



**IDENTIFICACIÓN DE MASTITIS SUBCLÍNICA EN LECHE CRUDA, POR EL  
MÉTODO DE ULTRASONIDO EN FINCAS DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN  
(CAUCA)**

**Yiner Fernando Perafán Fabara**

**Freddy Alejandro Guancha Bonilla**

**Yerson Andrés Ordóñez Mina**

**TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE MEDICINA VETERINARIA**

**Director (a):**

**Carmen Alicia Daza Bolaños MV. MSc. PhD**

**Co-director: José Luis Narváez Semanate Ing. PhD**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD MEDICINA VETERINARIA**

**TRABAJO DE GRADO**

**POPAYÁN**

**2021**

**Nota de aceptación**

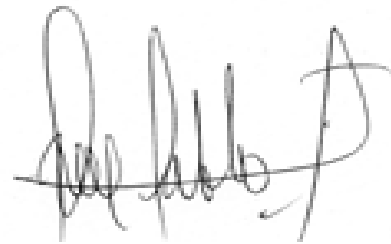
---

---



---

Firma del director



---

Firma del jurado

JUAN PABLO ANDRADE VALENCIA

---

Firma del jurado

**Dedicatoria**

*A nuestras familias y amigos*

**Agradecimientos**

A nuestras familias por su apoyo incondicional en este camino que decidimos emprender, a nuestros amigos por su lealtad absoluta, a nuestros directores por guiarnos en este proyecto, a la Universidad Antonio Nariño por abrirnos sus puertas y a Dios por permitirnos culminar esta etapa tan importante en nuestras vidas.

## **Tabla de Contenido**

**Pág.**

4

## Contenido

1. Introducción	12
2. Planteamiento del Problema	14
<b>2.1 Descripción del problema</b>	14
<b>2.2</b>	15
<b>3. Justificación</b>	16
<b>4. Objetivos</b>	17
<b>4.1 Objetivo General</b>	17
<b>4.2 Objetivos Específicos</b>	17
<b>5. Marco Referencial</b>	18
<b>5.1. Leche y Glándula Mamaria</b>	18
5.1.1. <i>Composición y características organolépticas de la leche.</i>	19
5.1.1.1 <i>Agua</i>	20
5.1.1.2 <i>Lactosa</i>	20
5.1.1.3 <i>Proteínas</i>	20
5.1.1.4 <i>Grasa</i>	20
5.1.1.5 <i>Minerales</i>	21
<b>5.2 Producción láctea en Colombia</b>	22
<b>5.3 Ordeño</b>	23
5.3.1 <i>Ordeño manual</i>	24
5.3.2 <i>Ordeño mecánico</i>	25
<b>5.3.1.3 Procesos De Ordeño Mecánico</b>	27
<b>5.5 Mastitis Bovina</b>	29
5.5.1 <i>Bacterias</i>	31
<b>5.6 Métodos Diagnósticos</b>	33
<b>5.7 Ultrasonido</b>	40
5.7.1 <i>Ondas ultrasónicas</i>	42
5.7.2 <i>Clasificación de ondas ultrasónicas</i>	43
<b>5.8 Pérdidas por Mastitis</b>	48
<b>6. Marco de antecedentes</b>	50

<b>7. Materiales y Métodos</b>	58
<b>7.1 Tipo de Investigación</b>	58
<b>7.2 Línea de Investigación</b>	58
<b>7.3. Área de Estudio</b>	58
<b>7.4. Universo Población y Muestra</b>	58
<b>7.4.2. Muestra</b>	58
<b>7.5. Materiales y Equipos</b>	58
<b>7.6. Procedimiento</b>	59
<b>8. Resultados y Discusión</b>	65
<b>9. Conclusiones.....</b>	<b>80</b>
<b>10. Bibliografía</b>	81
Anexos	95

## **Lista de Tablas**

Tabla 1. Porcentaje de grasa en diferentes razas lecheras	21
Tabla 2. Minerales en la leche de vaca	21
Tabla 3. Beneficios de las buenas prácticas de ordeño	28
Tabla 4. Agentes más comunes causantes de mastitis	31
Tabla 5. Tipos de células en leche normal	37
Tabla 6. Diagnóstico de un cuarto según el conteo de células somáticas	38
Tabla 7. Interpretación de resultados de la Prueba de California para Mastitis	60
Tabla 8. Interpretación de resultados de la prueba de células somáticas a través del método de Citometría.	61
Tabla 9. Caracterización de Fincas Objeto de Estudio	64
Tabla 10. Diagnóstico de mastitis Subclínica por CMT, cuarto afectado y recuento de células somáticas	69
Tabla 11. Resultado del sistema de caracterización ultrasonico	74

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Estructura Alveolar de la Glándula Mamaria	18
Figura 2 Composición de la leche	19
Figura 3 Distribución de la producción de leche por departamentos	23
Figura 4 Ordeño manual	24
Figura 5 Ordeño mecánico	24
Figura 6 Posición de las manos en el ordeño manual	25
Figura 7 Partes de una máquina de ordeño	26
Figura 8 Diagnóstico de mastitis	30
Figura 9 Mastitis, contaminación y transmisión	32
Figura 10 Inspección de la ubre	34
Figura 11 California mastitis test (CMT)	35
Figura 12 Cultivo bacteriano	37
Figura 13 Fossomatic	39
Figura 14 Ekomilk Scan	39
Figura 15 Transductor ultrasónico	40
Figura 16 Generador de impulsos	40
Figura 17 Osciloscopio	41
Figura 18 Ondas ultrasónicas	42
Figura 19 Ondas según medio de propagación.	43
Figura 20 Ondas según la dirección de perturbación	44
Figura 21 Atenuación de onda	47
Figura 22 Pérdidas por mastitis	49
Figura 23 Resultados análisis ultrasonido	72
Figura 24 Resultado análisis ultrasonido	73
Figura 25 Histograma distribución de frecuencias de los datos referentes a la velocidad del sonido en las muestras de leche evaluadas por ultrasonido	76



Figura 26 Histograma distribución de frecuencias de los datos referentes al tiempo de vuelo en las muestras de leche evaluadas por ultrasonido 77

Figura 27 Anexos.....93

## **Resumen**

En la presente tesis se realizó un estudio que nos conlleva a la detección de mastitis subclínica del ganado bovino por medio de la implementación de un sistema no invasivo y no convencional como lo es el ultrasonido, que funciona a través de ondas que se miden y correlacionan con la velocidad del sonido, esto con el fin de aportar algo avanzando y tecnificado dentro de los métodos de diagnóstico presentes para esta enfermedad. Las zonas de análisis para el proyecto correspondieron a fincas ubicadas en la meseta de la ciudad de Popayán Cauca. Se analizaron 31 muestras con el método de Ultrasonido que se basa en la velocidad de la onda generada y expulsada por un osciloscopio sobre la leche presente a muestrear teniendo en cuenta que para escoger a qué leche hacerle el análisis primero se pasó por una prueba con el método convencional de CMT California mastitis test; y luego proseguimos a corroborar el análisis por este método de Ultrasonido. El análisis y los resultados arrojados nos permiten hacer la comparación de los mismos con otros resultados arrojados de tipo más avanzado como lo son las (CCS) recuento de células somáticas y dependiendo de la comparación, podríamos llegar a definir si el método no invasivo- no convencional Ultrasonido, es efectiva para la detección de mastitis subclínica.

Dentro de los resultados se obtuvo una verosimilitud 1434 y 1556 m/s y un tiempo de vuelo entre 5791 y 6947 m/s. Indicándonos. Así que el método no invasivo- no convencional de ultrasonido no genera diferencias diagnósticas efectivas, respecto a los métodos convencionales.

Palabras clave: ultrasonido, mastitis subclínica, recuento de células somáticas, vaca.

## Abstract

In the present thesis, a study was carried out that leads us to the detection of Subclinical mastitis in Bovine cattle through the implementation of a non-invasive and unconventional system such as ultrasound, which works through waves that are measured and correlated with the speed of sound, this in order to contribute something advanced and technified within the present diagnostic methods for this disease. The analysis areas for the project corresponded to farms located in the plateau of the city of Popayán Cauca. 31 samples were analyzed with the Ultrasound method, which is based on the speed of the wave generated and expelled by an oscilloscope on the milk present to be sampled, taking into account that to choose which milk to perform the analysis, a test was first carried out with the conventional method of CMT California mastitis test; and then we continue to corroborate the analysis by this Ultrasound method. The analysis and the results obtained allow us to compare them with other results obtained of a more advanced type such as the somatic cell count (CCS) and depending on the comparison, we could define whether the non-invasive method Conventional Ultrasound is effective for the detection of subclinical mastitis.

Within the results, a likelihood of 1434 and 1556 m / s and a flight time between 5791 and 6947 m / s were obtained. Indicating us. Thus, the non-invasive-unconventional ultrasound method does not generate effective diagnostic differences with respect to conventional methkods.

Keywords: ultrasound, subclinical mastitis, somatic cell count, cow

## **1. Introducción**

La mastitis bovina es la inflamación de la glándula mamaria y de sus tejidos secretores, ésta se origina como respuesta a la entrada de agentes patógenos al canal del pezón; provocando una reducción en la producción de leche, una alteración de su composición y de su calidad, además de un incremento en la carga bacteriana y pérdidas económicas para el sector lácteo. (Fernández et al., 2012)

Desde el punto de vista de su sinología, la mastitis puede ser clínica o subclínica dependiendo del grado de presencia de la enfermedad e intensidad de la misma, siendo la clínica, aquella que se puede notar a simple vista, por las características de la leche y la sintomatología que presenta el animal. La subclínica se caracteriza por la ausencia de signos clínicos, por ello solo puede diagnosticarse por medio de pruebas específicas tales como: california mastitis test (CMT), conteo de células somáticas, entre otras. (Fernández et al., 2012)

En Colombia la mastitis bovina es una de las enfermedades que sigue causando grandes pérdidas económicas en las ganaderías orientadas a la producción de leche, ya que es una de las enfermedades más significativas desde el punto de vista de la producción láctea y de la salud pública. (Rodríguez, 2006) Siendo las mastitis subclínicas las más importantes, debido a la reducción en la producción de la leche que tiende a persistir por un largo período de tiempo y al mayor número de animales afectados por unidad de producción, debido a que no puede ser detectada de forma visual. (Contexto Ganadero, 2017)

Las pérdidas en Colombia por mastitis subclínica, son hasta de un 20% de la producción total de leche anual, especialmente por leche descartada. En los hatos donde se encuentran vacas con mastitis clínicas, las pérdidas aumentan hasta un 85% de la producción total anual, debido al descarte de leche, bajas en la producción, costos por servicios profesionales y tratamientos, entre otros. (Rojas, 2017)

En este sentido la presente investigación, busca evaluar un nuevo sistema de caracterización no invasiva y no destructiva por ultrasonido, que permita diagnosticar la presencia de mastitis bovina subclínica, en muestras de leche de manera oportuna, es decir, aplicar el sistema por ultrasonido, a muestras de leche bovina, colectadas de fincas del municipio de Popayán (Cauca); para posteriormente realizar una comparación entre esta técnica y las pruebas de detección de mastitis subclínicas, consideradas como “Gold standard”, y realizar un análisis estadístico que permita analizar la pertinencia y confiabilidad de la técnica a la hora de diagnosticar oportunamente esta enfermedad.

## **2. Planteamiento del Problema**

### **2.1 Descripción del problema**

La leche es uno de los productos de consumo, más importantes de la dieta humana debido principalmente a su valor nutricional. Sin embargo, es un producto susceptible de ser contaminado por diversos agentes patógenos, los cuales alteran su calidad, muchas veces de forma imperceptible, generando riesgos en la salud de los consumidores y además pérdidas económicas importantes para el sector lácteo. (FAO y OMS, 2011)

En Colombia la población láctea bovina es de aproximadamente 5.400.000 animales, lo que convierte a nuestro país en el cuarto productor lechero más importante de América latina, además de ocupar el puesto 21 a nivel mundial con márgenes de producción diaria estimadas en aproximadamente 7.300 millones de litros. (FEDEGAN, 2019)

En este sentido la mastitis se convierte en una enfermedad de importancia económica para el sector ganadero, pues es una enfermedad infecto contagiosa que ocasiona la inflamación de la glándula mamaria, debido a la presencia de distintos tipos de bacterias y hongos entre otros, que consecuentemente afectan propiedades importantes de la leche, como, por ejemplo, la densidad, punto de crioscopia, alteraciones de vitaminas hidrosolubles y disminución de porcentajes de proteínas y sólidos no grasos entre otros, alterando significativamente la producción láctea, el bienestar animal, y la salud humana. (Arango, 2011)

Teniendo en cuenta que la mastitis subclínica es aproximadamente 40 veces más ocurrenciente que la mastitis clínica y que adicionalmente no presenta cambios visibles evidentes en la composición de la leche (únicamente perceptibles mediante conteo manual de células

somáticas entre otros métodos), se refleja la necesidad de contribuir a la exploración y desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas que de forma sostenible y sustentable, eviten el uso de agentes químicos (como las pruebas de CMT) y contribuyan a la reducción de pérdidas en hatos lecheros a partir de la detección temprana de mastitis bovina. Desde el punto de vista económico, el 38% de los costos involucrados en los tratamientos de enfermedades bovinas son asociados a la mastitis, porcentaje que va en aumento debido al diagnóstico no oportuno. (Haque, 2014)

Las ganaderías del departamento del Cauca no son ajenas a esta problemática. Según un estudio epidemiológico dedicado a la mastitis bovina, seis ganaderías de la meseta de Popayán, es decir el 26,5% de la población muestreada, fueron según el método CMT (test de mastitis california), positivos para mastitis. Indicando la situación y la presencia de esta enfermedad a nivel local y una alerta sanitaria para el municipio. (Arturo, 2009)

En este sentido, el desarrollo de nuevos métodos e instrumentos alternativos sustentables y sostenidos que apoyan los procesos de tecnificación en la detección de mastitis, en especial la subclínica, son de vital importancia para lograr la minimización de riesgo de dispersión de esta enfermedad y a su vez disminuir las pérdidas económicas en la producción láctea.

## **2.2 Formulación del Problema**

Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente la hipótesis que se pretende resolver es la siguiente ¿es posible detectar la mastitis subclínica por medio de métodos no invasivos como el ultrasonido?

### **3. Justificación**

Las investigaciones acerca de mastitis subclínica en bovinos en el municipio de Popayán son muy escasas, por eso este tipo de estudios adquiere mayor relevancia, pues se podría conocer la situación de mastitis bovina a nivel local y tomar medidas en pro del bienestar animal, la producción lechera y la salud humana. Igualmente, el desarrollo de este tipo de investigaciones es importante para mejorar las condiciones sanitarias y el medio en que se encuentran los bovinos, ya que se pretende brindar recomendaciones y medidas preventivas que eviten la aparición de mastitis bovina en los hatos lecheros. Así mismo el diagnóstico oportuno de la enfermedad disminuiría las pérdidas económicas asociadas a la misma.

Teniendo en cuenta que esta enfermedad tiene trascendencia no solo dentro del campo de la sanidad animal, sino también dentro del campo de la salud pública, el presente estudio es de vital importancia para que desde la medicina veterinaria se generalice una preocupación real por desarrollar estudios encaminados a solucionar estas problemáticas del sector ganadero a nivel local, ya que es necesario visibilizar este tipo de enfermedades concurrentes en los hatos de pequeños productores, quienes muchas veces por desconocimiento prescinden de los profesionales para solucionarlos. En este sentido es pertinente y necesario que los conglomerados o asociaciones ganaderas públicas y privadas tomen medidas preventivas con el fin de priorizar la salud animal, y una manera de hacerlo es desarrollando, apoyando y financiando trabajos investigativos que propendan por la mejora de la producción de leche, la salud animal y humana.



## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo General**

Identificar la mastitis subclínica en leche cruda, a través, de un equipo de ultrasonido no comercial en 5 unidades ganaderas del municipio de Popayán.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Identificar animales positivos a mastitis bovina subclínica en las fincas objeto del estudio
- Confirmar la presencia de mastitis subclínica por métodos convencionales de laboratorio
- Confirmar la presencia de mastitis subclínica por métodos no convencionales a partir del uso de ultrasonido
- Establecer relaciones entre los métodos convencionales, el sistema ultrasónico y el diagnóstico de mastitis subclínica.
- Formular planes de prevención de mastitis subclínica a los ganaderos.

