



**Determinación de la prevalencia y factores de riesgo de mastitis; la calidad de la leche cruda y la presencia de adulterantes en explotaciones ganaderas de la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha**

Jiménez Gavidia, Katherine Pamela

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Dr. Ron Román, Jorge Washington, Ph. D.

24 de agosto del 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

### Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Determinación de la prevalencia y factores de riesgo de mastitis; la calidad de la leche cruda y la presencia de adulterantes en explotaciones ganaderas de la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha** fue realizado por la señorita **Jiménez Gavidia, Katherine Pamela**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 24 de agosto del 2022



Dr. Ron Román, Jorge Washington, Ph. D.

C. C: 170950512-5

**Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos****CL\_PAMELA JIMÉNEZ.docx**

Scanned on: 15:46 August 24, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	96
Words with Minor Changes	99
Paraphrased Words	764
Omitted Words	0



Plataforma de verificación de contenidos  
JORGE  
WASHINGTON RON  
ROMAN

Dr. Ron Román, Jorge Washington, Ph. D.

C. C: 170950512-5



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Jiménez Gavidía, Katherine Pamela**, con cédula de ciudadanía No. 175008718-9, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Determinación de la prevalencia y factores de riesgo de mastitis; la calidad de la leche cruda y la presencia de adulterantes en explotaciones ganaderas de la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 24 de agosto del 2022

**Jiménez Gavidía, Katherine Pamela**

C.C.: 175008718-9



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo **Jiménez Gavidia, Katherine Pamela**, con cédula de ciudadanía No. 175008718-9, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Determinación de la prevalencia y factores de riesgo de mastitis; la calidad de la leche cruda y la presencia de adulterantes en explotaciones ganaderas de la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 24 de agosto del 2022

**Jiménez Gavidia, Katherine Pamela**

C.C.: 175008718-9

### **Dedicatoria**

Dedicado a mi madre, Catalina Gavidia que con su constante esfuerzo y responsabilidad me motivó a seguir adelante con mi sueño de ser profesional. Gracias mamá por todo tu sacrificio, por siempre brindarme tu apoyo, tus consejos, por creer en mí y sobre todo nunca dejarme sola, gracias porque a pesar de que no seguí la carrera que tu esperabas y de que el primer día que entraste a mi Universidad no hayas encontrado señal, buses o una papelería cerca, me apoyaste y acompañaste en esta etapa de mi vida. Gracias mamá.

A mis abuelitos, especialmente a mi mami Pati, Blanca Pillajo por aconsejarme, apoyarme y llenarme siempre con su amor.

A mi papá, Juan Jiménez por haber cultivado en mí el amor hacia los animales y la naturaleza, por su ejemplo y amor.

A mis hermanos, Camila y Santiago, por ser siempre esa bombita de energía en mi día a día, con sus bromas, besos y abrazos.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento a la Academia de Investigación y Enseñanza Superior (ARES) de Bélgica por haber confiado en mi trabajo y financiado mi investigación.

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE y al Instituto Superior Agropecuario Andino-IASA por haberme abierto sus puertas, brindado sus conocimientos y por haberme formado como profesional.

Agradezco de manera especial y sincera a mi tutor al Dr. Jorge Ron Román PhD por aceptarme para realizar este trabajo de integración curricular bajo su dirección. Le agradezco por haberme compartido sus conocimientos, brindado su apoyo y confianza; y por haberme guiado durante el proceso de la presente investigación.

Para mis compañeros de grupo, agradezco su apoyo y energía para iniciar y culminar con el trabajo de campo y laboratorio de cada día. Quiero expresar mi agradecimiento especial a Sebastián Osorio, por su apoyo, paciencia, inteligencia y amistad.

A mis padres, Catalina y Juan; por su ejemplo, sus consejos y amor incondicional; a mi hermana Camila por su nobleza y generosidad; a mi abuelita Blanca por su ejemplo de lucha y valentía, por siempre estar ahí para darme su apoyo, por aquellos besos y abrazos que siempre me llenan de energía y a mi abuelo Washington por su humildad y generosidad.

Muchas gracias a todos.

## Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación .....	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos .....	3
Responsabilidad de Autoría .....	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos .....	7
Índice de contenidos .....	8
Índice de tablas .....	12
Índice de figuras .....	14
Resumen .....	15
Abstract .....	16
Capítulo I.....	17
Introducción.....	17
Planteamiento del problema.....	17
Justificación del problema.....	18
Objetivos .....	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos .....	19
Hipótesis.....	20
Ho .....	20
Hi .....	20

Capítulo II.....	21
Revisión de literatura .....	21
Importancia de la mastitis bovina.....	21
Tipos de mastitis .....	22
Mastitis clínica.....	22
Mastitis subclínica .....	22
Factores determinantes de la mastitis bovina .....	23
Factores infecciosos .....	23
Factores fisiológicos .....	25
Factores nutricionales .....	26
Métodos de diagnóstico de la mastitis bovina .....	26
Mastitis clínica.....	26
Mastitis subclínica .....	27
Principios de base para tratamiento y control de mastitis .....	29
Tratamiento .....	29
Control .....	30
Prevalencia de mastitis bovina en el Ecuador .....	30
Calidad de la leche cruda bovina .....	30
Leche cruda: Requisitos .....	30
Adulterantes en leche cruda .....	32
Capítulo III.....	35
Materiales y Métodos.....	35
Trabajo de campo .....	35
Lugar de estudio.....	35

	10
Determinación del tamaño de la muestra .....	36
Obtención de muestras de leche de bidones y vacas .....	38
Trabajo de laboratorio .....	39
Determinación del número de células somáticas .....	40
Determinación de calidad de la leche .....	41
Determinación de cloruros en leche .....	42
Determinación de peróxidos en leche.....	43
Determinación de neutralizantes en leche.....	43
Determinación de prevalencia de mastitis .....	46
Aplicación de encuesta epidemiológica y toma de coordenadas .....	47
Determinación de Factores de Riesgo.....	47
Interpretación de resultados .....	49
Estudio complementario.....	49
Prueba california mastitis test (CMT) .....	49
Índice kappa.....	50
Capítulo IV.....	52
Resultados y Discusión .....	52
Georreferenciación de las rutas de muestreo.....	52
Distribución de la muestra .....	55
Distribución de bidones muestreados por zona .....	55
Distribución de vacas muestreadas por zona .....	55
Distribución de vacas muestreadas por finca .....	57
Prevalencia de mastitis en leche cruda bovina .....	57
Prevalencia de mastitis en leche cruda bovina en muestras de bidón .....	57

Prevalencia de mastitis en leche cruda bovina en muestras de animales .....	59
Presencia de agentes conservantes, neutralizantes y antibióticos en leche cruda bovina .....	63
Presencia de adulterantes .....	63
Presencia de antibióticos.....	64
Análisis de factores de riesgo .....	66
Capítulo V.....	70
Conclusiones y Recomendaciones .....	70
Conclusiones.....	70
Recomendaciones.....	71
Bibliografía .....	72
Acrónimos.....	80

### Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Agentes causales de la mastitis bovina .....	24
<b>Tabla 2</b> Pérdida de producción de leche asociada a Conteo de Células Somáticas en Tanque (CCST).....	28
<b>Tabla 3</b> Prevalencia de la mastitis bovina en diferentes zonas del Ecuador .....	31
<b>Tabla 4</b> Requisitos físico-químicos para la leche cruda .....	32
<b>Tabla 5</b> Resultados del tamaño de la muestra para cada lugar de estudio.....	38
<b>Tabla 6</b> Tabla de contingencia de doble entrada .....	48
<b>Tabla 7</b> Grado de afección dependiendo el número de células somáticas en leche por mL en la prueba CMT .....	50
<b>Tabla 8</b> Valoración del índice kappa (k).....	51
<b>Tabla 9</b> Numero de bidones muestreados por zona .....	56
<b>Tabla 10</b> Número de vacas muestreadas por zona .....	56
<b>Tabla 11</b> Número de vacas muestreadas por finca .....	56
<b>Tabla 12</b> Prevalencia de mastitis subclínica en leche cruda bovina en muestras de bidón .....	58
<b>Tabla 13</b> Prevalencia de mastitis subclínica en leche cruda bovina en muestras tomadas directamente de animales .....	60
<b>Tabla 14</b> Calidad de leche cruda bovina en muestras de bidón .....	63
<b>Tabla 15</b> Calidad de leche cruda bovina en muestras tomadas directamente de animales .....	64
<b>Tabla 16</b> Presencia de agentes conservantes, neutralizantes y antibióticos en leche cruda bovina en muestras de bidón .....	65
<b>Tabla 17</b> Presencia de cloruros en leche cruda bovina en muestras de bidón.....	66
<b>Tabla 18</b> Presencia de antibióticos en leche cruda bovina en muestras tomadas directamente de animales .....	67
<b>Tabla 19</b> Análisis de factores de riesgo en muestras tomadas directamente de animales.....	67

<b>Tabla 20</b> Prevalencia de mastitis en vacas mediante CMT.....	68
<b>Tabla 21</b> Análisis de la concordancia más allá del azar .....	69

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Recolección de muestras de leche de bidón .....	39
<b>Figura 2</b> Recolección de muestras de leche de bidón y vacas en fincas.....	40
<b>Figura 3</b> Muestras de leche de bidón .....	40
<b>Figura 4</b> Laboratorio montado en la parroquia de Nanegalito.....	41
<b>Figura 5</b> Interpretación de los resultados para test de cloruros en leche.....	43
<b>Figura 6</b> Interpretación de los resultados para test de peróxidos en leche .....	44
<b>Figura 7</b> Guía para la interpretación de los resultados del test de antibióticos en leche .....	45
<b>Figura 8</b> Resultados obtenidos en test de antibióticos en leche .....	45
<b>Figura 9</b> Georreferenciación de la ruta de muestreo 1 de la zona 1.....	52
<b>Figura 10</b> Georreferenciación de la ruta de muestreo 2 de la zona 1.....	53
<b>Figura 11</b> Georreferenciación de la ruta de muestreo 3 de la zona 1.....	53
<b>Figura 12</b> Georreferenciación de la ruta de muestreo 1 de la zona 2.....	54
<b>Figura 13</b> Georreferenciación de la ruta de muestreo 2 de la zona 2.....	54
<b>Figura 14</b> Georreferenciación de la ruta de muestreo 3 de la zona 2.....	55
<b>Figura 15</b> Gráfica comparativa de la calidad de la leche en muestras de bidón.....	62
<b>Figura 16</b> Gráfica comparativa de la calidad de la leche en muestras de animales.....	62

## Resumen

El objetivo de la presente investigación fue determinar la prevalencia y factores de riesgo de mastitis; la calidad de la leche cruda y la presencia de adulterantes en explotaciones ganaderas de la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha. El diagnóstico de la enfermedad se realizó mediante la prueba de Conteo de Células Somáticas (CCS) la cual se aplicó a 168 muestras de leche de bidón pertenecientes a los productores de 2 centros de acopio, 1 quesera y 5 fincas; y a 76 muestras de leche tomadas directamente de los animales pertenecientes a 7 fincas. La determinación de los factores de riesgo se realizó mediante la información consultada a cada uno de los propietarios al momento del muestreo. La calidad de la leche cruda se determinó utilizando el equipo EkomilkBond y la presencia de adulterantes se identificó mediante pruebas colorimétricas y pruebas de cromatografía de flujo lateral.

La prevalencia de mastitis en leche cruda bovina en la zona noroccidente de la provincia de Pichincha, fue del 48.21% en bidones y del 47.37% en muestras de animales. Se determinó como factor de riesgo el tamaño de la explotación (fincas medianas), mientras que el tipo de ordeño y la raza no se definieron como factores de riesgo para la presencia de mastitis. Se determinó que la calidad de la leche tanto en muestras de bidón como en muestras de animales fue mucho más alta en la zona 1 que en la zona 2. No se encontró la presencia de conservantes y neutralizantes en ninguna de las muestras examinadas. Fue posible detectar la presencia de antibióticos, entre los cuales los  $\beta$ -lactámicos fueron los más prevalentes.

**Palabras clave:** mastitis, prevalencia, factores de riesgo, calidad de la leche, adulterantes

### **Abstract**

The aim of the present research was to determine the prevalence and risk factors of mastitis; the quality of raw milk and the presence of adulterants in livestock farms in the northwestern area of the province of Pichincha. The diagnosis of the disease was made through the Somatic Cell Count (SCC) test, which was applied to 168 samples of milk from large cans belonging to the producers of 2 collection centers, 1 cheese factory and 5 farms; and 76 milk samples taken directly from animals belonging to 7 farms. The determination of the risk factors was carried out through the information consulted to each of the owners at the time of sampling. Raw milk quality was tested with the EkomilkBond equipment and the presence of adulterants is identified by colorimetric tests and lateral flow chromatography tests.

The prevalence of mastitis in bovine raw milk found in the northwestern area of Pichincha province was 48.21% in drums and 47.37% in animal samples. The size of the farm (medium farms) ended as a risk factor, while the type of milking and breed were not defined as risk factors. Milk quality in both drum samples and animal samples was found to be much higher in zone 1 than in zone 2. The presence of preservatives and neutralizers was not found in any of the samples examined. It was possible to detect the presence of antibiotics, among which  $\beta$ -lactams were the most prevalent.

**Keywords:** mastitis, prevalence, risk factors, milk quality, adulterants

## Capítulo I

### Introducción

#### Planteamiento del problema

La producción diaria de leche cruda en Ecuador entre los años 2002 y 2019 fue en promedio de 5,29 millones de litros por día, con un mínimo y un máximo de producción de 4,32 y 6,65 millones en los años 2003 y 2019 respectivamente. Para el año 2019, la región Sierra es la que más aportó a la producción de leche cruda con un 77,69% del total, seguido de la Costa con un 19,24% y la Amazonía con 3,08% (Hoyos & Aguilar, 2019).

Los factores que influyen en la calidad de la leche dentro de las fincas generalmente están vinculados al componente genético, fisiológico, tipo de manejo y una alta prevalencia de mastitis; también existen factores externos a las fincas como son, pocos programas de apoyo y de fomento ganadero, microorganismos resistentes a los antibióticos, mal manejo durante la recepción y el procesamiento de la leche cuya finalidad es la obtención de productos derivados (Campos et al., 2016; Haro Oñate, 2003; Bittar Saab et al., 2014).

A nivel global, la mastitis se considera como el principal limitante y una de las mayores dificultades en la producción del ganado lechero, especialmente para la producción de leche cruda de buena calidad que no suponga un riesgo para la salud humana (Boldyreva, 2014; Murphy et al., 2016). Esta afección es una reacción inflamatoria de la glándula mamaria, la cual se da por factores como golpes directos en los tejidos mamaros, compuestos irritantes o a la presencia de microorganismos patógenos y sus toxinas (Calderón & Rodríguez, 2008). Dicha enfermedad es una de las más importantes que afecta a la industria láctea a nivel mundial, ya que provoca pérdidas económicas considerables en las explotaciones lecheras, afecta la calidad de la leche producida, la salud animal y la salud pública (Bedolla & Ponce de León, 2008). Entre los principales impactos económicos que provoca

la mastitis podemos mencionar a la merma en la producción de leche, el descarte de leche, los costos de tratamiento y honorarios para los veterinarios, el descarte del ganado después de un tratamiento que no tuvo éxito, y el aumento de los costos de mano de obra para el cuidado y manejo especial del ganado enfermo (He et al., 2020).

Generalmente la enfermedad se presenta de forma subclínica sin presentar síntomas, por lo cual no se detecta a tiempo; esto desemboca en bajos niveles de producción y la disminución de la calidad organoléptica y sanitaria de la leche; incluso se puede ver afectado el rendimiento al momento de realizar productos derivados como los quesos (Åkerstedt et al., 2012). Dentro de los métodos de detección de la mastitis bovina están las pruebas químicas, pruebas biológicas, la prueba de Wisconsin, el diagnóstico microbiológico y el conteo de células somáticas por microscopía directa (Bolaños et al., 2012).

