



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y PROCESAMIENTO PECUARIO

**MASTITIS SUBCLÍNICA, FACTORES DE MANEJO ASOCIADOS A SU
PRESENCIA Y PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN UNIDADES DE
PRODUCCIÓN BOVINAS DE LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN Y PROCESAMIENTO
PECUARIO**

PRESENTA:

CHRISTIAN GISSELL PARROQUÍN RODRÍGUEZ

DIRECTOR:

DR. CÉSAR JULIO MARTÍNEZ CASTRO

CODIRECTOR:

DR. NICOLÁS VALENZUELA JIMÉNEZ

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO

2023



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO	DEP-MPPP/2023/087
ASUNTO	Autorización de impresión de Tesis

San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, a 21 de noviembre de 2023

DRA. TANIA ZÚÑIGA MARROQUÍN
ENCARGADA DEL DESPACHO DE LA VICERRECTORÍA ACADÉMICA
UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Sirva la presente para informarle que, el jurado evaluador del examen para obtener el grado de Maestra en Producción y Procesamiento Pecuario de la LZ. **Christian Gissell Parroquín Rodríguez**, con número de Matrícula **21190003**, ha autorizado la impresión del manuscrito que lleva por título "**Mastitis subclínica, factores de manejo asociados a su presencia y pérdidas económicas en unidades de producción bovinas de Loma Bonita, Oaxaca, México**", para su posterior presentación y defensa por el sustentante

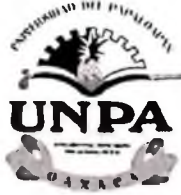
Atentamente
terra uberrima, mens aperta
Bøu Lo-tama, chí jí jú

Dr. José Abad Zavaleta
Jefe de la División de Estudios de Posgrado



DIVISION DE
ESTUDIOS DE
POSGRADO

C.c.p. Archivo



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO	DEP-MPPP/2023/088
ASUNTO	Jurado para examen de grado

San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, a 21 de noviembre de 2023

LZ. CHRISTIAN GISELL PARROQUÍN RODRÍGUEZ
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y PROCESAMIENTO PECUARIO
UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Por este medio le informo que el jurado evaluador para obtener el grado de Maestra en Producción y Procesamiento Pecuario ha autorizado la impresión de su manuscrito. El jurado estará integrado por los siguientes investigadores.

Dr. José Abad Zavaleta	Presidente	Universidad del Papaloapan
Dr. César Julio Martínez Castro	Vocal	Universidad del Papaloapan
Dra. Ma. Teresa Kido Cruz	Secretario	Universidad del Papaloapan
Dra. Amada Isabel Osorio Terán	Primer Suplente	Universidad del Papaloapan
Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez	Segundo Suplente	Universidad del Papaloapan

Sin más por el momento, le envío saludos cordiales.

Atentamente
terra uberrima, mens aperta
Bou Lo-tama, chí jí jú


Dr. José Abad Zavaleta
Jefe de la División de Estudios de Posgrado


Dra. Tania Zúñiga Marroquín
Encargada del despacho de la Vicerrectoría Académica
Vo. Bo.


DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO


VICE-RECTORIA ACADEMICA

C.c.p. Dr. Cesar Julio Martínez Castro – Director de tesis.
C.c.p. Dr. José Ángel Rueda Barrientos – Coordinador de la Maestría en Producción y Procesamiento Pecuario
C.c.p. M. E. Yesenia Barrientos Arenal – Jefa del Departamento de Servicios Escolares.
C.c.p. Archivo.

CAMPUS TUXTEPEC
C. Circuito central No. 200, Col. Parque Industrial.
C.P. 38301, Tuxtepec, Oax.
Tel. 01(287)8759240

www.unpa.edu.mx

CAMPUS LOMA BONITA
Av. Ferrocarril S/N, Ciudad universitaria.
C.P. 68400, Loma Bonita, Oax.
Tel. 01(281)8729230

DEDICATORIA

A **Dios**, por darme la oportunidad de vivir, darme salud, fuerza y sabiduría para lograr mis objetivos tanto personales como profesionales, además de su infinita bondad y amor.

Con mucho cariño principalmente a mi madre **María de Lourdes Rodríguez Domínguez** que me dio la vida, por brindarme su cariño, amor y apoyo incondicional en todo momento, te agradezco infinitamente que estés conmigo.

A **Rolando Aulis Parroquín**, hijo, eres el regalo más grande que Dios me haya dado en la vida, tú eres mi mayor motivación para no rendirme, gracias por entender que para el desarrollo de esta tesis, fue necesario sacrificar situaciones y momentos a tu lado, te agradezco cada sonrisa y muestras de amor hacia mí. Todo tiene sentido en la vida porque estás tú a mi lado. Y deseo que cuando crezcas comprendas que todo este esfuerzo es para nuestro bien y que este logro también es tuyo y que sirva de ejemplo para para que estudies, te superes y seas un hombre de bien. TE AMO.

A mi hermana **Arely del Rosario Arriaga Rodríguez**, Gracias por ser mi hermana del alma y por tu confianza.

A mis abuelos **Hilda Domínguez Chalate** (QEPD) y **Ernesto Rodríguez Terrón** (QEPD) por sus buenas enseñanzas y ejemplo.

A familiares y seres queridos que forman parte importante de mi vida, gracias por creer en mí.

A mi amigo **Eleazar Gutiérrez Cubillas**, gracias por ser más que amigo, hermano, cómplice, te agradezco cada momento y por no dejarme caer.

A mis amigos **Carol, Zary, Caro, Carmen** y **Chío** por su valiosa amistad y apoyo.

A todos, Dios los bendiga.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (**CONAHCyT**), por el apoyo económico otorgado, para realizar mis estudios y tesis de Maestría.

A la **Universidad del Papaloapan** por darme la oportunidad de realizar mis estudios y la parte experimental del presente trabajo de investigación.

Al **M.C. Héctor López Arjona** por permitirme laborar en esta Institución y ser parte de esta magna casa de estudios a la que debo mi formación académica y laboral.

A los profesores que forman parte la Universidad y que fueron fundamentales en mi formación profesional **Dr. José Abad Zavaleta, Dr. César Julio Martínez Castro, Dra. Carolina Antonio Estrada, Dr. Adolfo Amador Mendoza, Dr. José M. Juárez Barrientos, Dr. Cecilio U. Aguilar Martínez, Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez y Dr. Víctor M. Meza Villalvazo.**

Al **Dr. César Julio Martínez Castro, Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez y Dr. Cecilio U. Aguilar Martínez** por ser parte fundamental en la elaboración del presente trabajo de investigación.

A **L.Z. Osiris L. Arceo M.**, por su valiosa participación en la toma de muestras del presente estudio.

A los productores Fernando A., Alfredo P., Alberto G., Rubén G., Nicanor, Paulino M., Antonio M., Eutimio V., Hortensia R., Melesio C., Miguel M. y William R. por su valiosa colaboración durante la fase de muestreo del presente estudio.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivo general	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
3. HIPÓTESIS	6
4. REVISIÓN DE LITERATURA	7
4.1. Sistema de producción de leche en el trópico.....	7
4.2. Anatomía y fisiología de la glándula mamaria de la vaca.....	8
4.3. Mastitis bovina.....	9
4.4. Tipos de mastitis.....	10
4.4.1. Mastitis clínica.....	10
4.4.2. Mastitis subclínica.....	11
4.5. Microorganismos causantes de la mastitis bovina	12
4.6. Pérdidas económicas por mastitis	14
4.6.1. Pérdidas de producción de leche.....	14
4.6.2. Medicamentos y servicios veterinarios.....	17
4.6.3. Leche desechada.....	17
4.6.4. Mano de obra.....	17
4.6.5. Calidad del producto.....	18
4.6.6. Disminución del precio de la leche.....	20
4.6.7. Materiales e inversiones.....	21
4.6.8. Diagnóstico.....	21
4.6.9. Otras enfermedades.....	22
4.6.10. Sacrificio.....	22

4.7. Factores asociados a la presencia de mastitis.....	24
4.8. Manejo sanitario como factor influyente en la presencia de mastitis subclínica	25
4.9. Estrés como factor influyente en la presencia de mastitis subclínica	26
4.10. Pruebas de diagnóstico	28
4.10.1. Wisconsin.....	28
4.10.2. Prueba de California para Mastitis (CMT).....	29
4.10.3. Conteo de células somáticas por microscopía.....	29
4.10.4. Cultivo para identificación bacteriana y susceptibilidad antimicrobiana.....	30
4.10.5. Cantidad de células somáticas con Ekomilk Scan.....	30
5. MATERIALES Y MÉTODOS	32
5.1. Ubicación y características de la región de estudio	32
5.2. Animales y muestreo	32
5.3. Procedimiento de la prueba de California para diagnóstico de mastitis ..	33
5.4. Cálculo de la prevalencia de mastitis subclínica	35
5.6. Obtención de los factores de riesgo de mastitis.....	37
5.7. Análisis estadístico para la comprobación de hipótesis	37
5.8. Determinación de la pérdida económica.....	41
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
6.1. Descripción de las unidades de producción muestreadas	44
6.2. Prevalencia de mastitis subclínica por vaca.....	45
6.3. Prevalencia de mastitis subclínica por tipo de ordeño	47
6.4. Prevalencia de mastitis subclínica por cuarto mamario.....	49
6.5. Prevalencia de mastitis subclínica en cuartos mamaros individuales.....	51
6.6. Prevalencia en cuartos individuales por posición y grado de reacción....	52
6.7. Comparativo de la prevalencia de mastitis subclínica por tipo de ordeño	53
6.8. Factores de manejo asociados a la prevalencia de mastitis subclínica...55	
6.9. Factores de infraestructura asociados a la prevalencia de mastitis subclínica	58
6.10. Factores dependientes del animal asociados a la presencia de mastitis subclínica	61
6.11. Factores climáticos asociados a la presencia de mastitis subclínica.....	67

6.12. Determinación de las pérdidas económicas por mastitis subclínica	69
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
7.1. Conclusiones	72
7.2. Recomendaciones	73
8. LITERATURA CITADA	75
9. APÉNDICES	85

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Determinación del porcentaje de pérdida de producción de leche, por mastitis subclínica en función del conteo de células somáticas.....	15
2	Interpretación según la reacción a la prueba de California para mastitis.....	34
3	Prueba de distribución normal de la variable prevalencia de mastitis.....	38
4	Codificación de ítems factores de manejo.....	39
5	Codificación de ítems factores de infraestructura.....	39
6	Prueba de distribución normal de pezones positivos, factores dependientes de animal y climáticos.....	40
7	Animales y cuartos mamarios analizados en el periodo de estudio.....	44
8	Prevalencia de mastitis subclínica en hatos bovinos de Loma Bonita.....	45
9	Prevalencia de mastitis subclínica por tipo de ordeño en Loma Bonita.....	48
10	Prevalencia de mastitis subclínica por cuarto mamario.....	50
11	Prevalencia de mastitis subclínica en cuartos mamarios individuales.....	51
12	Reportes de prevalencia de mastitis subclínica por ubicación del cuarto.....	52
13	Prevalencia de mastitis en cuartos por posición y grado de reacción.....	52
14	Comparación de mastitis subclínica entre ordeño manual y mecánico.....	54

15	Factores de manejo y prevalencia de mastitis subclínica en hatos bovinos.....	55
16	Factores de infraestructura y prevalencia de mastitis en hatos bovinos.....	58
17	Factores de infraestructura asociados con el tipo de ordeño.....	59
18	Mastitis subclínica y relación con los factores dependientes del animal.....	62
19	Mastitis subclínica y asociación con el número de partos y amamantamiento del becerro.....	64
20	Asociación de mastitis subclínica con número de partos y amamantamiento del becerro.....	65
21	Factores climáticos asociados a la mastitis subclínica.....	67
22	Escenarios de la pérdida potencial por mastitis subclínica durante el periodo de análisis.....	69
23	Escenarios de la pérdida potencial por mastitis subclínica, mastitis clínica y pezones no funcionales durante el periodo de análisis.....	70
24	Escenarios de la pérdida potencial por mastitis subclínica por unidad de producción durante el periodo de análisis.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Fuerza y dirección del coeficiente de correlación.....	41
2	Comparativo de resultados de estudios sobre la prevalencia en cuartos individuales por posición y grado de reacción.....	53