## 5. Marco Referencial

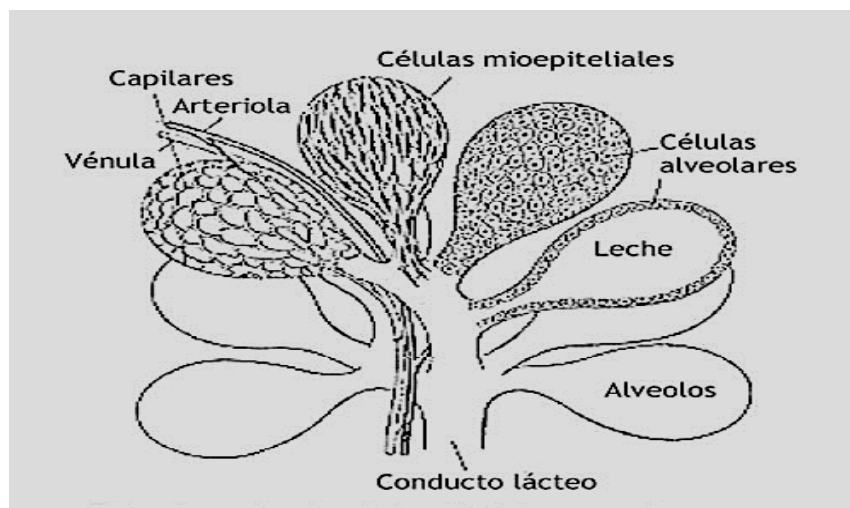
### 5.1. Leche y Glándula Mamaria

La glándula mamaria está formada por células de tejido glandular. Estas células toman las sustancias nutritivas que transporta la sangre y las transforman en leche. Las células mamarias tapizan diminutas bolitas (en forma de mora, cuyo interior es hueco), llamadas acinos. (Espadas, *s f*).

La leche que segregan estas células va a parar al interior de los acinos y de allí sale, a través, de unos diminutos canalillos llamados "galactóforos". (La palabra galactóforo significa "que transporta leche"). Estos canalillos se unen unos con otros formando canales cada vez más grandes que desembocan en un espacio del cuarto que recibe el nombre de seno galactóforo o cisterna de la leche, que se comunica directamente con el pezón. (Espadas, *s f*)

#### Figura 1

##### *Estructura Alveolar de la Glándula Mamaria*



Nota. Adaptado de La ubre o glándula mamaria de la vaca. González, Kevin. 1984

5.1.1. *Composición y características organolépticas de la leche.* la calidad de la composición de la leche, se evalúa mediante la medición del contenido de proteínas, grasa, lactosa, minerales, agua y energía; estos parámetros tienen valores establecidos para que la leche sea considerada de buena calidad. (Martínez y Gómez, 2013)

La composición de la leche puede variar de acuerdo a diferentes factores como son: la edad del animal, el estado de lactancia, la época, la raza, entre otros. Los factores que se ven involucrados en la composición de la leche, de manera normal son estables, no varían, lo que daría significancia a la alteración o adulteración en los componentes de la leche. (Quintero, 2011)

La leche luego de su recolección debe ser refrigerada a una temperatura de 4°C ya que es considerada como un alimento perecedero, esto implica que en caso de temperaturas extremas, se puede acidificar, provocando la propagación de microorganismos que alteran su calidad.

## **Figura 2**

*Composición de la leche*



Nota: Adaptado de The Science and Lore of the Kitchen. McGee Harold. 1984

5.1.1.1 *Agua*: es el nutriente requerido y más indispensable en la leche bovina, su contenido es de aproximadamente 87%; la cantidad de agua que se encuentra en la leche está regulada por la lactosa y las sales minerales; estas se encargan de sintetizar el agua en la glándula mamaria por medio de las células secretoras. (Quintero, 2011)

5.1.1.2 *Lactosa*: es el principal carbohidrato de la leche, estando presente en la leche en aproximadamente un 4.8%, es un azúcar que no se percibe en leche por su cantidad tan pequeña encontrada ahí, está compuesto de glucosa y galactosa. (Quintero, 2011)

5.1.1.3 *Proteínas*: el contenido de proteínas contenidas en la leche es del 3.4%, siendo la caseína (80%) la proteína principal en la leche, cabe mencionar que también se encuentran proteínas séricas como son: la albumina y las globulinas (20%). (Quintero, 2011)

5.1.1.4 *Grasa*: la grasa láctea contenida en las células secretoras de la glándula mamaria, hacen un aporte de 3.7% como nutriente en la leche. (Quintero, 2011)

El contenido de grasa varía entre las diferentes razas bovinas tal como se presenta a continuación:

**Tabla 1.**

*Porcentaje de grasa en diferentes razas lecheras*

<b>Razas</b>	<b>Grasa (%)</b>
<b>Ayrshire</b>	3.88
<b>Brown Swiss</b>	3.98
<b>Guernsey</b>	4.46
<b>Holstein</b>	3.64
<b>Jersey</b>	4.64
<b>Shorton lechero</b>	3.59

Nota: Adaptado de Factores que afectan la producción y composición de la leche. Universidad Nacional de Córdoba.

5.1.1.5 *Minerales*: la leche de vaca contiene distintos minerales como se observan en la siguiente tabla.

**Tabla 2.**

*Minerales en la leche de vaca*

<b>Composición</b>	<b>Leche de vaca</b>
--------------------	----------------------

<b>Potasio</b>	145
<b>Calcio</b>	125
<b>Fosforo</b>	75
<b>Magnesio</b>	13
<b>Sodio</b>	50
<b>Manganeso</b>	-----
<b>Hierro</b>	310
<b>Cobre</b>	-----
<b>Zinc</b>	-----

Adaptado de: Producto fermentado sin lactosa a partir de batido de frutos secos no legumbres y/o horchata. Pérez et al. 2005.

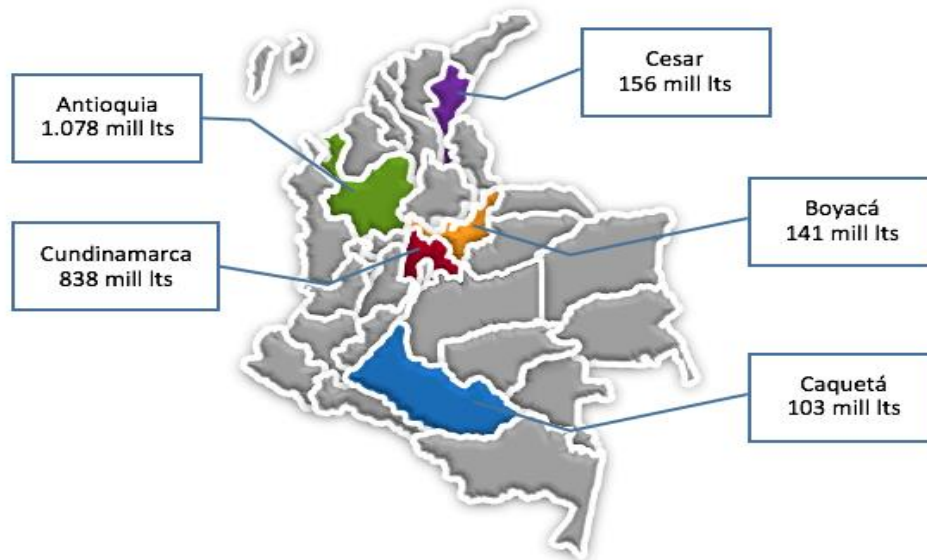
## 5.2 Producción láctea en Colombia

En Colombia, según la FAO en el año 2018, había aproximadamente 7 millones de cabezas de ganado productor de leche (Datasketch) y en el departamento del Cauca, según el censo del ICA del año 2019, se estimaron cerca de 132.000 cabezas de ganado productor de leche. (ICA, 2019) Sin embargo, es el departamento de Antioquia el mayor productor del país, con una capacidad de generar 7,18 Litros diarios por vaca. Por encima de este nivel, se encuentran apenas un cuarto de los departamentos (Cundinamarca, Boyacá, Quindío, Risaralda,

Antioquia, Nariño y Cauca), mientras los demás se encuentran en niveles inferiores. (Cadena et al, 2019)

### Figura 3

*Distribución de la producción de leche por departamentos*



Nota. Adaptado de Asoleche. Unidad de Seguimiento de Precios de la Leche USP – Minagricultura

### 5.3 Ordeño

El ordeño es un sistema caracterizado por la extracción de leche de la glándula mamaria de la hembra bovina, se encuentra contenida en la cisterna del pezón, que a su vez se almacena en la cisterna de la ubre. (Ortiz et al, 2013)

El ordeño se puede realizar de dos formas diferentes: ordeño manual y ordeño mecánico. Independientemente de la forma como se realice el ordeño, este debe ser: completo, rápido y sin dolor. Además, se debe tomar una serie de precauciones higiénicas sobre el ordeñador, el medio

ambiente y los materiales empleados. Así mismo es necesario preparar la vaca para el ordeño, lavarle y hacerle un masaje a la ubre con una solución desinfectante. Esto, con el fin de obtener mejor calidad higiénica de la leche, estimulación del animal y facilita la bajada de la leche.

(Sena, 1987)

#### **Figura 4**

*Ordeño manual*



Nota. Adaptado de Manual 1. Buenas prácticas de ordeño. FAO. Morales, Daniel.

#### **Figura 5**

*Ordeño mecánico*



Nota: Adaptado de Portal lechero. Cómo mejorar el rendimiento del ordeño



5.3.1 *Ordeño manual*: para empezar el proceso, el ordeñador debe estimular la ubre de la vaca, para esto da masajes a la misma con el fin de que la leche descienda a la cisterna y pueda ser expulsada. (Ortiz et al, 2013)

Posteriormente se debe agarrar el pezón con el pulgar y el dedo índice, así la leche queda atrapada en la cisterna. Después se debe apretar suavemente el pezón hacia abajo y hacia afuera, aplicando presión con los demás dedos sobre el pezón. Es importante considerar que se deben extraer los primeros chorros de leche de cada pezón en un bote con fondo oscuro, para así notar alguna anomalía en la leche, como, por ejemplo, grumos, lo que indicaría la presencia de mastitis. (Arango, 2006)

### **Figura 6**

*Posición de las manos en el ordeño manual*

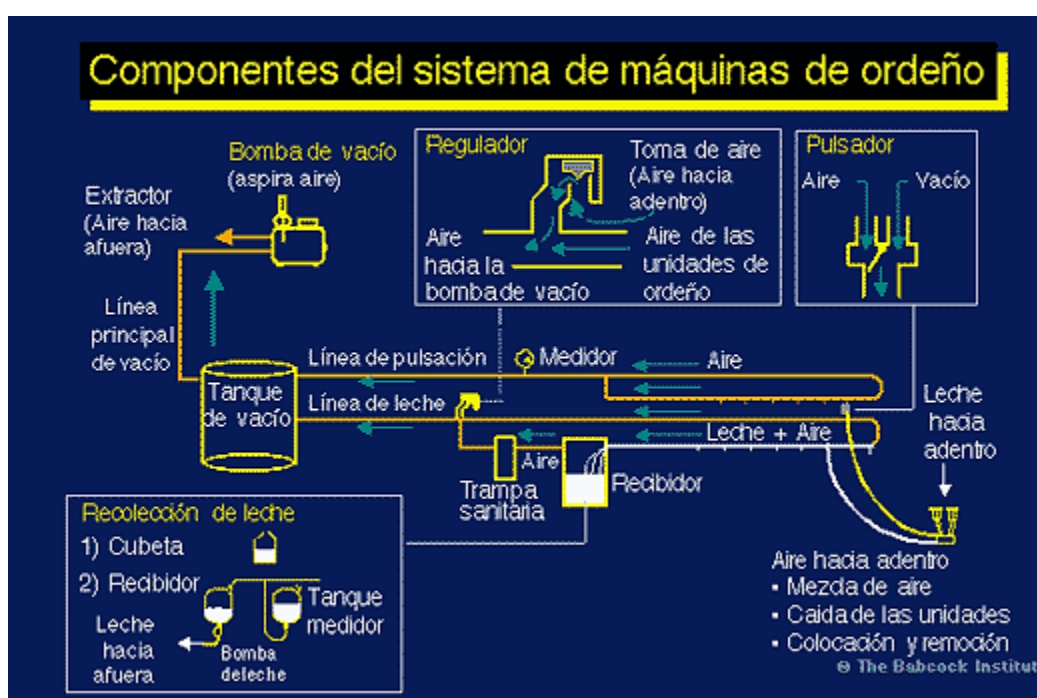


Nota. Adaptado de *Cómo ordeñar una vaca*. Wiki How.

5.3.2 *Ordeño mecánico*: el ordeño mecánico es hacer la extracción de la leche contenida en la cisterna del pezón y por consiguiente en la cisterna de la ubre con la ayuda de una máquina ordeñadora, cuya función de ella es imitar la mamada del ternero para sacar la leche de los cuartos. (Santana y Uribe 2006)

**Figura 7**

*Partes de una máquina de ordeño*



Nota: Adaptado de Funcionamiento y Evaluación de Máquinas de Ordeño y su repercusión en la Mastitis Bovina. Delgado Alfredo. 2005.

-Pezoneras: son mangos de metal o de plástico que poseen un anillo de goma, encargado de sujetar la parte superior del pezón.

-Cántaro colector: lugar donde se deposita la leche, posee una cámara que ejerce presión y por el peso de la leche hace que ésta se deposite allí.

-Bomba de vacío: son aquellas que ejercen la succión de la leche de los pezones, está conectada a las pezoneras y permite el paso de la leche.

-Tuberías: su función es conectar las pezoneras con el cántaro colector

-Llave de la leche: es el lugar donde llegan los tubos de las pezoneras, esta llave es la encargada de hacer la distribución del vacío a las pezoneras y al cántaro colector. (Santana y Uribe 2006)

#### 5.3.2.1 *Ordeño Mecánico*

-Ingreso a la sala de ordeño: las vacas son animales de costumbres, por tanto, el ingreso a la sala de ordeño puede ser el primer estímulo para la bajada de la leche. Se deben evitar situaciones de estrés.

- Presellado: se puede lograr sumergiendo el pezón en un producto desinfectante el cual debe ser apto para esta práctica (FAO, 2011)

- Observación de signos de mastitis al despuntar: palpar en la ubre signos de calor, dureza, o cuartos agrandados.

- Colocación de las unidades de ordeño (pezoneras): se deben colocar las unidades de ordeño en los pezones en un lapso de tiempo entre 60 a 90 segundos desde el comienzo de la preparación y evitar la entrada de aire a la unidad de ordeño.

-Retiro de las unidades de ordeño: al final del ordeño, retire las unidades de ordeño después de haber cortado el vacío. Remueva las 4 pezoneras al mismo tiempo. No remover la unidad sin cortar el vacío ya que esto permite la entrada de aire a la ubre e incrementa el riesgo de mastitis. (Chahine et al, 2019)

### 5.3.3 Buenas prácticas de ordeño

**Tabla 3.**

*Beneficios de las buenas prácticas de ordeño*

<b>Práctica</b>	<b>Beneficio</b>
Arreo de vacas	Evita la formación de estrés y la formación de Adrenalina
Operarios limpios	Evita la contaminación de la leche y la introducción de bacterias patógenas a la ubre del animal.
Maneo con lasos Limpios	Al hacer el maneo se debe sujetar la cola, para evitar su movimiento y así esparza mugre y contamine la leche
Lavado de pezones	Minimiza la acumulación de suciedad, polvo y materia fecal.
Secado de pezones	Evita que el agua escurra por la ubre y desemboque en el pezón, en las manos del operario y por lo tanto en el balde de la leche

Lavado de manos	Para lograr un ordeño higiénico y evitar la contaminación cruzada
Despunte	Remueve la leche almacenada en la cisterna del pezón, la cual tiene mayor contenido de bacterias
Prueba de mastitis	Se utiliza para prevenir la mastitis, en caso que se presente nos permite instaurar un tratamiento adecuado al animal
Correcto empuñado, ordeño rápido y completo	Con el fin de obtener toda la leche, antes de que se inactive la oxitocina, producir buena cantidad de leche y prevenir mastitis.
Sellado de pezones	Evita mastitis y desinfecta el pezón
Enfriamiento de la leche	Retarda el crecimiento microbiano
Lavado y secado de Cantinas	Desfavorece la proliferación de bacterias ambientales, las cuales pueden ser fuente de contaminación del siguiente ordeño
Limpieza de corrales	Remueve posibles fuentes de contaminación para el siguiente ordeño

Fuente: Buenas prácticas de ordeño. PRA Buenaventura. 2015

## 5.4 Mastitis Bovina

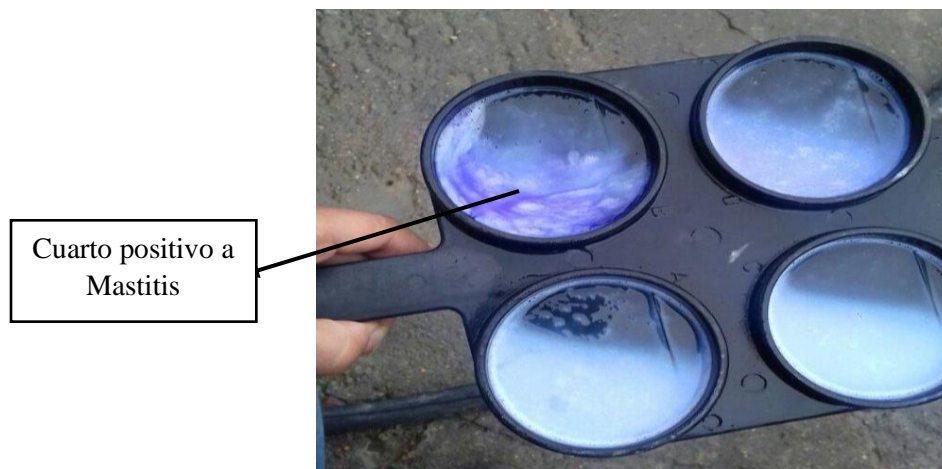
Dentro de las explotaciones lecheras, hay distintas enfermedades infecciosas que afectan al ganado bovino, pero la de mayor importancia económica es la mastitis, ya que produce pérdidas económicas severas dentro del sector ganadero a nivel nacional y mundial. (Andrade, 2014)

Se entiende por mastitis, la inflamación de la glándula mamaria y los tejidos secretores, ocasionada por alteraciones físicas como traumas y golpes, o químicas como la utilización de reactivos y también bacteriológicos (bacterias en leche), que producen modificaciones en el tejido mamario, provocando el taponamiento de los conductos y neutralizando la producción. (Mangandi, 2008)

La causa más frecuente de esta patología es la invasión de microorganismos infecciosos, principalmente de bacterias tales como: *Staphylococcus* y *Streptococcus*, cuya vía principal de entrada es, a través, del orificio del pezón. Después de la invasión de las bacterias, empiezan a notarse cambios en la ubre como: edematización, tumefacción, dolor, obstrucción y congestión del conducto, así como alteración en los nutrientes de la leche. (Olguín y Bernal *s f*)

### **Figura 8**

*Diagnóstico de mastitis*



Nota. Adaptado de Prueba de mastitis (positivo) en Playas de Daucay. Agricultura el Oro. 2017

5.4.1 *Bacterias*: son los agentes infecciosos más comunes que producen la inflamación de la glándula mamaria, entre las bacterias más comunes se encuentran: *Staphylococcus aureus*, - *Staphylococcus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus uberis*, *Escherichia coli*, *Pasteurella sp.* (Olguín y Bernal *s f*).