En las provincias de Pichincha e Imbabura en Ecuador, se reportó un porcentaje de prevalencia del 74,41% por animal (Gómez Días & Rodríguez Iturralde, 2017) por lo que es considerada una enfermedad altamente prevalente.

### **Justificación del problema**

En Ecuador, la mastitis bovina es considerada como el principal y más prevalente problema de salud en el ganado lechero, que en su mayoría afecta a los pequeños y medianos productores los cuales no aplican buenas prácticas de ordeño (BPO) , sin embargo, no existe información científica y epidemiológica actualizada, que permita conocer cuáles son los agentes y factores de riesgo de esta enfermedad, que posibilite proporcionar información de base a los propietarios para que estos puedan tomar medidas de prevención y control ante esta patología. La escasez de información de carácter científico, determina que los ganaderos alteren la composición de la leche con el uso de adulterantes,

administración de antibióticos a animales enfermos sin la dosificación adecuada ni el respeto al tiempo de retiro establecido.

El objetivo del presente estudio es determinar la prevalencia y factores de riesgo de mastitis; la calidad de la leche cruda y la presencia de adulterantes en explotaciones ganaderas de la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Determinar la prevalencia y factores de riesgo de mastitis, la calidad de la leche cruda y la presencia de adulterantes en explotaciones ganaderas de la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha.

### ***Objetivos específicos***

- Determinar la prevalencia de mastitis en leche cruda bovina a nivel de fincas y centros de acopio, en la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha, a través de la cuantificación de células somáticas con el uso del equipo Ekomilk Scan.
- Determinar la calidad de la leche a través de la verificación de parámetros (grasa, sólidos no grasos, densidad, agua añadida, proteína, punto de crioscopia, acidez titulable, lactosa, conductividad y pH) a través de la utilización del equipo Ekomilk Bond.
- Determinar la presencia de agentes conservantes (cloruros y peróxidos), neutralizantes (bicarbonato de sodio) y antibióticos ( $\beta$ -lactámicos, tetraciclinas y sulfonamidas) en explotaciones ganaderas productoras de leche mediante la aplicación de pruebas colorimétricas y pruebas de cromatografía de flujo lateral.
- Determinación de factores de riesgo a la presencia de mastitis mediante la aplicación y análisis de una encuesta epidemiológica.

**Hipótesis*****Ho***

La prevalencia de mastitis en las explotaciones ganaderas pertenecientes a los centros de acopio y/o queseras en la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha es baja o nula.

***Hi***

La prevalencia de mastitis en las explotaciones ganaderas pertenecientes a los centros de acopio y/o queseras en la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha es alta.

## Capítulo II

### Revisión de literatura

#### Importancia de la mastitis bovina

Medina (2002, como se citó en Bedolla & Ponce de León, 2008) menciona que la mastitis bovina es considerada como la enfermedad que ocasiona mayores pérdidas económicas a los productores lecheros, ya que su presencia en los establos se refleja en costos excesivos de medicamentos para el productor y acortamiento de ingresos por la reducción de la producción, lo que generalmente se ve percibido dentro de una explotación; también menciona que las pérdidas por mastitis se deben principalmente a la reducción de la producción de leche causada por la mastitis subclínica, teniendo en cuenta que la gran mayoría de casos de mastitis son mastitis subclínicas.

A nivel económico las consecuencias de la mastitis están estrechamente ligadas al tratamiento, el descarte, la baja producción y la disminución de la calidad de la leche. Otro factor que también está asociado es el riesgo de contraer más enfermedades, lo cual incrementará los costos de producción (medicamentos, veterinario, mano de obra, tratamientos, sacrificio de animales, etc.) (Halasa et al., 2007). Según Beck et al. (1992) aunque la mastitis reduce la producción de leche en un promedio del 30% por cuarto, la reducción de la producción total puede ser hasta del 20%.

La mastitis bovina es un importante problema de salud pública que ocasiona disminución de la calidad de la leche, reducción de la producción de leche y puede contribuir a la transmisión de enfermedades zoonóticas como la tuberculosis, la brucelosis bovina y la faringitis estreptocócica. (González Salas & Vidal del Río, 2021). Una de las principales prácticas para el control de la mastitis es la terapia con antibióticos que, además de ser utilizados por su acción terapéutica en el tratamiento de las infecciones intramamarias, también son administrados para prevenir la enfermedad durante el secado de los animales, entre una lactancia y la siguiente; lo que conlleva a la acumulación de residuos de

antibióticos en el animal y sus implicaciones son desfavorables en la salud humana (Pellegrino et al., 2011).

### **Tipos de mastitis**

La mastitis se clasifica según el grado de infección y momento de infección como: mastitis clínica y mastitis subclínica; esto a su vez depende de los síntomas que el animal presente.

#### ***Mastitis clínica***

La mastitis clínica es el tipo de infección más fácil de diagnosticar en la cual se observan claramente anomalías en la glándula mamaria o en la leche (Tollersrud et al., 2000). En la ubre es evidente la presencia de hinchazón, dolor o enrojecimiento. En la leche se puede detectar la apariencia anormal similar a la leche cortada o la presencia de pequeños trozos de queso. Otros signos asociados a este tipo de mastitis son: el aumento de la temperatura, decaimiento, anorexia y en casos muy graves la muerte. Además, al producir una leche altamente contaminada por bacterias se verá reducido el rendimiento y la calidad notablemente (Heringstad et al., 2000).

#### ***Mastitis subclínica***

La mastitis subclínica a diferencia de la mastitis clínica es más difícil de diagnosticar, su identificación se realiza mediante pruebas de campo y de laboratorio. Este tipo de patología produce un proceso inflamatorio en la glándula mamaria que afecta negativamente la capacidad de selección de nutrientes del plasma, realizar la síntesis en las células epiteliales y mantener estable la tasa de secreción de leche; por estas razones la tasa de síntesis y secreción de leche disminuye. Como consecuencia, se observa una merma en la producción de leche por unidad de tiempo y un cambio en los componentes químicos que determinan calidad biológica y nutricional (Arauz, 2011).

## **Factores determinantes de la mastitis bovina**

### ***Factores infecciosos***

Aguilar Gálvez et al. (2019) mencionan los siguientes factores infecciosos productores de mastitis:

- La fiebre aftosa, es una de las enfermedades que afecta a la producción lechera, esta enfermedad produce lesiones en el morro, encías, lengua, pezuñas y pezones en los animales afectados.
- La Brucelosis bovina es una enfermedad que además de producir abortos en las hembras enfermas, influye en el costo de un litro de leche, también afecta la producción lechera disminuyendo hasta un 20% de la producción total.
- Enfermedades infectocontagiosas como tuberculosis, estomatitis vesicular (EV), rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR), diarrea viral bovina (DVB), leptospirosis, carbunco, lengua azul, entre otras.
- El papiloma, que es un virus bovino que afecta a los pezones de la hembra produciendo dolor al momento del ordeño; enfermedad que al no ser tratada a tiempo produce mastitis.
- El uso indiscriminado de antibióticos altera la flora normal de la glándula mamaria, lo que también puede ocasionar que el animal presente mastitis subclínica, pudiendo llegar a convertirse en una mastitis clínica.
- Los ectoparásitos como las garrapatas, pueden causar lesiones en las ubres, produciendo a la larga mastitis.

### **Microorganismos infecciosos**

La mastitis es causada por microorganismos que pueden ingresar por el conducto del pezón y el sistema galactóforo. Dentro de los agentes etiológicos causantes de mastitis los más frecuentes se describen en la siguiente Tabla 1:

**Tabla 1***Agentes causales de la mastitis bovina*

<b>Microorganismo</b>	<b>Agente causal</b>
Bacterias	<i>Streptococcus agalactiae</i> <i>Streptococcus dysgalactiae</i> <i>Streptococcus uberis</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Pasteurella</i> sp. <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Clostridium perfringens</i> <i>Nocardia asteroides</i> <i>Mycoplasma bovis</i> <i>Corynebacterium pyogenes</i> <i>Pseudomonas</i> sp. <i>Leptospira</i> sp. <i>Serratia</i> sp. <i>Klebsiella</i> sp. <i>Fusobacterium</i> sp
Algas	<i>Prototheca</i> sp.
Hongos	<i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Trichosporon</i> sp. <i>Candida</i> sp
Levaduras	<i>Cryptococcus neoformans</i>

*Nota.* Tomado de (Guzmán, 2015)

**Mastitis ambiental**

En la mayoría de rebaños lecheros la mastitis clínica es causada por patógenos ambientales, es decir, que la infección se dio desde el medio ambiente al animal. El espacio en general al que se encuentra siempre expuesto el ganado, es el principal lugar de contacto con los microbios de mastitis, ya que materias orgánicas como heces, virutas de madera, paja o las moscas son fuentes de contagio. La infección se puede generar durante el ordeño o en el tiempo de ordeño. Entre los patógenos más comunes están *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp, *Streptococcus uberis*, *Trueperella pyogenes* y levaduras (Aguilar Gálvez et al., 2019).

### **Otras mastitis inducidas por coliformes**

Los coliformes están involucrados en la mayoría de los casos clínicos de mastitis. Al igual que otros coliformes, estas bacterias invaden el pezón a través del esfínter y a través del equipo de ordeño entran en contacto con la contaminación ambiental. La infección suele producirse por ganado estabulado o temperaturas cálidas y húmedas que favorecen el crecimiento bacteriano y una higiene deficiente que facilita la transmisión. Los casos leves pueden superar la infección y curarse por sí mismos debido a la actividad de la respuesta inmunitaria del animal. En los casos graves estos mamíferos deben ser tratados de manera urgente, con productos farmacéuticos que incluyen fluidos, antiinflamatorios, además de antibióticos, tanto sistémicos como intramamarios. La mayoría de bacterias coliformes son susceptibles a una gran variedad de antibióticos conocidos; sin embargo, muchos de estos productos actualmente han perdido su eficiencia, debido a la resistencia inducida por la mala aplicación de antibióticos en dosis y tratamientos (Aguilar Gálvez et al., 2019).

### **Factores fisiológicos**

Aguilar Gálvez et al. (2019) mencionan los siguientes factores fisiológicos que predisponen a los animales a presentar mastitis:

#### **Edad**

Las vacas multíparas con varios años de vida pueden tener conductos galactóforos abiertos que permiten que las bacterias ingresen al sistema conductor-alveolar, lo que contribuye a la mastitis.

#### **Nivel de producción**

Las vacas de alta producción pueden tener problemas fisiológicos que afectan el ligamento suspensorio de la ubre, lo que significa que los pezones pueden estar en estrecho contacto con el suelo, y esto puede contribuir a su lesión, al tiempo que permite que los microorganismos entren en la ubre a través de ella.

### **Temperatura ambiental**

Es bien sabido que la temperatura del ambiente afecta el consumo de alimento, el consumo de agua, la producción y composición de la leche y la tasa de concepción, entre otras.

### **Enfermedades sistémicas**

Las vacas lecheras están expuestas a un sinfín de patologías durante la etapa productiva; cuanto mayor sea la producción de leche, mayor será el potencial de desequilibrio metabólico. Entre las enfermedades a destacar se encuentran el mal de altura y las enfermedades sistémicas, principalmente del corazón, aparato respiratorio y digestivo.

### ***Factores nutricionales***

La alimentación balanceada con una cantidad suficiente de proteínas, contenido energético, vitaminas, micronutrientes y oligoelementos preserva la salud del cuerpo con un sistema inmunológico fuerte capaz de proteger al animal de los agentes causantes de la mastitis. Dos prácticas dietéticas aumentan los riesgos de esta enfermedad: los cambios rápidos en la dieta y el exceso o desequilibrio en varios componentes de la dieta (Aguilar Gálvez et al., 2019).

### **Métodos de diagnóstico de la mastitis bovina**

#### ***Mastitis clínica***

##### **Observación y palpación**

La mastitis subclínica no es visible a simple vista, la ubre se presenta aparentemente saludable mientras que la leche que producida parece ser leche normal, sin embargo, la infección inicial puede causar daños al tejido de la glándula mamaria y por lo tanto provocar cambios en la leche composición microscópica de la leche producida. La mastitis subclínica puede provocar inflamaciones en cada uno de los cuartos por separado, así como en toda la glándula. Los principales signos de esta patología son el aumento de la temperatura, así como enrojecimiento acompañado de dolor en la zona infectada. La

presencia de signos patológicos estimula al sistema inmunitario en un intento de mitigar el problema; uno de los mecanismos es el mantener la infección confinada solamente en la zona afectada lo que disminuye el riesgo de propagación hacia el resto de la glándula u otros órganos o sistemas del animal. Cuando se detecta alguno de los síntomas anteriormente descritos, se puede interpretar como un caso de mastitis clínica, si además es posible detectar alteraciones en la leche producida, estas transformaciones pueden visualizarse como un cambio en el color y en la composición influenciada por el apareamiento de bultos, coágulos, pus, entre otros (Pérez et al., 2005, como se citó en Bolaños et al., 2012).

#### **Fondo oscuro**

Uno de los síntomas de la mastitis clínica, es la aparición de bultos, grumos o acuosidad en la leche, estas anomalías se las puede detectar mediante la prueba de fondo oscuro, la cual consiste en dejar caer un chorro de la leche directo de la vaca, en una taza plástica con fondo negro, este fondo negro nos permitirá observar estos grupos causados por la mastitis clínica.

#### ***Mastitis subclínica***

##### **Conductividad eléctrica**

Cuando una vaca tiene una infección en la glándula mamaria la conductividad eléctrica de la leche aumenta, por lo que conocer este parámetro físico-químico de la leche permite saber el estado de mastitis en vacas, identificando con mayor precisión la mastitis clínica; ya que la precisión para la mastitis subclínica es solo del 50% a comparación de otros métodos (Echeverri et al., 2010).

##### **Conteo de células somáticas (CCS)**

Para determinar el grado de mastitis subclínica, uno de los principales métodos es el conteo de células somáticas obtenidas de muestras frescas de leche. Las células somáticas están constituidas en su mayoría por leucocitos. En vacas sanas el conteo celular siempre es menor a 200.00 células/mL, valores

más altos indicarían una posible infección y disminución de la producción. Este conteo también se lo puede realizar en tanques, para tener una idea o control del estado de mastitis de la explotación (Dairy-Cattle, 2019).

**Tabla 2**

*Pérdida de producción de leche asociada a Conteo de Células Somáticas en Tanque (CCST)*

<b>CCST (1000/mL)</b>	<b>% pérdida de producción</b>
200	0
500	6
1000	18
1500	29

*Nota.* Tomado de (Dairy-Cattle, 2019)

### **California mastitis test (CMT)**

El California Mastitis Test (CMT) es una prueba diagnóstica para la detección de mastitis, este examen predice el conteo de células somáticas a partir de cualquier tipo de muestra. El test contiene un reactivo tensoactivo que reacciona con el ADN de las células somáticas y un indicador de pH, de acuerdo al número de células somáticas contenidas en la muestra de leche, al ser aplicado este reactivo en una proporción de 1:1 se formará un precipitado cuya densidad es proporcional a la intensidad de la inflamación (Cebrián et al., 2005).

### **Métodos alternativos**

Aguilar Gálvez et al. (2019) en su libro "Mastitis Bovina" describe a las siguientes pruebas diagnósticas como alternativas para la detección de mastitis.

- Diagnóstico bacteriológico
- Inmunodiagnóstico
- ProStaph ©
- Diagnóstico molecular

- Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)
- Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) en tiempo real
- Huella de ADN
- Diagnóstico fluorescente
- Tecnología de microarrays

### **Principios de base para tratamiento y control de mastitis**

El tratamiento para la mastitis consiste en el uso de antibióticos que a su vez involucra la aplicación de buenas prácticas de ordeño. Los antibióticos más utilizados en el tratamiento de la mastitis bovina son los betalactámicos, cefalosporinas, tetraciclinas, macrólidos, aminoglucósidos y sulfonamidas (Aguilar Gálvez et al., 2019).