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la prevalencia de mastitis subclínica, así como los factores asociados a su presencia y pérdidas económicas que pueden representar para los productores de ganado bovino de Loma Bonita, Oaxaca. De agosto de 2022 a enero de 2023, se evaluaron con la prueba de California para mastitis, 6,232 cuartos funcionales de 1,365 vacas lactantes de 12 hatos. Con técnicas estadísticas paramétricas como t-Student y no paramétricas como correlación de Spearman y U de Mann Whitney se determinó la asociación de la prevalencia y/o presencia de mastitis subclínica con factores de riesgo (12 de manejo, 12 de infraestructura, 5 referentes al animal y 3 del clima). También se determinaron tres escenarios de las potenciales pérdidas por mastitis subclínica tomando como referencia tres diferentes precios, así como la variación en el porcentaje de reducción en la producción de leche, según el grado de mastitis subclínica de los pezones que resultaron positivos. La prevalencia de mastitis subclínica por vaca en los hatos bovinos de Loma Bonita fue alta (41.7%). En los hatos con ordeño mecánico fue más elevada (47.7%), comparada con los de ordeño manual (34.7%). Hubo factores de manejo, infraestructura, de la vaca y del clima, asociados significativamente ($p < 0.05$) con la mastitis subclínica. Las pérdidas económicas potenciales mínimas fueron de \$144,399 y las máximas de \$361,681 durante el periodo de agosto 2022 – enero 2023. Los productores, servidores públicos e instituciones interesados en mejorar las condiciones de los productores pecuarios, deberán poner atención en los factores que representan

riesgos de contagio de mastitis subclínica con el objetivo de reducir las pérdidas económicas.

Palabras clave: Bovinos, Mastitis subclínica, Leche, Factores de riesgo.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the prevalence of subclinical mastitis, as well as the factors associated with its presence and the economic losses it can represent for cattle producers in Loma Bonita, Oaxaca. From August 2022 to January 2023, 6,232 functional quarters of 1,365 lactating cows from 12 herds were evaluated with the California test for mastitis. Using parametric statistical techniques such as t-Student and non-parametric statistical techniques such as Spearman's correlation and Mann Whitney U, the association of the prevalence and/or presence of subclinical mastitis with risk factors (12 management, 12 infrastructure, 5 animal-related and 3 climatic) was determined. Three scenarios of potential losses due to subclinical mastitis were also determined using three different prices as a reference, as well as the variation in the percentage reduction in milk production, according to the degree of subclinical mastitis in the positive teats. The prevalence of subclinical mastitis per cow in the Loma Bonita herds was high (41.7%). In herds with mechanical milking it was higher (47.7%), compared to those with manual milking (34.7%). There were management, infrastructure, cow and climate factors significantly ($p < 0.05$) associated with subclinical mastitis. Minimum potential economic losses were \$144,399 and maximum losses were \$361,681. Producers, public servants and institutions interested in improving the conditions of livestock producers should pay attention to the factors that represent risks of contagion of subclinical mastitis in order to reduce economic losses.

Key words: Cattle, Subclinical mastitis, Milk, Risk factors.

1. INTRODUCCIÓN

La leche bovina es un alimento esencial en la dieta de la mayoría de las personas de México y del mundo. Su producción se lleva a cabo en diferentes tipos de sistemas y condiciones heterogéneas, entre las que destacan las unidades de producción en regiones tropicales (Pech *et al.*, 2007). Se considera que estas regiones tienen el mayor potencial para contribuir al aumento de la oferta de leche y carne, y para la nutrición de la población de las comunidades más pobres y marginadas del país (Magaña *et al.*, 2006). En sus tierras existen más de 500 mil unidades de producción y el mantenimiento de alrededor del 60% del pie de cría de bovinos a nivel nacional (González, 2018). Loma Bonita, Oaxaca, cuenta con un clima tropical húmedo en el que el sistema de producción bovina predominante es el doble propósito, que permite la obtención de ganado en pie para la venta o sacrificio y para la producción de leche (Martínez *et al.*, 2012). En 2020, este municipio produjo 3,266,120 litros de leche, ocupando el séptimo lugar de los 570 municipios que conforman la entidad (SIAP, 2022). A pesar de que Loma Bonita participa con una oferta importante de leche bovina, sus unidades de producción muestran una productividad baja, debido a que la alimentación se basa casi exclusivamente en el pastoreo y a la presencia de enfermedades (Rojas *et al.*, 2021). La proliferación de los agentes etiológicos es favorecida por las condiciones de temperatura y humedad altas, distintivas de las zonas tropicales (Pech *et al.*, 2007).

La mastitis según los productores de ganado bovino de Loma Bonita, Oaxaca, es una enfermedad que se presenta con regularidad en sus hatos (Martínez *et al.*,

2021). Esta enfermedad consiste en la inflamación de la glándula mamaria, con alteraciones evidentes o no de las características fisicoquímicas de la leche, aumento del número de células somáticas y, en última instancia, la pérdida de la funcionalidad del cuarto afectado (Calderón y Rodríguez, 2008).

Dentro de los hatos, la mastitis bovina se puede presentar en forma clínica o subclínica. La mastitis clínica se caracteriza por cambios evidentes en la ubre y en la leche (Moriano *et al.*, 2020; Pinelli *et al.*, 2022). En cambio, la mastitis subclínica no muestra anomalías perceptibles a simple vista o a la palpación manual de la ubre, por lo que puede pasar desapercibida, por ello, es considerada la modalidad más importante. En diversos países del mundo se calcula que la mastitis afecta alrededor del 50% de los hatos ganaderos, siendo la de tipo subclínico la de mayor frecuencia (20 a 50 veces superior a la mastitis clínica) (Bedolla y Ponce de León, 2008).

La prevalencia de la mastitis subclínica en los hatos ganaderos está asociada a una amplia diversidad de factores de riesgo, los cuales se pueden agrupar en tres categorías: dependientes del animal, dependientes del manejo y climáticos (Benavides *et al.*, 2011). Otros autores los clasifican en factores de manejo, sanitarios y productivos (Moriano *et al.*, 2020).

Se estima que los costos de la mastitis representan un cuarto del costo total de las enfermedades en los sistemas bovinos lecheros, ocasionando pérdidas económicas significativas para los productores (Pech *et al.*, 2007). Los costos económicos asociados a la enfermedad se clasifican en dos tipos: directos e indirectos. Entre los costos directos se encuentran: la reducción y/o pérdida de la producción láctea, leche desechada, servicios veterinarios, medicamentos y manejo adicional. En

cambio, los costos indirectos incluyen: disminución la producción de leche en comparación con las vacas sanas, desecho involuntario de vacas por reincidencia a la enfermedad y disminución de la calidad de la leche (Villagómez y Cervantes, 2013).

La mastitis bovina es considerada como una de las enfermedades que causa grandes pérdidas económicas al sector lechero (Moriano *et al.*, 2020; Romero *et al.*, 2018), debido a sus repercusiones en los parámetros productivos y reproductivos, lo que afecta la rentabilidad de la actividad y la economía de los productores (Bedolla y Ponce de León, 2008). Por ello, existe un amplio interés en identificar los factores que incrementan el riesgo de contraerla.

Los factores de riesgos de mastitis han sido evaluados a nivel animal, finca (Medrano *et al.*, 2021) y según la ubicación del cuarto de la ubre (Moriano *et al.*, 2020). Para determinar la presencia o prevalencia de mastitis subclínica se usan diversos métodos como la Prueba de Mastitis de California (PMC), Recuento de Células Somáticas (RCS), Recuento de Bacterias Mesófilas Aeróbicas (Medrano *et al.*, 2021), entre otras.

La mastitis subclínica en vacas lecheras es el problema de salud más frecuente en las unidades de producción asentadas en las zonas tropicales de México. Además, no existe un método totalmente efectivo para prevenirla y proteger a las vacas lactantes (incluso en hatos con los más estrictos sistemas de control de higiene). Por ello, es importante determinar la prevalencia, identificar los factores de riesgo asociados y estimar las pérdidas económicas potenciales por su presencia (Moriano *et al.*, 2020; Villagómez y Cervantes, 2013), particularmente en regiones donde la

ganadería bovina representa una actividad socioeconómica muy importante, como Loma Bonita, Oaxaca.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar la prevalencia de mastitis subclínica, así como de los factores asociados a su presencia y pérdidas económicas que puede representar para los productores de ganado bovino de nueve localidades del municipio de Loma Bonita, Oaxaca.

2.2. Objetivos específicos

1. Determinar la prevalencia de mastitis subclínica por vaca, tipo de ordeño, cuartos y ubicación de estos en la ubre, de unidades bovinas con ordeño manual y mecánico.
2. Determinar los factores de manejo, infraestructura, dependientes del animal y climáticos, asociados a la presencia de mastitis subclínica.
3. Estimar las pérdidas económicas potenciales para los productores, por la disminución en la producción de leche, ante la presencia de mastitis subclínica.

3. HIPÓTESIS

H₁. Existe diferencia en la prevalencia de mastitis entre unidades de producción de leche que llevan a cabo el ordeño manual con respecto a las que lo realizan de manera mecánica, en Loma Bonita, Oaxaca.

H₂. Existen factores de manejo, infraestructura, dependientes del animal y climáticos, que se asocian a la prevalencia y presencia de mastitis subclínica en unidades producción bovina de Loma Bonita, Oaxaca.

H₃. La prevalencia de mastitis subclínica en unidades de producción de Loma Bonita, Oaxaca es alta y representa pérdidas económicas elevadas para los productores.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Sistema de producción de leche en el trópico

En México, la producción de leche y carne bovina se lleva a cabo en diversos sistemas que van desde los altamente tecnificados que mantienen a los animales en condiciones de confinamiento en instalaciones modernas y equipadas, hasta aquellos sistemas familiares o extensivos que cuentan con poca infraestructura y equipamiento, y que dependen de la alimentación basada en el pastoreo extensivo o proporcionan esquilmos agrícolas (Escobedo, 2010).

En las regiones tropicales de México, predomina el sistema bovino de doble propósito que permite producir de manera simultánea leche, carne y becerros para la venta. En este sistema se utilizan animales cruzados resultado del apareamiento entre animales *Bos indicus* y *Bos taurus*, destacando el uso de las razas Pardo Suizo Americano, Holstein y Simmental como razas paternas. Se considera que estas zonas cuentan con un gran potencial para incrementar la producción, contribuyendo a abastecer la oferta nacional, y con ello, alcanzar la soberanía alimentaria (Magaña *et al.*, 2006; González, 2018). No obstante, los productores se enfrentan a diversos problemas durante la etapa de producción, por lo que es necesario mejorar los parámetros productivos y reproductivos para que se traduzcan en mayores ingresos y rentabilidad de las unidades de producción (Granados-Rivera *et al.*, 2018).

4.2. Anatomía y fisiología de la glándula mamaria de la vaca

La glándula mamaria, es el órgano encargado de producir y acumular la leche (Castañeda *et al.*, 2019). La productividad del animal y la calidad de la leche dependen del funcionamiento y constitución de la glándula (Fernández *et al.*, 2012). La estructura interna de la ubre está constituida por tejido glandular esponjoso, formado de numerosas células especializadas agrupadas llamadas alveolos (Castañeda *et al.*, 2019).

La ubre bovina se compone de cuatro glándulas mamarias conocidas como cuartos. Los cuartos funcionan de manera independiente y son de origen dérmico. Constan de un cuerpo glandular y pezón, tienen textura suave y redondeada y se sitúan en la región inguinal del bovino (Fernández *et al.*, 2012). La ubre se encuentra suspendida de dichas estructuras por el sistema suspensor que está formado por un grupo de ligamentos mediales que dividen y fijan la ubre al abdomen, mientras que el ligamento lateral actúa como soporte.

