concordancia es casi perfecta.

#### 4.1.4.2 Análisis estadístico kappa de Equipo C.E y Equipo C.E ajustado

**Tabla 10.** kappa Equipo C.E y Equipo C.E ajustado

		EQUIPO C.E		Total
		+	-	
EQUIPO C.E AJUSTADO	+	28	298	326
	-	0	2714	2714
Total		28	3012	3040

La Tabla 10 indica el análisis kappa entre los métodos de C.E y C.E ajustado, donde se obtiene un valor Kappa=0.144 donde indica un acuerdo o concordancia leve entre ambas pruebas que no resulta muy confiable.

#### 4.1.5. Prevalencia de mastitis subclínica en la parroquia de Tufiño por medio del método de conductividad eléctrica

Para determinar la prevalencia se plantea la ecuación que se indica a continuación:

$$P = \frac{\text{Número de muestras positivas}}{\text{Número total de muestras}} \times 100\% = ?$$

El número de animales corresponde a un total de 760 vacas considerando que se evalúa la prevalencia por el método de la conductividad eléctrica del equipo se toma el grupo de animales positivos con el punto de corte de >4.

##### 4.1.5.1. Prevalencia de mastitis subclínica en la parroquia de Tufiño en función al CMT.

$$P = \frac{152}{760} \times 100\% = ?$$

$P = 20\%$  es la prevalencia con la prueba de CMT

##### 4.1.5.2. Prevalencia de mastitis subclínica en la parroquia de Tufiño en función al método de conductividad eléctrica con el equipo y punto de corte 6.2.

$$P = \frac{25}{760} \times 100\% = ?$$

$P = 3.2\%$  con el punto de corte de >6.2

4.1.5.3. Prevalencia de mastitis subclínica en la parroquia de Tufiño en función al método de conductividad eléctrica con el equipo y punto de corte >4.

$$P = \frac{162}{760} \times 100\% = ?$$

$P = 21.32\%$  con el punto de corte de >4

4.1.6 Determinar la sensibilidad y especificidad del método de conductividad eléctrica con el equipo en leche.

- Sensibilidad: 100.00
- Especificidad: 98.23

## 4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Punto de corte de la conductividad eléctrica para el diagnóstico de mastitis subclínica en bovina en la parroquia de Tufiño.

Mediante el análisis estadístico del área bajo la curva ROC junto con el índice de Youden (p-valor 0.9823) se logró identificar el punto de corte de la conductividad eléctrica el cual corresponde al valor de  $>4$ , aclarando que el equipo de campo tiene un rango de medición de 0 a 13 cuyo punto de corte es de 6.2 dado por el manual del instrumento. El resultado tiene poca concordancia con la investigación realizada por Reinoso (2017) quien investigó el tema "Comparación de conductividad eléctrica de la leche con examen directo de leche y california mastitis test" en donde se conoce el punto de corte de la conductividad eléctrica con un correspondiente a un valor que oscila entre 6.0 y 10.

4.2.2 correlación de los métodos de identificación de mastitis subclínica entre la CE y el CMT.

De acuerdo con los resultados indicados se menciona que las dos pruebas o variables están estrechamente relacionadas y muestran dependencia con un valor de correlación de  $Kappa=0.906$  (90%) valor que presenta una concordancia casi perfecta entre los métodos de C.E ajustado con punto de corte  $>4$  y el método de CMT. En la investigación de Maldonado *et al.* (2022) se logra conocer la eficacia de muestreo correctos y la relación respecto al método de CE y el CMT es del 92.18% y 89.05% respectivamente valores que guardan relación respecto al presente estudio. Por otro lado, en la investigación de Da costa *et al.* (2016) discrepa del valor de correlación es del 17% que indica que la relación de la CE con el CMT es baja, considerando que la investigación se realizó en Paraná, norte de Brasil.