### ***Tratamiento***

El tratamiento para la mastitis clínica es diferente al realizado para la mastitis subclínica de acuerdo al nivel de infección que ambas presentan, sin embargo, los tratamientos se resumen en el uso de fármacos donde el principal grupo son los antibióticos, aunque también se pueden usar analgésicos y antiinflamatorios para aliviar las molestias causadas por esta patología. Primero, se debe conocer el agente causal mediante un estudio bacteriológico o en el caso de no poder llevar a cabo un cultivo, el diagnóstico será realizado de acuerdo a la experticia del médico. Para que el tratamiento sea efectivo se debe tomar en cuenta la resistencia bacteriana en potencia, que el fármaco sea el adecuado para la mastitis, la concentración del fármaco, la duración del tratamiento, que no haya interrupciones durante el tratamiento. Los tratamientos se pueden realizar por la vía sistémica o la vía intramamaria (Aguilar Gálvez et al., 2019).

## **Control**

Para un buen control de la mastitis bovina es importante priorizar la higiene de la ubre y del sistema de ordeño, ya que estas medidas higiénicas durante el proceso de ordeño previenen y reducen la contaminación microbiana que se puede dar en la glándula mamaria. La aplicación estricta de buenas prácticas de ordeño y prevención son primordiales en cuanto a la prevención y manejo de la mastitis bovina, ya que lo importante en una explotación ganadera no es solamente tratar al animal, sino evitar pérdidas económicas debido a la reducción de la producción de leche, gastos médicos, gastos de tratamientos; y sobre todo evitar una nueva infección (Aguilar Gálvez et al., 2019) .

## **Prevalencia de mastitis bovina en el Ecuador**

En la Tabla 3 se presentan reportes sobre la prevalencia de la mastitis bovina en diferentes zonas del Ecuador.

## **Calidad de la leche cruda bovina**

### ***Leche cruda: Requisitos***

La FAO (2022) menciona que, si la leche cruda bovina no es de buena calidad, no será posible obtener productos lácteos de calidad, por lo que está deberá cumplir con las siguientes características:

- No debe tener residuos ni sedimentos.
- Su sabor, color y olor deben ser normales.
- Un contenido bajo de bacterias.
- No presentar sustancias químicas como antibióticos y detergentes.
- Sus características físicas y químicas deben ser normales.

**Tabla 3***Prevalencia de la mastitis bovina en diferentes zonas del Ecuador*

Provincia	Prevalencia %	Autor
Azuay	36.10	(Álvarez & Chuqui, 2017)
Azuay	40.70	(Rosario Calero & Pezantes Dominguez, 2016)
Azuay	42.10	(Coronel Samaniego & Espinoza Suárez, 2017)
Bolívar	84.50	(Andrade Cerón & Sánchez Galarza, 2018)
Carchi	35.71	(Ibarra Rosero et al., 2022)
Chimborazo	40.00	(Cuzco Soto, 2015)
Chimborazo	42.60	Agrocalidad (2015, como se citó en Pomaquero Guzñay, 2016)
Chimborazo	39.21	Suárez (2007, como se citó en Pomaquero Guzñay, 2016)
Chimborazo	46.87	MAGAP (2015, como se citó en Pomaquero Guzñay, 2016)
El Oro	60.00	(Amer et al., 2018)
Imbabura	81.48	Echeverría R (2016, como se citó en Tatés Cabrera, 2018)
Loja	44.30	Caraguay (2012, como se citó en Avellán et al., 2019)
Loja	44.03	Barragán y Guailas (2012, como se citó en Andrade Cerón & Sánchez Galarza, 2018)
Manabí	38.57	(Avellán et al., 2019)
Napo	79.66	(Espinoza & Mier, 2013)
Pichincha	68.98	(Almeida, 2015)
Pichincha	22.22	(Farinango Navas, 2015)
Pichincha	39.30	(Fonseca Sánchez, 2015)
Pichincha	66.00	(Bonifaz & Conlago, 2016)
Pichincha	10.67	(Acuña & Rivadeneira, 2008)
Pichincha e Imbabura	74.41	(Gómez Días & Rodríguez Iturralde, 2017)

*Nota.* Prevalencia de la mastitis bovina en diferentes provincias del Ecuador.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2015) presentó los siguientes requisitos físico-químicos para la leche cruda Tabla 4.

**Tabla 4**  
*Requisitos físico-químicos para la leche cruda*

<b>Requisito</b>	<b>Unidad</b>	<b>min.</b>	<b>Máx.</b>
Densidad relativa: a 15 °C	g/mL	1.029	1.032
a 20 °C		1.028	1.033
Grasa	%	3	-
Acidez titulable	%	0.13	0.17
Sólidos no grasos	%	8.2	-
Punto de crioscopia	°C	-0.536	-0.512
Proteína	%	2.9	-
Recuento de células somáticas	cél/mL	-	<5 x 10 <sup>5</sup>
Conservantes	-	Negativo	-
Neutralizantes	-	Negativo	-
Adulterantes	-	Negativo	-
Antibióticos	-	Negativo	-

*Nota.* Requisitos físicos-químicos para la leche cruda. Tomado de (INEN, 2015)

### ***Adulterantes en leche cruda***

Los adulterantes, conservantes y neutralizantes son sustancias o productos que se utilizan para encubrir defectos de mala calidad microbiológica, o evitar cambios estructurales que provocan que la leche se eche a perder; y en algunos casos los productores los utilizan para “cambiar o mejorar la composición de la leche”. Estas prácticas no están permitidas por la normativa ecuatoriana, puesto que la leche para bebida debe ser la más fresca y natural posible (INEN, 2015).

### **Adulterantes**

Los adulterantes en leche cruda son usados para cambiar características de la leche como son: densidad, color, sabor, porcentaje de grasa y lactosa. Los adulterantes que detalla el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2015) son los siguientes:

- Harina y almidones
- Soluciones azucaradas o salinas

- Colorantes
- Suero de leche
- Grasas vegetales

### **Neutralizantes**

Los neutralizantes son sustancias químicas que son utilizadas para impedir la acidificación de la leche que se desarrolla de manera natural a través de microorganismos específicos. Los neutralizantes que detalla el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2015) son los siguientes:

- Orina bovina
- Carbonatos
- Hidróxido de sodio
- Jabones

### **Conservantes**

Los conservantes son usados para evitar la proliferación de bacterias propias de la leche con la finalidad de conservar el producto. Los conservantes que se detallan en la (INEN, 2015) son los siguientes:

- Formaldehído
- Peróxido de hidrógeno
- Hipocloritos
- Cloraminas
- Dicromato de potasio
- Dióxido de cloro

**Antibióticos**

Los antibióticos son medicamentos que generalmente se emplean para el tratamiento de enfermedades infecciosas; en el ganado lechero, si no se hace caso o se cumple con los días de retiro del medicamento, se encontraran residuos de estos antimicrobianos en la leche, lo que no está permitido por la legislación (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca [MAGAP], 2013).

## Capítulo III

### Materiales y Métodos

#### Trabajo de campo

##### *Lugar de estudio*

El estudio se realizó entre marzo y abril del 2022 en dos zonas del noroccidente de la provincia de Pichincha. La zona 1 que pertenece a la parroquia de Nanegalito, cantón Quito y la zona 2 que pertenece a la parroquia de Pedro Vicente Maldonado, cantón Pedro Vicente Maldonado. Se realizaron dos fases del muestreo:

##### **Primera fase**

En la primera fase el muestreo de leche de bidón se realizó siguiendo las rutas de los transportistas de cada quesera y/o centro de acopio. Se muestrearon a un total de 43 productores pertenecientes a la Quesera “QEB” en tres rutas de transporte en la parroquia de Nanegalito, a 45 productores pertenecientes al Centro de Acopio “CACGT” en dos rutas de transporte y a 10 productores pertenecientes al Centro de Acopio de la Asociación de Ganaderos “CAAGNR” en una ruta de transporte en la parroquia de Pedro Vicente Maldonado, donde se recolectaron un total de 64, 75 y 19 muestras de leche de bidón respectivamente.

##### **Segunda fase**

En la segunda fase en la parroquia de Nanegalito se muestrearon a 37 animales, se tomaron 5 muestras de leche de bidón y 2 muestras de tanques de enfriamiento de leche pertenecientes a 4, 3 y 2 fincas; y en la parroquia de Pedro Vicente Maldonado se muestrearon a 40 animales, se tomaron 5 muestras de leche de bidón y 2 muestras de tanques de enfriamiento de leche pertenecientes a 4, 2 y 2 fincas.

### **Ubicación geográfica**

Nanegalito está ubicado en el noroccidente del distrito metropolitano de Quito, en la provincia de Pichincha. La altitud oscila entre los 1400 a 2800 m s. n. m, con una temperatura promedio de 15.6°C.

Pedro Vidente Maldonado está ubicado en el cantón Pedro Vidente Maldonado, en la provincia de Pichincha. La altitud oscila entre los 800 a 1500 m s. n. m, con una temperatura entre los 15 a 35°C.

### **Ubicación ecológica**

En Nanegalito se identifican dos temporadas, la época lluviosa entre diciembre a mayo, y la época seca entre junio y noviembre. El promedio de precipitación anual es de 1500 mm, con una humedad relativa del 89%. La zona de vida es un bosque muy húmedo montano bajo.

En Pedro Vidente Maldonado el promedio de precipitación anual es de 3300 mm, con una humedad relativa sobre el 70 %. La zona de vida está conformada por un ecosistema de bosque nublado, húmedo subtropical y húmedo tropical.

### ***Determinación del tamaño de la muestra***

Con el objetivo de que el estudio sea representativo se estimó el tamaño de la muestra.

En la parroquia de Nanegalito, se determinó que hay cuatro centros dedicados a la producción de derivados de la leche, de los cuales la Quesera “QEB” fue la que aceptó y dio la autorización para realizar el muestreo mediante el seguimiento de las tres rutas de transporte en la fecha propuesta, en cuanto a los otros centros no se pudo realizar el muestreo ya que no hubo respuesta por parte de los propietarios, no se dio la autorización para el muestreo y porque muchos de los productores pertenecientes a estos centros no estaban de acuerdo o tenían inseguridad en cuanto a la confidencialidad de los resultados por temor a que se notifique a algún centro de control sanitario.

En la parroquia de Pedro Vicente Maldonado, se determinó que hay siete Centros de Acopio de leche, de los cuales el Centro de Acopio “CACGT” y el Centro de Acopio “CAAGNR” fueron los que aceptaron y dieron autorización para realizar el muestreo mediante el seguimiento de las rutas de transporte en la fecha propuesta; en cuanto a los otros centros no se pudo realizar el muestreo por las mismas razones ya mencionadas en la parroquia anterior.

Para la determinación del tamaño de la muestra de la quesera y los centros de acopio se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * p * (1 - p)}{d^2}$$

Dónde:

n= Número de muestras

p= Frecuencia esperada del factor a estudiar

Z= Valor del intervalo de confianza

d= Precisión absoluta del estudio

Al obtener un número de muestras mayor al de la población, se corrigió el tamaño de la muestra en función del número de propietarios y/o animales existentes en cada finca, centro de acopio o quesera.

$$n_o = \frac{N * n}{N + n}$$

Dónde:

n0: Número de muestras corregido

N= Total de fincas y/o animales en la finca, centro de acopio o quesera.

n: Número de muestras

Se remplazaron en estas fórmulas los datos de la quesera y centros de acopio, datos que se proporcionan a continuación:

La Quesera “QEB” con un total de 47 productores de leche, el Centro de Acopio “CACGT” con un total de 50 productores de leche y el Centro de Acopio “CAAGNR” con un total de 10 productores de leche; con un 95% de confiabilidad y un 95% de precisión absoluta; y se determinó el tamaño de la muestra para la quesera y centros de acopio, mismos que se pueden observar en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Resultados del tamaño de la muestra para cada lugar de estudio*

Lugar de estudio	Tamaño de muestra
Quesera “QEB”	42
Centro de Acopio “CACGT”	45
Centro de Acopio “CAAGNR”	10

*Nota.* Tamaño de la muestra para cada uno de los lugares de estudio.

### ***Obtención de muestras de leche de bidones y vacas***

#### **Materiales.**

Botas de caucho, overol, mascarilla, registros de muestreo en fincas y/o centros de acopio, encuestas epidemiológicas, marcadores, esferos, etiquetas y/o membretes, guantes desechables, cooler, cinta adhesiva, cinta masking, frascos plásticos para muestras.

#### **Procedimiento**

En la primera fase, la toma de muestras se realizó durante la recolección de leche de las diferentes rutas de transportistas pertenecientes a cada quesera o centro de acopio Figura 1. Primero se realizó un encuentro con los transportistas, en algunos casos 2 personas fueron en el mismo camión recolector o 3 personas mediante movilización propia; al momento de llegar al lugar de cada propietario una persona se encargó de tomar las muestras de leche directamente de cada bidón y otra persona era

la encargada de tomar los datos y georreferenciar cada una de las paradas. Para la segunda fase, las muestras de leche se recolectaron al momento del ordeño, estas se tomaron directamente de los animales o bidones de cada finca Figura 2. El proceso que se siguió para la toma de muestras fue: llenar el frasco para la toma de muestras en aproximadamente 50 mL de leche, se etiquetó e identificó las muestras con la información de la vaca, finca y/o código del bidón y al mismo tiempo fue llenando las hojas de registro de muestreo con información complementaria (fecha, nombre de la finca y/o centro de acopio, número de animales, raza), finalmente se transportaron las muestras en coolers hacia el laboratorio Figura 3. La información obtenida se digitalizó.

### **Figura 1**

*Recolección de muestras de leche de bidón*



### **Trabajo de laboratorio**

Para la realización de pruebas de diagnóstico, se montó un laboratorio en un punto cercano a los lugares de recolección de muestras en la zona del noroccidente, en las parroquias de Nanegalito y Pedro Vicente Maldonado, del cantón Quito y del cantón Pedro Vicente Maldonado respectivamente, de la provincia de Pichincha Figura 4. Pruebas de laboratorios fueron realizadas en el Laboratorio de Mejoramiento Genético y Sanidad Animal, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, campus IASA I, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

**Figura 2**

*Recolección de muestras de leche de bidón y vacas en fincas*

***Determinación del número de células somáticas***

Para determinar el número de células somáticas se utilizó el equipo analizador de leche EkomilkScan modelo EON TRADING USA. Primero se preparó el equipo colocando el balón de vidrio en el orificio mezclador de muestras, como manera de cuidado y prevención, en el cuello del balón de vidrio se insertó un papel absorbente para que no haya filtración de muestra y de esta manera evitar que el equipo se dañe; como paso final, debajo del mezclador se colocó el recipiente colector de desecho.

**Figura 3**

*Muestras de leche de bidón*



Previo al uso del equipo se preparó la solución surfactante Ekoprim. Se conectó y encendió el equipo, se esperó hasta que apareció la notificación de “LAVADO” en la pantalla de mensajes, luego se añadió unos 10 mL de agua destilada y se presionó en el botón de “OK” para iniciar el lavado. Una vez el

equipo desechó el agua, es decir, terminó el proceso de lavado, apareció la notificación “MUESTRA” la cual indicó que era momento de agregar los 10 mL de la muestra de leche y los 5 mL de la solución surfactante. Una vez agregadas las soluciones se presionó el botón de “OK” y se esperó 10 segundos mientras el equipo realizaba la mezcla y empezaba a expulsar el contenido; finalmente se registró el resultado obtenido en la hoja de registro de conteo de células somáticas, junto con la identificación de la muestra de leche. Entre cada muestra se realizó dos lavados con agua destilada, una después de finalizar el análisis de la muestra y la que exige el equipo al salir la notificación de “LAVADO”.