Cada cuarto, contiene un conjunto de ductos que llevan la leche al seno lactífero glandular. Asimismo, los alveolos son los sitios donde se lleva a cabo la secreción láctea. Un alveolo, es una vesícula pequeña de forma esférica con un diámetro de 100 a 300 μ , en la que los componentes de la sangre son transformados en leche. Los alveolos pueden alcanzar un volumen máximo cuando están llenos de leche y replegarse cuando están vacíos. Para ser drenados, se requiere de un sistema de tubos, como los conductos lactíferos que llevan la leche hacia la cisterna de la glándula mamaria y, posteriormente, a la cisterna del pezón para que pueda salir durante el amamantamiento del becerro o el ordeño (Elizondo, 2010).

El canal del pezón también es conocido como conducto galactóforo. Consta de un esfínter, cuya función principal es mantener la leche en la ubre durante los periodos entre ordeño y lactación. Se encuentra recubierto con epitelio poliestratificado liso que forma un tapón de queratina en la punta del pezón mediante la descamación, formándose una barrera protectora evitando la entrada de bacterias patógenas que provocan la mastitis (Reinoso, 2012).

4.3. Mastitis bovina

De acuerdo con Pastor y Bedolla (2008), la palabra mastitis tiene sus orígenes en las palabras griegas “mastos”, que significa pechos, e “itis” que quiere decir “inflamación de”. La inflamación es la respuesta del tejido productor de leche a una lesión traumática o la presencia de microorganismos infecciosos u otros agentes que han ingresado a la ubre.

La mastitis bovina se define como una reacción inflamatoria de la glándula mamaria, que produce alteraciones físicas y químicas en la leche, aumento de células somáticas por la presencia de microorganismos patógenos y pérdida de la funcionalidad (Calderón y Rodríguez, 2008). Esta enfermedad es el resultado final de la interacción de los microorganismos como agentes causales, la vaca como huésped y el medio ambiente (Saura *et al.*, 2010 y Aguilar *et al.*, 2014). Dependiendo la gravedad de la enfermedad, se van a manifestar trastornos secundarios como fibrosis, edema inflamatorio, atrofia del tejido mamario y abscesos o gangrena en casos muy graves. Finalmente, puede ocurrir pérdida de la función total o parcial de la ubre (Vega *et al.*, 2017). Los microorganismos colonizan la ubre cuando el operario, tanto en ordeño manual como mecánico,

descuida la higiene de la ubre, instalaciones, máquina de ordeño, entre otros (Zaror *et al.*, 2011).

En las regiones tropicales húmedas, la ganadería bovina está expuesta a las altas temperaturas, humedades relativas y precipitaciones, por lo que los animales sufren estrés permanentemente, lo que los hace vulnerables a ciertas enfermedades como la mastitis (Aranguren *et al.*, 2009).

4.4. Tipos de mastitis

En cuanto a los tipos de mastitis Paramanandham *et al.* (2021), mencionan la existencia de tres tipos: a) mastitis subclínica; b) mastitis clínica y c) mastitis crónica. No obstante, son las dos primeras las que se presentan con mayor regularidad en los hatos bovinos lecheros. De manera particular, la mastitis subclínica es de larga duración y se presenta con mucha mayor regularidad que la mastitis clínica (Bedolla *et al.*, 2007).

4.4.1. Mastitis clínica. La mastitis es un proceso inflamatorio de la glándula mamaria como respuesta a una infección microbiana causada por agentes patógenos que ingresan a ésta por medio del canal del pezón (Fernández *et al.*, 2012). Se caracteriza por la inflamación de uno o más cuartos, aumento de temperatura en la ubre, presencia de coágulos sanguíneos en la leche, grumos color amarillento y endurecimiento de la ubre, pérdida de la función, e incluso provocar la muerte del animal. La mastitis clínica puede presentarse de forma aguda y se caracteriza por su aparición súbita (Fernández *et al.*, 2012). Los signos clínicos que caracterizan la mastitis clínica incluyen una disminución de la producción láctea, incremento en el número de leucocitos, composición alterada de la leche y de

apariencia grumosa, fiebre, cuartos mamarios enrojecidos, inflamación e hipertérmicos, tumefacción o dolor en la ubre, aumento de la temperatura rectal, letargo, anorexia y en algunos casos la muerte (Fernández *et al.*, 2012).

La mastitis clínica tiene la ventaja de que puede ser diagnosticada a simple vista por los productores o encargados de las unidades de producción bovinas, ya sea por medio de la consistencia de la leche o bien, por la apariencia de la ubre. Aunque en los hatos se presenta en menor proporción con respecto a la mastitis subclínica, se incurre en costos que van a variar dependiendo del país y del presupuesto de los productores, entre ellos, los costos por tratamiento y honorarios del veterinario, la reducción de la producción de leche durante la parte restante de la lactación, las pérdidas de leche que ha sido desechada debido a la contaminación con antibióticos, la eliminación temprana, labor extra, disminución de la calidad de la leche e incremento de los riesgos de la enfermedad en el futuro (Pastor y Bedolla, 2008).

4.4.2. Mastitis subclínica. La mastitis subclínica es el proceso inflamatorio de la glándula mamaria que se caracteriza por la ausencia de signos clínicos en la ubre, y la leche luce con apariencia normal. Este tipo de infección tiene mayor efecto económico en las unidades de producción animal debido a que al no producir cambios, no son detectados por el productor y puede estar afectando a los animales provocando una disminución en la cantidad y calidad de la leche producida, por la alteración en la composición de la leche y la presencia de componentes inflamatorios en la misma viéndose reflejada en pérdidas económicas (Calderón y Rodríguez, 2008; Trujillo *et al.*, 2011).

La mastitis subclínica es causada cuando los organismos patógenos infectan uno o más cuartos, pero no causa daño a los alveolos por lo que no es detectable a simple vista por el productor debido a que la ubre de la vaca se observa normal y la leche no presenta ningún cambio visible, pero existen cambios importantes en la composición de la leche. Actualmente, la mastitis subclínica es la más frecuente, al no ser diagnosticada a tiempo o no ser reconocida por el ordeñador, representa peligro sanitario para las vacas ya que por los residuos de leche se eliminan microorganismos patógenos que luego serán transmitidos a otras vacas a través de los utensilios de ordeño, que posteriormente puede convertirse en mastitis clínica afectando el bienestar animal y la economía de la unidad de producción (Pinzón *et al.*, 2009). La mastitis subclínica es la más importante por no mostrar signos característicos de la inflamación, la vaca se observa sana, en la ubre no hay signos de inflamación, la leche es de aspecto normal, provoca disminución de la producción láctea y se manifiesta como una combinación de microorganismos con elevado número de células somáticas en leche, por lo que la inflamación de la glándula se asocia con el alto número de células somáticas en leche debido a la presencia de microorganismos causantes de la infección (Arrieta *et al.*, 2012).

4.5. Microorganismos causantes de la mastitis bovina

De acuerdo con autores como Bonifaz y Conlago (2016), la mastitis es una patología que puede ser originada por múltiples factores y provocada por un sin número de microorganismos que continuamente cambian su dinámica ecológica por las constantes mutaciones que sufren los agentes etiológicos que hace difícil su

tratamiento y erradicación, además de la resistencia de los animales por el mal uso de los antibióticos para tratar esta enfermedad.

Por lo regular, en los sistemas de ordeño mecánico, los microorganismos colonizan la ubre cuando el operario de las máquinas de ordeño, operan mal, provocando un proceso inflamatorio leve que causa pérdidas económicas. La enfermedad produce cuantiosas pérdidas económicas tanto para el productor por la reducción en la producción de leche, reemplazo prematuro de vientres, costo de tratamientos y eliminación de leche contaminada con antibióticos, como para la industria por la menor calidad de la leche y de los subproductos (Zaror *et al.*, 2011).

La mastitis bovina puede ser causada principalmente por bacterias, también puede ser producida por levaduras, micoplasmas, algas e incluso puede ser traumática. Se han identificado 137 organismos diferentes causantes de la mastitis, la gran mayoría son de origen bacteriano, principalmente las especies *Escherichia coli*, *Streptococcus uberis*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus dysgalactiae* y *Streptococcus agalactiae* que se encuentran en casi un 80% de los casos diagnosticados (Echeverri *et al.*, 2010).

Aguilar *et al.* (2014) realizaron un estudio microbiológico en un hato ganadero en el estado de Jalisco el cual reveló que el 100% de las muestras tuvieron presencia de *Staphylococcus aureus* y *Salmonella spp.* Mostrando que existe una alta prevalencia de mastitis, con una pérdida en la producción láctea del 16 a 24.5% del hato muestreado.

Zaror *et al.* (2011) mencionan que más del 95% de los casos de mastitis son causados por microorganismos como *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus agalactiae* y *Mycoplasma spp*, estos pueden sobrevivir dentro de la glándula

mamaria y causan infecciones asintomáticas, agentes ambientales como *Streptococcus uberis*, *Streptococcus dysgalactiae*, son oportunistas y no están adaptados y no son capaces de sobrevivir en la glándula mamaria y bacterias coliformes, especialmente *E. coli*; el 5% restante a organismos ocasionales como *Klebsiella spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Corynebacterium ulcerans*, *Nocardia spp.*, hongos levaduriformes como *Candida* y *Geotrichum*, y ciertas especies de algas del género *Prototheca*. La mastitis es generalmente el resultado final de la interacción de los microorganismos como agentes causales, la vaca como huésped y el medio ambiente, que puede influir en la vaca y en los microorganismos (Saura *et al.*, 2010; Aguilar *et al.*, 2014). Dependiendo la gravedad de la enfermedad, se van a manifestar trastornos secundarios como fibrosis, edema inflamatorio, atrofia del tejido mamario y abscesos o gangrena en casos muy graves, y finalmente, puede ocurrir pérdida de la función total o parcial de la ubre (Vega *et al.*, 2017).

4.6. Pérdidas económicas por mastitis

De acuerdo con diversos autores (Bedolla y Ponce de León, 2008; Halasa *et al.*, 2007; Pech *et al.*, 2007; Vissio *et al.*, 2015), la mastitis en el ganado bovino repercute en pérdidas económicas para los productores por diez aspectos: reducción de la producción de leche, adquisición de medicamentos y pago de servicios veterinarios, descarte de leche, costo de la mano de obra, reducción de la calidad de la leche, disminución del precio de la leche, materiales e inversiones, costos por diagnósticos, ocasiona otras enfermedades y la muerte del ganado.

4.6.1. Pérdidas de producción de leche. Para Bedolla y Ponce de León (2008), la mastitis puede provocar una pérdida económica para los productores por

la disminución en la producción de leche bovina por los animales enfermos de entre el 4 y 30%. En el mismo sentido, Pech *et al.* (2007) mencionan que el porcentaje de la disminución de leche por cuarto afectado puede variar del 9 al 23%. No obstante, se considera que la mastitis subclínica al no presentar síntomas visibles, también provoca bajas en la producción de leche, imperceptibles hasta que la reducción es muy elevada (Bedolla y Ponce de León, 2008).

Según Vissio *et al.* (2015), las pérdidas económicas asociadas a la mastitis subclínica debido a la reducción en la producción, se estiman tomando en cuenta el recuento de células somáticas en la leche, por la relación entre éste, el nivel de infección mamaria y la magnitud de las pérdidas físicas. En este sentido, existen dos maneras de calcular las pérdidas económicas potenciales, mediante la toma de muestras en el tanque o muestras de leche tomadas a cada vaca.

En el primer caso, cuando se mezcla a granel en un tanque la leche de todas las vacas, el conteo de células somáticas en una muestra es un buen indicador de la prevalencia de mastitis en el hato (Wattiaux, 2013). La forma de calcular la potencial baja en la producción se hace considerando los datos del Cuadro 1.

Cuadro 1. Determinación del porcentaje de pérdida de producción de leche, por mastitis subclínica en función del conteo de células somáticas.