En algunos casos no tan comunes se pueden encontrar micoplasmas, levaduras, algas, hongos, etc. Estos agentes patógenos son transmitidos al momento del ordeño de una vaca a otra, es por eso que se recomienda ordeñar de ultimo las vacas infectadas. (Olguín y Bernal *s f*)

**Tabla 4.**

*Agentes más comunes causantes de mastitis*

Tipo de bacteria	% de todas las infecciones	Causa primaria	Principales formas de difusión
------------------	----------------------------	----------------	--------------------------------

<i>Streptococcus agalactiae</i>	Mayor 40%	Ubre infectada	De cuarto a cuarto; vaca a vaca durante del ordeño
<i>Staphylococcus aureus</i>	30-40%	Ubre infectada, pezón lesionado	De cuarto a cuarto; vaca a vaca durante del ordeño
<b>Estreptococo ambiental <sup>2</sup></b>	5-10%	Cama, materia Fecal	Medio ambiente de la vaca
<i>Coliformes</i>	Menor 1 %	Materia fecal	Medio ambiente de la vaca

Fuente: Agrobot. Mastitis: Enfermedad y Transmisión.

5.4.2 *Mastitis subclínica*: es una patología inflamatoria, en la cual no se observan signos clínicos característicos y el sistema de la glándula mamaria sigue funcionando normalmente, esta es la mastitis más frecuente en los bovinos y la que mayores pérdidas económicas produce.

En la mastitis subclínica, se producen cambios en la producción diaria de leche, en su composición y además en el aumento del número de bacterias. (Mangandi, 2008) Para detectar este tipo de mastitis es necesario emplear métodos especiales de diagnóstico, tales como: medio de Cultivos bacteriológicos, la Prueba California para Mastitis (CMT), Prueba Wisconsin para Mastitis (WMT) y el Recuento de Células Somáticas en Tanque (RCS-T). (Mellenberger y Roth, 2000)

## **Figura 9**

*Mastitis, contaminación y transmisión*





Nota. Adaptado de Mastitis bovina con especial énfasis en la realidad nacional. Zurita Arevalo, Livio. 1982.

5.4.3 *Mastitis clínica*: caracterizada por presentar signos clínicos de inflamación, dolor, calor, tumor y enrojecimiento de los pezones. Presenta cambios en la leche como: grumos o espesamiento de la misma. Es la mastitis menos frecuente en el sector lácteo. (Mangandi, 2008)

La mastitis clínica puede presentarse de forma aguda y se caracteriza por su aparición súbita. En la forma crónica, se presenta una infección de larga duración, con leche de apariencia anormal y/o cambios al realizar la palpación del tejido de la ubre. (Bedolla y Wolter, 2007)

## 5.5 Métodos Diagnósticos

Los métodos para detectar la mastitis consisten en:

Pruebas físicas como inspección de la ubre (ver figura 13), pruebas químicas como California Mastitis Test (CMT) (ver figura 14), microbiológicas como cultivos bacteriológicos (ver figura 15). (Bedolla y Wolter, 2007).

5.5.1 *Pruebas físicas*: la principal prueba física que se hace en campo es la inspección de la ubre, pero solo funciona cuando la mastitis ya está avanzada, es decir en estado clínico, ya que la mastitis subclínica no presenta cambio alguno en la ubre. (Mora et al, 2015).

**Figura 10**

*Inspección de la ubre*



Nota. Adaptado de Sistema Mamario. Ledic, Ivan Luz y Drummond Tetzner, Tatiane Almeida. 2011

5.5.2 *Pruebas químicas*: la prueba más sencilla y utilizada para el diagnóstico de mastitis subclínica, es el CMT (California Mastitis Test), que, aunque no proporciona datos numéricos, si se pueden interpretar resultados observando la consistencia que toma la leche al aplicar el reactivo. (Bedolla y Wolter, 2007).

Este método no proporciona un resultado numérico, sino más bien una indicación de si el recuento es elevado o bajo, por lo que todo resultado por encima de una reacción vestigial se considera sospechoso. La prueba consiste en el agregado de un detergente a la leche (alquil-arilsulfonato de sodio) causando la liberación de ADN de los leucocitos presentes en la ubre y este se convierte en combinación con agentes proteicos de la leche en una gelatina. A mayor presencia de células se libera una mayor concentración de ADN, por lo tanto, mayor será la formación de gelatina, traduciéndose en nuestra lectura e interpretación del resultado como grado más elevado de inflamación. Es decir, permite determinar la respuesta inflamatoria con base en la viscosidad del gel que se forma al mezclar el reactivo (purpura de bromocresol) con la misma cantidad de leche en una paleta con cuatro pozos independientes permitiendo evaluar cada cuarto independientemente. (Bonifaz y Conlago, 2016)

### **Figura 11**

*California mastitis test (CMT)*



Nota. Adaptado de Mastitis in camels (*Camelus dromedarius*): Past and recent research in pastoral production system of both East África and Middle. Abdelgadir, Atif. 2014.

En sí, el fundamento de la prueba consiste en que el detergente Alquil-Aril-Sulfonato que contiene el CMT, “al reaccionar con las células somáticas, rompe la membrana 12 celular y la membrana del núcleo, compuestas de fosfolípidos, dejando libre el ADN, mismo que se aglomera y da una apariencia viscosa. (Imbacuan, 2015)

5.5.3 *Pruebas microbiológicas*: la principal prueba y la más usada es la del cultivo bacteriano en laboratorio. Esta prueba permite determinar los organismos específicos que se encuentran comprendidos en algún caso de mastitis. (Bedolla y Wolter, 2007)

## **Figura 12**

*Cultivo bacteriano*



Fuente: Guerra, Víctor. La Mastitis y sus pruebas diagnósticas en campo

5.5.4 *Recuento de células somáticas (CSS.)* Las células somáticas son células blancas, es decir leucocitos (macrófagos, linfocitos y neutrófilos) que se encuentran depositados en la leche en niveles muy bajos, el incremento de estas células determina un proceso infeccioso y por lo tanto inflamatorio. Estas provienen de la sangre y del tejido que conforma la glándula mamaria de la hembra bovina. El contenido de células somáticas en la leche permite conocer datos claves sobre la función y el estado de salud de la glándula mamaria lactante. La principal función de las células somáticas, es que participan en la defensa contra infecciones de la ubre. (Reyes y Cedeño, 2008)

**Tabla 5.**

*Tipos de células en leche normal*

<b>Tipo De Célula</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Macrófagos</b>	60%
<b>Linfocitos</b>	25%

<b>Neutrófilos</b>	25%
--------------------	-----

Fuente: Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. Hernández, Juan Manuel. 2008.

El conteo de células somáticas es un procedimiento que se realiza con el fin de saber el número existente de células que se encuentran presentes en la leche; este conteo es utilizado como indicador de mastitis. Un cuarto de la ubre, que nunca ha sufrido alteraciones patológicas, lesiones, etc. mantendrá un nivel de células somáticas menores de 100.000 células/ml, mientras que aquellos cuartos que ya sufren patologías como las mastitis tendrán niveles celulares mayores de 200.000 células/ml. (Reyes y Cedeño, 2008)

#### **Tabla 6.**

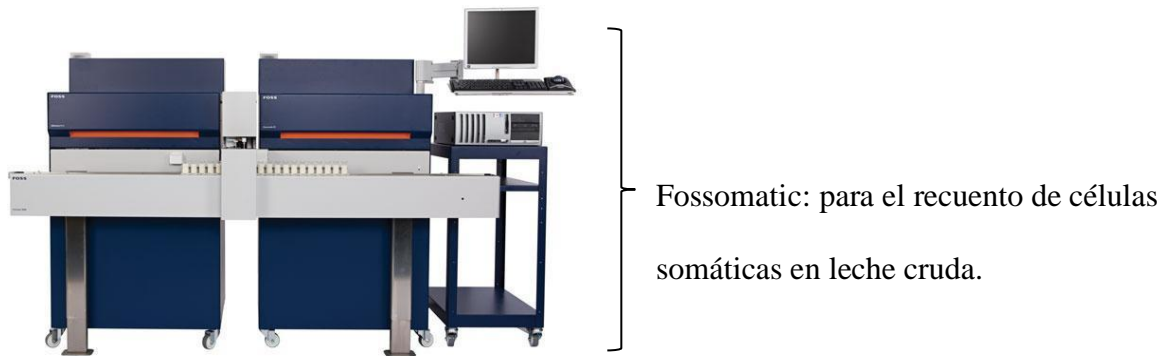
*Diagnóstico de un cuarto según el conteo de células somáticas*

<b>Puntaje</b>	<b>Significado</b>	<b>Descripción de la reacción</b>	<b>Interpretación</b>
<b>N</b>	Negativo	Mezcla permanece líquida	0 – 200.000
<b>T</b>	Trazas	Hay Algo de Engrosamiento (sospechoso)	150.00 – 500.000
1	Ligeramente Positivo	Mezcla espesa, Pero no hay formación de gel	400.000 – 1.500.000
2	Positivo	Formación de gel en la paleta de la mezcla, al verter la mezcla el gel cae.	800.000 – 5.000.000
3	Muy Positivo	Formación de gel y la mezcla se pega en la paleta.	Mayor a 5.000.000

Adaptado de: Agrovvet Market Animal Healt.

**Figura 13**

*Fossomatic*



Nota. Adaptado de Beyond Measure

**Figura 14**

*Ekomilk Scan*



Nota. Adaptado de Control de la mastitis, recuento de células somáticas. Ekomilk España.

5.5.5 Ultrasonido: el método de ultrasonido es una onda sonora de alta frecuencia (1 – 10MHz). Estas ondas ultrasónicas son obtenidas por medio de cristales que al ser sometidos a la corriente eléctrica permiten su vibración, provocando el choque de ondas. (Ulloa et al, 2013) Según Oliveira et al, (2010), cuando las ondas ultrasónicas, topan con algún líquido (En este estudio leche), se verán reflejadas en forma de ecos que serán capturadas por el equipo en forma de imagen.

El ultrasonido está formado por un emisor y un receptor; el factor emisor dispara un impulso eléctrico originando la excitación del receptor (transductor ultrasónico) generando una onda ultra sónica que será interpretada y analizada por el osciloscopio (instrumento que sirve para registrar las oscilaciones de ondas y las representa gráficamente en una pantalla). (Giraldo, 2003)

### **Figura 15**

*Transductor ultrasónico*





Fuente: Propia del autor

### **Figura 16**

*Generador de impulsos*



Fuente: Propia del autor

### **Figura 17**

*Osciloscopio*



Fuente: Propia del autor

Para que se produzca la propagación del sonido las ondas sonoras van a necesitar de un medio para transportarse ya sea líquido, sólido o gaseoso. Siendo indispensable que este medio tenga la función de conductor de energía para el paso de la onda ultrasónica. (Giraldo, 2003)

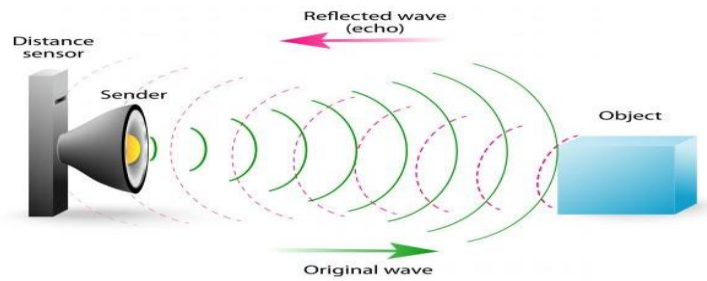
5.5.5.1 *Ondas ultrasónicas*: las ondas ultrasónicas son ondas acústicas que se generan por cualquier perturbación externa que produce vibración a nivel molecular en un medio de transmisión (agua, aire, entre otros. (Rimoldi y Mundo, 2014)

Mediante ondas de ultrasonido se puede realizar el análisis sin alterar las características físicas y químicas de los medios de estudio con una óptima relación “costo-beneficio”.

Suponiendo ventajas frente a otras tecnologías de caracterización de alto costo, como sistema láser (presenta limitaciones en la caracterización de medios opacos con altas concentraciones de partículas), o sistemas de caracterización por rayos x, en los cuales se presenta radiación de la materia. (Viren et al, 2012)

## **Figura 18**

*Ondas ultrasónicas*



Nota. Adaptado de Definición de onda ultrasónica. Roca Pablo. 2018

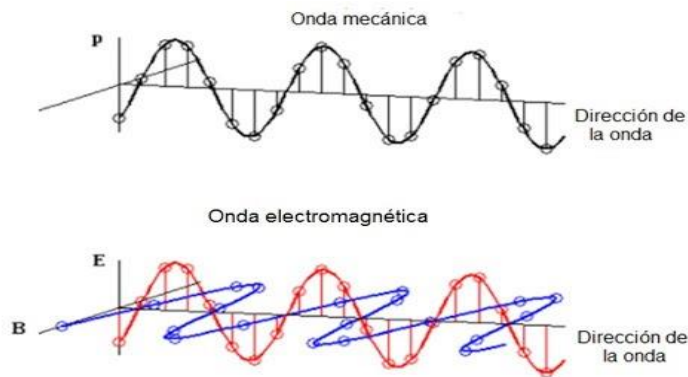
### 5.5.5.2 Clasificación de ondas ultrasónicas

*Según el medio de propagación:* Ondas mecánicas, necesitan un medio de propagación. Ondas electromagnéticas, no necesitan medio de propagación.

*Según la dirección de perturbación:* Ondas longitudinales, el movimiento de las partículas es paralelo a la dirección a la propagación de la onda. Ondas Transversales, el movimiento de las partículas es perpendicular a la dirección de la propagación de la onda.

### Figura 19

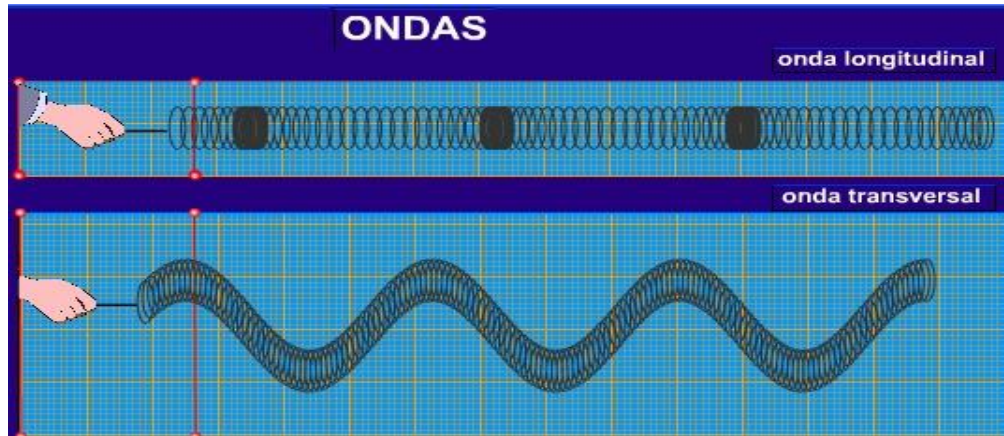
*Ondas según medio de propagación.*



Nota: Adaptado de Movimiento ondulatorio. Beléndez Augusto. 2000

## Figura 20

*Ondas según la dirección de perturbación*



Nota: Adaptado de Movimiento ondulatorio. Beléndez Augusto. 2000

5.5.5.3 *Caracterización ultrasónica:* la exploración de métodos alternativos para la caracterización de líquidos y materiales mediante técnicas no invasivas – no destructivas, ha impulsado el desarrollo de nuevos métodos y tecnologías de caracterización basadas en la utilización de ondas ultrasónicas. (Oliveira et al, 2010)

Estas últimas son ondas mecánicas de alta frecuencia que transfieren energía de un punto a otro y requieren un medio elástico para su propagación. Consecuentemente positivizan las descripciones de propiedades acústicas de líquidos y materiales a partir del entendimiento de los procesos de interacción onda-medio, debido a que las características de elasticidad, compresibilidad e inercia del medio de propagación son comprometidas por las perturbaciones desde el estado de equilibrio que sufren sus moléculas, en relación con el campo ultrasónico incidente, además de los efectos mensurables de reflexión, dispersión y distorsión que sobren las ondas. (Mojica, 2012)

Según estudios en el área de caracterización de sustancias biológicas y no biológicas por ultrasonido, todavía concentran sus esfuerzos en la obtención de un claro entendimiento sobre los mecanismos relacionados en la interacción onda-material (a partir de las estimaciones de parámetros ultrasónicos), temática que es bastante discutida por diversos autores mostrando que en los últimos años aún existe un gran interés científico y tecnológico en el análisis y medición de medios dinámicos complejos mediante técnicas de caracterización acústica en la exploración de: líquidos industriales, medios compuestos y emulsiones con partículas agregadas entre otros.