#### **Figura 4**

*Laboratorio montado en la parroquia de Nanegalito*



Para apagar el equipo, se realizó una última limpieza donde se usó agua destilada para eliminar cualquier residuo y se verificó que el equipo no haya quedado taponado, luego se apagó, se retiró el balón y el recipiente recolector de desechos.

#### ***Determinación de calidad de la leche***

Para determinar la calidad de leche se utilizó el equipo EkomilkBond Cal 6-6-14, modelo EON TRADING USA. Primero se preparó el equipo, lo cual consistió en retirar el tampón que recubre el pH-metro, ubicar las copas donde van las muestras de leche en sus respectivas posiciones, y colocar el papel térmico en la zona de impresión del equipo. Una vez listo, se encendió el equipo presionando el switch

de encendido que se encuentra en la parte trasera, se esperó a que este se caliente y salga la notificación “EKOMILK” en la pantalla que significa que ya hay como usarlo.

Para empezar el análisis, se lavó con agua destilada el electrodo y el pH-metro, y se secaron con papel toalla, luego se llenaron las copas con las muestras de leche, una copa casi por completo (15 mL aproximadamente) y la otra se llenó un poco más de la mitad (10 mL aproximadamente). La primera copa se colocó en el receptor tubo ventosa, y la otra muestra se colocó en el electrodo de pH y sonda medidora.

Para iniciar el análisis se presionó el botón de “MODE” y se seleccionó la opción leche de vaca 1, que es para leche de vaca cruda, luego se presionó “OK” para que el equipo inicie con el análisis; al cabo de 45 segundos la pantalla mostró los resultados para cada uno de los parámetros: grasa, sólidos no grasos, densidad, proteína, punto de crioscopia, temperatura, acidez titulable, pH, agua añadida y lactosa.

Se imprimió los resultados accionando el botón de la flecha hacia arriba, y con un esfero se identificó a que animal, o muestra corresponden los resultados.

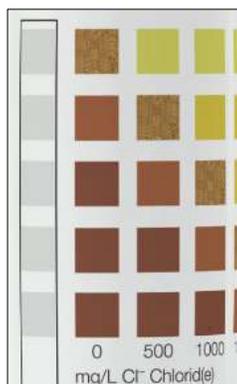
Para apagar el equipo, se realizó la limpieza diaria y semanal, donde se usó agua destilada y los reactivos “Ekoday” y “Ekoweek”.

### ***Determinación de cloruros en leche***

Para determinar la cantidad de cloruros en la leche se utilizó el “Chloride test sticks Quantofix-500-3000 mg/L”, las cuales son tiras reactivas semicuantitativas que miden la concentración de cloruros dese 0 hasta  $\geq 3000 \text{ mg/L Cl}^-$ , estos valores se identificaron según el cambio de color de marrón a amarillo. Para iniciar el test, se retiró una tira reactiva del recipiente y se sumergió por un segundo en la muestra a analizar, luego se retiró y quitó el exceso de leche y se esperó por aproximadamente 60 segundos, finalmente se leyeron los resultados comparándolos con la escala de colores Figura 5.

**Figura 5**

*Interpretación de los resultados para test de cloruros en leche*



*Nota.* Tomado de (MN  
| MACHEREY-NAGEL,  
2021a)

***Determinación de peróxidos en leche***

Para determinar la cantidad de peróxidos en la leche se utilizó el “Quantofix peroxides test stick”, las cuales son tiras reactivas semicuantitativas que miden la concentración de peróxidos desde 1-100 mg/L, estos valores se identificaron según el cambio de color de blanco a azul.

Para realizar el test se retiró del frasco solo las tirillas a utilizar, se sumergió una de las tirillas en la muestra por aproximadamente un segundo, luego se retiró y eliminó el exceso de muestra, se esperó a que pasen 15 segundos y finalmente se leyeron los resultados Figura 6.

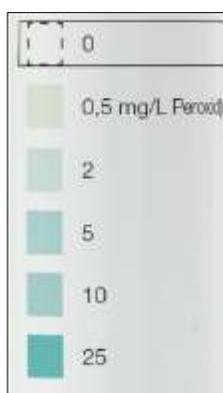
***Determinación de neutralizantes en leche***

Para determinar la presencia de neutralizantes en la leche se utilizó el “Lactopast Biomedix Neutralizers Duo”, es un kit cualitativo rápido que detecta la presencia de neutralizantes añadidos como: NaOH (Hidróxido de sodio), KOH (Hidróxido de potasio), carbonatos, bicarbonatos, amoníaco, varios álcalis, entre otros en leche cruda. Estas sustancias pueden ser utilizadas para corregir el pH de leche cruda fresca o mal conservada. El kit contiene tubos precargados con una solución tampón y un gotero con 10 mL de sustrato de activación, para saber si la leche contiene o no presencia de

neutralizantes. Para determinar la presencia de neutralizantes en leche se añadieron 400  $\mu$ l de leche cruda en el tubo precargado, luego se añadió 3 a 4 gotas del sustrato de activación y finalmente se leyeron los resultados, lo cual consiste en ver si la solución se torna de color naranja o rojo. Si se torna de color naranja la leche está limpia y libre de neutralizantes añadidos; si se torna de color rojo, significa que la leche presenta presencia de neutralizantes añadidos.

### Figura 6

*Interpretación de los resultados para test de peróxidos en leche*



*Nota.* Tomado de (MN | MACHEREY-NAGEL, 2021b)

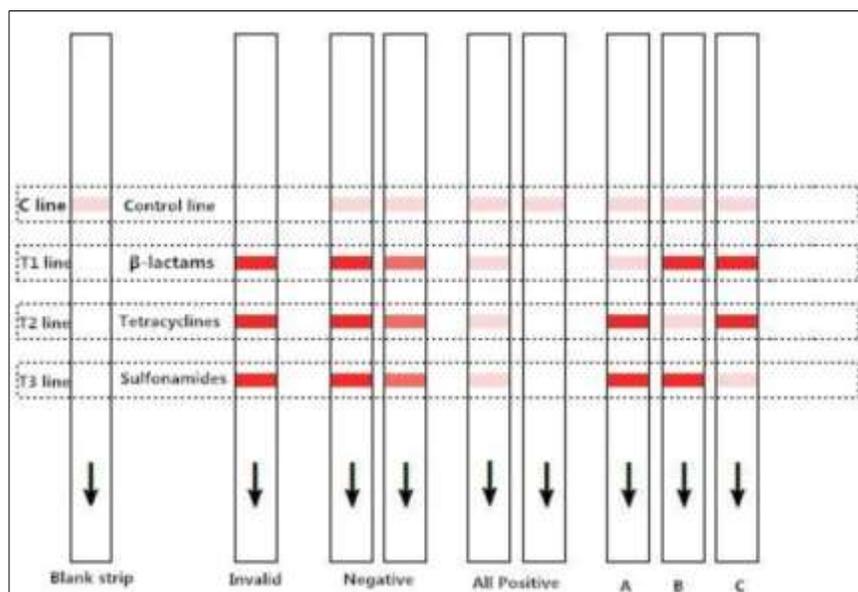
### ***Determinación de residuos de antibióticos en leche***

Para determinar la presencia de  $\beta$ -lactamasas, tetraciclinas y sulfamidas en la leche se utilizó el “ $\beta$ -lactams, Tetracyclines and Sulfonamides Combo rapid test strip (milk)”, la cual es una prueba rápida combinada de  $\beta$ -lactámicos, tetraciclinas y sulfonamidas; este test se basa en la inmunocromatografía de oro coloidal, que se utiliza para analizar cualitativamente los residuos de antibióticos en la leche. Para determinar la presencia de antibióticos se tomó 200  $\mu$ l de leche con una micropipeta y se les añadió en los micropocillos, luego se absorbió repetidamente 3 veces hasta que se mezcló completamente la muestra con el reactivo en los micropocillos. Luego de una fase de incubación a 42°C durante 5 minutos,

se insertaron las tiras en el micropocillo y se incubó nuevamente a  $40\pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 5 minutos y finalmente se leyeron los resultados Figuras 7 y 8.

**Figura 7**

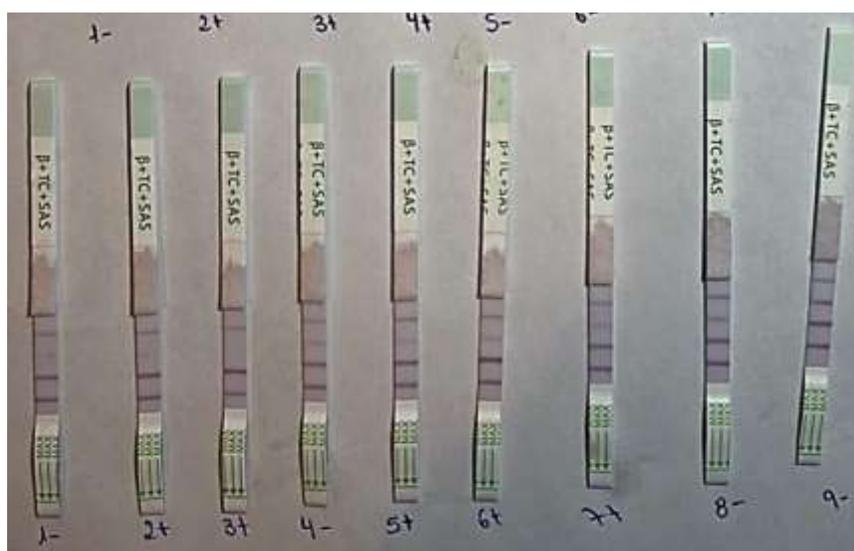
*Guía para la interpretación de los resultados del test de antibióticos en leche*



*Nota.* A: positivo para β-lactamas, B: positivo para Tetraciclinas, C: positivo para Sulfonamidas. Tomado de (Green Spring, 2022)

**Figura 8**

*Resultados obtenidos en test de antibióticos en leche*



### **Determinación de prevalencia de mastitis**

#### **Prevalencia total por bidones**

La siguiente ecuación permitió calcular la prevalencia de mastitis en las muestras tomadas de bidones:

$$P = \frac{\text{número de bidones muestreados positivos}}{\text{número total de bidones muestreados}} \times 100$$

#### **Prevalencia por número total de animales (tamaño de la explotación)**

La prevalencia de mastitis por tamaño de explotación se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{\text{número de animales o bidones positivos por explotación}}{\text{número total de animales o bidones muestreados}} \times 100$$

#### **Prevalencia por centro recolector de leche**

La prevalencia de mastitis por centro recolector de leche se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{\text{número de bidones positivos por centro}}{\text{número total de bidones muestreados por centro}} \times 100$$

#### **Prevalencia por tanque de enfriamiento**

La prevalencia de mastitis por tanque de enfriamiento se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{\text{número de tanques de enfriamiento positivos}}{\text{número total de tanques de enfriamiento}} \times 100$$

#### **Prevalencia por finca**

La prevalencia de mastitis por finca se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{\text{número de animales positivos por finca}}{\text{número total de animales muestreados por finca}} \times 100$$

### **Prevalencia por tipo de ordeño**

La prevalencia de mastitis por tipo de ordeño se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{\text{número de animales o bidones positivos por tipo de ordeño}}{\text{número total de animales o bidones muestreados}} \times 100$$

### ***Aplicación de encuesta epidemiológica y toma de coordenadas***

Con la finalidad de obtener información epidemiológica en cuanto al manejo de los animales, la sanidad de la glándula mamaria, procedimientos de diagnóstico, control y prevención de la mastitis bovina; se realizó una encuesta epidemiológica a los dueños o personas encargadas de cada propiedad, las preguntas planteadas se clasificaron en tres secciones:

1. Identificación y localización de la explotación.
2. Datos generales de la explotación.
3. Aspectos relacionados al ordeño

Para la toma de coordenadas se utilizó la herramienta EpiCollect, una aplicación móvil y web que permite recolectar datos por medio de cuestionarios vinculados a sitios web de diferentes proyectos; todos los datos pueden ser recopilados y georreferenciados a partir de diferentes dispositivos y una vez sincronizados se pueden ver en un servidor central.

### ***Determinación de Factores de Riesgo***

Para la determinación entre la asociación entre un posible factor de riesgo y la presencia o no de una enfermedad, se pueden determinar algunas medidas epidemiológicas dentro de diferentes tipos de estudios. Dada la prevalencia de más del 10%, el estudio a ser utilizado es el estudio de cohorte.

Dentro de los estudios de corte se encuentran los siguientes análisis: Riesgo Relativo (RR), Riesgo Atribuible (RA) y Fracción Etiológica de la Población (FEP) . Para determinar estos análisis de estudios de cohorte se utilizaron tablas de contingencia de doble entrada con las siguientes fórmulas:

**Tabla 6**

*Tabla de contingencia de doble entrada*

Diagnóstico	Factor de riesgo		Total
	No	Si	
Negativo	a	b	a+b
Positivo	c	d	c+d
<b>Total</b>	a+c	b+d	a+b+c+d

*Nota.* Tomado de (Ormaza & Rueda, 2021)

**Incidencia en expuestos ( $IA_e$ )**

$$IA_e = \frac{a}{a + b}$$

**Incidencia en no expuestos  $IA_o$**

$$IA_o = \frac{c}{c + d}$$

**Riesgo relativo (RR)**

$$RR = \frac{IA_e}{IA_o} = \frac{\left(\frac{a}{a+b}\right)}{\left(\frac{c}{c+d}\right)}$$

**Riesgo atribuible en expuestos (RAE)**

$$RAE = IA_e - IA_o = \left(\frac{a}{a+b}\right) - \left(\frac{c}{c+d}\right)$$

**Fracción etiológica de la población (FEP)**

$$FEP = \frac{(IA_p - IA_o)}{IA_p} = \frac{RAE}{IA_e}$$

## ***Interpretación de resultados***

### **Interpretación del riesgo relativo**

El RR se entiende como el riesgo que posee un grupo para desarrollar la enfermedad o evento, en comparación con el grupo de referencia (sin riesgo). Si  $RR=1$ , no existe asociación entre el factor de riesgo y la enfermedad; si  $RR>1$ , se consideraría factor de riesgo y si  $RR<1$ , la asociación es negativa o efecto protector.

### **Interpretación del riesgo atribuible**

RAE es la disminución que se produciría en el número de casos nuevos de una enfermedad, en el grupo de los expuestos, si se suprimiese el Factor de Riesgo (FR).

### **Interpretación de la fracción etiológica de la población**

FEP es la disminución que se produciría en el número de casos nuevos de una enfermedad, en la población en general, si se suprimiese el Factor de Riesgo (FR).

## **Estudio complementario**

Como complemento a la investigación se realizó un muestreo de la totalidad de animales en etapa de lactancia en la Hacienda "X" ubicada en la parroquia Aloasí, cantón Mejía, provincia Pichincha. Se recolectaron 306 muestras de leche, una por cada animal, con la finalidad de determinar la sensibilidad de los métodos: California Mastitis Test (CMT) y Conteo de Células Somáticas (CCS).

## ***Prueba california mastitis test (CMT)***

### **Materiales**

Leche cruda 2 mL, Paletas plásticas limpias para CMT, reactivo CMT.

## Procedimiento

Previo a la prueba de CMT se desinfectó con yodo los pezones (en caso de encontrarse muy sucios se lavó con agua caliente). El CMT se realizó utilizando una paleta para esta prueba, que consiste en una bandeja de plástico dividida en cuatro secciones. Primero se recolectó una muestra de leche por cuarto mamario, luego se igualó cada sección usando como guía la señal que se encuentra en la paleta, después se agregó el reactivo a una relación de 1:1 por pocillo e inmediatamente se homogeneizó la muestra realizando uno a cinco movimientos circulares. Los resultados se interpretaron como: 0= Negativo o no infectado (no se observa un espesamiento de la muestra); T= trazas o para una posible infección (se observa un ligero espesamiento de la muestra); 1= Positivo débil o infectado (se observa ya un espesamiento en la mezcla, pero sin tendencia a formar gel); 2= Positivo evidente o infectado (Inmediatamente se observa un espesamiento de la mezcla con ligera formación de gel, al realizar los movimientos circulares la muestra se acumula en el centro del pocillo dejando expuesto el fondo del borde externo); 3= Positivo Fuerte o Infectado (hay formación de gel, al eliminar la muestra esto cae como una sola masa, sin dejar o quedar algún residuo en el pocillo).