Conteo de células somáticas	Cuartos infectados	Pérdida de producción (%)	Mastitis subclínica
< 200,000	6%	0-5	Cerca de cero
200,000-500,000	16%	6-9	Unos pocos casos
500,000-1,000,000	32%	10-18	Diseminada
> 1,000,000	48%	19-29	Epidémica

Fuente: Wattiaux (2013).

Villagómez y Cervantes (2013), proponen que la fórmula para determinar las pérdidas económicas por la reducción en la producción de leche se plantea de la siguiente manera:

Pérdidas económicas por la reducción en la producción = (Número de vacas) x (% de pérdida) x (Producción/vaca en el periodo) x (precio por litro de leche).

En el caso del cálculo de las potenciales pérdidas económicas provocadas por la reducción en la producción de leche por mastitis subclínica a partir de la toma de muestras de leche recogidas de cada vaca, se han planteado diversas alternativas. Una de ellas es calcular la producción potencial de leche, obtenida a partir de la simulación de la producción que podría lograrse si no hubiera casos de mastitis subclínica o cuartos perdidos. Para ello, a partir de la prueba de conteo de células somáticas, se consideran los siguientes porcentajes: reducción del 2% de la producción en cuartos con > 250,000 de células/mililitro, reducción del 33% en cuartos con > 1,000,000 de células/mililitro, y reducción del 100% en cuartos perdidos (Romero *et al.*, 2018).

Otra forma que se ha sugerido para estimar las pérdidas económicas por la reducción en la producción de leche por la presencia de mastitis subclínica, es la propuesta por Pech *et al.* (2007). En este caso se compara la producción diaria de leche de un grupo de vacas sanas con la producción de leche de otro grupo de vacas enfermas con mastitis subclínica, considerando como animales enfermos a aquellos que presentaran en alguno de los cuartos reacción positiva a la prueba de mastitis de California. La ecuación sugerida para calcular las pérdidas por la reducción de leche es la siguiente:

$$D_i = N_a * (Pr_s - Pr_e) * P_p$$

Donde:

D_i = Pérdida por disminución en la producción de leche.

N_a = Número de animales enfermos.

Pr_s = Promedio de litros obtenidos de los animales sanos durante el periodo de análisis.

Pr_e = Promedio de litros obtenidos de los animales enfermos durante el periodo de análisis.

P_p = Precio de venta del litro de leche.

4.6.2. Medicamentos y servicios veterinarios. La mastitis bovina genera para los productores gastos económicos importantes por tratamiento o prevención por la adquisición de antibióticos intramamarios. También por el pago de servicios veterinarios (Bedolla y Ponce de León, 2008). Los costos por el pago de los servicios veterinarios pueden variar en el caso de la mastitis clínica de acuerdo al tiempo dedicado al diagnóstico y al tratamiento, así como al costo de los medicamentos, esto tomando en cuenta que existen diversas ofertas en el mercado cuyo precio varía según la marca (Halasa *et al.*, 2007).

4.6.3. Leche desechada. Pech *et al.* (2007) señalan que el porcentaje de pérdidas económicas por leche contaminada desechada es del 14%. Para Halasa *et al.* (2007), los daños económicos debidos a la leche desechada son comparables a los derivados de la disminución de la producción lechera.

4.6.4. Mano de obra. Este costo se basa en estimar el tiempo que dedica el productor para la prevención de la mastitis subclínica, o bien, por la supervisión del tratamiento de los casos clínicos. Cuando se tiene la capacidad de contratar a alguien que se encargue de estas situaciones, entonces el costo de la mano de obra

se calcula multiplicando las horas dedicadas por el salario por hora. En este caso, los costos de oportunidad para el productor son nulos. No obstante, si el productor es quien dedica su tiempo a estas actividades, pudiendo dedicarlo a otras tareas de manejo de la unidad de producción, entonces el costo de oportunidad será el ingreso que deja de percibir por no realizar esas tareas (Halasa *et al.*, 2007).

4.6.5. Calidad del producto. Entre los objetivos de la ganadería bovina destaca la producción de alimentos de calidad, entre ellos la leche, para garantizar la satisfacción de la necesidad de alimentación de la población (Rojas *et al.*, 2021). La producción y abasto de leche bovina es considerada en algunos países como prioridad nacional, por ser uno de los alimentos más completos por su aportación nutritiva al ser humano (Ruiz *et al.*, 2016).

Debido a esto, se debe procurar cuidar la salud de los consumidores de leche y sus derivados, ofertando productos de buena calidad, no contaminados y que provengan de hatos ganaderos libres de enfermedades infecciosas como la mastitis bovina, cuyos agentes patógenos pueden afectar la salud humana (Bedolla y Ponce de León, 2008). De acuerdo portal lácteo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2023), la leche cruda de buena calidad se caracteriza por no contener sedimentos; no debe ser insípida ni tener color y olor anormales (características organolépticas), además, debe tener un contenido de bacterias bajo, entre otros aspectos que garanticen una leche y productos lácteos inocuos e idóneos para proteger la salud de los consumidores.

La mastitis bovina impacta directamente en la calidad de la leche, resultando en un producto con propiedades menos valiosas (Halasa *et al.*, 2007). Ello representa importantes pérdidas económicas en la industria láctea en México y el mundo,

llegándosele a considerar como un problema de salud pública (Mera *et al.*, 2017). Sin embargo, se considera que las pérdidas económicas por la falta de calidad de la leche son difíciles de calcular, sobre todo para los pequeños productores, salvo por el efecto en la reducción o castigo en el pago de venta de la leche, por pruebas como el conteo bacteriano o el recuento de células somáticas, que varían según el estado de mastitis de las vacas (Halasa *et al.*, 2007).

En algunos países existen estímulos o límites reglamentarios por parte de algunas empresas particulares y públicas, en cuanto al sistema de pago o bonificación hacia los productores, para garantizar la calidad de la leche (Halasa *et al.*, 2007). En el caso de México la empresa del Gobierno Federal que se encarga de la compra, recepción, pago e industrialización de la leche bovina a nivel nacional es LICONSA S.A. de C.V. (Gobierno de México, 2023). Esta paraestatal paga estímulos económicos a los productores por la leche de mayor calidad por contenido de grasa, proteínas, células somáticas, ausencia de antibióticos y tiempo de reductasa (SADER-SEGALMEX-LICONSA, 2021).

Tomando en cuenta que la leche es uno de los alimentos de origen animal más completos debido a su alto contenido de nutrientes. La calidad de la misma también se mide de acuerdo a su contenido nutricional. En este sentido, se calcula que la leche cruda está compuesta por un 87.6% de agua, 3.5% de grasa, 3.2% de proteína, 4.9% de lactosa, y 12.3% de sólidos totales, así como vitaminas y minerales. La proporción de los componentes puede variar con la etapa de lactancia, edad, alimentación, estado nutricional y otros factores, como la raza y estado de salud de la ubre de los animales. Además, la leche contiene células

epiteliales y de defensa, como los macrófagos, neutrófilos y linfocitos, todas en su conjunto se conocen como células somáticas (WingChing y Mora, 2013).

La mastitis produce disminución de la producción de leche y un incremento de las células somáticas, dicho incremento es el resultado según el grado de inflamación de la glándula mamaria como consecuencia de la infección de agentes patógenos y otros factores, también afecta las características fisicoquímicas de la leche y por lo tanto el valor nutricional y calidad sanitaria de la leche debido a la presencia de bacterias patógenas convirtiéndose en un peligro potencial para los consumidores (Andrade *et al.*, 2017).

Otro aspecto no menos importante que se debe cuidar en la calidad de la leche son sus cualidades organolépticas. En cuanto a esto, se considera que la leche procedente de glándulas mamarias afectadas por mastitis, presenta características organolépticas indeseables como sabores amargos y salados, debido al aumento de cloruro y disminución de lactosa. Así mismo, los subproductos derivados de la leche alterada desarrollan sabores rancios a consecuencia de la elevada cantidad de ácidos grasos libres que disminuyen la estabilidad de la grasa, reduciendo drásticamente la vida de anaquel de los productos (García y Casado, 1986).

Pueden percibirse olores desagradables y colores diferentes por la presencia de grumos y sangre coagulada en la leche, así como los productos derivados de la misma presentan características no deseadas debido a la elevada cantidad de vacas con mastitis subclínica (Corbelini, 2002).

4.6.6. Disminución del precio de la leche. Para Pastor y Bedolla (2008), los afectos económicos que la mastitis subclínica tiene para el productor son la reducción en el rendimiento de la leche y multas o castigo en el precio debido a los

elevados conteos de células somáticas presentes en los tanques de leche. Para la industria láctea, este tipo de enfermedad impacta en la baja de los rendimientos para la elaboración de quesos y otros derivados lácteos, mientras que, para los consumidores, los efectos son en su salud por la presencia de componentes inflamatorios y bacterias en la leche.

Las plantas pasteurizadoras castigan a los productores con la reducción del precio de compra por la mala calidad de la leche (Bedolla y Ponce de León, 2008). En el caso de LICONSA, cuando un productor es aceptado como proveedor de ésta se le indican las características de calidad y tipo de leche que deberán suministrar, así como el precio que se les va a pagar, periodo, volumen y condiciones del producto que entregarán, así como la planta o Centro de Acopio asignado para recibir su leche. En caso de que no se cumpla con las especificaciones, el responsable de estas, puede tomar la decisión de no recibir la leche, o informar de la calidad de la misma, lo que afectará los estímulos económicos de los productores (SADER-SEGALMEX-LICONSA, 2021).

4.6.7. Materiales e inversiones. De acuerdo con Halasa *et al.* (2007), en el manejo de la mastitis se incluyen materiales y otros productos diferentes a los medicamentos que cuestan dinero, por ejemplo, los desinfectantes, guantes, entre otros. En el caso de las inversiones, éstas incluyen el costo de la construcción de una sala de ordeño nueva, o bien, el costo por el mejoramiento de la misma e higiene. También se deben considerar los costos por el mantenimiento de las mismas.

4.6.8. Diagnóstico. Los costos por diagnóstico de la mastitis incluyen los costos técnicos y los cultivos bacterianos para hacer las pruebas (Halasa *et al.*,

2007). Otros costos que normalmente no se consideran en la producción láctea son: inversión en el desarrollo de nuevos productos para prevenir y controlar la mastitis; gastos en actividades de investigación para determinar prevalencia, factores causales, factores de riesgo, entre otros; cursos, seminarios, publicaciones y otras diversas actividades de difusión y educación para mejorar los programas de control de mastitis (Villagómez y Cervantes, 2013).

4.6.9. Otras enfermedades. La mastitis subclínica, es una enfermedad que tiene consecuencias económicas, debido a que las vacas infectadas son una fuente de infección por la eliminación de bacterias, esto tiene una relación entre la mastitis subclínica con otras enfermedades propias del ganado, como lo son: mastitis clínica, neumonía, trastornos reproductivos, abscesos, linfadenitis, otitis, artritis, conjuntivitis, entre otras (Vadillo *et al.*, 2002); ya que determinar su causalidad resulta difícil. Las pérdidas económicas pueden ser considerables provocadas por dichas enfermedades debido a que la presencia de la mastitis aumenta el riesgo de contraerlas. Sin embargo, esta pérdida es difícil de determinar porque las interacciones entre varias enfermedades son difíciles de identificar (Halasa *et al.*, 2007).

4.6.10. Sacrificio. Se sacrifica un animal cuando el productor decide deshacerse de él, siendo las vacas con mastitis las que primordialmente son enviadas al rastro y sustituidas por nuevos animales. El costo de una sustitución prematura de animales con mastitis es probablemente una de las mayores pérdidas económicas. Sin embargo, es muy difícil calcular con precisión. Cuando se sacrifica una vaca, se generan costos directos, por ejemplo, el costo de crianza o compra de animales de reemplazo. Un costo indirecto, es cuando los animales de reemplazo

tienen una producción de leche menos eficiente, ya que las vacas multíparas producen más leche que las vacas primíparas (Halasa *et al.*, 2007).