4.2.3 Prevalencia de mastitis subclínica en la parroquia de Tufiño por medio del método de conductividad eléctrica.

En cuanto a la prevalencia de mastitis subclínica analizada en la investigación se conoce el valor del 20% respecto al método de CMT de las 3040 muestras (100%), la prevalencia por el método de conductividad eléctrica con el punto de corte de  $>4$  con 21.32%. Los resultados presentan concordancia con el estudio realizado por Ustarz (2023) en Bolivia, quien realizó la investigación "Diagnóstico de mastitis subclínica por el método de conductividad eléctrica en la granja Playa Ancha" en donde se conoce que la prevalencia es del 28%. Por tanto, en comparación con la

investigación de Ormanza y Rueda (2021) donde indica que la prevalencia en el cantón Montúfar, provincia del Carchi es de 18.58% para mastitis subclínica valor que presenta relación con la investigación de Da costa *et al.* (2016) donde la prevalencia es de 19.7%.

Los datos proporcionados por Avellán *et al.* (2019) en Manabí, indica que la prevalencia de mastitis subclínica es baja con un valor de 15.76% y que se ve relacionado con la escasa asepsia en el momento del ordeño. En lo que respecta a la prevalencia del estudio realizado por Hurtado y Luis (2023) en Cundinamarca, se logró identificar un resultado mayor para mastitis que corresponde al 38.46% el cual puede ser explicado a razón de que muchos de los trabajadores de esta región desconocen las medidas necesarias para realizar un ordeño adecuado, también carecen de limpieza en las instalaciones y no reciben asesoramiento ni tampoco tienen personal guía que les explique sobre algunos beneficios y bonificaciones que pueden recibir cuando la leche tiene mejor calidad e higiene.

#### 4.2.4 Sensibilidad y especificidad del método de conductividad eléctrica en leche.

Asimismo, en la presente investigación se conoce el valor de sensibilidad y especificidad para el método de conductividad eléctrica: 100.00% y 98.23% respectivamente valores que representan la certeza de que hay alteraciones en la leche y contaminación de mastitis subclínica. Dichos valores se ven relacionados con el estudio realizado por Khan *et al.* (2023) donde se conoce que el 82.3% corresponde a la sensibilidad y el 94.1% para la especificidad del método por CE.

La baja relación de sensibilidad y especificidad puede estar ligada a diversos aspectos considerados al tomar una prueba, como puede ser el tamaño de la muestra. Según Reinoso (2017) en su investigación observó una sensibilidad de 62.3% y una especificidad del 38.2% los valores no son similares, sin embargo, al ser una prueba diagnóstica se debe tener en cuenta diversos aspectos que influyen en la salud de la glándula mamaria, entre los cuales podemos encontrar: edad, número de partos, periodo de lactancia, raza, buenas prácticas de ordeño y el manejo.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- Se estableció el punto de corte de la conductividad eléctrica absoluto en la leche con el equipo, con un valor de  $>4$  con un área bajo la curva ROC de 0.983.
- La correlación que existe en los métodos se conoce por el análisis de kappa, para el método de CMT y el equipo de C.E ajustado al punto de corte, cuyo resultado o valor es de  $Kappa = 0.906$ . En el análisis entre estos dos métodos se observó que la concordancia es casi perfecta.
- La Prevalencia de mastitis subclínica en la parroquia de Tufiño en función al método de conductividad eléctrica con punto de corte de  $>4$  es de 21.32% de 760 animales.
- La sensibilidad y especificidad del método de conductividad eléctrica en leche es de 100.00% y 98.23 %respectivamente.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