### Tabla 7

*Grado de afección dependiendo el número de células somáticas en leche por mL en la prueba CMT*

Reacción	Células somáticas por mL de leche
Negativo	0-200.000
Traza	200.000-400.000
Grado 1	400.000-1.200.000
Grado 2	1.200.000-5.000.000
Grado 3	Más de 5.000.000

*Nota.* Tomado de (Ruiz, 1996 y NMC, 1999 como se citó en Hernández & Bedolla, 2008)

### Índice kappa

El índice kappa (k) es una herramienta estadística que permite conocer el grado de concordancia entre dos observadores, permitiendo determinar hasta qué punto coinciden ambas personas,

metodologías o diagnósticos en su medición. El índice kappa (k) corresponde a la proporción de concordancias de dos observadores sobre el total de observaciones, habiendo excluido aquellas concordancias que se dan por azar (Cerdeja Lorca & Villarreal Del P., 2008).

$$k = \frac{[(\sum \text{concordancias observadas}) - (\sum \text{concordancias atribuibles al azar})]}{[(\text{total de observaciones}) - (\sum \text{concordancias atribuibles al azar})]}$$

El índice kappa (K) se interpreta como: pobre, leve, aceptable, moderada, considerable y casi perfecta Tabla 8 (Cerdeja Lorca & Villarreal Del P., 2008).

**Tabla 8**

*Valoración del índice kappa (k)*

<b>K</b>	<b>Grado de concordancia</b>
0.00	Pobre
0.01-0.20	Leve
0.21-0.40	Aceptable
0.41-0.60	Moderado
0.61-0.80	Considerable
0.81-1.00	Casi perfecto

*Nota.* Tomado de ( Landis & Koch, 1977 como se citó en Cerdeja Lorca & Villarreal Del P., 2008)

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

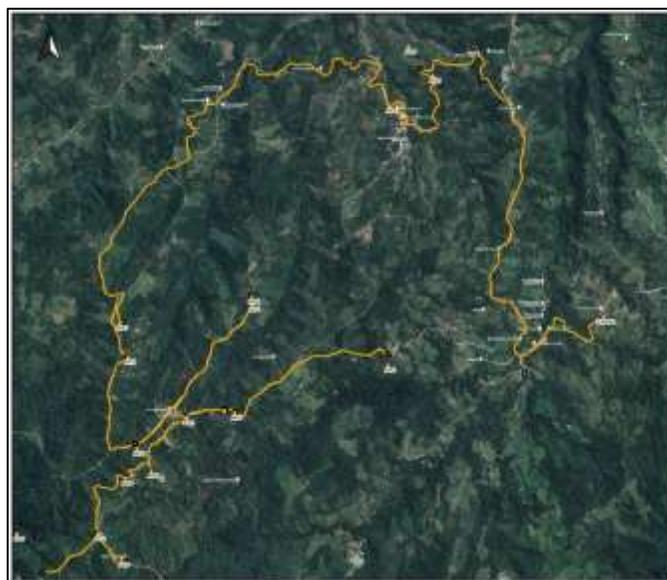
#### Georreferenciación de las rutas de muestreo

Se muestrearon un total de 6 rutas de carros recolectores de leche distribuidos en 2 zonas del noroccidente de la provincia de Pichincha. De las 6 rutas, 3 corresponden a la zona 1 (parroquia de Nanegalito), y las 3 rutas restantes corresponden a la zona 2 (parroquia de Pedro Vicente Maldonado).

En las Figuras 9, 10 y 11; se encuentran georreferenciadas las 3 rutas de muestreo que se realizaron en la zona 1, las cuales pertenecen a la Quesera “QEB”.

#### Figura 9

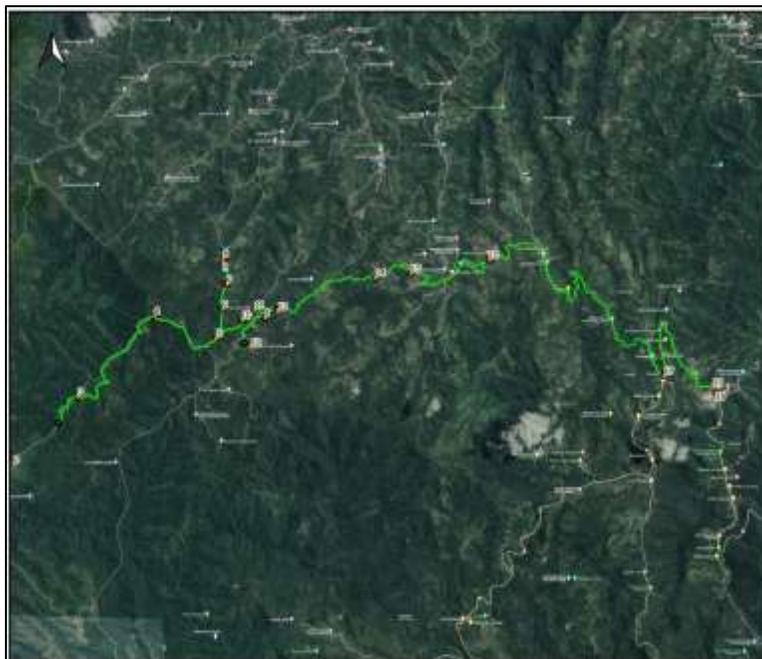
*Georreferenciación de la ruta de muestreo 1 de la zona 1*



*Nota.* Zona 1: Parroquia de Nanegalito

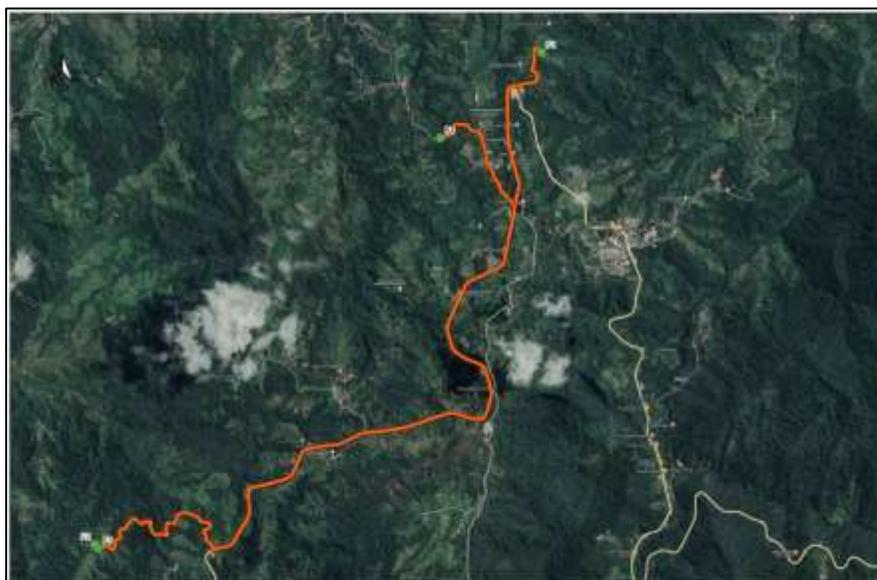
En las Figuras 12 y 13, se puede observar la georreferenciación de 2 de los 3 recorridos realizados en la zona 2, los cuales pertenecen al Centro de Acopio “CACGT. La georreferenciación de la ruta 3 de la zona 2 perteneciente al Centro de Acopio “CAAGNR” se puede visualizar en la Figura 14.

**Figura 10**  
*Georreferenciación de la ruta de muestreo 2 de la zona 1*



*Nota. Zona 1: Parroquia de Nanegalito*

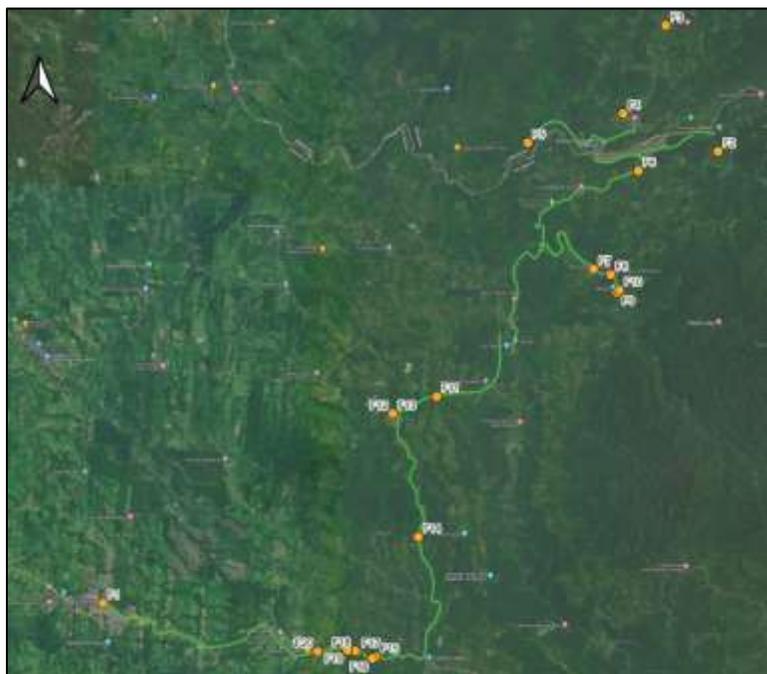
**Figura 11**  
*Georreferenciación de la ruta de muestreo 3 de la zona 1*



*Nota. Zona 1: Parroquia de Nanegalito*

**Figura 12**

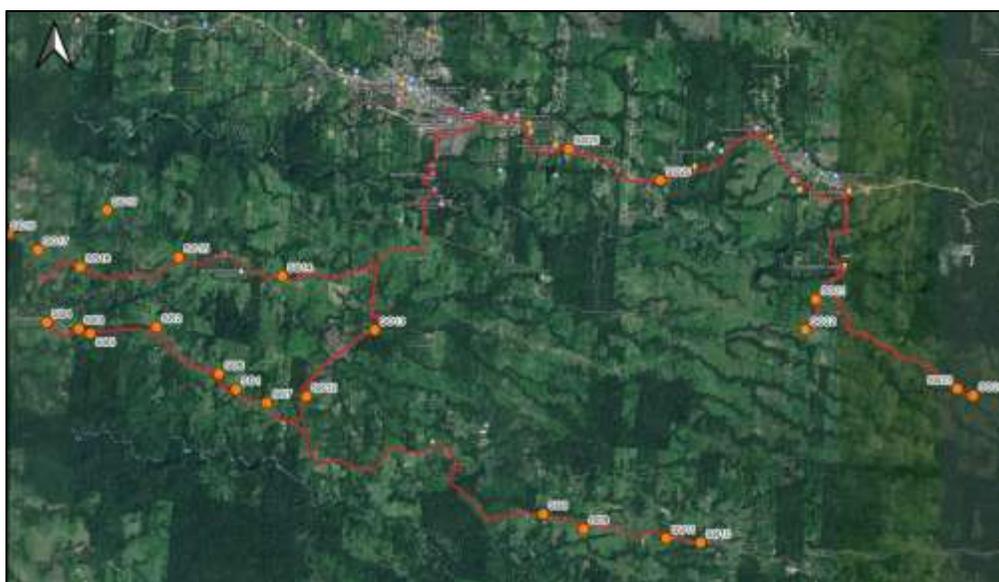
*Georreferenciación de la ruta de muestreo 1 de la zona 2*



*Nota. Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado*

**Figura 13**

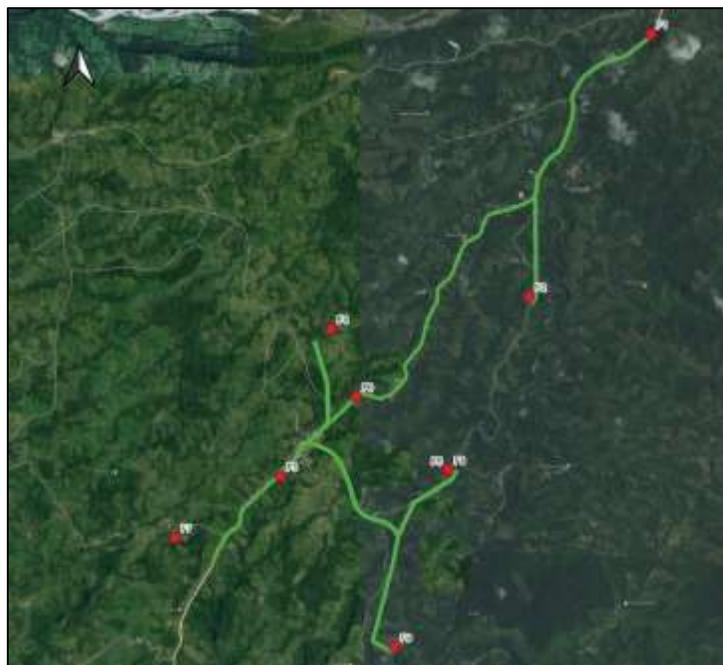
*Georreferenciación de la ruta de muestreo 2 de la zona 2*



*Nota. Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado*

**Figura 14**

*Georreferenciación de la ruta de muestreo 3 de la zona 2*



*Nota. Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado*

### **Distribución de la muestra**

#### ***Distribución de bidones muestreados por zona***

En la zona noroccidente de la provincia de Pichincha se muestrearon un total de 168 bidones distribuidos entre la zona 1 (parroquia de Nanegalito) y la zona 2 (parroquia de Pedro Vicente Maldonado). En la zona 2 se encontró un mayor número de bidones muestreados con un 58.9% (99/168), mientras que en la zona 1 el número de bidones muestreados fue menor 41.1% (69/168) Tabla 9.

#### ***Distribución de vacas muestreadas por zona***

Se muestrearon un total de 76 vacas distribuidas entre las zonas 1 y 2 (parroquia de Nanegalito y parroquia de Pedro Vicente Maldonado). En la zona 2 se encontró un mayor número de vacas

muestreadas con un 52.6% (36/76), mientras que en la zona 1 el número de vacas muestreadas fue menor 47.4% (40/76) Tabla 10.

**Tabla 9**

*Número de bidones muestreados por zona*

Zona	Bidones	
	N	%
Zona 1	69	41.1
Zona 2	99	58.9
<b>Total</b>	<b>168</b>	<b>100</b>

*Nota.* Zona 1: Parroquia de Nanegalito; Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado; n: número de bidones; %: porcentaje

**Tabla 10**

*Número de vacas muestreadas por zona*

Zona	Vacas	
	N	%
Zona 1	36	47.4
Zona 2	40	52.6
<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>100</b>

*Nota.* Zona 1: Parroquia de Nanegalito; Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado; n: número de bidones; %: porcentaje

**Tabla 11**

*Número de vacas muestreadas por finca*

Finca	Vacas	
	N	%
NOP 04	4	5.26
NOP 08	16	21.05
NOP 16	16	21.05
NOP 34	15	19.74
NOP 35	9	11.84
NOP 36	9	11.84
NOP 45	7	9.21
<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>100</b>

*Nota.* N: número de bidones; %: porcentaje Maldonado; n: número de bidones; %: porcentaje

### ***Distribución de vacas muestreadas por finca***

Las 76 vacas se distribuyeron en 7 fincas pertenecientes a la zona noroccidente de la provincia de Pichincha Tabla 11, en las fincas NOP 08 y 16 se encontró un mayor número de animales muestreados 21.05% (16/76).