El costo de una sustitución prematura, varía con el tiempo según la producción de leche, pariciones y etapa de lactancia. La toma de decisiones sobre las pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis, se basa en los costos de mastitis clínica y subclínica en relación con los costos de atención veterinaria.

Las decisiones pueden tomarse considerándose a partir de tres niveles:

1. Cuarto o de vaca: se aplican individualmente y son principalmente el tratamiento de la mastitis clínica, subclínica o sacrificio. Sin embargo, también se puede considerar el tratamiento por vaca si el objetivo es prevenir futuros casos de mastitis.
2. Explotación: son aquellas relacionadas al manejo y control de la mastitis. Los beneficios de estas medidas son la reducción en la incidencia de mastitis y mejora en la calidad de la leche, lo que incrementa los ingresos por concepto de pago de la leche.
3. Región/país: incluyen la recopilación de datos en toda la región o el país para probar los beneficios de los programas de control de la mastitis

La toma de decisiones a nivel cuarto/vaca, explotación y región/país se ven afectadas directamente por los costos de factores que implican pérdidas económicas por manejo y prevención de la mastitis. Por lo tanto, estos factores se deben tomar en cuenta al llevar a cabo las medidas de manejo pertinentes en la unidad de producción independientemente del nivel toma de decisiones (Halasa *et al.*, 2007).

4.7. Factores asociados a la presencia de mastitis

La mastitis es una enfermedad compleja multifactorial, lo cual se debe tener en cuenta para poder implementar programas de prevención y conocer los costos que puede generar sin tener gastos adicionales. Existen diversos factores que influyen en la presencia de la mastitis, los cuales se pueden clasificar en tres tipos:

1. Dependientes del animal como la raza, la edad, número de partos o de lactancia, periodo de lactancia, mes de lactancia, condición corporal, producción diaria de leche (Benavides *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2011; Velásquez *et al.*, 2011; Alvarado *et al.*, 2019; Avellán *et al.*, 2019; Moriano *et al.*, 2020; Medrano *et al.*, 2021).
2. Dependientes del manejo como actitud de los ordeñadores, cambio de ordeñador, inmovilización de patas, uso de maneas limpias, estimulación preventiva, despunte, amarre de cola, lavado de la ubre, secado de pezones con toalla individual, lavado y secado de las manos de los ordeñadores, pre-sellado, ordeño de vacas con mastitis al final, sello de pezones al finalizar el ordeño, conocimiento sobre prevención de mastitis, acceso a agua para los animales, higiene durante el ordeño, uso de guantes, entre otros (Benavides *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2011; Vega *et al.*, 2017; Alvarado *et al.*, 2019; Sánchez *et al.*, 2020; Medrano *et al.*, 2021).

Dentro de los factores de manejo, se incluyen factores de infraestructura (instalaciones y equipos) como tamaño del establo, correcto diseño de la sala de ordeño, infraestructura específica para la ordeña, manga para facilitar la entrada y salida de los animales a la sala de ordeño, sistema de drenaje para los desechos y aguas de lluvia, capacidad animal de la sala de ordeña,

disponibilidad de sala de ordeño, instalaciones de ordeño, techo del área de ordeño, condición de limpieza del área de ordeño, condición de salida del área de ordeño, lugar del ordeño (Velásquez, 2011; Mendoza *et al.*, 2017; Alvarado *et al.*, 2019, Sánchez *et al.*, 2020; Medrano *et al.*, 2021).

3. Geográficos y climáticos como temperatura, humedad relativa, radiación solar, altitud sobre el nivel del mar de la unidad de producción, precipitaciones (Benavidez *et al.*, 2011).

Existen otras condiciones tropicales que influyen en la presencia de la mastitis como: carencia y/o inconsistencia en los registros productivos, presencia de enfermedades y escasa atención veterinaria. Los factores que contribuyen a la presencia de mastitis son múltiples y rara vez se presentan de forma individual, por lo tanto, es necesario identificar los factores más relevantes para establecer un buen programa de prevención y control de la mastitis clínica y subclínica en los hatos ganaderos (Villagómez y Cervantes, 2013).

4.8. Manejo sanitario como factor influyente en la presencia de mastitis subclínica

La higiene es un factor importante para garantizar la calidad de la leche, la salud y el bienestar de los animales por lo que un correcto manejo sanitario antes, durante y después del ordeño es indispensable para poder lograrlo. Las bacterias como *Staphylococcus aureus* pueden estar presentes en la piel de las manos del ordeñador y ser transmitidas a las vacas por medio del contacto directo, razón por la cual, las manos deben ser lavadas meticulosamente antes de cada ordeño, se recomienda usar guantes de nitrilo en el momento del ordeño para reducir la

contaminación de los pezones además de que hay menos posibilidad de transmitir bacterias o virus del ordeñador al consumidor, especialmente cuando el ordeñador tiene lesiones en sus manos.

Los ordeñadores deben también limpiar las áreas y equipos según sea necesario con agua caliente y desinfectante o, mejor aún, con mangueras automáticas, se puede mejorar aún más la higiene y la producción de leche proporcionándole al ordeñador mandil, ropa o uniforme limpios y de uso exclusivo para el ordeño.

Durante la ordeña, los pezones deben ser limpiados antes de comenzar a ordeñar, prestando principal atención a la limpieza de las puntas, la ubre deberá permanecer seca y limpia, si se usa agua, deberá ser tibia, si se utiliza desinfectante, deberá ser dosificado correctamente, en el caso de las toallas húmedas comerciales éstas deben ser usadas únicamente si es necesario, los pezones tienen que estar limpios antes del pre sellado, la toalla no debe tocar la ubre ni los pelos de la vaca antes de realizar la limpieza de los pezones, una vez limpios y secos los pezones no deberán tocarse una vez realizada la ordeña, se deberá aplicar sellador a los pezones y realizar las medidas de higiene necesarias después de la ordeña (Reyes *et al.*, 2009).

4.9. Estrés como factor influyente en la presencia de mastitis subclínica

El estrés afecta negativamente el bienestar animal, disminuyendo la rentabilidad y la viabilidad económica de las actividades ganaderas, dependiendo de la duración y la intensidad, se generan alteraciones con consecuencias negativas sobre el rendimiento de los animales en las unidades de producción, dentro de las consecuencias generadas se incluyen la disminución de la ingesta de alimento y la

rumia, reducción de la fertilidad, cambios en el funcionamiento del sistema inmune, incremento de la susceptibilidad a enfermedades causadas por microorganismos patógenos oportunistas como es el caso de la mastitis (Odeón y Romera, 2017).

Los factores estresantes provocan que el sistema inmunológico se suprima en los animales predisponiéndolos a infecciones como la mastitis subclínica, causando un incremento de las células somáticas (Naghshineh *et al.*, 2015).

En los bovinos productores de leche, los factores estresantes se dividen en factores físicos, sociales y las prácticas de manejo, son estímulos que activan el eje hipotálamo hipófisis adrenal (HPA), generando una respuesta de estrés multifactorial. Los factores que afectan al ganado son:

- 1) Ambientales: cambios de temperatura y humedad relativa, lluvias prolongadas, vientos fuertes, nevadas, sequías, inundaciones.
- 2) Régimen de vida: instalaciones precarias, comederos y bebederos de poca capacidad, ambientes sucios, oscuros, ventilación exagerada o deficiente, hacinamiento y promiscuidad.
- 3) Manejo: entrenamiento del personal, esquila, destete, transporte, cambios de potrero, arreos largos y apresurados, ordeño, vacunación.
- 4) Nutrición: hambre, sed, sobrealimentación, cambios de nutrición, pasturas succulentas o secas, aguas salobres, alimentos inadecuados para la especie.
- 5) Enfermedades: víricas, bacterianas, micóticas, parasitarias, intoxicaciones.
- 6) Factores quirúrgicos y psíquicos: heridas, quemaduras, contusiones, fracturas, operaciones, sangrías, castigos, gritos, puya eléctrica (Odeón y Romera, 2017).

Algunos de los factores estresantes que se deben tomar en cuenta en los hatos productores de leche o de doble propósito son evitar la sobrepoblación de animales,

cambiar constantemente de ordeñador, disminuir el estrés en la sala de ordeño con procedimientos veterinarios, impedir que los animales se asusten para que no haya retención de leche y fluya de manera adecuada, deficiencias en el manejo de pezuñas (Wolter *et al.*, 2004).

4.10. Pruebas de diagnóstico

Existen algunos métodos de diagnóstico para la identificación de casos de mastitis, que permiten obtener una cuantificación de células somáticas para conocer el estado sanitario de las vacas para prevenir la enfermedad, evitar la reducción de la producción y pérdidas económicas en el hato. Entre las pruebas de diagnóstico se encuentran: la prueba de California para mastitis, prueba de Catalasa, prueba de Wisconsin, prueba de CAMP y el monitoreo de células somáticas (Bedolla *et al.*, 2007).

4.10.1. Wisconsin. La prueba de Wisconsin para mastitis (WMT) es una de las más utilizadas a nivel laboratorio por su alta sensibilidad y bajo costo para el diagnóstico de la mastitis subclínica. Su objetivo es cuantificar las células somáticas en la leche recién ordeñada o almacenada en tanques y muestreo individual de vacas. Para realizarla se utiliza una solución similar a la utilizada en la prueba de California, obteniéndose un resultado cuantitativo a través de la observación del nivel de viscosidad que presente la muestra (Bedolla *et al.*, 2007). Consiste en verter dentro de un tubo graduado 5 ml de una solución surfactante con agua destilada en proporción (1:1), a temperatura ambiente, a continuación, se agita durante 10 segundos, horizontalmente y de izquierda a derecha. Se deja reposar 10 segundos y posteriormente se invierten los tubos durante 10 segundos. Una vez transcurrido

el tiempo, se procede a realizar la lectura en el tubo por debajo de la espuma que se forma. Los resultados se relacionan con la escala graduada en mililitros del tubo y su valor de células somáticas, empleando para su interpretación una tabla específica (Bedolla y Hernández, 2008).

4.10.2. Prueba de California para Mastitis (CMT). La Prueba de California para Mastitis (CMT) es la prueba más utilizada para el diagnóstico de la mastitis subclínica a nivel de campo, desde hace varias décadas. Es una técnica sencilla, económica y confiable que permite hacer un conteo aproximado del recuento de células somáticas para hacer un diagnóstico temprano. No proporciona un resultado numérico, más bien es un resultado categórico. La prueba consiste en agregar Alquilauril Sulfonato de Sodio a la leche, es un detergente que causa la liberación de ADN de los leucocitos formándose y mezclándose con algunos complejos proteicos de la leche formándose una gelatina, a mayor formación de la gelatina, el resultado será interpretado como el grado más elevado de inflamación (Echeverri *et al.*, 2010).

Los resultados se pueden clasificar en 4 tipos:

- Sin infección: < 200, 000 células/mL.
- Trazas: 200, 000 – 500, 000 células/mL.
- Grado 1: 500 000 - 1 500 000 células/mL.
- Grado 2: 1 500 000 - 5 000 000 células/mL.
- Grado 3: >5 000 000 células/mL.

4.10.3. Conteo de células somáticas por microscopía. El recuento microscópico de células somáticas de la leche denominado también, método óptico.

El método tradicional de recuento de células somáticas es el “recuento directo” por microscopio utilizando un agrandamiento de 500x. Es un ensayo cuantitativo de laboratorio por el cual se examinan bajo el microscopio utilizando frotis teñidos de leche y se cuenta el número de células somáticas. Los tanques de leche a granel con más de un millón de células por mililitro de leche, sugieren que por lo menos el 40% de las vacas de la explotación tienen mastitis. Los recuentos de menos de un cuarto de millón, indican que no más del 10% de las vacas están clasificadas bajo el número 2 de la escala de calificación en la prueba de California. Este método es más preciso, pero también el que consume más tiempo y requiere además equipo costoso. Sin embargo, es difícil que una persona alcance a contar más de 10 muestras por hora. Estos procedimientos son poco utilizados porque no se puede realizar con un número de muestras elevado en poco tiempo y con alta precisión (Fernández *et al.*, 2012).