*5.5.5.3 Análisis de las señales por ultrasonido:* considerando que el análisis sistemático que las señales por ultrasónico obtenidas durante los procesos de propagación, suministran informaciones sensibles en lo que se refiere a las características físico-químicas como la heterogeneidad, la distribución del tamaño de micropartículas y los porcentajes de concentración de sustancia en medios multifásicos entre otros, se evidencia que las técnicas de caracterización ultrasónica son herramientas potenciales en la evaluación de suspensiones solido-liquido, sistemas coloidales y sustancias complejas como la leche, tal como lo presenta el estudio de análisis de la contaminación microbiana en leche ultra pasteurizada, en la cual, a partir de las variaciones de los procesos de propagación de los ultrasonidos se puede conocer sin necesidad de abrir los envases la contaminación por parte de culturas microbianas.

En este contexto, las últimas décadas del análisis cuantitativo por ultrasonido se ha convertido en una herramienta potencial para la caracterización específica de sustancias, materiales y estructuras biológicas, a partir de la extracción de cuatro parámetros acústicos

importantes: velocidad de propagación, atenuación acústica, parámetro de no linealidad, coeficiente integrado de retrodispersión.

Estos parámetros reportados convencionalmente en la literatura son sensibles a la diferenciación entre las propiedades acústicas de los líquidos y materiales y constituyen la base de las técnicas de caracterización cuantitativa por ultrasonido. (Javanaud et al, 1991)

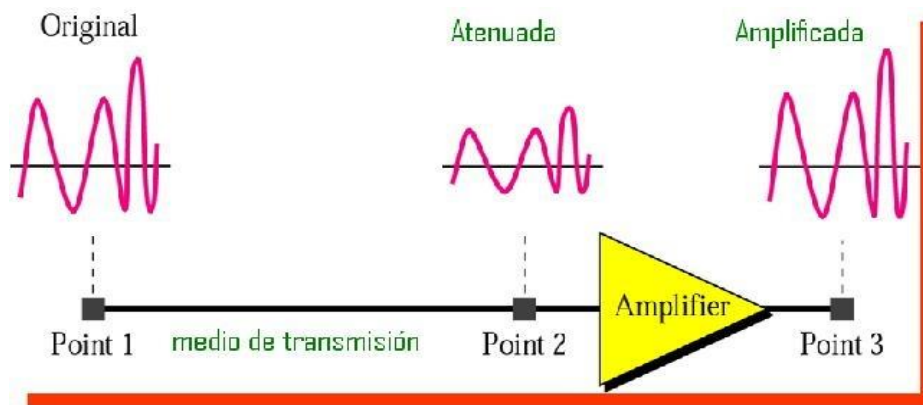
*5.5.5.4 Velocidad de propagación:* la velocidad de propagación depende del material por el cual se esté propagando la onda. generalmente, el sonido se mueve a mayor velocidad en líquidos y sólidos que en gases. (Javanaud et al, 1991)

Considerando la velocidad de la propagación, las bases teóricas para la medición en líquidos, inicialmente fueron descritas por Wood en 1941; fundamentadas en las leyes básicas de la dinámica de Newton. (Kinsler et al, 2000) Sus estudios incentivaron el desarrollo de diversos métodos para estimar la velocidad de propagación acústica en diversos medios mostrando aplicaciones industriales muy importantes, básicamente en la validación de productos como emulsiones, y alimentos. (Dukhin y Goetz, 2000) La estimación de perfiles de velocidad es llevada a cabo a partir del desarrollo de técnicas de estimación del tiempo de vuelo de ondas en el medio de propagación (creada por el instituto Food Research).

5.5.5.5 *Atenuación acústica*: la atenuación acústica es otro parámetro importante que describe la pérdida de energía de las ondas durante el proceso de propagación en las muestras de estudio. Este parámetro se utiliza para inferir información sobre cambios de densidad y heterogeneidad en los medios evaluados. Convencionalmente se estima mediante la técnica de sustracción espectral y la aplicación de regresiones lineares que suministran coeficientes angulares asociados a la tasa de pérdida de energía acústica en regiones de interés del medio de propagación en análisis. (Austin, 1996)

**Figura 21**

*Atenuación de onda*



Nota. Adaptado de Perturbaciones en la transmisión. Morale Milenio.

*5.5.5.6 Coeficiente integrado de retro dispersión:* la estimación del ecoeficiente de retrodispersión es otro parámetro importante que mide la potencia de retrodispersión de la onda incidente por unidad de volumen de insinuación en el ancho de banda del transductor ultrasónico, (Pazin et al, 2003) y es un indicador del efecto de dispersión multidireccional dado por las características de distribución de la heterogeneidad del medio de análisis. (Molano et al, 2017)

## **5.6 Pérdidas por Mastitis**

La mastitis bovina es una de las más prevalentes y costosas, la que más pérdidas económicas ocasiona a los ganaderos productores de leche, se calcula que las pérdidas son de aproximadamente 35 billones de dólares anuales en todo el mundo, por los excesivos gastos en medicamentos, disminución de la producción de leche en los hatos, descarte de leche, honorarios del veterinario, mayores salarios por pago de trabajo extra y por la pérdida de potencial genético entre otras. (Bedolla y De León, 2008)

La dificultad de la mastitis es tan extensa que, de acuerdo con las investigaciones realizadas en Estados Unidos, por cada caso de mastitis crónica existen entre 15 y 40 vacas con mastitis no severa. Esto demuestra que la eliminación total de la enfermedad es inalcanzable, por eso se debe mantener controlada. (Vásquez, 2014).

Estudios realizados en Estados Unidos señalan que, en promedio, la mastitis produce pérdidas de 180 dólares por vaca al año. De esta cantidad, el 70% pertenece a la disminución de la producción. En un estudio realizado por Cotrino, Víctor, en el año 2014 en Colombia; se

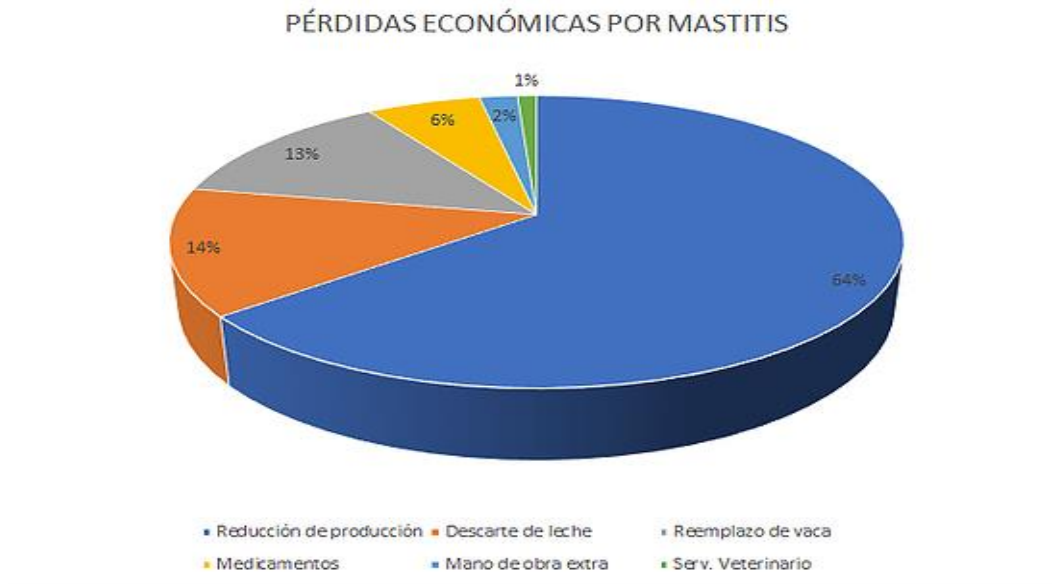


determinó que las pérdidas en promedio por vaca fueron de 270.000 pesos al día. Dicha investigación se llevó a cabo en 174 fincas de la Sabana de Bogotá. (El Tiempo, 2015).

Según el DANE en los hatos tecnificados, la mastitis genera pérdidas económicas hasta del 30 %, debido especialmente a la reducción de la producción de leche. En Colombia en el año 2012 se estaría perdiendo por disminución en la producción cerca de 3.900.000 litros diarios de leche (14.000.000 por año) y 4.300 en el Departamento del Cauca (1.500.000 por año). (Dane, 2014)

**Figura 22**

*Pérdidas por Mastitis*



Nota: Adaptado de Mastitis: Importancia económica. Mastitis en Rumiantes.

## 5.7 Marco de antecedentes

Los trabajos investigativos acerca de identificación de mastitis subclínica en leche cruda, por el método de ultrasonido en Colombia y en otros países, son pocos, si se tiene en cuenta la importancia económica que tiene esta enfermedad. Teniendo en cuenta lo anterior a continuación se referenciarán algunos estudios que se han hecho a nivel internacional y que están relacionados con el uso de la ultrasonografía en la evaluación o detección de algunas enfermedades de la glándula mamaria, entre ellas la mastitis, ya que a nivel nacional y regional son muy escasos, además son importantes para enriquecer metodológicamente el estudio que se pretende desarrollar.

El trabajo de Neijenhuis et al. (2001) realizado en Holanda, tuvo por objeto de estudio determinar la recuperación del pezón de la vaca después del ordeño mecánico, mediante la ultrasonografía, para ello se seleccionaron dieciocho vacas Holstein libres de mastitis clínica; para las ecografías se utilizó un Escáner de 200 VET con una sonda de matriz lineal de 7,5 MHz. Para la ecografía, el pezón se sumergió en agua (35 ° C) en una bolsa de látex y la sonda con suficiente gelatina de contacto se mantuvo contra la bolsa lateral a la tetina, como las tetinas no son completamente circulares, la posición de la sonda en la tetina durante el período experimental se mantuvo igual, medición por ultrasonido de los parámetros del pezón. Según esta investigación la ultrasonografía demostró ser una herramienta útil para estudiar los cambios en el pezón causadas por el ordeño, concluyendo que el ordeño a máquina tiene un gran efecto en la longitud del canal del pezón, el ancho de la tetina-cisterna, el ancho de la punta del pezón y el

grosor de la pared del pezón, por lo tanto, se recomienda tener precaución al ordeñar con más frecuencia.

Una investigación dedicada a evaluar el uso de la ultrasonografía para estimar el tamaño de la cisterna y el almacenamiento de leche a diferentes intervalos de ordeño en la ubre de las vacas lecheras, encontró que las correlaciones entre el área de la cisterna y el volumen de leche de la cisterna fueron positivas y significativas ( $P < 0.001$ ) en todos los intervalos. En este caso se utilizaron 4 vacas de raza Holstein lactantes (producción de leche promedio:  $20 \pm 3$  l / d) y se usó una sonda transductora sectorial de 5 MHz, colocada en contacto con el pezón en posición craneal paralela, para obtener barridos verticales de la ubre en dos planos perpendiculares con el eje del canal del pezón como referencia. Se tomaron escáneres de ubre para cada cuarto de ubre al azar a intervalos de 4, 8, 12, 16, 20 y 24h después del ordeño. Encontrándose que las 8 horas han sido identificadas previamente como un momento adecuado para determinar el volumen de leche cisternal con el fin de definir la idoneidad para diferentes estrategias de ordeño. Por lo tanto, se concluye que la ecografía proporciona un método satisfactorio y no invasivo para la determinación de las características de almacenamiento de la leche en vacas lecheras. (Ayadi et al., 2003)

Otro estudio cuyo objetivo fue medir la longitud y el diámetro del canal del pezón, el diámetro del pezón y el grosor de la pared del pezón mediante exploración ultrasonográfica para determinar las diferencias en las razas bovinas y estudiar la influencia de la longitud y el diámetro del canal del pezón en la aparición de mastitis, se utilizó un total de 269 vacas lecheras lactantes de cuatro razas diferentes (Brown Swiss, Simmental, Simmental mestiza con Red Pied

y Holstein-Friesians) de siete granjas lecheras de la Alta Austria. Se usó un instrumento portátil (SONOACE 600V, KRETZ-Technik, Zipf, Austria) equipado con un Transductor de matriz lineal de 5 MHz / 60 mm, para evitar la deformación del pezón la tetina se sumergió en un vaso de plástico lleno de agua y un gel de contacto (AQUASONIC 100). (Klein et al., 2005) encontrándose diferencias significativas en la longitud del canal del pezón especialmente de los animales Brown Swiss en el diámetro del canal del pezón entre razas también se encontraron diferencias significativas, siendo los animales pardos suizos los de diámetros más grandes. Mientras que las tetinas más estrechas estaban en Holstein-Friesians y las más anchas en Simmental. Se observó que, al correlacionarlo con la salud de la ubre, los conductos del pezón de las ubres sanas tendían a ser más largos ( $17 \cdot 4$  mm) y más estrechos ( $1 \cdot 8$  mm) que los conductos del pezón de las ubres infectadas ( $15 \cdot 8$  mm,  $2 \cdot 1$  mm; P [les]  $0 \cdot 001$ ). (Klein et al., 2005)

Otro trabajo investigativo esta vez desarrollado en Turquía, tuvo por objetivo principal determinar el papel de la morfología del pezón como un factor importante en la etiología de la mastitis y establecer una relación entre la puntuación de la prueba de mastitis de California y las mediciones ecográficas de los pezones en vacas lecheras. El estudio evaluó 190 tetinas de 100 vacas. La edad de las vacas varió entre 2 y 12 años; 17 eran Holstein-Friesian, 29 eran Brown-Swiss, 14 eran Simmental y 40 eran mestizos. Después del examen clínico, se tomaron medidas ecográficas para determinar la longitud del canal (CL), el diámetro de la cisterna del pezón (CD), el grosor de la pared del pezón (TWT), el diámetro total del pezón (OTD) y el diámetro del pezón al nivel de la roseta de Furstenberg. El examen ecográfico se realizó con una sonda lineal de 8 MHz. Las tetinas fueron sumergidas en agua tibia, para mejorar la imagen. Concluyéndose

que la ecografía es una forma eficaz de monitorizar los cambios en las estructuras intramamarias, ya que se encontraron variaciones en las mediciones de los pezones, lo que puede ser eficaz al momento de reducir la mastitis. (Seker, 2009)

En otra investigación se evaluaron 52 bovinos con enfermedades de la ubre mediante ecografía, entre ellas la mastitis. Para ello se utilizaron transductores convexos de 3,5 y 5,0 MHz y transductores lineales de 7,5 y 13,0 MHz. También se realizaron exámenes bacteriológicos en muestras de cuartos individuales. La ecografía proporcionó información adicional sobre el estado de la ubre y mostró hallazgos específicos para algunos agentes causales, por ejemplo, *Enterobacteriaceae* y *Trueperella pyogenes*, así como hematomas de la ubre. En el caso de la mastitis, todas las formas de esta enfermedad requirieron confirmación bacteriológica para el diagnóstico final. (Flöck y Winter, 2006)

En la Argentina un trabajo dedicado al diagnóstico de la mastitis mediante la ultrasonografía tuvo por objetivo evaluar la utilidad de la técnica de ultrasonografía (ecografía) para evaluar tamaño, forma y ecogenicidad de los tejidos, cisterna y conductos en glándulas mamarias de vacas lecheras, como ayuda complementaria para el diagnóstico de mastitis. Para evaluar ecográficamente las glándulas mamarias se utilizó un equipo de ultrasonografía Berger LC 2010 Plus, con un Transductor Microconvex de 6 MHz. Se determinó que el uso de la ultrasonografía como método de diagnóstico y tratamiento de las mastitis, en particular de las crónicas, se debe utilizar en tambos y cabañas comerciales de alta producción, ya que se justifica realizar un diagnóstico ecográfico, realizar un seguimiento, detectar nódulos crónicos y evaluar

su eliminación mediante la vía quirúrgica, para evitar las pérdidas económicas que esto implica. (Ecografista, 2007)

El estudio de Porcionato et al., (2010) realizado en Brasil, tuvo como fin evaluar la asociación entre flujo de leche, morfología del pezón mediciones y prevalencia de mastitis subclínica en vacas Gir y evaluar dicha morfología mediante el método de la ultrasonografía. Se utilizaron 80 vacas Gir como animales de experimentación, de segunda o tercera lactancia, y con un rendimiento medio de leche de  $7,2 \pm 0,3$  kg por día. Las imágenes se escanearon con un ultrasonido DP 2200VET (Mindray, Shenzhen, China), y un transductor lineal (3,5 MHz) colocado cranealmente dirigido al pezón. Las tetinas se sumergieron en un recipiente lleno de agua durante la ecografía. Las imágenes del ultrasonido se analizaron usando el software Eview, Echo Image Viewer, versión 1.0. Se observó que no hubo correlaciones significativas entre las características de producción de leche y la morfometría del pezón, sin embargo resaltan que otros autores observaron que la longitud del pezón y el diámetro tienen un papel importante en la prevención de la mastitis, ya que cuanto mayor es la longitud del canal del pezón, más pronunciada será la capa de queratina que actúa como un barrera natural, además que las características de los pezones de las vacas Gir están relacionadas con una barrera natural de protección más alta contra las mastitis, de ahí que los resultados de este estudio pudieron deberse a que los animales procedían de institutos de investigación que han estado implementando programas de selección de los rebaños, que pueden reflejar en glándulas mamarias más homogéneas y similares.