Como se pudo visualizar en las Tablas 9 y 10, en la zona 2 hubo un mayor porcentaje de bidones y vacas muestreadas a diferencia de la zona 1, esta relación concuerda con la información emitida por el Instituto de Estudios Ecuatoriano (IEE) donde se detalla que en el Cantón Quito para el año 2013 un 18% de la tierra era usada para la producción de ganadería de leche (IEE, 2013), a diferencia del Cantón Pedro Vicente Maldonado donde el uso de la tierra enfocado en la producción de ganado lechero fue del 24.18% (IEE, 2014).

### **Prevalencia de mastitis en leche cruda bovina**

#### ***Prevalencia de mastitis en leche cruda bovina en muestras de bidón***

El resultado de la prevalencia de mastitis en la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha, diagnosticada por Contaje de Células Somáticas (CCS) fue del 48.21 (81/168) %; con una prevalencia del 46.38% (32/69) para la zona 1 y del 49.49% (49/99) para la zona 2 Tabla 12. Se debe tener en cuenta que, en los bidones se encuentra mezclada la leche de todas las vacas que al ser ordeñadas llenaron dicho bidón, por lo que independientemente de los litros producidos por cada animal, los resultados en cuanto al CCS y cualquier otra prueba diagnóstica de mastitis subclínica se van a ver alterados, pudiendo dar falsos negativos (Farinango Navas, 2015). Por lo tanto, con una lectura de 100.000 a 200.00 células/mL (valor superior al nivel fisiológico) (Hernández & Bedolla, 2008), se podría sospechar que una o más vacas presentan mastitis, sobre todo al realizar un diagnóstico mediante CCS, la cual es una prueba de alta especificidad. Estos resultados fueron similares a los encontrados en los

estudios realizados por Almeida (2015) y Fonseca Sánchez (2015) en el cantón Cayambe, Pichincha-Ecuador quienes encontraron prevalencias del 54.4% y 39,47% respectivamente.

**Tabla 12**

*Prevalencia de mastitis subclínica en leche cruda bovina en muestras de bidón*

Variable	Categoría	Bidones muestreados	Positivos	Prevalencia % CCS >200.000
<b>Zona 1</b>		69	32	46.38
Tamaño de la explotación	Pequeña	32	11	34.38
	Mediana	30	19	63.33
Centro	Quesera "QEB"	64	28	43.75
	NOP 003	2	1	50
	NOP 005	1	1	100
	NOP 013	2	2	100
	Tipo de Ordeño	Manual	57	28
	Mecánico	8	3	37.5
<b>Zona 2</b>		99	49	49.49
Tamaño de la explotación	Pequeña	18	9	50
	Mediana	28	11	39.29
	Grande	16	10	62.5
Centro	Centro de Acopio "CACGT"	75	36	48
	Centro de Acopio "CAAGNR"	19	9	47.37
	NOP 038	3	3	100
	NOP 039	2	1	50
Tipo de ordeño	Manual	44	21	47.73
	Mecánico	17	8	47.06
<b>Total</b>		<b>168</b>	<b>81</b>	<b>48.21</b>

*Nota.* Zona 1: Parroquia de Nanegalito; Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado; CCS: Conteo de Células Somáticas, células/mL; NOP: Código único finca

Mediante la prueba estadística Chi-cuadrado, se determinó que la presencia de mastitis en bidones no depende de la zona ( $\chi^2 = 0.1583$ ;  $p > 0.05$ ), esto se debe a que las parroquias se encuentran en el noroccidente de la provincia de Pichincha, es decir, se encuentran cerca una de la otra y tienen condiciones ecológicas y meteorológicas similares. También se determinó que en la zona 1 sí

existe dependencia entre la presencia de la enfermedad y el tamaño de finca ( $\chi^2 = 5.1992; p < 0.05$ ), mientras que en la zona 2 no se encontró tal dependencia ( $\chi^2 = 2.2235; p > 0.05$ ). Finalmente se definió que en las zonas 1 y 2 la presencia de la enfermedad y el tipo de ordeño fueron independientes una de la otra ( $\chi^2 = 0.3799; p > 0.05$ ) y ( $\chi^2 = 0.0022; p > 0.05$ ).

### ***Prevalencia de mastitis en leche cruda bovina en muestras de animales***

La prevalencia de mastitis general en bovinos fue del 47.37% (36/76). En el análisis realizado en bovinos de acuerdo a su ubicación geográfica fue posible determinar que en la zona 1 la prevalencia fue del 44.44%(16/36), mientras que en la zona 2 fue del 50.00% (20/40)Tabla 13. Se consideró a un animal como positivo cuando presentó valores mayores a 200.000 células/mL en una muestra global (todos los cuartos). Los resultados de esta investigación fueron similares al estudio realizado por Almeida (2015) en la parroquia Olmedo del cantón Cayambe de la provincia de Pichincha-Ecuador, con una prevalencia del 45.5%; mientras que el resultado obtenido por (Farinango Navas, 2015) en la parroquia Olmedo del cantón Cayambe, es menor al obtenido en el presente estudio con una prevalencia del 22.22%; y Bonifaz & Conlago (2016) reportaron una prevalencia alta del 66% en la parroquia de Ayora del cantón Cayambe. Los reportes previamente descritos son mayores al 10%, por lo que Ron (2011, como se citó en Bonifaz & Conlago, 2016) menciona que en este tipo de casos se debe tomar medidas de protección y medidas profilácticas para los animales sanos y enfermos respectivamente.

Mediante la prueba estadística Chi-cuadrado, se determinó que la presencia de mastitis en vacas no depende de la zona ( $\chi^2 = 0.2346; p > 0.05$ ); también se determinó que en la zona 1 no existe dependencia entre la presencia de la enfermedad y el tamaño de finca ( $\chi^2 = 0.6891 ; p > 0.05$ ), mientras que en la zona 2 si se encontró dependencia ( $\chi^2 = 8.6400; p < 0.05$ ). Finalmente se definió que la presencia de la enfermedad y el tipo de ordeño son independientes en ambas zonas ( $\chi^2 = 0.6891; p > 0.05$ ) y ( $\chi^2 = 1.6667; p > 0.05$ ).

### Calidad de la leche cruda bovina

En la Tabla 14, se encuentran los resultados de la calidad de la leche cruda bovina de 168 muestras de leche de bidón, y en la Tabla 15 se encuentran los resultados de la calidad de la leche cruda bovina de 76 muestras de leche tomadas directamente de los animales en la zona de estudio. Los parámetros que se determinaron para las zonas 1 y 2 del noroccidente de la provincia de Pichincha fueron: porcentaje de grasa, porcentaje de sólidos no grasos, densidad, porcentaje de agua añadida en bidones de leche, porcentaje de proteína, punto de crioscopía, acidez titulable, porcentaje de lactosa, conductividad y pH.

**Tabla 13**

*Prevalencia de mastitis subclínica en leche cruda bovina en muestras tomadas directamente de animales*

Variable	Categoría	N animales	Animales muestreados	Positivos	Prevalencia % CCS >200.000
<b>Zona 1</b>			36	16	44.44
Tamaño de explotación	Mediana		4	1	25
	Grande		32	15	46.88
Fincas	NOP 004	7	4	1	25
	NOP 008	48	16	7	43.75
	NOP 016	38	16	8	50
Tipo de ordeño	Manual		4	1	25
	Mecánico		32	15	46.88
<b>Zona 2</b>			40	20	50
Tamaño de la explotación	Mediana		25	17	68
	Grande		15	3	20
Fincas	NOP 034	40	15	3	20
	NOP 035	9	9	6	66.67
	NOP 036	10	9	7	77.78
Tipo de ordeño	NOP 045	10	7	4	57.14
	Manual		16	10	62.5
	Mecánico		24	10	41.67
<b>Total</b>			<b>76</b>	<b>36</b>	<b>47.37</b>

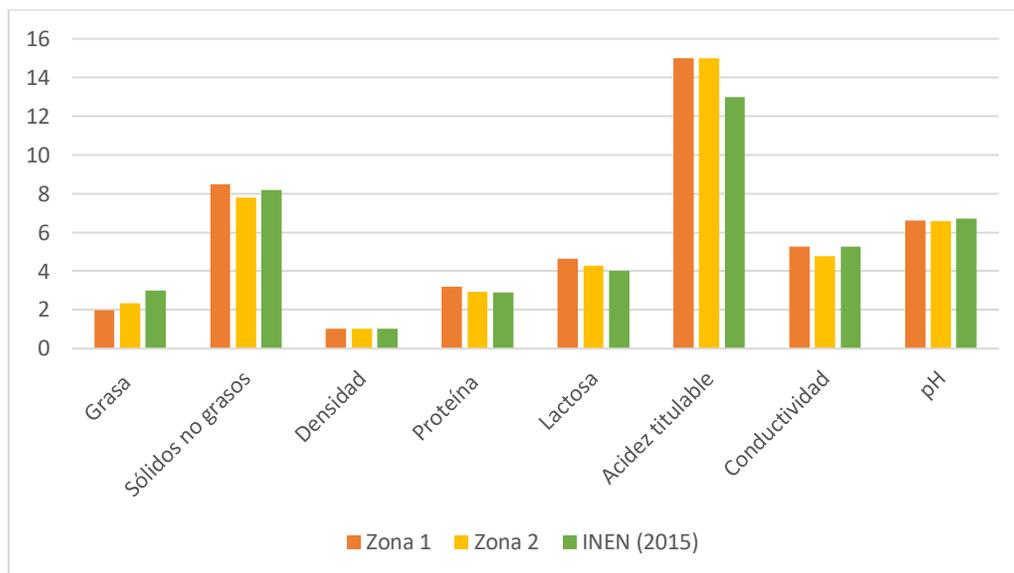
*Nota.* Zona 1: Parroquia de Nanegalito; Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado; CCS: Conteo de Células Somáticas, cél/mL; N: número de animales totales en la finca; NOP: Código único finca

En el caso de las muestras de bidón de la zona 1, cuatro (grasa, acidez titulable, punto de crioscopia y proteína) de los seis parámetros analizados cumplieron con los valores establecidos por la norma INEN (2015); mientras que los bidones pertenecientes a la zona 2 cumplieron con dos (grasa y acidez titulable) de los seis requisitos. Para las muestras tomadas directamente de animales de la zona 1, cuatro (densidad, acidez titulable, sólidos no grasos y proteína) de los seis parámetros analizados se encontraron dentro de los valores establecidos por la norma INEN (2015); mientras que aquellos pertenecientes a la zona 2 solamente cumplieron con uno (acidez titulable) de los seis requisitos.

Vélez de Villa (2013) menciona que la producción de leche, puede verse afectada por factores genéticos, factores nutricionales, factores fisiológicos y factores ambientales; siendo uno de los principales la alimentación (Vélez 1997, Ormazabal y Osoro 1995 como se citó en Vélez de Villa, 2013). Por otro lado Motta et al. (2014) quienes mencionan a varios autores, indican que la calidad de la leche se ve afectada por factores antes del ordeño y factores posteriores al ordeño; dentro de los primeros se encuentran la raza, alimentación, etapa de la lactancia, edad, intervalo entre ordeños, salud de la ubre, trazas de antibióticos, el estado sanitario de la vaca, y finalmente aquellos que afectan principalmente la grasa y proteína de la leche los cuales son: las hormonas, el libido y el ejercicio; y aquellos factores posteriores al ordeño que afectan la calidad de la leche son: procesamiento, transporte, conservación, almacenamiento, pérdida de la cadena de frío y bajas condiciones higiénicas. Sin embargo, en las muestras de bidón se encontraron porcentajes altos de agua añadida, lo que influye en el punto de crioscopia, pues mientras mayor porcentaje de agua añadida exista, este valor más se acercará a los 0°C (temperatura de congelamiento del agua). La densidad es otro parámetro que se ve afectado debido al agua añadida en la leche; pues mientras mayor contenido de agua, compuestos como la grasa, sólidos no grasos, proteína y lactosa, se verán mayormente disueltos; por lo que, el valor de la densidad disminuirá.

**Figura 15**

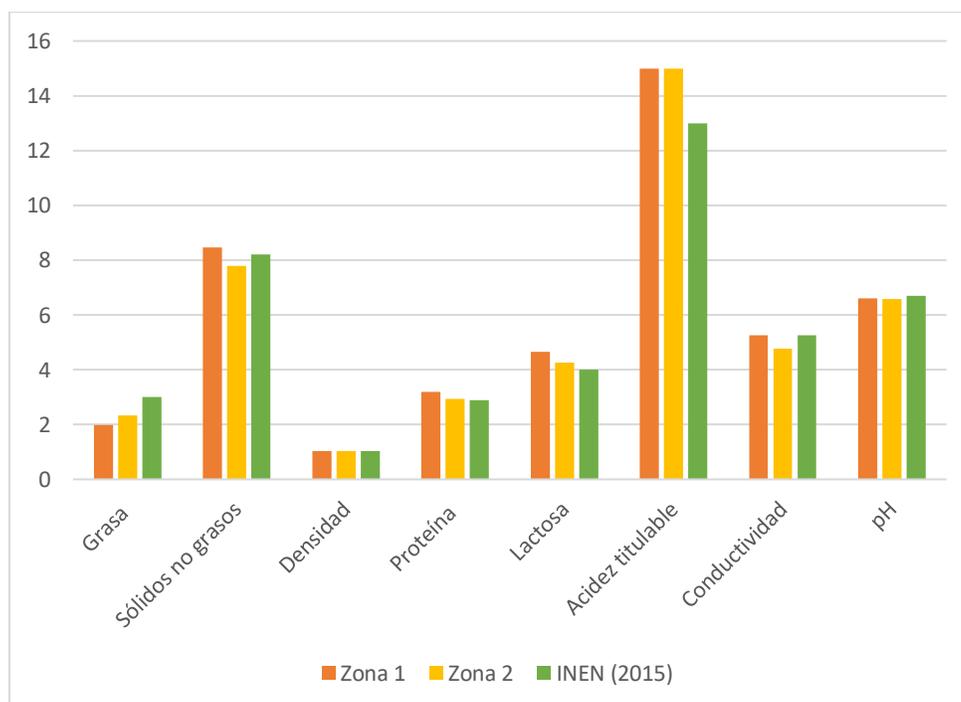
*Gráfica comparativa de la calidad de la leche en muestras de bidón*



*Nota.* Zona 1: Parroquia de Nanegalito; Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado; INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

**Figura 16**

*Gráfica comparativa de la calidad de la leche en muestras de animales*



*Nota.* Zona 1: Parroquia de Nanegalito; Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado; INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

En las figuras 16 y 17, se muestra la diferencia que existe entre la calidad de la leche tanto de muestras de bidón como en muestras de animales de las zonas 1 y 2, siendo la zona 1 la que presentó mejores resultados. Además, se puede realizar una comparación con las Normas INEN (2015) verificando al mismo tiempo si los valores obtenidos cumplen o no con los requisitos propuestos por la normativa.

**Presencia de agentes conservantes (cloruros, peróxidos), neutralizantes (bicarbonato de sodio) y antibióticos ( $\beta$ -lactamasas, tetraciclinas y sulfonamidas) en leche cruda bovina**

***Presencia de adulterantes***

Los valores que se determinaron para conocer la presencia de agentes conservantes y neutralizantes en la leche cruda bovina se pueden observar en la Tabla 16. La presencia de estos agentes fue evaluada en muestras de leche de bidón, en el transcurso de su recepción en el carro recolector; al ser recibidas las muestras por los mismos productores, existía una baja probabilidad de que haya algún tipo de adulteración, lo que fue confirmado con las pruebas diagnósticas aplicadas.