- Es recomendable ajustar el punto de corte acorde a los objetivos planteados en futuras investigaciones, puesto que es un análisis ligado a la presencia de mastitis subclínica que se logró identificar con la conductividad eléctrica.
- Se recomienda relacionar otra variable diferente a las estudiadas en esta investigación como puede ser recuento de células somáticas para tener más información de datos sobre la correlación de los métodos diagnósticos de mastitis subclínica.
- Es necesario implementar buenas prácticas de ordeño para prevenir que la infección se desarrolle en los hatos lecheros de Tufiño.
- Se debe recolectar más información y datos que permitan conocer el estado sobre la prevalencia de mastitis en la parroquia de Tufiño y el sur de Colombia.
- La presente investigación se puede tomar como punto de partida para otras investigaciones relacionadas a la mastitis bovina.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrobit. (2023). *Mastitis: Enfermedad y Transmisión*. Obtenido de [https://agrobit.com/info\\_tecnica/ganaderia/enfermedades/ga000009en.htm](https://agrobit.com/info_tecnica/ganaderia/enfermedades/ga000009en.htm)
- Araúz, R. (2002). *Universidad Nacional Agraria Facultada de Ciencia Animal, Departamento de Medicina Veterinaria*. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnl73a663.pdf>
- Avellán et al. (2019). Prevalencia de mastitis subclínica en el ganado bovino, mediante la prueba California Mastitis Test, en el cantón Rocafuerte de la provincia Manabí, Ecuador. *Revista Amazónica y Ciencia y Tecnología*, págs. 62-70. doi:e-ISSN 1390-8049
- Bedolla, C. (2017). ETIOLOGÍA DE LA MASTITIS BOVINA. ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL , 1-7.
- Carvajal, V. (2019). INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA. Obtenido de DETECCIÓN DE MASTITIS SUBCLÍNICA EN VACAS LECHERAS: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10837/Detecci%C3%B3n%20de%20mastitis%20subcl%C3%ADnica%20en%20vacas%20lecheras%20usando%20modelos%20alom%C3%A9tricos%20y%20algoritmos%20de%20inteligencia%20artificial%2C%20San%20Carlos%2C%20Costa%20Ri>
- Chávez, R. (2021). Pre-enfermedad y puntos de corte cuestionados. *Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez*, págs. 262-264. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.acmx.2012.06.002>
- Cobirka, e. a. (2020). Epidemiología y clasificación de la mastitis. *National Library of Medicine MDPI*, 10-15. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7760962/>
- Copero, O., Camacho, C., Castillo, J., & Salado, J. (2005). REDVET. Obtenido de Conductividad Eléctrica y California Mastitis Test en la detección de la Mastitis Subclínicas: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612812012.pdf>
- Cruz, E., Simbaña, P., & Bonifaz, N. (2018). Gestión de calidad de leche de pequeños y medianos ganaderos de centros de acopio y queserías artesanales, para la mejora continua. caso de estudio: Carchi, Ecuador. *La granja revista de ciencias de la vida* .

- Da costa et al. (2016). *Evaluación del dispositivo portátil de la conductividad eléctrica como alternativa para la detección de mastitis subclínica*. Obtenido de scielo: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-570X2016000200009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2016000200009)
- De la Cruz, E. (2013). *dspace.ups.edu.ec*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10852>
- Echeverri, J., & Jaramillo, M. (2010). *SCIELO*. Obtenido de Evaluación comparativa de dos metodologías de diagnóstico de mastitis en un hato lechero del Departamento de Antioquia\*: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-44492010000100007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492010000100007)
- Estrada, V. (2019). *Repositorio TEC*. Obtenido de Repositorio TEC: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10837>
- Fosgate et al. (2013). Sensitivity and specificity of a hand-held milk electrical conductivity meter compared to the California mastitis test for mastitis in dairy cattle. *ELSEVIER*, 98-102. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S109002331200336X>
- Fosgate, G. (2019). *SCISPACE*. Obtenido de <https://typeset.io/papers/sensitivity-and-specificity-of-a-hand-held-milk-electrical-31a5prjsj>
- GAD. (2019). *GAD PARROQUIAL*. Obtenido de <https://tufino.gob.ec/carchi/datos-generales/>
- Gumbua, A. (2017). *Universidad Miguel Hernández de Elche*. Obtenido de Departamento de Tecnología Agroalimentaria: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4483/1/TD%20Roca%20Gumbau%2C%20M%2C%AA%20Amparo.pdf>
- Hurtado, D., & Luis, C. (2023). Prevalencia de mastitis y caracterización productiva en pequeños productores de Simijaca y Tenjo (Cundinamarca), Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*. Obtenido de <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/980>
- IbericaPce. (2020). *pce-iberica.es*. Obtenido de <https://www.pce-iberica.es/contactar.htm#Delegaci%C3%B3n%20Espa%C3%B1a>
- JMP. (2024). *Statistical Discovery LLC*. Obtenido de [https://www.jmp.com/es\\_co/statistics-knowledge-portal/what-is-correlation.html](https://www.jmp.com/es_co/statistics-knowledge-portal/what-is-correlation.html)
- Khan et al. (2023). Evaluación del rendimiento diagnóstico de la conductividad eléctrica y el California Mastitis Test para la detección de mastitis subclínica en

vacas lecheras Holstein: Un metaanálisis.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35680853/>.