El trabajo de Fasulkov et al, (2014), realizado en Bulgaria tuvo como finalidad determinar las características y el tamaño de las estructuras de los pezones en vacas mediante ecografía y establecer su relación con enfermedades como la mastitis. Para ello utilizan 12 vacas de 3 años de edad, con un peso de 350-450 kg, alimentadas con ensilaje de maíz, heno de alfalfa, concentrados, y premezcla de vitaminas y minerales y que estuvieran en el tercer y el séptimo mes de la lactancia. La ultrasonografía se realizó en 48 tetinas utilizando un ultrasonido SonoScape A5v (SonoScape, China) con transductor lineal multifrecuencia (5–12 MHz). Encontrándose diferencias significativas entre el diámetro del pezón y el pre-ordeño y el post-ordeño, lo mismo para otras variables. Concluyéndose que la ecografía permite la detección de alteraciones en los pezones de las vacas después del ordeño - canal del pezón acortamiento, engrosamiento de la pared del pezón y cisterna del pezón reducción de diámetro.

Si bien este estudio se realizó en ovejas, se referencia a continuación ya que permitirá enriquecer metodológicamente el presente estudio, se desarrolló en Egipto y tuvo por objeto evaluar la aplicación de la ecografía para el diagnóstico de mastitis subclínica en ovejas. Se examinaron ecográficamente un total de 56 mitades de ubre y sus correspondientes ganglios linfáticos inguinales superficiales, utilizando un transductor lineal de 7,5 MHz. Se recolectaron muestras de leche para examen bacteriológico, recuento de células somáticas (SCC) y prueba de mastitis de

California (CMT). La ecogenicidad del parénquima de las ubres infectadas fue homogénea e hipoeoica. Las cisternas de las glándulas eran anecoicas, mientras que el canal del pezón aparecía como una línea ecogénica longitudinal. Los ganglios linfáticos inguinales superficiales se identificaron fácilmente y aparecieron como una estructura de forma ovalada con una cápsula ecogénica delgada. Todos los ganglios tenían un parénquima anecoico o hipoeoico con una estructura ecogénica lineal en el centro. La longitud, la profundidad y el área de la ecografía de los ganglios linfáticos inguinales superficiales aumentaron significativamente en los grupos de ubre infectados ( $P < 0,05$ ). Los valores de SCC mostraron diferencias significativas entre los diferentes grupos de salud de la ubre ( $P < 0,05$ ). El SCC se correlacionó con la longitud ecográfica ( $r = 0,59$ ,  $P < 0,01$ ), la profundidad ( $r = 0,64$ ,  $P < 0,01$ ) y el área ( $r = 0,66$ ,  $P < 0,01$ ) de los ganglios linfáticos inguinales superficiales. El umbral crítico para la longitud, profundidad y área ecográficas del ganglio linfático inguinal superficial fue de 11,5 mm, 7,8 mm y 13,5 mm<sup>2</sup>, respectivamente. Además, el valor crítico de SCC fue  $\geq 400 \times 10^3$  células / ml. En conclusión, la ecografía es una prueba rápida y de



campo para respaldar el diagnóstico de mastitis subclínica. Además, el examen ecográfico de la ubre, especialmente de los ganglios linfáticos inguinales superficiales, puede ser de gran ayuda en la evaluación de la mastitis subclínica en las ovejas y debe aplicarse junto con el CCE y el CMT. (Hussein et al., 2015)

El estudio de Khoramian et al (2015), desarrollado en Irán, tuvo como propósito identificar la relación entre la prueba microbiológica, CMT y CEC con el tamaño de los ganglios linfáticos supramamarios mediante ecografía en una pira con problema de mastitis por *Staphylococcus aureus*. Para ello se utilizó una máquina de ultrasonido portátil con un transductor convexo de 2-5 MHz para identificar el tamaño de los ganglios linfáticos supramamarios en 35 vacas en un hato con mastitis crónica por *Staphylococcus aureus*. Después de la preparación de la ubre antes del ordeño, se realizó una prueba de mastitis de California (CMT) y se tomaron muestras de leche individuales de cada trimestre para cultivo bacteriano y recuento de células somáticas (SCC). Determinándose una correlación positiva entre el tamaño de los ganglios linfáticos (longitud y profundidad) y el cultivo de muestras de leche en cuartos ipsilaterales. Además, hubo una correlación de diferencia significativa entre CMT o SCC logarítmico medio de cada lado y el tamaño del ganglio linfático supramamario en el mismo lado. Este estudio mostró cambios significativos en las dimensiones de los ganglios linfáticos supramamarios en casos de mastitis, por lo que la ecografía de este ganglio linfático, por lo que concluyen que la ultrasonografía es un método útil para la detección de mastitis.

Otro estudio desarrollado en Brasil tuvo objetivo comprobar si la ecografía mamaria se puede utilizar como una forma no invasiva de estimar la composición del parénquima mamario (PAR) en novillas lecheras prepúberes. Para esto se utilizaron 18 novillas cruzadas Holstein: Gyr. Se evaluaron las 4 glándulas mamarias de cada novilla, utilizando una máquina de ultrasonido en modo B en tiempo real, equipada con un transductor microconvexo de 6.5 MHz. Se obtuvieron imágenes digitales (8 bits) de glándulas y se identificó PAR dentro de la glándula. Parte del procedimiento consistió en inmovilizar a la novilla, ponerla en pie, y aplicar el transductor microconvexo lubricado a la base de cada pezón en un ángulo de 45 °, en una ubicación de caudal a craneal. Se observó que algunas imágenes del ultrasonido no permitieron distinguir entre el tejido del conducto epitelial y las luces del conducto dentro de la PAR, sin embargo, la mayoría de imágenes fueron precisas por lo tanto concluyen que la ultrasonografía de PAR puede medir y predecir con precisión la composición de PAR en novillas prepúberes que crecen a diversas tasas de ganancia. (Albino et al., 2017)

## **6. Materiales y Métodos**

### **6.1 Tipo de Investigación**

Se realizó un estudio epidemiológico transversal de corte descriptivo.

### **6.2 Línea de Investigación**

El presente trabajo está dentro de la línea de Bienestar y salud animal, de acuerdo con las líneas de investigación establecidas en grupo de investigación Quirón de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Antonio Nariño

### **6.3. Área de Estudio**

Popayán (Cauca), Altitud: 1.738 metros sobre el nivel del mar, Temperatura media de 19° C. Se localiza a los 2°27' norte y 76°37'18" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, La extensión territorial es de 512 km<sup>2</sup>. Popayán cuenta con 79 veredas y 5 municipios en su área metropolitana.

### **6.4. Universo Población y Muestra**

6.4.1. *Universo o población:* vacas lactantes mayores de 3 años, de diferentes razas, de diferente peso y en diferentes etapas de lactación, que no hayan mostrado mastitis clínica.

6.4.2. *Muestra:* fueron seleccionados mínimo 50 cuartos con mastitis subclínica diagnosticados por CMT en fincas del municipio de Popayán: La Isabela, la mejorana, la lomita, mamá lombriz pertenecientes a la asociación de pequeños productores ASPROLGAN.

### **6.5. Materiales y Equipos**

Para el desarrollo del proyecto fueron necesarios los materiales que se presentan a continuación.

Los materiales utilizados para pruebas de campo fueron: pares de botas negras de caucho, overol, caja de guantes de látex, caja de tapabocas, nevera de Icopor 20 Litros, gel conservador de frío.

Loa equipos utilizados para las pruebas de laboratorio son: tubos de ensayo de 50 ml, reactivo MASTITEST®, paleta para prueba de mastitis CMT, cinta de rotulación, marcador negro, memoria USB, probeta de 25 ml, jeringas de 50ml, soporte universal laboratorio, pinzas de sujeción laboratorio, vacutainer tapa roja de 6 ml, gradilla, transductor de 15 MHZ, osciloscopio, generador de impulsos.

## **6.6. Procedimiento**

6.6.1 *Caracterización de las fincas objeto del estudio:* la encuesta se utilizó como herramienta para la recolección de datos importantes para el desarrollo de la investigación, ya que es un instrumento que permitió revelar regularidades, describir relaciones entre variables y generar hipótesis que puedan ser contrastadas con los resultados del método de laboratorio. Los resultados de la encuesta fueron tabulados en el programa Microsoft Excel 2019 y analizados mediante estadística descriptiva. (ver anexos)

6.6.2 *Diagnóstico de mastitis subclínica en campo:* la segunda actividad fue la colecta de muestras, seleccionando una hembra en fase de lactancia, ordeñada de forma manual o automatizada; sin ternero, con el fin de realizar el diagnóstico de mastitis subclínica por el método de California Mastitis Test (CMT), conforme describe la literatura (Bedolla, 2018).

Los resultados pueden ser interpretados desde el resultado negativo en el que la leche y el reactivo siguen siendo acuosos, hasta el recuento de células más elevado en el que la mezcla de la leche y el reactivo casi se solidifican. Esto se determina en relación a la reacción de gelificación. A mayor presencia de células se libera una mayor concentración de ADN, por lo tanto, mayor será la formación de la gelatina, traduciéndose en nuestra lectura e interpretación del resultado como el grado más elevado de inflamación. (Bedolla, 2018)

### **Tabla 7.**

*Interpretación de resultados de la Prueba de California para Mastitis*

<b>Escala de CMT</b>	<b>Rango relativo del nivel de células somáticas (células/ml)</b>
<b>Negativo</b>	<200.000
<b>Trazas</b>	150.000 – 500.000
<b>1</b>	400.000 – 1.500.000
<b>2</b>	800.000 – 5.000.000
<b>3</b>	>5.000.000

Fuente: Bedolla Cedeño, Carlos. Pruebas y Métodos para el Diagnóstico de Mastitis II. 2018

En los animales positivos a la prueba de CMT se colectaron tres muestras más de leche, las cuales fueron refrigeradas en neveras de icopor® y enviadas a diferentes laboratorios.

6.6.2 *Recuento de células somáticas*: se efectuó con el laboratorio de calidad de leche de AGROSAVIA, localizado en la granja experimental Obonuco. El análisis de conteo de células somáticas se realizó por el método de citometría de flujo (lector digital). Se colectaron las muestras de leche en recipientes proporcionados por el laboratorio con conservante Azidiol, debidamente rotuladas y codificadas, para su envío al laboratorio.

### **Tabla 8.**

*Interpretación de resultados de la prueba de células somáticas a través del método de citometría de flujo.*

<b>Reacción</b>	<b>Rango de células somáticas</b>	<b>Interpretación</b>
<b>Negativo</b>	0-200,000	Cuarto sano
<b>Traza</b>	200,000-400,000	Mastitis Subclínica
<b>1</b>	400,000-1'200,000	Mastitis Clínica
<b>2</b>	1'200,000-5'000,000	Infección seria
<b>3</b>	Más de 5'000,000	Infección severa

Fuente. Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. Hernández, Juan Manuel y Bedolla Carlos. 2008.

6.6.4 *Prueba de ultrasonido*. Se ejecutó la prueba ultrasonografía en el laboratorio de ingeniería Biomédica de la Universidad Antonio Nariño.

Para la prueba de ultrasonografía se depositó 30 mL de leche cruda de vaca en tubos de ensayo de 50 mL. Las muestras se conservaron en refrigeración a aproximadamente 2° y 5°C (sin congelar). Se implementó un generador de impulsos marca Olympus modelo 5072 PR, que está configurado en modo pulso eco (utiliza la porción reflejada del sonido para evaluar los defectos) para estimular un transductor ultrasónico de 15 MHz.

Para el análisis de la leche se ajustaron los parámetros del equipo ultrasónico para obtener la velocidad del sonido de la misma y con ello determinar la presencia de mastitis. Estos parámetros se ajustaron así: 25 Microsegundos, 500 Milivoltios, 4.0 Ganancia, 100 PRF, 2.0 Energy 6.0 Damping, Canal CH1.

Fórmula para calcular la velocidad del sonido de la leche:

$$\frac{2.D}{\text{ToF}}$$

$$\text{SoS} =$$

SoS: Velocidad del sonido    D: Distancia (Probeta de 25 ml) (diámetro= 15.4 x 2) = 30.8

ToF: Tiempo de vuelo

Se evaluó la leche contenida en los tubos de ensayo de 50 ml, siguiendo este procedimiento:

-Se depositó la leche en la probeta de 25 ml, percatándose de que esta quede completamente llena

-Se aseguró la parte inferior de la probeta con una pinza de sujeción, a su vez está sujeta al soporte universal.

-Posteriormente se situó el transductor ultrasónico de 15 MHz (mega Hertz) en la parte superior de la probeta, sujetándolo con la segunda pinza de sujeción que ya está asegurada con el soporte universal.

-Se conectó el transductor al generador de impulsos (OLYMPUS 5072 PR), y se prende el osciloscopio.

-Se buscó y ubicó la señal ultrasónica generando la imagen en el osciloscopio.

-Una vez ubicada la señal correcta se puso stop y se guardarán 4 imágenes de cada muestra en la memoria USB.

-Se realizó el análisis de velocidades de onda, atenuación, tiempo de vuelo de las respectivas imágenes guardadas anteriormente. Esto con el fin de determinar las diferencias de las muestras sanas y no sanas de leche cruda según reactivo CMT, y se comparan con los resultados obtenidos en el conteo de células somáticas.

-Los resultados de esta prueba se analizaron con el sistema de caracterización ultrasónica.

### **6.7. Análisis Estadístico**

Se hizo una estadística descriptiva para determinar el promedio, desviación estándar, coeficiente de variación para las variables contempladas en los objetivos.

Los resultados obtenidos luego de las pruebas diagnósticas en las fincas seleccionadas se tabularon en el programa EXCEL y serán analizadas estadísticamente. Para comparar las bondades de la prueba de ultrasonido se realizó una prueba de chi-cuadrado.



## 7. Resultados y Discusión

De acuerdo a la caracterización de las fincas, el análisis de CMT y el Ultrasonido los resultados obtenidos se describen a continuación.

### 7.1. Resultados caracterización fincas objeto del estudio

**Tabla 9**

*Caracterización de fincas objeto de estudio*

Ítem a evaluar/finca	1	2	3	4	5	6
Raza	Gyr/Jersey	holstein/Jersey	holstein/Jersey	Holstein-Gyrolando	Jerhol	Gyrolando
Tipo de explotación	DP	leche	leche	leche	leche	leche
Tipo de ordeño	manual	mecánico	manual	mecánico	mecánico	manual
Ternero al pie	Si	no	no	no	no	no
# de vacas secas	8	6	2	5	20	10
# de vacas en producción	22	19	5	25	90	32
Producción diaria en Lts	176 Lts	250 lts	40 lts	375 Lts	1400 Lts	700 Lts
Lugar donde ordeña	establo	establo	establo	establo	establo	establo
Agua potable	no	si	no	si	si	si

Limpieza y desinfección área antes del ordeño	no	si	si	si	si	si
Limpieza y desinfección área después del ordeño	si	si	si	si	si	si
Cuenta con brete o inmovilizador	si	si	si	si	si	si
Limpieza durante el ordeño	no	si	si	si	si	si
Elementos de protección personal para el ordeño	no	no	si	si	si	si
Lavado de manos pre-ordeño	si	si	si	si	si	si
Lavado y secado de ubres	si	si	si	si	si	si
Lavado y secado de pezones	si	si	si	si	si	si
Sellado de pezones	no	si	si	si	si	si
Ordeño a fondo	si	si	si	si	si	si
Retiro de leche con calostro	si	no	si	si	si	si

Prueba de CMT	si	no	Si	si	si	si
Frecuencia del CMT	cada 30 días		cada 3 días	cada 2 días	cada 30 días	cada 30 días
Mastitis subclínica	si	si	no	si	si	si
Frecuencia de MS	Frecuente	De vez en cuando	Nunca	De vez en cuando	De vez en cuando	De vez en cuando
Terapia de vaca seca	si	si	no	si	si	si

Respecto a los resultados obtenidos en la caracterización de las fincas (Tabla 9), se determinó que el 90% (n=5) son dedicadas a la producción lechera y 10% a doble propósito. Dentro de las razas manejadas están Holstein, Jersey, Gyrolando y Jerhol. En cuanto al tipo de ordeño, el 50% (n=3) tienen ordeño mecánico y el 50% (n=3) ordeño manual, y dentro de éstas una con ternero al pie.