**Tabla 14**

*Calidad de leche cruda bovina en muestras de bidón*

Parámetros	Zona 1				Zona 2			Normal
	Unidad	Valor	Std Dev	CV%	Valor	Std Dev	CV%	
Grasa	%	4.88	1.40	28.66	3.94	2.56	65.10	3.00
Sólidos no grasos	%	8.09	0.64	7.86	6.68	1.22	18.26	8.20
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1.026	0.002	0.20	1.021	0.004	0.39	1.028-1.033
Agua añadida	%	5.20	7.49	144.20	22.03	14.24	64.66	0.00
Proteína	%	3.08	0.24	7.83	2.55	0.46	17.94	2.90
Punto de crioscopía	°C	-0.529	0.043	-8.15	-0.436	0.083	-19.04	-0.535 a -0.512
Acidez titulable	%	0.16	0.02	12.52	0.17	0.02	13.15	0.13-0.17
Lactosa	%	4.41	0.34	7.78	3.63	0.66	18.25	4 a 6
Conductividad	Ms/cm	4.84	0.29	5.96	4.77	0.42	8.77	4 a 6
pH	-	6.63	0.13	1.98	6.59	0.14	2.16	6.6 a 6.8

*Nota.* Zona 1: Parroquia de Nanegalito; Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado; Std Dev: Desviación Estándar; CV %: Porcentaje de Coeficiente de Variación; %: Porcentaje; °C: Grados Celsius; g/cm: gramos sobre centímetro cúbico; ms/cm: mili Siemens sobre centímetro

**Tabla 15***Calidad de leche cruda bovina en muestras tomadas directamente de animales*

Parámetros	Zona 1				Zona 2			Normal
	Unidad	Valor	Std Dev	CV%	Valor	Std Dev	CV%	
Grasa	%	1.98	1.93	97.45	2.33	2.27	97.40	3.00
Sólidos no grasos	%	8.47	0.50	5.86	7.80	1.01	12.99	8.20
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1.030	0.003	0.26	1.027	0.004	0.38	1.028-1.033
Proteína %	%	3.19	0.18	5.74	2.94	0.38	12.85	2.90
Punto de crioscopia	°C	-0.557	0.034	-6.08	-0.508	0.077	-15.25	-0.535 a -0.512
Acidez titulable	%	0.15	0.02	13.56	0.15	0.02	15.35	0.13-0.17
Lactosa	%	4.65	0.27	5.90	4.27	0.31	7.17	4 a 6
Conductividad	ms/cm	5.25	0.67	12.73	5.27	0.62	11.85	4 a 6
pH	-	6.61	0.37	5.61	6.70	0.11	1.61	6.6 a 6.8

*Nota.* Zona 1: Parroquia de Nanegalito; Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado; Std Dev: Desviación Estándar; CV %: Porcentaje de Coeficiente de Variación; %: Porcentaje; °C: Grados Celsius; g/cm: gramos sobre centímetro cúbico; ms/cm: mili Siemens sobre centímetro

En la Tabla 17 podemos observar los resultados que se encontraron en cuanto a la presencia de cloruros en la leche. Los valores obtenidos se encontraron dentro del rango normal de acuerdo a lo descrito por la Universidad de Murcia (2022), la cual menciona que los valores normales de cloruros en leche fresca son de 1500 a 1800 mg/L con un máximo de 2000 mg/L. Los valores de cloruros pueden encontrarse normalmente en la leche de forma residual, debido a que los productores suelen acostumbrar a suministrar sal dentro de la dieta del ganado; si se encontrasen valores superiores al rango propuesto por la Universidad de Murcia (2022) se puede suponer que la leche ha sufrido una adulteración.

### **Presencia de antibióticos**

Como se observa en la Tabla 16, se analizó la presencia de residuos de antibióticos en 69 y 99 muestras de leche de bidón de las zonas 1 y 2 del noroccidente de la provincia de Pichincha respectivamente. En la zona 1, 18 (26.09%) muestras resultaron positivas; mientras que en la zona 2, 5 (5.05%) fueron positivas; en esta última, uno de los bidones dio positivo para tetraciclinas y sulfonamidas. En cambio, en la Tabla 17, se analizó la presencia de antibióticos en 36 y 40 muestras de

leche tomadas directamente de animales, de las cuales, 10 (27.78%) resultaron positivas en la zona 1; y 0 (0.00%) resultaron positivas en la zona 2.

**Tabla 16**

*Presencia de agentes conservantes, neutralizantes y antibióticos en leche cruda bovina en muestras de bidón*

Variable	Categoría	Bidones muestreados	Positivos	%
<b>Zona 1</b>				
Conservantes	Cloruros	69	0	0
	Peróxidos	69	0	0
	Total	69	0	0
Neutralizantes	Bicarbonato de sodio	69	0	0
	Total	69	0	0
Antibióticos	β-lactamasas	69	18	26.09
	Tetraciclinas	69	0	0
	Sulfonamidas	69	0	0
	Total	69	18	26.09
<b>Zona 2</b>				
Conservantes	Cloruros	99	0	0
	Peróxidos	99	0	0
	Total	99	0	0
Neutralizantes	Bicarbonato de sodio	99	0	0
	Total	99	0	0
Antibióticos	β-lactamasas	99	2	2.02
	Tetraciclinas	99	2	2.02*
	Sulfonamidas	99	2	2.02*
	Total	99	5	5.05
<b>Total Antibióticos</b>		<b>168</b>	<b>23</b>	<b>13.69</b>

*Nota.* Zona 1: Parroquia de Nanegalito; Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado; %: Porcentaje; β: beta; \*: bidón positivo para ambos grupos de antibióticos

En la zona 1, tanto en muestras de bidón como en muestras de animales se puede observar un alto porcentaje en cuanto al uso de antibióticos en comparación con la zona 2, siendo los antibióticos más utilizados, las β-lactamasas Tabla 16 y Tabla 18. Este resultado se asemeja al obtenido por Caracundo (2019) quien determinó un 23.33% de muestras positivas a la presencia de residuos de antibióticos β-lactámicos en el cantón Cuenca de la provincia de Azuay – Ecuador. La principal causa de

la presencia de residuos de antibióticos en leche, se debe a que los productores desconocen el tiempo de retiro de un medicamento para evitar la presencia de residuos, o en algunos casos no cumplen con el mismo. Otra causa es el incumplimiento en la aplicación de la dosis y en los días de tratamiento recomendados por el propio fármaco o el médico veterinario, ya que aún existe la creencia de que mientras más dosis se aplique al animal, o más días se lo medique; este se va a recuperar más pronto.

### **Análisis de factores de riesgo**

Los resultados obtenidos en la Tabla 19, muestran que en la zona 2 el valor del Riesgo Relativo (RR) es menor a 1 para el tamaño de la explotación; lo que significa que los animales que se encuentran en explotaciones grandes tienen 0.40 veces menor riesgo de presentar mastitis; es decir, que las explotaciones medianas tienen más riesgo de presentar esta patología. Estos resultados se pueden explicar gracias a lo mencionado en el estudio de Bonifaz García & Requelme (2011) quienes indican que en las fincas de menor tamaño no siempre se aplican buenas prácticas de ordeño, lo que podría ser un detonante para la diseminación de la mastitis, a diferencia de las explotaciones grandes, las cuales tienen una mejor prevención e higiene a la hora de ordeñar, ya que su capacidad económica y tecnológica en la mayoría de casos lo permite.

**Tabla 17**

*Presencia de cloruros en leche cruda bovina en muestras de bidón*

Zona	Cloruros (mg/L)				Total
	500	1000	1500	2000	
<b>Zona 1</b>	2	33	24	7	66
Porcentaje	3.03%	50.00%	36.36%	10.61%	100.00%
<b>Zona 2</b>	0	19	73	6	98
Porcentaje	0	19.39%	74.49%	6.12%	100.00%

*Nota.* Zona 1: Parroquia de Nanegalito; Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado; mg/L: miligramos sobre Litro

**Tabla 18**

*Presencia de antibióticos en leche cruda bovina en muestras tomadas directamente de animales*

Descripción	Casos	Bidones muestreados	Positivos	%
<b>Zona 1</b>		36	10	27.78
Antibióticos	$\beta$ -lactamasas	36	10	27.78
	Tetraciclinas	36	0	0
	Sulfonamidas	36	0	0
<b>Zona 2</b>		40	0	0
Antibióticos	$\beta$ -lactamasas	40	0	0
	Tetraciclinas	40	0	0
	Sulfonamidas	40	0	0
<b>Total</b>		<b>76</b>	<b>10</b>	<b>13.16</b>

*Nota.* Zona 1: Parroquia de Nanegalito; Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado; %: Porcentaje;  $\beta$ : beta

**Tabla 19**

*Análisis de factores de riesgo en muestras tomadas directamente de animales*

Factor de exposición	Riesgo Relativo	I.C 95% para (RR)	
		Inferior	Superior
<b>Zona 1</b>			
Tipo de Ordeño	1.4118	0.735	2.7117
Tamaño de la explotación	1.4118	0.735	2.7117
Raza	0.9778	0.5439	1.7576
<b>Zona 2</b>			
Tipo de Ordeño	0.6429	0.3138	1.3171
Tamaño de la explotación	0.4000	0.2141	0.7473
Raza	0.6923	0.3219	1.4891

*Nota.* Zona 1: Parroquia de Nanegalito; Zona 2: Parroquia de Pedro Vicente Maldonado; I.C: Intervalo de confianza; RR: Riesgo Relativo

Se muestrearon un total de 306 vacas, de las cuales para el diagnóstico mediante la prueba CMT se tomaron un total de 1212 muestras (una muestra por cada cuarto), los 12 cuartos restantes no se muestrearon ya que eran cuartos perdidos o tenían mastitis clínica. Para el diagnóstico mediante CCS se recolectaron 306 muestras de leche, una por cada animal, de las cuales solo se analizaron 298, ya que 3 vacas eran recién paridas y 2 vacas presentaron mastitis clínica; estas 5 muestras no se analizaron ya

que los equipos no tenían la capacidad para leerlas; y las 3 muestras restantes no se consideraron ya que no se obtuvo toda la información o los resultados no fueron impresos.

En la tabla 20 se pueden observar los resultados de la prevalencia de mastitis diagnosticada por CMT, tomando en cuenta trazas y sin tomar en cuenta trazas; en estos dos resultados obtenidos se puede notar una diferencia de aproximadamente el 20%; lo que significaría que al tomar en cuenta trazas, estaríamos diagnosticando como enfermos a falsos positivos. En el caso de los cuartos individuales al tomar en cuenta las trazas, los que mayor porcentaje de mastitis presentaron, fueron los cuartos anteriores derechos, con un 40.00% (118/295); y los que menor porcentaje de mastitis presentaron, fueron los cuartos posteriores derechos, con un 29.39% (87/296). Sin embargo, en el caso de los cuartos individuales sin tomar en cuenta trazas, los porcentajes de prevalencia de mastitis fueron bastante similares. Se debe tener en cuenta que los resultados pueden variar, según la experticia de la persona que realice el diagnóstico.

**Tabla 20**

*Prevalencia de mastitis en vacas mediante CMT*

Descripción	Casos	Prevalencia (%)	
		Con trazas	Sin trazas
<b>Global</b>	Vacas con al menos un cuarto infectado	52.01	35.23
		(155/298)	(105/298)
<b>Cuartos individuales</b>	Cuarto anterior derecho	40.00	25.42
		(118/295)	(75/295)
	Cuarto anterior izquierdo	36.73	26.19
		(108/294)	(77/298)
	Cuarto posterior derecho	33.22	23.73
		(98/295)	(70/295)
Cuarto posterior izquierdo	29.39	19.93	
	(87/296)	(59/296)	
<b>Total cuartos</b>		33.91	23.18
		(411/1212)	(281/1212)

*Nota.* Prevalencia de mastitis en vacas mediante la prueba California Mastitis Test

En el estudio realizado por (Bonifaz & Conlago, 2016) en el cantón Cayambe, la prevalencia de mastitis por cuartos infectados tomando en cuenta trazas fue superior al 40%; estos valores sobrepasan

a los obtenidos en el presente estudio con más de un 14%; sin embargo, en ambos casos la prevalencia resulta ser alta. Estos valores de prevalencia, pueden deberse a que en los diferentes lugares de estudio no existe una aplicación adecuada de las Buenas prácticas de Ordeño (BPO), especialmente en el lavado y sellado de las ubres previo al ordeño.

Considerando como positivo a un animal con un promedio de CCS > 200.00 células/mL, el resultado de la prevalencia de mastitis diagnosticada por CCS fue del 13.09 % (39/298). Este valor fue menor con aproximadamente un 50% a la prevalencia obtenida mediante la prueba de CMT sin tomar en cuenta trazas Tabla 20, por lo que un análisis de prevalencia mediante la prueba de CMT daría un resultado más cercano al valor real si no se toma en cuenta trazas.

En la tabla 21 se puede observar el análisis de la concordancia más allá del azar, mediante el Índice Kappa; las pruebas que mayor porcentaje de concordancia tuvieron fueron: CMT sin tomar en cuenta trazas y CCS, el resultado fue de: Índice Kappa = 0.42, lo cual representa una fuerza de la concordancia moderada entre las dos metodologías (Abraira, 2001).

**Tabla 21**

*Análisis de la concordancia más allá del azar*

<b>Subjetividad</b>	<b>Índice Kappa</b>	<b>Límite inferior I.C 95%</b>	<b>Límite superior I.C 95%</b>
CMT con trazas vs CCS	0.24	0.16	0.33
CMT sin trazas vs CCS	0.42	0.32	0.52

*Nota.* La concordancia se considera muy débil cuando Kappa < 0,20; débil: 0,21-0,40; moderada: 0,41-0,60; buena: 0,61-0,80 y muy buena: 0,81-1,00. CMT: California Mastitis Test; I.C: Intervalo de Confianza

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- En el presente estudio fue posible determinar la prevalencia de mastitis a partir de muestras de leche de bidones y muestras de leche tomadas directamente de los animales. Además, se lograron determinar los factores de riesgo asociados a la presencia de esta afección en explotaciones ganaderas de la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha. Se pudo determinar la calidad de la leche cruda, la presencia de adulterantes y antibióticos en explotaciones ganaderas de la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha.
- Con la ayuda del equipo EkomilkScan fue posible determinar que la prevalencia de mastitis en leche cruda bovina a nivel de fincas fue superior al 20%, mientras que en centros de acopio fue superior al 40%, en la zona del noroccidente de la provincia de Pichincha.
- Con el uso del equipo EkomilkBond se pudo determinar la calidad de la leche a través de la verificación de parámetros. Las muestras de bidón cumplieron con al menos dos parámetros (grasa y acidez titulable); mientras que las muestras tomadas directamente de los animales cumplieron con al menos uno de los parámetros (acidez titulable).
- Con la aplicación de pruebas colorimétricas y pruebas de cromatografía de flujo lateral en muestras de leche fresca, fue posible determinar la presencia de agentes conservantes, neutralizantes y antibióticos. En muestras obtenidas de bidones y directamente de animales se obtuvo un 100% de negatividad para conservantes y neutralizantes. Fue posible detectar la presencia de antibióticos ( $\beta$ -lactamasas, tetraciclinas y sulfonamidas), entre los cuales los  $\beta$ -lactámicos en muestras de vacas fueron los más prevalentes 27.78% (10/76).

- Mediante el análisis de los registros de muestreo se pudo determinar que uno de los factores de riesgo asociados a la presencia de mastitis fue el tamaño de la explotación (RR=0.4000), donde se evidenció que las fincas medianas son más propensas a presentar esta enfermedad.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda realizar un estudio complementario para la identificación microbiológica y molecular de los principales agentes causales de la mastitis a nivel de fincas y animales de la zona noroccidente de la provincia de Pichincha, lo cual podría orientar su control.
- Se recomienda realizar planes de capacitación sobre la implementación de buenas prácticas de ordeño (BPO) hacia los productores independientes y a aquellos que provean de leche a centros de acopio y queseras. Como temas de principal importancia para la capacitación se recomiendan: Lavado, secado y sellado de ubres en explotaciones ganaderas pequeñas y medianas y uso adecuado de antibióticos (Dosis, días de tratamiento y días de retiro).
- Se recomienda estudiar la presencia de conservantes, neutralizantes y adulterantes en muestras de leche obtenidas de medios de transporte una vez que estos finalicen con su recorrido y lleguen a los centros de acopio o queseras, para verificar adulteraciones post-recolección de leche en fincas.
- Se recomienda realizar un análisis de los factores de riesgo asociados a la presencia de antibióticos en muestras frescas de leche de bidones y animales en la zona noroccidente de la provincia de Pichincha.
- Se recomienda profundizar el análisis de la concordancia más allá del azar entre las pruebas de California Mastitis Test (CMT) contra Conteo de Células Somáticas (CCS) con especial énfasis en la incorporación o la eliminación de la categoría trazas en la prueba CMT.