4.10.4. Cultivo para identificación bacteriana y susceptibilidad antimicrobiana. Este método permite identificar de forma detallada el patógeno por medio de estudios de colonia y tinción Gram, se evalúan morfológicamente las bacterias en Gram positivos y Gram negativos. Además, se puede identificar el género y especie por medio de pruebas de coagulasa y catalasa. Esta prueba se realiza cultivando las muestras obtenidas en la leche en agares sangre, para métodos estándar, rojo violeta bilis, Baird Parker, y peptona de carne, estos se dejan incubar por periodos de tiempo entre 14 y 48 horas a 37°C en condiciones aeróbicas (Acosta *et al.*, 2017).

4.10.5. Cantidad de células somáticas con Ekomilk Scan. El equipo Ekomilk Scan realiza una estimación del número de células somáticas presentes

por mililitro de leche. El número de células somáticas se determina mediante la relación que existe entre el grado de viscosidad en el que se encuentra la solución de leche y el surfactante (EKOPRIM) y el número de células somáticas presentes en la leche analizada. Para realizar la cuantificación, el equipo mide el tiempo que demora en pasar la solución de leche con el reactivo surfactante (EKOPRIM) a través de un capilar ubicado en el módulo de mezcla de la muestra (Guerrero-Quiceno *et al.*, 2018). El principio en el cual se basa el análisis consiste en que el surfactante disuelve la membrana de las células y la membrana del núcleo de los leucocitos presentes en la ubre, causando la liberación del ADN y de esta manera se convierte en combinación con agentes proteicos de la leche en un gel que incrementa la viscosidad de la muestra (Hernández y Bedolla, 2008). Posteriormente, la solución debe pasar por un capilar y se toma el tiempo de flujo de la muestra de leche, estimando el número de células somáticas de acuerdo con el tiempo. El valor arrojado por el equipo deberá ser multiplicado por 10000 para obtener el recuento de células somáticas por mililitro de leche analizada (Guerrero-Quiceno *et al.*, 2018).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación y características de la región de estudio

El trabajo se llevó a cabo con pequeños productores de ganado bovino de doble propósito de comunidades pertenecientes al municipio de Loma Bonita, Oaxaca. Éste se encuentra ubicado entre las coordenadas 18° 06' 03" N y 95° 55' 50" O y una altitud promedio de 24 MSNM. El clima predominantemente es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y cálido subhúmedo con lluvias en verano, con precipitaciones medias anuales que van de los 1 500 - 2 500 mm, y un rango de temperatura entre los 24 - 28 °C (INEGI, 2015).

5.2. Animales y muestreo

El estudio es mixto de tipo longitudinal, comparativo y correlacional. Durante un periodo de seis meses (agosto de 2022-enero de 2023), se evaluaron un total de 1,365 vacas con diferentes etapas de lactación y sus respectivos cuartos mamarios, de 12 hatos del municipio de Loma Bonita, Oaxaca, México. De estos, ocho realizan el ordeño en forma manual y cuatro mecánicamente. Los criterios de inclusión para la muestra de los hatos fueron: 1) ser ganadero y contar con vacas en producción; 2) consentimiento previo para realizar la toma de muestras y pruebas de mastitis, y 3) disponibilidad para contestar el formato a productores para la obtención de los factores de riesgo de mastitis (Anexo 1) (Ávila, 1995; Manjarrez *et al.*, 2012; Avellán *et al.*, 2019). Para las vacas muestreadas los criterios de inclusión fueron: 1) observarse clínicamente sanas y 2) sin afectaciones aparentes en la leche ni en la glándula mamaria.

Las comunidades en las que se ubicaron los hatos fueron: Estación Obispo, San Benito Encinal, Hermanos Gutiérrez, El Triunfo, Predio Boca de Coapa, Zacatal y Arroyo Metate. Los criterios de inclusión fueron ranchos que tienen un solo ordeño al día con apoyo del becerro y/o uso de oxitocina, vacas clínicamente sanas, sin afectaciones aparentes en la leche ni en la glándula mamaria.

5.3. Procedimiento de la prueba de California para diagnóstico de mastitis

El diagnóstico de la prevalencia de mastitis subclínica se realizó en campo mediante la prueba de California, visitándose una vez al mes cada unidad de producción. Mientras que en laboratorio se aplicó el conteo de células somáticas individual y por tanque.

Para la prueba de California se siguió el procedimiento descrito por diversos autores (Gómez *et al.*, 2015; Avellán *et al.*, 2019; Pérez *et al.*, 2022), que consiste en realizarla antes del ordeño del animal, limpiar o desinfectar los pezones, eliminar los primeros chorros de leche (despunte), colocar 3 mL en las diferentes cámaras de una bandeja de plástico (paleta) de acuerdo a la ubicación de cada cuarto mamario. Posteriormente se aplicó aproximadamente la misma cantidad de reactivo Diagmastin® para la prueba CTM (Detergente alquil-aril Sulfonato de Sodio más indicador Púrpura de Bromocresol). Finalmente se homogeneizó la mezcla realizando movimientos circulares de la paleta durante 10 segundos.

La lectura de los resultados se interpretó en una escala ordinal, según la reacción manifestada (Cuadro 2) (Sánchez *et al.*, 2018; Alvarado *et al.*, 2019).

Cuadro 2. Interpretación según la reacción a la prueba de California para mastitis.

Lectura	Reacción	Grado de mastitis	Interpretación
Negativa	La mezcla se mantiene líquida, no hay alteración en la consistencia	0	Vaca o cuarto sano
Trazas	Ligera viscosidad, que desaparece casi inmediatamente con la rotación continua de la paleta	1	Infección sospechosa
Grado 1	Mezcla viscosa sin tendencia a formar gel y sin adherirse al fondo	2	Infectado
Grado 2	La mezcla es viscosa, con ligera formación de gel que se adhiere al fondo	3	Infección evidente
Grado 3	La mezcla es muy viscosa tipo gel y fuertemente adherida, formado un solo grumo	4	Infección seria

Fuente: Elaboración propia basada en varios autores.

Las reacciones se codificaron con 0: para las muestras negativas, 1: para las muestras trazas, 2: Grado 1 para prevalencia débil, 3: Grado 2 para prevalencia evidente, y 4: Grado 3 para prevalencia fuerte (Manjarrez *et al.*, 2012; Gómez *et al.*, 2015; Sánchez *et al.*, 2018; Alvarado *et al.*, 2019; Pérez *et al.*, 2022). El procedimiento se repitió para cada uno de los animales que se encontraban en ordeño enjuagando la paleta antes de realizar la prueba a la siguiente vaca. Cabe mencionar que para la presente investigación se consideró como vaca o cuarto afectado, las lecturas a partir de ligeramente positivo, es decir, sin considerar trazas. Esto tomando como referencia algunos estudios similares (Pech *et al.*, 2007; Gómez *et al.*, 2015; Sánchez *et al.*, 2018; Alvarado *et al.*, 2019). Además, no se tomaron en cuenta los cuartos ciegos.

Los datos de la prevalencia de mastitis se registraron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel (Avellán *et al.*, 2019). Se elaboraron y analizaron cuadros y gráficas

de frecuencias y/o proporciones para facilitar el análisis de las prevalencias (Manjarrez *et al.*, 2012).

5.4. Cálculo de la prevalencia de mastitis subclínica

El cálculo de la prevalencia de mastitis subclínica se hizo de cinco maneras tomando en consideración las fórmulas empleadas en estudios previos: 1) prevalencia en vacas (PV) (Gómez *et al.*, 2015; Sánchez *et al.*, 2018; Avellán *et al.*, 2019; Escobedo *et al.*, 2021); 2) Prevalencia por tipo de ordeño (PTO); 3) prevalencia en el total de cuartos mamarios (PTCM) (Gómez *et al.*, 2015; Sánchez *et al.*, 2018; Avellán *et al.*, 2019); 4) Prevalencia en cuartos mamarios individuales (PCMI) (Gómez *et al.*, 2015; Avellán *et al.*, 2019); y 5) Prevalencia por cuartos mamarios individuales por posición y grado de reacción (PCMIPGR).

$$PV = \frac{\text{No. de vacas positivas}}{\text{No. total de vacas muestreadas}} \times 100$$

$$PTO = \frac{\text{No. de vacas positivas según tipo de ordeño}}{\text{No. total de vacas muestreadas tipo de ordeño}} \times 100$$

$$PTCM = \frac{\text{No. de cuartos positivos}}{\text{No. total de cuartos muestreados}} \times 100$$

$$PCMI = \frac{\text{No. de cuartos positivos por posición}}{\text{No. total de cuartos muestreados por posición}} \times 100$$

$$PCMIPGR = \frac{\text{No. de cuartos positivos por posición y grado de reacción}}{\text{No. total de cuartos muestreados por posición}} \times 100$$

5.5. Prueba y determinación del conteo de células somáticas por vaca y hato

Para hacer el comparativo y determinar la existencia de posibles diferencias entre la prueba de California para mastitis y el conteo de células somáticas, se tomaron muestras de leche de cada vaca y por unidad de producción para llevar a cabo esta última de acuerdo a lo descrito por Echeverri *et al.* (2010).

Considerando lo mencionado, se cuidó no interrumpir el proceso normal de ordeño, una vez que las vacas se encontraban correctamente ubicadas en el área de ordeño y debidamente identificadas, se colectaron aproximadamente 100 mL de leche por vaca directamente de la glándula mamaria mediante el ordeño manual en vasos colectores de muestra de plástico provistos de tapa con rosca, identificados con fecha, número de vaca y nombre del rancho, posteriormente se colocaron en una caja térmica con refrigerantes con la finalidad de bajar la temperatura para evitar la proliferación de microorganismos y garantizar su preservación. Las muestras recolectadas fueron transportadas al laboratorio de sanidad de la Universidad del Papaloapan campus Loma Bonita. Para realizar el contenido de células somáticas presentes en la leche, se empleó el analizador Ekomilk SCAN[®]. Siguiendo las instrucciones del proveedor (Bulteh 2000[®], 2021), se prepararon las muestras debidamente identificadas y ordenadas, se homogenizaron agitándolas de forma circular para no formar espuma inmersas en baño maría para elevar la temperatura a 20 °C. Posteriormente, se añadieron 15 mL de agua destilada en el balón receptor de muestra para realizar un lavado; se tomó con una jeringa 5 mL de solución Ekoprim (surfactante de marca comercial) preparada previamente y se colocó en el balón receptor, luego se colocaron 10 mL de la muestra de leche y se añadieron al balón. Después, el equipo agitó la muestra, la muestra fluyó a través del capilar,

reflejando el tiempo en segundos, correspondiente al tiempo que tardó en pasar la mezcla por el capilar, y el número de células somáticas. Se consideraron positivos cuando el conteo de células somáticas fue superior a las 400,000 células / mL.

5.6. Obtención de los factores de riesgo de mastitis

Para determinar los factores de riesgo asociados a la presencia de mastitis subclínica se desarrolló un formato (Anexo 1) que se aplicó parcialmente a los productores o encargados del ordeño de cada uno de los 12 hatos, y por observación directa en los aspectos que eran evidentes a simple vista.

El formato incluyó una sección de datos generales con el nombre y edad del productor, nombre de la unidad de producción y localidad. En el caso de los factores se clasificaron en relacionados con el manejo (12 ítems), relacionados con la infraestructura (12 ítems), relacionados con el animal (5 ítems) y en factores climáticos (3 ítems) (Anexo 1). En este último caso, se obtuvo información de la temperatura ambiental, humedad relativa y precipitación en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca, durante el periodo que abarcó el estudio (agosto de 2022-enero de 2023), de la Estación Meteorológica Militar No. 29 ubicada en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca.