Lino, L., & Gonzáles, L. (5 de julio de 2021). Aplicación, cálculo e importancia de la sensibilidad, especificidad y valor predictivo de las pruebas de diagnóstico en el laboratorio clínico. *Dominio Ciencias*, págs. 685-709. doi:Aplicación, cálculo e importancia de la sensibilidad, especificidad y valor predictivo de las pruebas de diagnóstico en el laboratorio clínico

López, M. (2022). Diagnóstico de la mastitis bovina. *HERMOTECA UNAD* .  
Maldonado et al. (22 de febrero de 2022). Diagnóstico de Mastitis Subclínica Mediante Tres Métodos para el Control y Tratamiento en Bovinos de Leche Holstein. *Ciencias de la Salud Artículo de Investigación*, 8, págs. 773-790. doi:<https://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i1.2603>

Martínez, P. (2015). EVALUACIÓN DE DOS DOSIS DE OZONO EN EL TRATAMIENTO DE.  
Meza, A. N., & Flores , E. N. (2019). *Universidad Nacional Agraria Sede Regional CAMOAPA* . Obtenido de /PREVALENCIA%20DE%20MASTITIS%20POR%20CE.pdf  
Ormanza, D., & Rueda, R. (2021). Identificación del agente etiológico y evaluación de nosodes en el tratamiento. *Repositorio UPEC* .

Ormaza, D., & Rueda , R. (2021). *dentificación del agente etiológico y evaluación de nosodes en el tratamiento*. Obtenido de file:///C:/Users/David%20Potosi/Music/7mo%20SEMESTRE/TITULACI%C3%93N%201/9.%20INFORME%20TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION.pdf

Pérez, M., & Lázaro, T. (2017). *Revista de Salud Animal* . Obtenido de Evaluación del equipo Mas-D-Tec en el diagnóstico de campo de mastitis subclínica en el ganado bovino: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-570X2017000300001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2017000300001)

Pérez, M., & Tarafa, L. (mayo de 2017). Obtenido de Evaluación del equipo Mas-D-Tec en el diagnóstico de campo de mastitis subclínica en el ganado bovino: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-570X2017000300001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2017000300001)

Reinoso, P. (2017). *FAVET*. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/196588/Comparacion-de-conductividad-electrica-de-la-leche-con-examen-directo-de-leche-y-California-Mastitis-Test.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodriguez, L. (2020). *Prevalencia de Mastitis subclínica en Tambo lechero de Paraguay*. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1362&context=mv>

Sanchez, D. (2018). *studocu Procesos Biológicos MX UTM*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-tecnologica-de-mexico/procesos-biologicos/mastitis-1-resumen-procesos-biologicos/3810006>

Signorini et al. (2009). Medición de la Conductividad Eléctrica en Leche como Método Diagnóstico de Mastitis Subclínica Bovina. *ResearchGate*. doi: 10.14409/favecv.v8i1.1476


Signorini, M. (2009). *ACADEMIA*. Obtenido de file:///C:/Users/porta/Downloads/pbeldome,+fave\_vet\_v8\_n1\_p15\_28%20(2).pdf

UPEC. (2023). *Guía Metodológica para la preparación del trabajo de grado*. Obtenido de [https://posgrados.upec.edu.ec/wp-content/uploads/2023/08/GUIA\\_METODOLOGICA\\_F\\_1.pdf](https://posgrados.upec.edu.ec/wp-content/uploads/2023/08/GUIA_METODOLOGICA_F_1.pdf)


Ustaríz, M. (abril de 2023). Diagnóstico de mastitis subclínica por el método de conductividad eléctrica en la granja Playa Ancha. *Revista Científica de Veterinaria y Zootecnia*, págs. 33-38.