La cantidad de litros de leche producida diariamente oscila entre 40 a 1400 litros y la cantidad de vacas en producción comprende fincas con un número de 5 a 20, 21 a 40 y más de 41 vacas en producción.

Respecto a los ítems relacionados con la rutina de ordeño cabe destacar que el 30% (n=2) no cuentan con agua potable para limpieza durante la rutina, el 15% (n=1) no realiza limpieza del establo antes ni durante el ordeño, así como la falta de sellado de pezones.

En cuanto al diagnóstico de mastitis subclínica por la prueba de CMT el 85% (n=5) realizan dicha prueba a intervalos mínimo de dos y máximo de 30 días. únicamente el 15% de las

fincas manifiestan no presentar problemas de mastitis subclínica, el 85% restante reporta que sí, pero en la mayoría la frecuencia es esporádica (de vez en cuando). Finalmente, respecto al manejo preventivo, el 85% de las fincas realiza terapia de vaca seca.

De las 6 fincas evaluadas las cuales fueron tomadas para la realización de este estudio se puede deducir o decir que todos los previos evaluados tienen en común o comparten el manejo de las mismas razas de bovinos las cuales son de especialidad lecheras y de preferencia para el desarrollo de este estudio.

Se puede deducir que 5 de estas 6 fincas se dedican o como tal su explotación es de fin lechero mientras que a comparación de la finca restante es dedicada y enfocada al doble propósito empleando la práctica de “Ternero al pie” por lo cual esto puede ser un factor que no puede permitir ver un resultado en la presentación de mastitis subclínica.

Un 50% de estas fincas utilizadas para la realización de este estudio emplean la práctica de ordeño de manera manual mientras que otro 50% llevan a cabo esta práctica de manera mecánica, Pero un 100% de las fincas poseen con el uso de un establo el cual es empleada para la practica la cual se conoce como ordeño teniendo en cuenta que también en un 100% estas fincas emplean el manejo de la terapia de las vacas secas.

En cuanto al desarrollo de las BPG (Buenas prácticas Ganaderas) podemos decir que solo 4 de las 6 fincas evaluadas lleva a cabo o emplea estas prácticas las cuales se ven reflejadas en la presentación de mastitis subclínica en un menor grado frente al resultado de otras fincas.

En cuanto al uso de pruebas diagnósticas y preventivas empleadas para la mastitis subclínica como lo que es el uso y la frecuencia de la CMT se puede decir que solo 5 de las 6 fincas utilizadas en estudio con una frecuencia de desarrollo menor a 30 días emplean el uso de esta prueba diagnóstica la cual es conocida como CMT.

## **7.2 Resultados diagnóstico mastitis subclínica con CMT y determinación RCS**

Los resultados respecto al diagnóstico de mastitis subclínica con la prueba de CMT y recuento de células somáticas, se relacionan en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Diagnóstico de mastitis subclínica por CMT, cuarto afectado y recuento de células somáticas (RCS) de muestras de leche provenientes de fincas del municipio de Popayán.*

No. de finca	No. de muestras	CMT			Cuarto Mamario				RCS (cels/mL)	DE	CV	Min	Max	Mediana
		1	2	3	AD	AI	PD	PI						
1	13	5	6	2	5	2	2	4	1.143.497,85	1678383,79	146,78	179009	5805953	522053
2	4	1	2	1	0	0	0	4	4.628.603,5	7068555,74	152,71	171013	15086883	1628259
3	5	5	0	0	2	0	2	1	4.559.503,8	4211906,06	92,38	722945	10289036	2402404
4	15	3	9	3	6	4	2	3	1.802.065,4	3874872,82	215,02	196370	15699733	65066
5	42	28	10	4	11	5	11	8	573.460,07	613686,62	107,01	10923	2318882	480151,5
6	5	5	0	0	0	0	4	1	514.265,8	515624,3	100,26	50107	1302604	439319
<b>Total</b>	84	47	27	10	24	11	21	21	2.203.566,07	2993838,22		221727,833	8417181,83	

Fuente: elaboración propia

RCS: recuento de células somáticas

DE: Desviación estándar

AD: anterior derecho AI: anterior izquierdo PD: posterior derecho PI: posterior izquierdo

Los datos registrados en la tabla muestran que, de los 84 cuartos mamarios diagnosticados con mastitis subclínica, 47 obtuvieron grado 1, 27 obtuvieron grado 2 y 10 cuartos obtuvieron grado 3. Al analizar los datos por finca, se observa que todas las fincas tienen al menos un cuarto mamario diagnosticado con mastitis subclínica grado y cuatro fincas tienen cuartos mamarios diagnosticados con mastitis subclínica grado 2 y grado 3.

Respecto a los resultados del análisis de células somáticas para las 84 muestras, en general se obtuvo un recuento promedio de  $2.203.566,07 \pm 2.993.838,22$  cels/mL, lo que indica un grado de mastitis subclínica de leve a moderado en los cuartos mamarios analizados. Por otro lado, el rango de valores de RCS comprende desde  $221.727,833 - 8.417.181,83$  cels/mL, intervalo de gran amplitud que puede obedecer a los valores de recuento diferentes entre las fincas.

Al observar el recuento promedio por cada finca, las propiedades 5 y 6 reportan un recuento de células somáticas de  $573.460,07$  y  $514.265,8$  cels/mL respectivamente, siendo los recuentos más bajos de las 6 fincas objeto del estudio. Por su parte, las fincas 2 y 3 reportaron un recuento de  $4.628.603,5$  y  $4.559.503,8$  cels/mL respectivamente, mostrando los valores más altos en el recuento de células somáticas.

En total se tomaron 84 muestras de cuartos afectados con mastitis subclínica para llevar a cabo el desarrollo de este trabajo, de los cuales 47 muestras de cuartos afectados dieron para grado 1 dentro de la prueba diagnóstica CMT, 27 muestras restantes se pudieron clasificar dentro del grado 2 dentro de la prueba de CMT y Las 10 muestras restantes dieron positivas dentro del grado 3 en la prueba CMT.

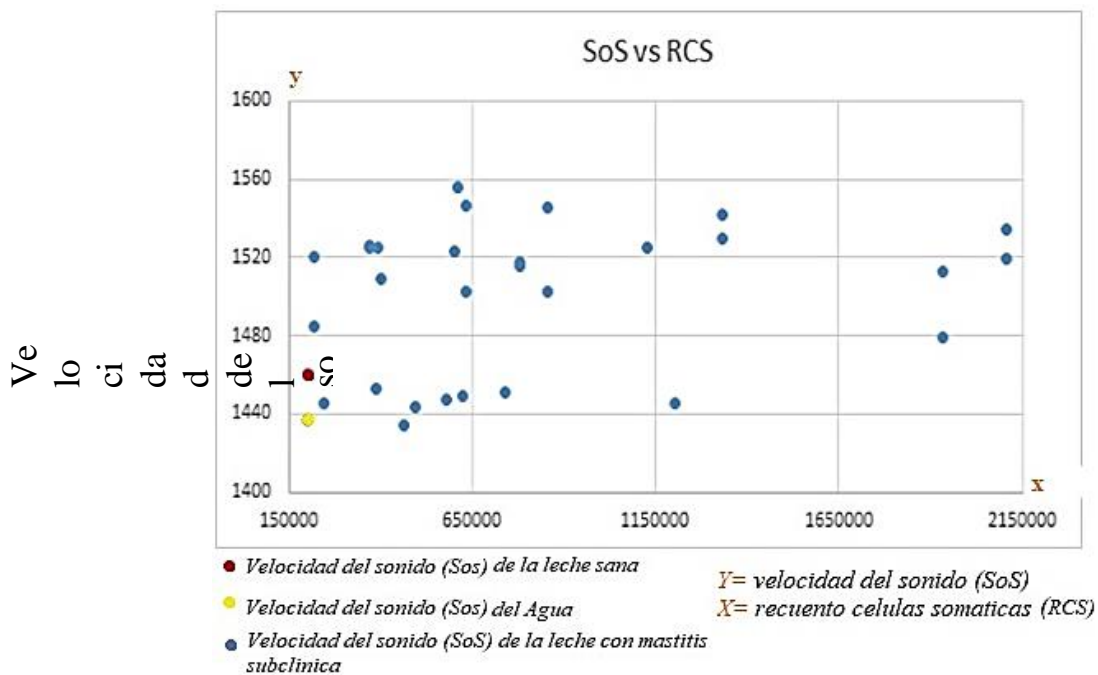
Dentro de las 84 muestras obtenidas 24 provienen del cuarto anterior derecho, 11 provienen de anterior izquierdo, 21 provienen de posterior derecho y 21 provienen de posterior izquierdos.

Dentro del recuento de células somáticas para estas 84 muestras podemos observar un promedio de 2.203.566,07 Cel/ml lo cual nos reconfirma la presencia de mastitis subclínica en las 84 muestras tomadas.

### 8.3 Resultados análisis ultrasonido

**Figura 23**

*Comparación de la velocidad del sonido vs recuento de células somáticas.*



Fuente: Propia del autor.

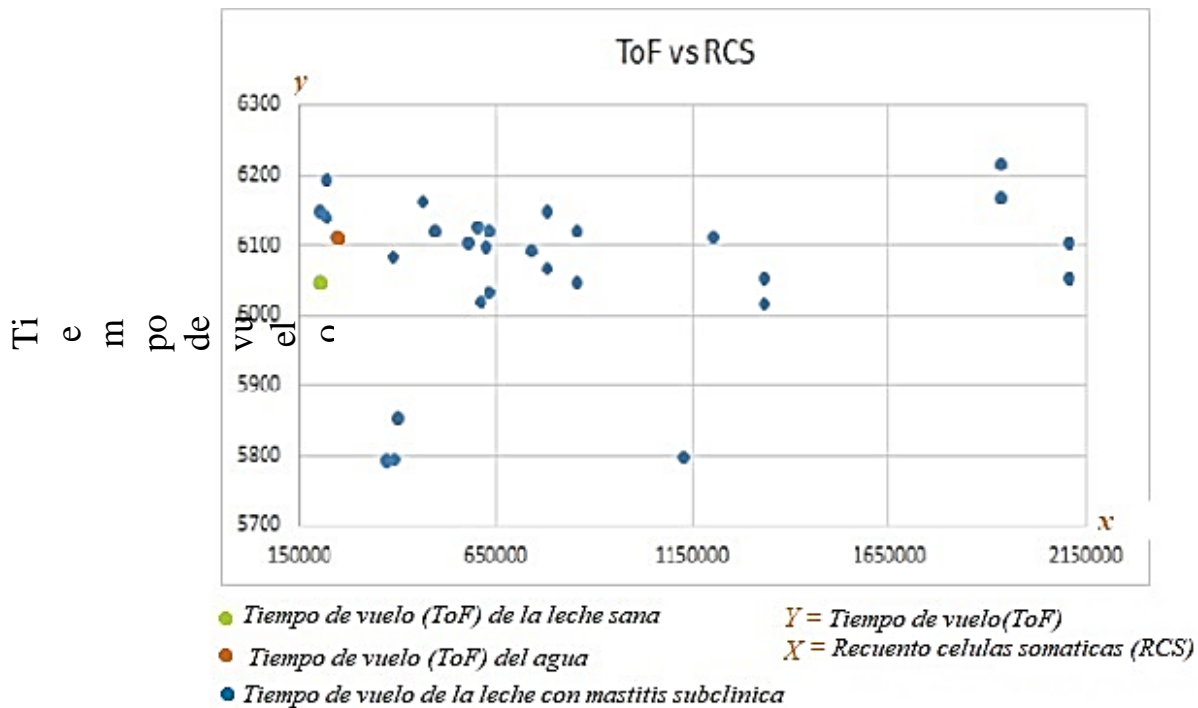
En la gráfica se puede presenciar la relación que existe entre la velocidad del sonido y el recuento de células somáticas, teniendo en cuenta los valores de referencia tanto del agua (1436ms)



como de la leche sana (1460ms), observando que, a mayor aumento de células somáticas, hay una gran disminución en la velocidad del sonido respecto a los valores establecidos.

**Figura 24**

*Comparación del tiempo de vuelo vs el recuento de células somáticas.*



Fuente: Propia del autor

En esta grafica se puede observar la relación del tiempo del vuelo frente a el recuento de células somáticas, mediante la técnica no-convencional de ultrasonido se pudo determinar que el ToF de la leche con mastitis subclínica, fue mucho más elevado que el ToF de la leche sana, corroborando que a mayor densidad de un líquido el tiempo de vuelo va a ser menor.

**Tabla 11.**

*Resultados del sistema de caracterización ultrasónica y comparación con el conteo de células somáticas (CCS)*

<b>N° muestra y secuencia</b>	<b>Cuarto afectado</b>	<b>Resultado CCS</b>	<b>Ultrasonido Velocidad del sonido</b>	<b>Ultrasonido Tiempo de vuelo</b>	<b>Temperatura</b>
1	PI	400931	1509	5852	16°
2	AD	371095	1526	5791	16°
3	AI	1125192	1525	5795	16°
4	AD	371095	1524	5793	18°
5	AD	393234	1525	5795	19°
6	PD	243312	1445	6111	19°
7	AI	622184	1449	6097	18°
8	AI	738073	1451	6090	18°
9	PI	463795	1434	6163	18°
10	PD	496719	1444	6119	18°
11	PI	579394	1447	6104	18°
12	AI	1203708	1445	6111	18°
13	AI	389649	1453	6082	18°
14	AD	2104849	1534	6102	21°
15	PD	853989	1546	6947	20°
16	AD	609292	1556	6018	21°

17	PI	1332611	1542	6053	21°
18	PD	778178	1518	6149	21°
19	PD	599889	1523	6127	21°
20	AI	219628	1520	6139	21°
21	AI	633070	1547	6032	21°
22	AD	1932143	1513	6169	21°
23	AGUA		1436	6148	
24	LECHE SANA		1460	6045	
25	PD	853989	1503	6119	19°
26	AD	2104849	1519	6053	19°
27	PD	778178	1515	6067	19°
28	PI	1332611	1529	6016	19°
29	AI	633070	1503	6119	20°
30	AD	1932143	1479	6215	20°
31	AI	219628	1485	6193	20°

Fuente: propia del autor

Los valores correspondientes a los cuartos afectados, con el recuento de células somáticas entre 219628 y 2104849, tienen una velocidad del sonido entre 1434 y 1556 m/s y un tiempo de vuelo entre 5791 y 6947 m/s.

Mientras que el valor de velocidad del sonido promedio de la leche sana es de 1460 m/s y con un tiempo de vuelo de 6045 m/s.

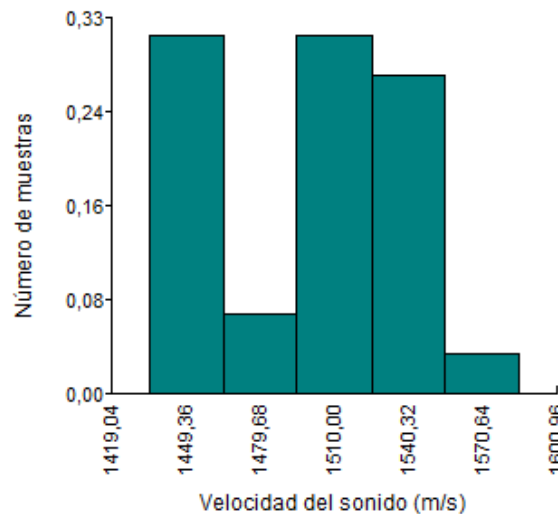
Observando y conociendo estos resultados se puede deducir que las diferencias entre las velocidades que nos arrojó el resultado del CCS con la del ultrasonido no fue el esperado, ya que los valores de las velocidades del sonido mantuvieron una constante de 1440 y 1560 m/s y con un tiempo de vuelo de 6000 y 6200 m/s, donde nunca se observó el aumentaron de su velocidad.

#### 7.4 Comparación de la prueba de ultrasonido y Recuento de células somáticas

Respecto a los resultados arrojados por el método de ultrasonido, el comportamiento de las variables asociadas a la técnica como son velocidad del sonido (m/s) y tiempo de vuelo ( $T/F \times 10^{-5}$ ) se evaluó la distribución de los datos mediante histogramas de distribución de frecuencias (figura 25 y 26) para cada una de las variables mencionadas. A partir de la distribución mostrada que indica que los datos tienen un comportamiento asimétrico se realizó una transformación a logaritmo en base 10 para calcular la media geométrica y realizar comparación con métodos paramétricos, sin embargo, la distribución de los datos no mostró cambios, por lo que la comparación entre grupos se realizó por métodos no paramétricos.