5.7. Análisis estadístico para la comprobación de hipótesis

Los análisis estadísticos para la comprobación de hipótesis se eligieron de acuerdo al tipo de variable e hipótesis de investigación a comprobar. Se dio prioridad al uso de pruebas estadísticas paramétricas cuando la variable dependiente (prevalencia o presencia de mastitis subclínica) fuera de tipo numérico (continua o discontinua)

y cumplieran con el criterio de distribución normal. En caso de que la variable independiente fuera categórica (nominal u ordinal), o bien, numérica que no cumpliera con el criterio de normalidad, se optó por el uso de pruebas estadísticas no paramétricas (Gómez *et al.*, 2003; Berlanga y Rubio, 2012; Ramírez y Polack, 2020).

Considerando lo mencionado, para hacer la comprobación de hipótesis (H_1) de la existencia de diferencias entre la prevalencia de mastitis de las unidades de producción con ordeño mecánico en comparación con las de ordeño manual se llevó a cabo una prueba previa de distribución de normalidad de los datos para la variable prevalencia de mastitis subclínica por mes. La prueba empleada fue la de Kolmogorov-Smirnov, tomando en cuenta que se contaba con 72 observaciones, cifra por encima de las 30 observaciones que se requieren como mínimo para aplicarla. Debido a que el nivel de significancia fue superior a 0.05 ($p > 0.193$) (Cuadro 3), se asumió que la prevalencia de mastitis mensual de las unidades de producción seguía una distribución normal, por lo que se optó por aplicar la prueba estadística paramétrica de t-Student para la comparación de dos grupos (ordeño manual y ordeño mecánico) (Rivas *et al.*, 2013).

Cuadro 3. Prueba de distribución normal de la variable prevalencia de mastitis.

Kolmogorov-Smirnov^a		
Statistic	Df	Sig.
.094	72	.193

a. Lilliefors Significance Correction

En el caso de la segunda hipótesis de investigación (H_2), particularmente de cada uno de los 12 factores de manejo y 12 factores de infraestructura, al ser codificados en dos grupos (Si-No) (Cuadro 4 y Cuadro 5) y debido a que la variable prevalencia

de mastitis siguió una distribución normal (Cuadro 3), también se hizo uso de la prueba t-Student.

Cuadro 4. Codificación de ítems factores de manejo.

El productor:	Escala	
1. Inmoviliza las patas de la vaca	Si	No
2. Usa de maneas limpias	Si	No
3. Amarra la cola al ordeñar	Si	No
4. Lava sus manos antes de ordeñar	Si	No
5. Lava los pezones	Si	No
6. Limpia los pezones	Si	No
7. Usa de toallas individuales	Si	No
8. Realiza el despunte	Si	No
9. Conoce sobre mastitis	Si	No
10. Separa y ordeña las vacas enfermas al final	Si	No
11. Usa sellado de pezones	Si	No
12. Tiene conocimientos sobre prevención de mastitis	Si	No

Cuadro 5. Codificación de ítems factores de infraestructura.

En la unidad de producción se cuenta con o existe:	Escala	
1. Sala de espera	Si	No
2. Instalaciones en buen estado	Si	No
3. Sala exclusivamente para ordeño	Si	No
4. Sala correctamente diseñada	Si	No
5. Piso de concreto	Si	No
6. Drenaje para agua de lluvia	Si	No
7. Luz eléctrica	Si	No
8. Techado	Si	No
9. Materiales de concreto y lamina	Si	No
10. Sala limpia durante el ordeño	Si	No
11. Presencia de moscas u otros	Si	No
12. Estrés durante el manejo	Si	No

Para determinar la asociación de los factores dependientes del animal y climáticos con la presencia de mastitis subclínica, se empleó el número de pezones que resultaron positivos a la prueba de California para mastitis, como variable dependiente, codificándose con 1 cuando uno de los pezones resultó positivo, 2 cuando dos resultaron positivos, 3 en caso de que tres resultaran positivos y 4 en

caso de que los cuatro fueran positivos, independientemente del grado de infección. Cabe mencionar que en caso de los pezones con mastitis clínica o perdidos no se consideraron para este análisis.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov se aplicó tanto al número de pezones con mastitis subclínica, así como a 3 de los factores dependientes del animal y los 3 factores climáticos (Cuadro 6). Esto debido a que se trataban de variables numéricas.

Cuadro 6. Prueba de distribución normal de pezones positivos, factores dependientes de animal y climáticos

	Ítem	Kolmogorov-Smirnov ^a	
		Statistic	Sig.
	Número de pezones con mastitis subclínica	.337	.000
Animal	Edad de la vaca ^b	.149	.000
	Condición corporal de la vaca ^{b*}	.218	.000
	Mes de lactancia de la vaca ^b	.079	.000
Clima	Temperatura promedio mensual ^c	.174	.000
	Humedad promedio mensual ^c	.175	.000
	Precipitación promedio mensual ^c	.231	.000

a. Lilliefors Significance Correction; b. Factores dependientes del animal; c. Factores climáticos. * La condición corporal se midió tomando como referencia el trabajo de Kido *et al.* (2022), quienes usaron una clasificación de 1 para vacas flacas, 2 para vacas normales y 3 para vacas gordas.

Debido a que el nivel de significancia fue inferior a 0.05 ($p < 0.05$) en las siete variables del Cuadro 6, se asumió que ninguna seguía una distribución normal, por lo que se optó por aplicar la prueba estadística no paramétrica de correlación de Spearman.

Los coeficientes de correlación de Spearman se interpretaron a partir de la fuerza y dirección de los mismos, siguiendo la propuesta de Lind *et al.* (2012) (Figura 1).

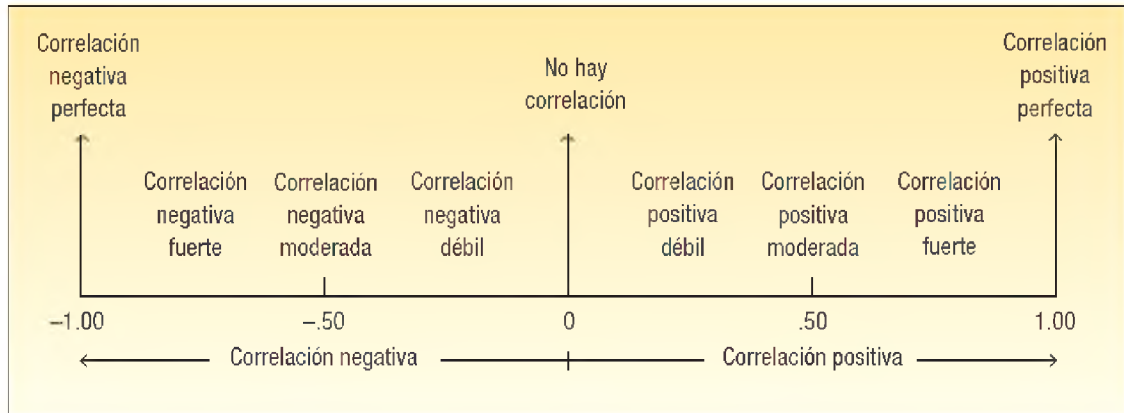


Figura 1. Fuerza y dirección del coeficiente de correlación.
Fuente: Lind *et al.* (2012).

Para los dos factores restantes dependientes del animal como lo fueron el número de partos medido en categorías de primíparas y multíparas, así como la presencia del becerro medido también en dos categorías (becerros en amamantamiento y becerros sin amantar), se analizaron por medio de la prueba no paramétrica de U de Mann Withney, tomando en cuenta que la variable pezones con mastitis no siguió una distribución normal.

Para la comprobación de las hipótesis H_1 y H_2 , se preestableció un nivel de significancia de p menor al 5% ($p < 0.05$). Para ello, se empleó el software estadístico SPSS® versión 21.0.

5.8. Determinación de la pérdida económica

La pérdida económica se determinó empleando una hoja de cálculo de Excel en la que se capturaron y calcularon los datos necesarios, siguiendo los siguientes pasos:

1.- A partir de lo sugerido por Pech *et al.* (2007), se calculó el volumen de producción de leche de las vacas que resultaron negativas a la prueba de California para mastitis y que tuvieran los cuatro cuartos funcionales.

- 2.- El volumen de producción se dividió entre el total de vacas sanas, dando como resultado un promedio de 3.5 L por vaca sana.
- 3.- El promedio de producción de leche de cada vaca sana se dividió entre cuatro, obteniéndose con un rendimiento por pezón de vacas sanas de 0.9 L.
- 4.- Se obtuvo el número de pezones que resultaron positivos a la prueba de California para mastitis de las 12 unidades de producción para cada grado durante el periodo de estudio.
- 5.- Para cada grado de mastitis subclínica (1, 2 y 3) durante el periodo se multiplicó el número de pezones positivos por el promedio del rendimiento por pezón de las vacas sanas para determinar el volumen potencial de producción en caso de que fueran negativos.
- 6.- Se determinó la reducción de leche mínima, máxima y promedio, tomando como referencia los rangos en porcentaje de la reducción potencial de la leche mencionados por Wattiaux (2013), de 6 a 9% para pezones con grado 1 de mastitis subclínica; de 10 a 18% para pezones con grado 2 de mastitis subclínica y de 19 a 29% para pezones con grado 3 de mastitis subclínica. Dichos rangos coinciden con los porcentajes de reducción en la producción de acuerdo al conteo de células somáticas por mililitro mencionadas por Romero *et al.* (2018).
- 7.- Se consideraron tres diferentes precios para estimar las pérdidas potenciales. En este sentido, se empleó el precio promedio durante el periodo de \$ 6.42 / litro calculado por el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2023), precio promedio pagado por los queseros de la región durante el periodo de \$ 8.50/ litro y el precio promedio pagado por el centro de acopio LICONSA de Loma Bonita Oaxaca, durante el periodo de \$10.00/ litro.

8.- Con esta información se plantearon tres escenarios, para determinar la pérdida mínima, máxima y promedio de acuerdo a los porcentajes de reducción potencial en la producción de leche y los precios promedio de las instancias mencionadas para lo cual se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas económicas} = ((\text{TPG} \times \text{RPPVS}) \times \text{PP}) \times \text{PPE} \times \text{PE}$$

Dónde:

TPG: Total de pezones positivos con grado 1, 2 o 3

RPPVS: Rendimiento promedio por pezón de vacas sanas

PP: Porcentaje de pérdidas (mínimo, máximo y promedio)

PPE: Precio promedio por entidad (SIAP, quesero, LICONSA)

PE: Periodo de estudio (180 días)

9.- Para calcular la pérdida potencial total mínima, máxima y promedio del periodo, se sumaron las pérdidas potenciales por cada grado por cada entidad.

Aunado a lo anterior, se consideraron y sumaron las pérdidas del 100% para pezones con mastitis clínica y no funcionales, con lo cual las pérdidas económicas por reducción de la producción de leche se incrementaron considerablemente.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Descripción de las unidades de producción muestreadas

Durante el periodo de análisis se muestrearon un total de 1,635 vacas en producción de los 12 hatos incluidos en el estudio. El rancho con menor número de vacas en producción contaba con 11 cabezas y el de mayor cantidad disponía de 73 cabezas. En todos los casos sólo se realiza un ordeño al día y se hace uso de oxitocina para estimular la bajada de la leche. El número de cuartos mamarios muestreados fue de 6,540, de los cuales 6,232 (95.3%) eran funcionales y 308 (4.7%) no funcionales. De los cuartos mamarios a los que se les aplicó la prueba de California para mastitis, los resultados de acuerdo al grado de afectación se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Animales y cuartos mamarios analizados en el periodo de estudio.