### Bibliografía

Abraira, V. (2001). El índice kappa. In *SEMERGEN - Medicina de Familia* (Vol. 27, Issue 5). SEMERGEN.

[https://doi.org/10.1016/s1138-3593\(01\)73955-x](https://doi.org/10.1016/s1138-3593(01)73955-x)

Acuña, V., & Rivadeneira, A. (2008). *Aislamiento, identificación y antibiograma de patógenos presentes en la leche con mastitis en ganaderías de la provincia de Pichincha*. Escuela Politécnica del Ejército.

Aguilar Gálvez, F., Carlos, /, & Álvarez Díaz, A. (2019). *Mastitis Bovina* (Primera). UTMACH.

Åkerstedt, M., Wredle, E., Lam, V., & Johansson, M. (2012). Protein degradation in bovine milk caused by *Streptococcus agalactiae*. *Journal of Dairy Research*, 79(3), 297–303.

<https://doi.org/10.1017/S0022029912000301>

Almeida, D. I. (2015). *Prevalencia de mastitis bovina mediante la prueba de California Mastitis Test e identificación del agente etiológico, en el centro de acopio de leche en la comunidad San Pablo Urco, Olmedo - Cayambe - Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana .

Alvarez, E., & Chuqui, C. (2017). *Prevalencia de mastitis subclínica mediante California Mastitis Test (CMT) en ganado bovino lechero del cantón Cuenca*. Universidad de Cuenca.

Amer, S., Aguilar GÁLVEZ, F., Fukuda, Y., Tada, C., Ludeña Jimenez, Maza VALLE, W. F., & Nakai, Y. (2018). *Prevalence and etiology of mastitis in dairy cattle in El Oro Province, Ecuador Said AMER*.

Andrade Cerón, C. F., & Sánchez Galarza, A. D. (2018). *Estudio clínico, microbiológico y estimación económica de mastitis bovina, en la Cooperativa de Producción Agropecuaria "El Salinerito", provincia Bolívar - Ecuador*. Universidad de las Fuerzas Armadas.

Arauz, E. E. (2011). *La mastitis subclínica y su influencia en la producción, calidad y economía lechera y medidas de manejo estratégico para su prevención y control apropiado*.

<https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/mastitis-subclinica-t28995.htm>

- Avellán, R. H., Zambrano, M., de La Cruz, L., Cedeño, C., Delgado, M., Rezabala, P., & Macías, Y. (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 Ciencia y Tecnología*, 8, 62–70. <http://revistas.proeditio.com/revistamazonica>
- Beck, H. S., Wise, W. S., & Dodd, F. H. (1992). *Cost benefit analysis of bovine mastitis in the UK*. 449–460.
- Bedolla, C., & Ponce de León, M. (2008). Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, IX, 1–26.
- Bittar Saab, A., Oliveira Zamprogna, T., Mizuki Lucas, T., Martini, K. C., Mello, P. L., Vieira Da Silva, A., & Martins, L. A. (2014). Prevalência e etiologia da mastite bovina na região de Nova Tebas, Paraná. *Semina: Ciências Agrárias*, 35, 835–843. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n2p835>
- Bolaños, F., Fernando, O., Graffe, T., Eduardo, J., Cabrera, P., Jaiver, J., Gallego, C., Salcedo, G., & Tatiana, Y. (2012). MASTITIS BOVINA: GENERALIDADES Y MÉTODOS DE DIAGNOSTICO. In *Revista Veterinaria REDVET* (Vol. 13, Issue 11). [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Boldyreva, E. M. (2014). Current Challenges in Global Dairy Farming: Cattle Diseases. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, 1. <https://doi.org/10.15406/jdvar.2014.01.00008>
- Bonifaz, N., & Conlago, F. (2016). Prevalencia e incidencia de mastitis bovina mediante la prueba de California Mastitis Test con identificación del agente etiológico, en Paquiestancia, Ecuador. *La Granja*, 43–52. <https://doi.org/10.17163/lgr.n24.2016.04>
- Bonifaz, N., & Requelme, N. de J. (2011). Buenas prácticas de ordeño y la calidad higiénica de la leche en el Ecuador. *La Granja*, 14. <https://doi.org/10.17163/lgr.n14.2011.04>

- Calderón, A., & Rodríguez, V. C. (2008). Prevalencia de mastitis bovina y su etiología infecciosa en sistemas especializados en producción de leche en el altiplano cundiboyacense (Colombia). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 21, 582–589.
- Campos, P. P. L., Rangel, A., Borba, L., Urbano, S., Novaes, L., Galvão Júnior, J. G., Sales, D., & Aaguiar, E. (2016). Quality indicators of tank milk in different production systems of tropical regions. *Semina: Ciências Agrarias*, 37, 2819–2830. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4Supl1p2819>
- Caracundo, E. (2019). *Determinación de antibióticos betalactámicos y tetraciclinas en la leche cruda comercializada*. Universidad Politécnica Salesiana .
- Cebrián, L., Pastor, M., Ramos, J., & Ferrer, L. (2005). La exploración clínica del ganado vacuno. In *SERVET* (pp. 345–345).
- Cerda Lorca, J., & Villarroel Del P., L. (2008, February). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa [Tabla]. *Revista Chilena de Pediatría*, 79(1), 54–58. <https://doi.org/10.4067/S0370-41062008000100008>
- Coronel Samaniego, D. I., & Espinoza Suárez, M. I. (2017). *Prevalencia de mastitis subclínica en ganado bovino lechero de la zona occidental de la provincia del Azua*. Universidad de Cuenca.
- Cuzco Soto, G. E. (2015). *Determinación de la sensibilidad de CMT para el diagnóstico de mastitis subclínica y su relación en cultivo de leche más antibiograma en la Hacienda “El Boliche.”* Universidad Técnica de Ambato.
- Dairy-Cattle. (2019). *El Valor y Uso del Mejoramiento del Conteo Celular Somático del Hato Lechero [Tabla]*. <https://dairy-cattle.extension.org/el-valor-y-uso-del-mejoramiento-del-conteo-celular-somatico-del-hato-lechero/>

- Echeverri, J., Jaramillo, M., & Restrepo, L. (2010). Evaluación comparativa de dos metodologías de diagnóstico de mastitis en un hato lechero del Departamento de Antioquia. *Revista La Sallista de Investigación*, 7, 49–57.
- Espinoza, M., & Mier, J. (2013). *Determinación de la prevalencia de mastitis mediante la prueba California Mastitis Test e identificación y antibiograma del agente causal en ganaderías lecheras del cantón el Chaco, provincia del Napo*. Universidad Central del Ecuador.
- FAO. (2022). *Producción y productos lácteos: Calidad y evaluación*. Fao.Org. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/calidad-y-evaluacion/es/>
- Farinango Navas, A. H. (2015). *Prevalencia de mastitis bovina mediante la prueba de california mastitis test con identificación del agente etiológico, en el centro de acopio de leche de la comunidad de Pulisa, Cayambe –Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Fonseca Sánchez, L. S. (2015). *Prevalencia de mastitis bovina mediante la prueba de California Mastitis Test con identificación del agente etiológico, en el centro de acopio de la comunidad El Chaupi, Cayambe-Ecuador, 2014*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Gómez Días, L. S., & Rodríguez Iturralde, L. F. (2017). Identificación y Sensibilidad Antibiótica de Microorganismos Relacionados con Mastitis Bovina en seis Comunidades de Pequeños Productores. *INIAP- Estación Experimental Santa Catalina*, 33–33.
- González Salas, R., & Vidal del Río, M. M. (2021). Mastitis bovina y calidad de la leche, un desafío para la salud humana. *Revista Universidad y Sociedad*, 13, 89–96.

- Green Spring. (2022). *LSY-20103 Beta-lactams, Tetracyclines and Sulfonamides Combo rapid test strip (milk) [Figura]*. <https://lsybtbio-com.sell.everychina.com/p-107586794-lsy-20103-beta-lactams-tetracyclines-and-sulfonamides-combo-rapid-test-strip.html>
- Guzmán, D. (2015). *Factores inherentes para la presentación de mastitis bovina y nuevos avances en su tratamiento* [Medicina Veterinaria]. Corporación Universitaria Lasallista.
- Halasa, T., Huijps, K., Østerås, O., & Hogeveen, H. (2007). Economic effects of bovine mastitis and mastitis management: A review. *Veterinary Quarterly*, 29, 18–31. <https://doi.org/10.1080/01652176.2007.9695224>
- Haro Oñate, R. (2003). I informe sobre recursos zoogenéticos Ecuador. In *MAG. Ministerio de Agricultura y Ganadería*. <https://docplayer.es/17602837-Ministerio-de-agricultura-y-ganaderia-i-informe-sobre-recursos-zoogeneticos-ecuador.html>
- He, W., Ma, S., Lei, L., He, J., Li, X., Tao, J., Wang, X., Song, S., Wang, Y., Wang, Y., Shen, J., Cai, C., & Wu, C. (2020). Prevalence, etiology, and economic impact of clinical mastitis on large dairy farms in China. *Veterinary Microbiology*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.108570>
- Heringstad, B., Klemetsdal, G., & Ruane<sup>o</sup>department, J. (2000). Selection for mastitis resistance in dairy cattle: a review with focus on the situation in the Nordic countries. *Livestock Production Science*, 64, 95–106. [www.elsevier.com/locate/livprodsci](http://www.elsevier.com/locate/livprodsci)
- Hernández, J. M., & Bedolla, J. L. C. (2008). Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche [Tabla]. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, IX, 1–34.
- Hoyos, X. C., & Aguilar, P. (2019). *Estudio de Mercado N° SCPM-IGT-INAC-002-2019 “Sector lácteo” Versión Pública*. Superintendencia de Control del Poder de Mercado.

- Ibarra Rosero, E. M., Ormaza Montenegro, D. J., Rueda Abad, R. J., & Huera Ordoñez, D. S. (2022). Mastitis bovina en el cantón Montufar – Carchi. Prevalencia, agente causal y factores de riesgo. *AXIOMA*, 1, 5–10. <https://doi.org/10.26621/ra.v1i26.735>
- IEE (Instituto de Estudios Ecuatorianos). (2013). *Memoria técnica. Distrito Metropolitano de Quito. "Generación de geo información para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000". Sistemas productivos*. [https://www.geoportaligm.gob.ec/proyecto\\_nacional/](https://www.geoportaligm.gob.ec/proyecto_nacional/)
- IEE (Instituto de Estudios Ecuatorianos). (2014). *Memoria técnica. Cantón Pedro Vicente Maldonado. "Generación de geo información para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000". Sistemas productivos*. [https://www.geoportaligm.gob.ec/proyecto\\_nacional/](https://www.geoportaligm.gob.ec/proyecto_nacional/)
- INEN. (2015). Leche cruda. Requisitos [Tabla]. In *Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN 9)*.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, G. A. y P. (2013). Manual de procedimientos para la vigilancia y control de la inocuidad de la leche cruda. In *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*.
- MN | MACHEREY-NAGEL. (2021a). *Semi-quantitative test strips QUANTOFIX Chloride [Figura]*. <https://www.mn-net.com/semi-quantitative-test-strips-quantofix-chloride-91321?c=3696>
- MN | MACHEREY-NAGEL. (2021b). *Semi-quantitative test strips QUANTOFIX Peroxide 25 [Figura]*. <https://www.mn-net.com/semi-quantitative-test-strips-quantofix-peroxide-25-91319?c=3696>
- Motta, P., Rivera, M., Duque, J., & Guevara, F. (2014). Factores inherentes a la calidad de la leche en la agroindustria alimentaria. *Revista Colombiana de Ciencias Animales*, 223–242.
- Murphy, S. C., Martin, N. H., Barbano, D. M., & Wiedmann, M. (2016). Influence of raw milk quality on processed dairy products: How do raw milk quality test results relate to product quality and yield? *Journal of Dairy Science*, 99, 10128–10149. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11172>

- Ormaza, D., & Rueda, R. (2021). *Identificación del agente etiológico y evaluación de nosodes en el tratamiento de mastitis bovina en el Cantón Montúfar [Tabla]*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Pellegrino, Odierno, Lm, Bogni, & Ci. (2011). Mastitis Bovina: Resistencia a antibióticos de cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas de leche (Bovine Mastitis: Antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* strains isolated from milk). *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 12. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070711/071110.pdf>
- Pomaquero Guzñay, M. (2016). *Estudio integral de la mastitis bovina para controlar su incidencia en la comunidad San Pedro de Iguazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Rosario Calero, K. K., & Pezantes Dominguez, D. C. (2016). *Prevalencia de mastitis subclínica en la región oriental de la provincia del Azuay, mediante la prueba California Mastitis Test*. Universidad de Cuenca.
- Tatés Cabrera, V. E. (2018). *Evaluación del efecto antibiótico del extracto de la planta medicinal más usada en mastitis bovina en la provincia de Imbabura*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Tollersrud, T., Kenny, K., Reitz, A. J., & Lee, J. C. (2000). Genetic and Serologic Evaluation of Capsule Production by Bovine Mammary Isolates of *Staphylococcus aureus* and Other *Staphylococcus* spp. from Europe and the United States. *JOURNAL OF CLINICAL MICROBIOLOGY*, 38, 2998–3003. <https://journals.asm.org/journal/jcm>
- Universidad de Murcia. (2022). *Práctica 2-Composición físico-química de la leche*. Unidad de Innovación. <https://www.um.es/web/innovacion/plataformas/ocw/listado-de-cursos/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas/composicion-fisico-quimica>

Vélez de Villa, E. (2013). Factores de origen ambiental que afectan la producción de leche en vacunos bajo pastoreo semi-intensivo. *Sirivs. Sitio Argentino de Producción Animal*.

Enlace: [https://drive.google.com/drive/folders/156ONrGu\\_kE8gavY8yNotplcnvseJn6tH?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/156ONrGu_kE8gavY8yNotplcnvseJn6tH?usp=sharing)

### Acrónimos

<b>BPO:</b>	Buenas Prácticas de Ordeño
<b>CCS:</b>	Conteo de Células Somáticas
<b>CCST:</b>	Conteo de Células Somáticas en Tanque
<b>CMT:</b>	California Mastitis Test
<b>DVB:</b>	Diarrea Viral Bovina
<b>EV:</b>	Estomatitis Vesicular
<b>FAO:</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<b>FEP:</b>	Fracción Etiológica de la Población
<b>FR:</b>	Factor de Riesgo
<b>I.C:</b>	Índice de Confianza
<b><math>IA_e</math>:</b>	Incidencia en expuestos
<b><math>IA_o</math>:</b>	Incidencia en los no expuestos
<b><math>IA_p</math>:</b>	Incidencia de expuestos en la población
<b>IBR:</b>	Rinotraqueitis Infecciosa Bovina
<b>IEE:</b>	Instituto de Estudios Ecuatorianos
<b>INEN:</b>	Servicio Ecuatoriano de Normalización
<b>K:</b>	Índice Kappa
<b>KOH:</b>	Hidróxido de potasio

<b>MAGAP:</b>	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
<b>NaOH:</b>	Hidróxido de Sodio
<b>p:</b>	Probabilidad
<b>PCR:</b>	Reacción en Cadena de la Polimerasa
<b>RA:</b>	Riesgo Atribuible
<b>RAE:</b>	Riesgo Atribuible en Expuestos
<b>RR:</b>	Riesgo Relativo
<b>SCC:</b>	Somatic Cell Count
<b><math>\chi^2</math>:</b>	Chi-cuadrado
<b><math>\beta</math>:</b>	Beta