**Figura 25**

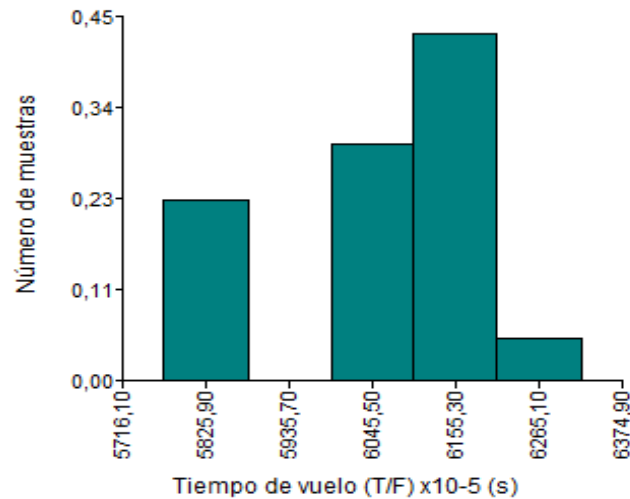
Histograma de distribución de frecuencias de los datos referentes a la velocidad del sonido en las muestras de leche evaluadas por ultrasonido



Fuente: elaboración propia

**Figura 26**

Histograma de distribución de frecuencias de los datos referentes al tiempo de vuelo en las muestras de leche evaluadas por ultrasonido



Fuente: elaboración propia

En términos generales para las muestras analizadas el promedio de la velocidad del sonido fue de  $1.492,62 \pm 39,38$  m/s con un intervalo de  $1.434,20 - 1.585,80$  m/s; por su parte en cuanto al tiempo de vuelo el promedio para las muestras analizadas fue de  $6.041,83 \pm 141,35$  (T/F  $\times 10^{-5}$ ), intervalo de  $5.771,00 - 6.320$  T/F  $\times 10^{-5}$ .

Cuando se comparan las variables anteriores con datos arrojados a partir de la lectura de muestras de leche sin mastitis subclínica (SoS = 1460) (ToF= 6045) y agua (SoS= 1436) (ToF= 6148) se puede observar que, la velocidad del sonido (SoS) y el tiempo de vuelo (ToF) en promedio de las muestras analizadas, fueron mucho más altas que la velocidad del sonido (SoS) y el tiempo de vuelo (ToF) de la leche sana y el agua, confirmando la teoría que a mayor densidad menor velocidad o lo contrario, a mayor velocidad menor densidad. La temperatura y la

densidad son variables importantes que van ligadas para la eficacia de los resultados, pero como tal la metodología de este trabajo no la contempla porque el proyecto inicial no tiene este dato como base, aunque dentro de la técnica es algo de consideración importante.

Con esto podemos deducir que el equipo ultrasónico si es capaz de diferenciar una leche con mastitis subclínica de una leche sana, pero aún no tenemos la efectividad de esclarecer los rangos de velocidades para caracterizarla, como lo hace el recuento de células somáticas RCS.

Teniendo en cuenta la correlación entre los resultados que arrojó el ultrasonido y los datos reportados por el recuento de células somáticas, cabe señalar que no se tienen los rangos especificados para el equipo de ultrasonido, como si los tiene establecidos el recuento de células somáticas. Sabiendo esta información señalamos que el uso del ultrasonido si es idóneo cuando de detectar la presencia de mastitis subclínica se trata.

La investigación de (Klein et al., 2005) en la que se utilizó un transductor de matriz lineal de 5 MHz / 60 mm para determinar la presencia de mastitis subclínica, a través, de la medición del diámetro y la longitud del canal del pezón de las vacas seleccionadas, encontró diferencias significativas entre el tamaño del pezón y la presencia de mastitis subclínica, por tanto, se concluye la efectividad del ultrasonido para identificar esta enfermedad. Un estudio similar se realizó en Turquía, donde por medio de un examen ecográfico con ayuda de una sonda lineal de 8 MHz se tomaron medidas ecográficas para determinar la existencia de mastitis subclínica, encontrándose cambios significativos en las estructuras intramamarias, que permitieron determinar la incidencia de mastitis subclínica (Seker, 2009). Hallazgos similares se encontraron en Bulgaria, donde (Fasulkov et al, 2014), utilizando un ultrasonido SonoScape A5v

(SonoScape, China) con transductor lineal multifrecuencia (5–12 MHz), encontraron diferencias entre el diámetro del pezón y el pre y post ordeño. Concluyéndose que la ecografía permite la detección de alteraciones en los pezones de las vacas después del ordeño.

El estudio de (Ayadi et al., 2003) en el cual se hizo uso de la ultrasonografía, a través de una sonda transductora sectorial de 5 MHz para estimar el tamaño de la cisterna y el almacenamiento de leche a diferentes intervalos de ordeño en la ubre de las vacas lecheras, también encontró que las correlaciones entre el área de la cisterna y el volumen de leche de la cisterna fueron positivas y significativas para la detección de mastitis subclínica. Reportes similares se encontraron en las investigaciones de Neijenhuis et al. (2001), en Holanda. Otro trabajo investigativo realizado por (Flöck y Winter, 2006), en el que se usaron transductores convexos de 3,5 y 5,0 MHz y transductores lineales de 7,5 y 13,0 MHz para complementar información bacteriológica, igualmente estableció que el ultrasonido mostró hallazgos específicos para algunos agentes causales de la enfermedad como, *Enterobacteriaceae* y *Trueperella pyogenes*, lo que ayudó a confirmar la mastitis subclínica en los animales seleccionados.

A nivel latinoamericano, en la Argentina se evaluaron ecográficamente las glándulas mamarias a vacas lecheras, través de un equipo de ultrasonografía Berger LC 2010 Plus, con un Transductor Microconvex de 6 MHz. Encontrándose alteraciones en las glándulas mamarias de las vacas, concluyéndose que la ultrasonografía es un método de diagnóstico no invasivo y confiable. (Ecografista, 2007).

## **9. Conclusiones y recomendaciones**

En el presente proyecto se puede señalar que el ultrasonido es un método muy sensible y susceptible a que cualquier factor ya sea temperatura, distancia entre otros, nos afecte el resultado de la muestra de leche.

Se concluyó que el método de ultrasonido no invasivo – no convencional, fue eficaz a la hora de la detección de la mastitis subclínica bovina, ya que, a mayor densidad, la velocidad debería de ser menor. Sin dejar a un lado la temperatura que es un factor de mucha importancia para realizar la detección de la mastitis.

Cabe aclarar que hasta el momento no existe una efectiva comparación, para la detección de mastitis subclínica bovina con el método de ultrasonido, en semejanza a los métodos convencionales como la prueba de california mastitis test (CMT), y el conteo de células somáticas (CCS).



## 10. Bibliografía

Abdelgadir, A. E. (2014). Mastitis in camels (*Camelus dromedarius*): Past and recent research in pastoral production system of both East Africa and Middle East. *Journal of veterinary medicine and animal health*, 6(8), 208-216.

<https://academicjournals.org/journal/JVMAH/article-full-text-pdf/97FD5EE46100.pdf>

Albino, R. L., Guimarães, S. E. F., Daniels, K. M., Fontes, M. M. S., Machado, A. F., Dos Santos, G. B., y Marcondes, M. I. (2017). Mammary gland ultrasonography to evaluate mammary parenchymal composition in prepubertal heifers. *Journal of dairy science*, 100(2), 1588-1591.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030216308803>

AGROBIT. Ganadería. Mastitis: Enfermedad y Transmisión.

[http://www.agrobit.com/Info\\_tecnica/Ganaderia/enfermedades/GA000009en.htm](http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Ganaderia/enfermedades/GA000009en.htm)

Agricultura el oro. Prueba de mastitis (positivo) en Playas de Daucay.

<https://twitter.com/AgriculturaOro/status/86997075550892032>

Andrade, R. M., Espinoza, M. M., Rojas, J. A., Tirado, P. O., Salas, R. G., y Falcón, V. V.

(2017). Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(11), 1-16.

<https://www.redalyc.org/pdf/636/63653574004.pdf>

Alvarez, M. L., Beléndez, A., y Hernández Prados, A. (2011). Tema 6. Movimiento ondulatorio (Resumen) (Curso 2010-2011). *Fundamentos Físicos de la Ingeniería II*.

[http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16977/1/Tema%206\\_Movimiento%20ondulatorio%20\(resumen\).pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16977/1/Tema%206_Movimiento%20ondulatorio%20(resumen).pdf)

Álvarez Campuzano, Cata. (2017) KUPDF. Medida de la concentración de lactosa.

<https://es.scribd.com/document/218157642/Medida-de-la-concentracion-de-lactosa>.

Ayadi, M., Caja, G., Such, X., y Knight, C. H. (2003). Use of ultrasonography to estimate cistern size and milk storage at different milking intervals in the udder of dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 70(1), 1-7.

[https://www.academia.edu/download/44910864/Use\\_of\\_ultrasonography\\_to\\_estimate\\_cistern\\_size\\_20160420-22967-17e2y8c.pdf](https://www.academia.edu/download/44910864/Use_of_ultrasonography_to_estimate_cistern_size_20160420-22967-17e2y8c.pdf)

Arango Uribe, J. C. (2015). *Parámetros zootécnicos que afectan la prevalencia de mastitis en hatos lecheros* (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).

[http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1088/1/Parametros\\_zootecnicos\\_prevalencia\\_mastitis\\_hatos\\_lecheros.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1088/1/Parametros_zootecnicos_prevalencia_mastitis_hatos_lecheros.pdf)

Arturo Cifuentes, Raúl Jesús y Vidales Muñoz, Carlos Julián. (2009). Estudio epidemiológico de la mastitis bovina en seis explotaciones ganaderas lecheras de la meseta de Popayán.

Trabajo de grado para optar el título de médico veterinario. Universidad Antonio Nariño.

Ashokkumar, M., Bhaskaracharya, R., Kentish, S., Lee, J., Palmer, M., & Zisu, B. (2012). El procesado ultrasónico de productos lácteos.

<https://www.yumpu.com/es/document/read/15350379/el-procesado-ultrasonico-de-productos-lacteos>

ASOLECHE. (2017). Unidad de Seguimiento de Precios de la Leche USP – Minagricultura.

Disponible en, <https://asoleche.org/2017/01/16/principales-departamentos-acopio-leche/>

Austin, J. C., Holmes, A. K., Tebbutt, J. S., & Challis, R. E. (1996). Ultrasonic wave propagation in colloid suspensions and emulsions: recent experimental results. *Ultrasonics*, 34(2-5), 369-374. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0041624X9500113H>

Becerra, R. J. A., Carvajal, Z. E. C., y Dallos-Baez, A. E. (2014). Prevalencia de mastitis subclínica bovina y su etiología infecciosa en fincas lecheras del altiplano boyacense (Colombia). *Revista científica*, 24(4), 305-310.

<http://clacso.redalyc.org/pdf/959/95931404001.pdf>

Bedolla, C. C., Castañeda, V. H., y Wolter, W. (2007). Métodos de detección de la mastitis bovina (Methods of detection of the bovine mastitis). *Redvet*. 8 (9)

[https://www.researchgate.net/publication/26475796\\_Metodos\\_de\\_deteccion\\_de\\_la\\_mastitis\\_bovina\\_Methods\\_of\\_detection\\_of\\_the\\_bovine\\_mastitis/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/26475796_Metodos_de_deteccion_de_la_mastitis_bovina_Methods_of_detection_of_the_bovine_mastitis/citation/download)

Bedolla, C. C., y de León, M. P. (2008). Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, 9(4), 1-26.

<https://www.redalyc.org/pdf/636/63611952010.pdf>

Bedolla Cedeño, Carlos. (2018). Pruebas y Métodos para el Diagnóstico de Mastitis II.

<https://bmeditores.mx/ganaderia/pruebas-y-metodos-para-el-diagnostico-de-mastitis-ii-1705/>

Bonifaz, N., y Conlago, F. (2016). Prevalencia e incidencia de mastitis bovina mediante la prueba decaliforniamastitis test con identificación del agente etiológico, en paquiestancia, Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 24(2), 43-52.

<https://www.redalyc.org/jatsRepo/4760/476051632003/476051632003.pdf>

Buenaventura, P. R. A. (2015). Buenas prácticas de ordeño.

<https://drive.google.com/file/d/1pqlsowzQDeybwsoSz2nbwxufrV46AHZ4/view>

Cadena, X., Reina, M., & Rivera, A. (2019). Precio regulado de la leche: ineficiencias, costos y alternativas.

[https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3865/Repor\\_Octubre\\_2019\\_Cadena\\_Reina\\_y\\_Rivera.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3865/Repor_Octubre_2019_Cadena_Reina_y_Rivera.pdf?sequence=4&isAllowed=y).

Contexto Ganadero. Mastitis bovina por microorganismos emergentes y multirresistentes a antibióticos. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/mastitis-bovina-por-microorganismos-emergentes-y-multirresistentes-antibioticos>.

C. W. Holmes, G. F. Wilson. (1989). Producción de Leche en Praderas. Editorial, Acribia, S.A.,

DATASKETCH. Así se produce leche en Colombia. <http://especiales.datasketch.co/la-via-lactea/posts/asi-se-produce-leche-en-colombia/>

- Delgado, Alfredo. (2005). Funcionamiento y Evaluación de Máquinas de Ordeño y su repercusión en la Mastitis Bovina. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/funcionamiento-evaluacion-maquinas-ordeno-t26155.htm>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2014). 3er Censo Nacional Agropecuario. Resultados Departamento del Cauca.
- Dukhin, A. S., y Goetz, P. J. (2004). Ultrasound for characterizing colloids. In *ACS Symposium Series* (pp. 91-120). Washington, DC; American Chemical Society; 1999. <https://www.dispersion.com/wp-content/uploads/2018/11/Newsletter11.pdf>
- Ecografista, M. V. (2007). Diagnóstico de mastitis mediante ultrasonografía en vacas lecheras. *Veterinaria Argentina*, 24(231), 13-20. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/ecografia\\_ultrasonido/66-mastitis.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/66-mastitis.pdf)
- EKOMILK. (2015). Control de la mastitis, recuento de células somáticas. <https://es.slideshare.net/TAPservices/ekomilk-scan-para-el-recuento-de-clulas-para-productor-lechero-y-queserias>
- El Tiempo. La mastitis, una enfermedad de mala leche. (2015). <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-589489>
- Espadas Máximo. Anatomía de la ubre y producción de leche. [http://www.remugants.cat/2/upload/anatomia\\_braguer\\_i\\_produccion\\_llet.pdf](http://www.remugants.cat/2/upload/anatomia_braguer_i_produccion_llet.pdf).
- FAO. (2011). Manual 1. Buenas prácticas de ordeño. <http://www.fao.org/3/a-bo952s.pdf>

FAO Y OMS. (2011). Leche y productos lácteos. Editorial Codex, Roma, <http://www.fao.org/3/a-i2085s.pdf>.

Fasulkov, I., Vasilev, N., Karadaev, M., y Dineva, G. (2014). Visualization and measurement of teat structures in Black-and-White cows through ultrasonography. *Macedonian Veterinary Review*, 37(1), 89-93. [https://www.researchgate.net/profile/Galina-Dineva/publication/273521982\\_Visualization\\_and\\_Measurement\\_of\\_Teat\\_Structures\\_in\\_Black-and-White\\_Cows\\_Through\\_Ultrasonography/links/5693761808ae0f920dce7997/Visualization-and-Measurement-of-Teat-Structures-in-Black-and-White-Cows-Through-Ultrasonography.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Galina-Dineva/publication/273521982_Visualization_and_Measurement_of_Teat_Structures_in_Black-and-White_Cows_Through_Ultrasonography/links/5693761808ae0f920dce7997/Visualization-and-Measurement-of-Teat-Structures-in-Black-and-White-Cows-Through-Ultrasonography.pdf)

Fernández Bolaños, O. F., Trujillo Graffe, J. E., Peña Cabrera, J. J., Cerquera Gallego, J., y Granja Salcedo, Y. (2012). Mastitis bovina: generalidades y métodos de diagnóstico. *Revista electrónica de Veterinaria*, 13(11), 1-20. [https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/infecciosas/bovinos\\_leche/78-mastitis.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/infecciosas/bovinos_leche/78-mastitis.pdf)

Flöck, M., y Winter, P. (2006). Diagnostic ultrasonography in cattle with diseases of the mammary gland. *The Veterinary Journal*, 171(2), 314-321. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1090023304002394>

FEDEGAN. (2019). Producción de leche cruda en Colombia. <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0>

- Giraldo, C. (2003). Principios básicos de ultrasonografía veterinaria. *Revista MVZ Córdoba*. 8. (2), 304 -305. [file:///C:/Users/Asus/Downloads/508-Texto%20del%20art%C3%ADculo-928-1-10-20160427%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Asus/Downloads/508-Texto%20del%20art%C3%ADculo-928-1-10-20160427%20(2).pdf).
- Gonzalez, Kevin. (2018). La ubre o glándula mamaria de la vaca. *Revista Veterinaria Argentina*., (385). <https://www.veterinariargentina.com/revista/2018/03/la-ubre-o-glandula-mamaria-de-la-vaca/>.
- Guerra, Víctor. (2006). La Mastitis y sus pruebas diagnósticas en campo. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/mastitis-sus-pruebas-diagnosticast26567.htm>
- Haque Ehsanul, (2014). Md. Rapid Detection of Subclinical Mastitis in Dairy Cow. *Journal of Fisheries and Livestock Production*, 3, (12). <https://www.omicsonline.org/peer-reviewed/rapid-detection-of-subclinical-mastitis-in-dairy-cow-50978.html>.
- Hussein, H. A., EL-Khabaz, K. A., & Malek, S. S. (2015). Is udder ultrasonography a diagnostic tool for subclinical mastitis in sheep?. *Small Ruminant Research*, 129, 121-128. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092144881500200X>
- ICA. (2019). Censo pecuario del año 2019. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
- Imbacuán Duarte, C. M. (2015). *Determinación de mastitis en vacunas en el último tercio de gestación utilizando las Pruebas de California Mastitis test (CMT) y*

*Somatic cell* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6670/1/T-UCE-0014-020.pdf>

Javanaud, C., Gladwell, N. R., Gouldby, S. J., Hibberd, D. J., Thomas, A., y Robins, M. M.