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Acta de la sustentación de Pre defensa del TIC



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**



**FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES**  
**CARRERA DE AGROPECUARIA**  
**ACTA**  
**DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

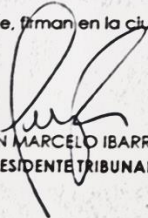
ESTUDIANTE: Potosi Miño Daniel Fernando		CÉDULA DE IDENTIDAD: 1758706681	
PERIODO ACADÉMICO: 2025A		PRESIDENTE TRIBUNAL: MSc. EDISON MARCELO IBARRA ROSERO	
DOCENTE: MSc. NATALY TATIANA CORONEL MONTESDEOCA		DOCENTE TUTOR: PHD. LUIS RODRIGO BALAREZO URRESTA	
TEMA DEL TIC: "Determinación del punto de corte de la conductividad eléctrica de la leche para el diagnóstico de mastitis subclínica bovina en la parroquia de Tulcán"			

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	8.00	Realizar cita de teorizantes
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9.00	
3	METODOLOGÍA	9.00	
4	RESULTADOS	9.00	
5	DISCUSIÓN	8.00	Mejorar la discusión
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9.00	
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9.00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CAUDAD DE LA INFORMACIÓN	7.00	Revisar formato

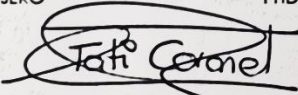
Obteniendo una nota de: **8.20** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

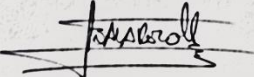
Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **miércoles, 19 de marzo de 2025**



MSC. EDISON MARCELO IBARRA ROSERO  
PRESIDENTE TRIBUNAL



MSC. NATALY TATIANA CORONEL MONTESDEOCA  
DOCENTE



PHD. LUIS RODRIGO BALAREZO URRESTA  
DOCENTE TUTOR

**Anexo 2.** Certificado del abstract por parte de idiomas



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL  
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES  
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.**

**Autor:** DANIEL FERNANDO POTOSI MIÑO

**Fecha de recepción del abstract:** Miércoles, 19 de marzo de 2025

**Fecha de entrega del informe:** Jueves 20 de marzo de 2025

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

**Observaciones:**

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



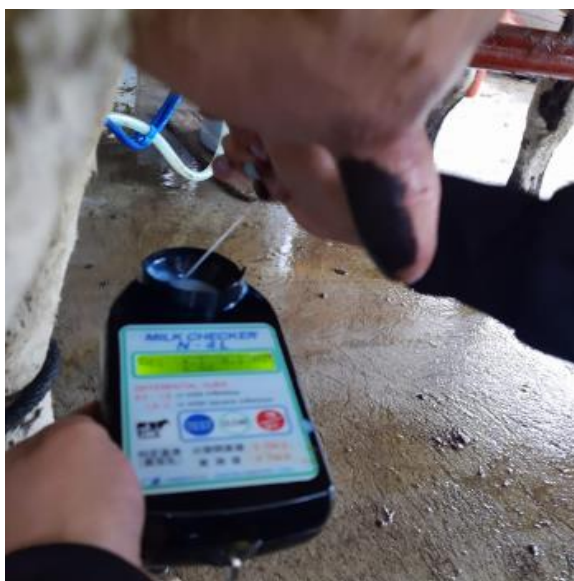
Firmado electrónicamente por:  
**MARTHA ARACELLY VIVEROS  
ALMEIDA**

MA. Martha Viveros  
Docente responsable del  
CIDEN

**Anexo 3.** Evidencia de la presente investigación



**Figura 6.** Toma de muestra por cuarto



**Figura 7.** Análisis con equipo de C.E



**Figura 8.** Equipo de C.E y CMT



**Figura 9.** Método de CMT



**Figura 10.** Equipo y materiales de recolección de datos