(1991). Experimental and theoretical values of the ultrasonic properties of dispersions: effect of particle state and size distribution. *Ultrasonics*, 29(4), 331-337.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0041624X91900313>.

Kinsler, L. E., Frey, A. R., Coppens, A. B., Sanders, J. V. (2000). *Fundamentals of acoustics*.

John Wiley and Sons. [https://asmedigitalcollection.asme.org/vibrationacoustics/article-pdf/105/3/269/5725315/269\\_1.pdf](https://asmedigitalcollection.asme.org/vibrationacoustics/article-pdf/105/3/269/5725315/269_1.pdf)

Klein, D., Flöck, M., Khol, J. L., Franz, S., Stüger, H. P., y Baumgartner, W. Ultrasonographic

measurement of the bovine teat: breed differences, and the significance of the measurements for udder health. [https://www.researchgate.net/profile/Daniela-](https://www.researchgate.net/profile/Daniela-Klein/publication/7590240_Ultrasonographic_measurement_of_the_bovine_teat_Breed_differences_and_the_significance_of_the_measurements_for_udder_health/links/55c3202508aeb975673e54ee/Ultrasonographic-measurement-of-the-bovine-teat-Breed-differences-and-the-significance-of-the-measurements-for-udder-health.pdf)

[Klein/publication/7590240\\_Ultrasonographic\\_measurement\\_of\\_the\\_bovine\\_teat\\_Breed\\_differences\\_and\\_the\\_significance\\_of\\_the\\_measurements\\_for\\_udder\\_health/links/55c3202508aeb975673e54ee/Ultrasonographic-measurement-of-the-bovine-teat-Breed-differences-and-the-significance-of-the-measurements-for-udder-health.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Daniela-Klein/publication/7590240_Ultrasonographic_measurement_of_the_bovine_teat_Breed_differences_and_the_significance_of_the_measurements_for_udder_health/links/55c3202508aeb975673e54ee/Ultrasonographic-measurement-of-the-bovine-teat-Breed-differences-and-the-significance-of-the-measurements-for-udder-health.pdf)

Khoramian, B., Vajhi, A., Ghasemzadeh-Nava, H., Ahrari-Khafi, M. S., y Bahonar, A. (2015).

Ultrasonography of the supramammary lymph nodes for diagnosis of bovine chronic subclinical mastitis. *Iranian journal of veterinary research*, 16(1), 75.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4789244/>



Ledic, Ivan Luz y Drummond Tetzner, Tatiane Almeida. Sistema Mamario.

<https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/sistema-mamario-t32436.htm>

McGee, H. (2007). *On food and cooking: the science and lore of the kitchen*. Simon and Schuster.

[https://www.muchandball.com/sites/default/files/webform/recrutement/\\_sid\\_/pdf-on-food-and-cooking-the-science-and-lore-of-the-kitchen-harold-mcgee-pdf-download-free-book-91ced18.pdf](https://www.muchandball.com/sites/default/files/webform/recrutement/_sid_/pdf-on-food-and-cooking-the-science-and-lore-of-the-kitchen-harold-mcgee-pdf-download-free-book-91ced18.pdf)

Mallqui Artica, Luis. (2014). Métodos para el análisis fisicoquímico de la leche y derivados lácteos. Editorial: @ Libros y editoriales, TEIA. Ltd.,

<https://luisartica.files.wordpress.com/2011/11/metodos-de-analisis-de-leche-2014.pdf?fbclid=IwAR0q72pkgM4Y0vJE3YnVstmjakXVhIEtjWmHr4kVIEscV1Gy-j2OHPJNDiA>

Magandi, V. (2008). Determinación de mastitis subclínica en vacas lecheras por medio del recuento de células somáticas en el tanque (Tesis de pregrado). *Universidad del Salvador, San Salvador*, 7-19. <http://ri.ues.edu.sv/1645/1/13100627.pdf>.

Martinez, M. M., & Gomez, C. A. (2013). Calidad composicional e higiénica de la leche cruda recibida en industrias lácteas de Sucre, Colombia. *Biotecnología en el sector Agropecuario y agroindustrial*, 11(2), 93-100.

<http://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/download/309/506>

Mellenberger, R., & Roth, C. (2000). Hoja de información de la Prueba de Mastitis California (CMT). *Depto. de Ciencia Lechera, Universidad de Wisconsin-Mádison*.

[http://milkquality.wisc.edu/wp-content/uploads/2011/09/hoja-de-informacion-de-la-prueba-de-mastitis-california\\_spanish.pdf](http://milkquality.wisc.edu/wp-content/uploads/2011/09/hoja-de-informacion-de-la-prueba-de-mastitis-california_spanish.pdf)

Mireille Chahine, Omar y Haro-Martí, Mario. (2019). Dairy-Cattle. Rutinas Apropriadas de Ordeño. <https://dairy-cattle.extension.org/rutinas-apropiadas-de-ordeno/>.

Mojica Figueroa, I. L. (2012). Evaluación del rendimiento de la técnica de procesamiento histotecnológico libre de xilol versus la técnica convencional en el Laboratorio de Patología Interfacultades de la Universidad Nacional de Colombia. *Departamento de Pediatría*. <http://bdigital.unal.edu.co/6383/1/598124.2012.pdf>

Molano, Tatiana; Jiménez, Yady; Villamarín, Julián; Dorado, Nylho; Muñoz, Fabian y Londoño, Luis. (2017). Sistema de Ultrasonometría cuantitativa para la caracterización de plasma sanguíneo animal. *Revista Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*.

Mora, María Gabriela; Vargas, Bernardo; Romero, Juan Jose; Camacho Jorge. Factores de riesgo para la incidencia de mastitis clínica en ganado lechero de Costa Rica. [En línea]. En: *Revista Agronomía costarricense*. Vol. 39. No. 2, junio, 2015, pp, 1 a 14. Disponible en, <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/21777>.

Neijenhuis, F., Klungel, G. H., & Hogeveen, H. (2001). Recovery of cow teats after milking as determined by ultrasonographic scanning. *Journal of Dairy Science*, 84(12), 2599-2606. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030201747145/pdf?md5=e4b274b2080204ea0d101b74c50f5286&pid=1-s2.0-S0022030201747145-main.pdf>

Olguín Y Bernal, Arturo. Enfermedades de la glándula mamaria. Clínica de los bovinos tomo 1.

[http://www.ammveb.net/clinica/enfermedades\\_de\\_la\\_glandula\\_mamaria.pdf](http://www.ammveb.net/clinica/enfermedades_de_la_glandula_mamaria.pdf).

Oliveira, L. M. D., Maia, J. M., Gamba, H. R., Gewehr, P. M., y Pereira, W. C. A. (2010).

Avaliação da qualidade de imagens de equipamentos de ultrassom modo B. *Rev. bras. eng. biomed*, 11-24. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-570335>

Ortiz, T., Gutiérrez, S., Rocríguez, H., y Olivera, M. (2014). Manual de buenas prácticas de ordeño. *Fondo Editorial Biogénesis*, 44-44.

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/download/325728/20783054>

Pazin, A; Schmidt, A; Alameida, O.C; Marin, J. A y Maciel, B.C. (2003). Caracterización ultrasónica Tejido Miocardio. *Archivos Brasileiros de cardiología*. 319-325.

Pérez Martínez, G., Miralles, M. D. C., Martí Vidagany, A., y Martínez Ortiz, I. (2010).

Producto fermentado sin lactosa a partir de batido de frutos secos sin legumbres y/o horchata.

<https://patentimages.storage.googleapis.com/da/4f/87/3602aabee16fc1/WO2005104862A1.pdf>

Portal Lechero. Cómo mejorar el rendimiento del ordeño.

<https://www.portalechero.com/innovaportal/v/5157/1/innova.front/como-mejorar-el-rendimiento-del-ordeno.html>

Pinzón, S. M., Correal, W. A., Cerinza, O. J., Rodríguez, N. P., Rojas Barreto, A., & Parra

Arango, J. L. (2018). Buenas prácticas de ordeño manual para mejorar la calidad de la leche.

[https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2151/42053\\_45157.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2151/42053_45157.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Porcionato, M. A. D. F., Soares, W. V. B., Reis, C. B. M. D., Cortinhas, C. S., Mestieri, L., & Santos, M. V. D. (2010). Milk flow, teat morphology and subclinical mastitis prevalence in Gir cows. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45, 1507-1512.

<https://www.scielo.br/j/pab/a/kzVYSQxNwd8TGDzgpHSJqJJ/?lang=en&format=pdf>

Quintero Gómez, E. (2012). *Evolución y desarrollo del sector lácteo en Colombia desde la perspectiva del eslabón primario (producción)* (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).

[http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/316/1/Cadena\\_lactea.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/316/1/Cadena_lactea.pdf)

Rentería, Daniel y C. Eliana. (2016). Manual de prácticas del aseguramiento de la calidad de los productos pecuarios. <https://www.uv.mx/pozarica/cba/files/2017/09/5-Manual-de-practicas-de-aseguramiento->

[I.pdf?fbclid=IwAR3lyowfK6xNVCwvmEnFnNe1s3iDVUR\\_zwupBzeJL6AvpBHEoWhB6Ak9oGM](http://pdf?fbclid=IwAR3lyowfK6xNVCwvmEnFnNe1s3iDVUR_zwupBzeJL6AvpBHEoWhB6Ak9oGM)

Reyes, J. M. H., y Cedeño, J. L. C. B. (2008). Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, 9(9), 1-34.

<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2012039277>.

Rimoldi, C., y Mundo, L. M. (2012). Ensayo no destructivo por método de

ultrasonido. [https://www.academia.edu/download/53478072/Apunte\\_Ultrasonido\\_2012.pdf](https://www.academia.edu/download/53478072/Apunte_Ultrasonido_2012.pdf)

Rodríguez Martínez, G. (2006). Comportamiento de la mastitis bovina y su impacto económico en algunos hatos de la Sabana de Bogotá, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*, 1(12), 35-55.

<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1124&context=mv>

Rojas Rodríguez, C. (2017). *Factores asociados con la mastitis subclínica bovina en fincas lecheras de Zipaquirá, Cundinamarca* (Doctoral dissertation, Universidad del Rosario).

<https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/13830/RojasRodri%CC%81guez-Carolina-2017.pdf?sequence=4>

Santana, R., y Uribe, H. (2006). Rutina de orde ay calidad higienica de la leche. *Boletin INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. [https://www.produccion-](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/329-Rutina_ordenia.pdf)

[animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/produccion\\_bovina\\_leche/329-Rutina\\_ordenia.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/329-Rutina_ordenia.pdf)

Seker, I., Risvanli, A., Yuksel, M., Saat, N., y Ozmen, O. (2009). Relationship between California Mastitis Test score and ultrasonographic teat measurements in dairy cows. *Australian veterinary journal*, 87(12), 480-483.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1751-0813.2009.00520.x>

SENA. (1987). Derivados lácteos. Obtención higiénica de la leche. Cartilla El Ordeño 2.

<https://es.slideshare.net/haroldmauriciorosilloguzman/cartilla-sena-ordeno>.

Tellez Avila, Salvador y Romero, Luisa. Anatomía y fisiología de la glándula mamaria. UNAM.

<http://www.produccion->

[animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/produccion\\_bovina\\_leche/110-anatomia.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/110-anatomia.pdf).

Ulloa, J., Rosas, P., Ramírez, J., & Ulloa, B. (2013). Ultrasonido: aplicaciones en el campo de

los alimentos. *Revista: Nueva Época. Nayarit*. [https://www.researchgate.net/profile/Jose-](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ulloa-)

[Ulloa-](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ulloa-)

[2/publication/269095897\\_Ultrasonido\\_aplicaciones\\_en\\_el\\_campo\\_de\\_los\\_alimentos/link](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ulloa-2/publication/269095897_Ultrasonido_aplicaciones_en_el_campo_de_los_alimentos/link)

[s/547f5c750cf250f1eddbc4ac/Ultrasonido-aplicaciones-en-el-campo-de-los-](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ulloa-2/publication/269095897_Ultrasonido_aplicaciones_en_el_campo_de_los_alimentos/link/s/547f5c750cf250f1eddbc4ac/Ultrasonido-aplicaciones-en-el-campo-de-los-)

[alimentos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ulloa-2/publication/269095897_Ultrasonido_aplicaciones_en_el_campo_de_los_alimentos/link/s/547f5c750cf250f1eddbc4ac/Ultrasonido-aplicaciones-en-el-campo-de-los-alimentos.pdf)

Universidad Nacional De Córdoba. Factores que afectan la producción y composición de la

leche. [En línea]. Disponible en,

<http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/pleche/wpcontent/uploads/sites/8/2016/05/FACTORES->

[2016final.pdf](http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/pleche/wpcontent/uploads/sites/8/2016/05/FACTORES-2016final.pdf)

Vásquez Cárdenas, C. A. (2015). *Trabajo de práctica en un hato de lechería*

*especializada* (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).

[http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1080/1/TRABAJO\\_PRACTIC](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1080/1/TRABAJO_PRACTIC)

[A\\_HATO\\_LECHERIA\\_ESPECIALIZADA.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1080/1/TRABAJO_PRACTIC_A_HATO_LECHERIA_ESPECIALIZADA.pdf)

Virén, T., Huang, Y. P., Saarakkala, S., Pulkkinen, H., Tiitu, V., Linjama, A., ... & Töyräs, J.

(2012). Comparison of ultrasound and optical coherence tomography techniques for

evaluation of integrity of spontaneously repaired horse cartilage. *Journal of medical*

*engineering & technology*, 36(3), 185-192. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22439802>.

Wiki How. Cómo ordeñar una vaca. [En línea]. Disponible en,

<https://es.wikihow.com/orde%C3%B1ar-una-vaca>

## Anexos

### Figura 27.

#### *Ficha técnica de la encuesta*

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA  
PROYECTO 2019224

#### FORMATO DE CARACTERIZACIÓN FINCAS

Número de encuesta \_\_\_\_\_  
Fecha de visita \_\_\_\_\_

**INFORMACIÓN GENERAL**

1. Municipio \_\_\_\_\_ 2. Vereda \_\_\_\_\_  
3. Finca \_\_\_\_\_  
4. Propietario \_\_\_\_\_ 5. contacto \_\_\_\_\_

**INFORMACIÓN TECNOLÓGICA**

6. Raza \_\_\_\_\_  
7. Tipo de explotación: Leche \_\_\_\_\_ BDP \_\_\_\_\_  
8. Tipo de ordeño: Mecánico \_\_\_\_\_ Manual \_\_\_\_\_  
8.1. Si la respuesta es manual con ternero \_\_\_\_\_ sin ternero \_\_\_\_\_  
9. No de vacas secas \_\_\_\_\_  
10. No de vacas en producción \_\_\_\_\_  
11. Promedio de producción leche diaria \_\_\_\_\_ ~~lts~~  
12. El ordeño se realiza en Establo \_\_\_\_\_ Corral \_\_\_\_\_ Área del potrero \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_  
13. Se cuenta con un sistema de almacenamiento de agua potable Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
14. Realiza aseo y desinfección en el área antes del ordeño Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
15. Realiza aseo y desinfección en el área después del ordeño: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
16. Existe brete o sistema de inmovilización para facilitar el manejo durante el ordeño  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
17. Se remueve con frecuencia el estiércol del establo y/o lugar de ordeño Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
17.1 Si la respuesta es SÍ cada cuanto \_\_\_\_\_  
18. Se tienen elementos de protección personal para el ordeño SI \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
19. El operario se lava las manos antes de iniciar el ordeño SI \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
20. Se lavan y se secan las ubres antes del ordeño Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
21. Se lavan y se secan los pezones antes del ordeño Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
22. Se realiza sellado de pezones Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
23. Se ordeña totalmente al animal Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
24. Se retiran las leches con calostro Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
25. Realiza prueba de CMT Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_



UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA  
PROYECTO 2019224

- 25.1 Si la respuesta es SÍ cada cuanto -----
26. Se presenta Mastitis subclínica: SI ----- No -----
- 26.1. Si la respuesta es SI, la presentación es Frecuente ----- De vez en cuando -----
27. Realizan terapia de vaca seca: SI \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_