Concepto	Cantidad	Porcentaje
Cuartos mamarios funcionales	6,232	95.3
Cuartos mamarios no funcionales	308	4.7
Total de cuartos mamarios muestreados	6,540	100
Cuartos mamarios negativos	3,973	63.8
Cuartos mamarios con trazas	672	10.8
Cuartos mamarios con mastitis subclínica	1,475	23.7
Cuartos mamarios con mastitis clínica	112	1.8
Total de cuartos mamarios funcionales analizados	6,232	100
Cuartos mamarios con grado 1 de mastitis subclínica	770	52.2
Cuartos mamarios con grado 2 de mastitis subclínica	459	31.1
Cuartos mamarios con grado 3 de mastitis subclínica	246	16.7
Total de cuartos mamarios con mastitis subclínica	1,475	100

Estos resultados evidencian un porcentaje mayor de mastitis subclínica con respecto a la mastitis clínica en las unidades de producción de ganado bovino del municipio de Loma Bonita, Oaxaca, lo que coincide con otros trabajos similares (Bedolla y Ponce de León, 2008; Pérez *et al.*, 2022) que también reportan mayores

porcentajes de mastitis subclínica con respecto a la mastitis clínica. En dichos trabajos también se advierte sobre los impactos en la economía de los productores que la mastitis subclínica provoca por la disminución de la cantidad y calidad de la leche (Trujillo *et al.* 2011; Murillo *et al.*, 2017), que es de larga duración y difícil de ser detectada a simple vista (Rodríguez, 2020).

6.2. Prevalencia de mastitis subclínica por vaca

De los 1,635 animales de las 12 unidades de producción muestreadas durante el periodo de análisis, 681 resultaron positivas a la prueba de California para mastitis subclínica, obteniéndose una prevalencia por vaca de 41.6%. El mes con mayor número de vacas que dieron positivo a la prueba de California para mastitis fue noviembre con 132 cabezas y en octubre se registró la menor cantidad con 98 casos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Prevalencia de mastitis subclínica en hatos bovinos de Loma Bonita.

UPP	Vacas muestreadas y positivas por mes												Vacas periodo	
	Ago		Sep		Oct		Nov		Dic		Ene		M	P
	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P				
UPP 1	12	1	16	4	12	1	10	2	8	3	0	0	58	11
UPP 2	30	7	33	13	31	10	29	11	28	8	19	10	170	59
UPP 3	11	4	11	4	9	2	4	0	4	0	5	0	44	10
UPP 4	16	5	17	10	16	9	15	8	13	4	17	11	94	47
UPP 5	12	4	9	1	7	2	8	3	9	3	8	3	53	16
UPP 6	18	3	16	5	14	4	16	3	15	6	13	4	92	25
UPP 7	14	3	14	4	14	3	17	8	14	5	16	8	89	31
UPP 8	43	22	46	19	38	29	31	24	31	24	31	20	220	138
UPP 9	12	5	25	8	25	4	25	9	20	12	24	6	131	44
UPP 10	72	33	73	34	64	19	72	48	79	25	72	41	432	200
UPP 11	32	13	30	9	23	12	18	10	30	9	27	12	160	65
UPP 12	15	6	15	6	14	3	9	6	19	6	20	8	92	35
Total	287	106	305	117	267	98	254	132	270	105	252	123	1,635	681
Prevalencia de mastitis por vaca														41.7%

UPP: Unidades de producción pecuaria; M: Muestreadas; P: Positivas

Avellán *et al.* (2019) consideran que la prevalencia de mastitis subclínica por vaca es alta cuando supera el 38%. Mientras que Sánchez *et al.* (2018) la consideran alta cuando es superior al 40%. Tomando esto como referencia, la prevalencia de mastitis subclínica en el caso de las unidades de producción del municipio de Loma Bonita, Oaxaca es alta.

La prevalencia determinada en este estudio es similar al 43.4% calculado por Sánchez *et al.* (2018) en una muestra de 348 vacas de 12 veredas de la región de Anaime, localizada en la “despensa agrícola de Colombia”, municipio de Cajamarca, departamento de Tolima (Colombia). También es similar al 38.6% hallado por Avellán *et al.* (2019), quienes evaluaron 280 vacas en ordeño durante seis meses, en diversos hatos bovinos del cantón Rocafuerte, perteneciente a la provincia de Manabí en Ecuador.

En México, Pinelli *et al.* (2022) registraron un 50.7% de prevalencia de mastitis subclínica en ganado doble propósito en pastoreo en la región central del estado de Sonora. Por su parte, Manjarrez *et al.* (2012), calcularon un 48.3% para una muestra de 269 vacas en diferentes etapas de lactación en la región Centro-Este del Estado de México. Pérez *et al.* (2022) hallaron prevalencias de mastitis subclínica del 46.5% en verano y del 47.5% en invierno en bovinos doble propósito en Sonora, México.

Por otro lado, es inferior y muy inferior a la prevalencia determinada en otros países de América Latina. Alvarado *et al.* (2019), reportaron un 51% en 50 vacas de 15 fincas bajo ordeño manual en la cuenca lechera de Florida, región Amazonas, Perú. Gómez *et al.* (2015) obtuvieron un 65.6% al trabajar con 209 vacas en el distrito de Tamburco (Abancay, Apurímac, Perú). Bonifaz y Conlago (2016) determinaron un 64% en 220 vacas en producción de 42 fincas ganaderas durante cuatro meses en

la comunidad de Paquiestancia cantón Cayambe, Ecuador y Moriano *et al.* (2020) calcularon un 60% en el distrito Pacobamba en la región Apurímac, Perú.

En el sentido contrario, la prevalencia del 41.6% registrada en esta investigación es superior al 35.6% hallado por Aguilar *et al.* (2014) para 1362 vacas Holstein de 37 unidades de producción lecheras de la región Ciénega del Estado de Jalisco, México y al 27% manifestado por Escobedo *et al.* (2021) en 268 vacas productoras de leche en los sectores de San Lorenzo y Miraflores de Levanto, pertenecientes a la cuenca ganadera del distrito de Florida-Pomacochas, Perú.

De acuerdo, con algunos autores (Avellán *et al.* 2019) las diferencias de mastitis subclínica tanto en vacas como en cuartos mamarios de contextos geográficos de diferentes países de América Latina, puede ser explicada o deberse a la existencia de determinados factores que fluctúan en cada lugar específico.

6.3. Prevalencia de mastitis subclínica por tipo de ordeño

De los ocho hatos con ordeño manual incluidos en estudio, 264 vacas de las 760 muestreadas durante el periodo de análisis dieron positivo a la prueba de California para mastitis. Esto significó una prevalencia de 34.7%. En el caso de las cuatro unidades de producción que contaban con ordeño mecánico, la relación fue de 417 vacas positivas de un total de 875 muestreadas, dando una prevalencia de 47.7% (Cuadro 9). Esto implica una prevalencia de mastitis subclínica, 13% superior de los hatos con ordeño mecánico con respecto a los de ordeño manual.

De acuerdo con Cordero *et al.* (2014), una prevalencia de mastitis subclínica mayor en los sistemas bovinos con ordeño mecánico, se puede deber a que las vacas en producción se encuentran expuestas a un mayor riesgo de infección por el uso

continuo de pezoneras, además de hacimiento de las vacas que provoca una mayor humedad y suciedad de las instalaciones, favoreciendo el desarrollo de microorganismos como bacterias, hongos, entre otros. Mientras que los hatos con ordeño manual, al contar con un bajo número de animales y bajos niveles de producción por vaca, el ordeño es más eficiente y teóricamente existen menos riesgos de que los animales se contagien de mastitis subclínica.

Cuadro 9. Prevalencia de mastitis subclínica por tipo de ordeño en Loma Bonita.

UPP	Mes												Total	
	1		2		3		4		5		6		Periodo	
	VM	VP	VM	VP	VM	VP	VM	VP	VM	VP	VM	VP	VM	VP
1 ordeño manual	12	1	16	4	12	1	10	2	8	3	0	0	58	11
2 ordeño manual	30	7	33	13	31	10	29	11	28	8	19	10	170	59
3 ordeño manual	11	4	11	4	9	2	4	0	4	0	5	0	44	10
4 ordeño manual	16	5	17	10	16	9	15	8	13	4	17	11	94	47
5 ordeño manual	12	4	9	1	7	2	8	3	9	3	8	3	53	16
6 ordeño manual	18	3	16	5	14	4	16	3	15	6	13	4	92	25
7 ordeño manual	14	3	14	4	14	3	17	8	14	5	16	8	89	31
8 ordeño manual	32	13	30	9	23	12	18	10	30	9	27	12	160	65
Total ordeño manual	145	40	146	50	126	43	117	45	121	38	105	48	760	264
Prevalencia ordeño manual														34.7%
1 ordeño mecánico	43	22	46	19	38	29	31	24	31	24	31	20	220	138
2 ordeño mecánico	12	5	25	8	25	4	25	9	20	12	24	6	131	44
3 ordeño mecánico	72	33	73	34	64	19	72	48	79	25	72	41	432	200
4 ordeño mecánico	15	6	15	6	14	3	9	6	19	6	20	8	92	35
Total ordeño mecánico	142	66	159	67	141	55	137	87	149	67	147	75	875	417
Prevalencia ordeño mecánico														47.7%

VM: Vacas muestreadas; VP: Vacas positivas.

Resultados similares en cuanto a una mayor prevalencia de mastitis subclínica en sistemas de producción con ordeño mecánico son reportados por diversos autores. En este sentido, Pérez *et al.* (2022) hallaron una prevalencia de 69.3% en vacas ordeñadas mecánicamente contra 63.8% ordeñadas manualmente, en unidades de producción bovina de Sonora, México, aunque sin diferencias significativas.

Ruiz *et al.* (2011) en su estudio de 11 fincas (seis con ordeño manual y cinco con ordeño mecánico), obtuvieron prevalencias por cuarto mamario con diferencias significativas de 39.3 y 54.8%, respectivamente, por medio la prueba de California para mastitis para bovinos lecheros del municipio de Pernambuco, Brasil.

Por su parte, Rodríguez (2006), refiere una prevalencia de 61.2% en vacas con ordeño mecánico y de 48% en vacas con ordeño manual, de una muestra de 644 cabezas pertenecientes a 10 unidades productivas de la Sabana de Bogotá, Colombia. Faría *et al.* (2005), también encontraron que la prevalencia de mastitis subclínica fue más elevada en animales de ordeño mecánico. De 75 cuartos de animales ordeñados manualmente, 58.7% presentaron infección y de 69 ordeñados mecánicamente, el 87.3% fueron positivos.

6.4. Prevalencia de mastitis subclínica por cuarto mamario

Durante el periodo de análisis se muestrearon un total de 6,232 cuartos mamaros, de los cuales 1,475 resultaron con algún grado de mastitis subclínica, lo que dio como resultado una prevalencia de 23.7%. La mayoría de las vacas (770) resultó grado de afectación 1 (infectado) en los cuartos, seguido de las afectaciones de grado 2 (infección evidente) con 459 cuartos y, finalmente, con grado 3 (infección seria (246) cuartos (Cuadro 10). Esto implica una disminución de los diferentes grados de afectación de mastitis por pezón, lo que coincide con los resultados reportados por Castillo *et al.* (2007).

El valor de prevalencia por cuartos de 23.7% es similar al 22.17% determinado por Jáuregui y Celis (2017), donde 714 cuartos mamaros de una muestra de 3,221

resultaron positivos a la prueba de California para mastitis en ganado bovino de 12 municipios del departamento de Chiquimula, Guatemala.

Cuadro 10. Prevalencia de mastitis subclínica por cuarto mamario.

	CMP	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Total
UPP1	219	13	3	1	17
UPP2	637	54	38	24	116
UPP3	159	6	12	4	22
UPP4	360	56	22	8	86
UPP5	203	11	10	3	24
UPP6	368	29	15	9	53
UPP7	356	30	7	3	40
UPP8	847	164	119	70	353
UPP9	524	67	16	5	88
UPP10	1,573	226	134	71	431
UPP11	627	59	53	25	137
UPP12	359	55	30	23	108
Total	6,232	770	459	246	1,475
Prevalencia de mastitis por cuarto					23.7%

UPP: Unidad de producción pecuaria; CMP: Cuartos muestreados en el periodo.

Por otro lado, está por muy por debajo del 42.3% reportado por Gómez *et al.* (2015) quienes evaluaron 828 cuartos mamarios funcionales de 209 vacas en ordeño manual en el distrito de Tamburco (Abancay, Apurímac, Perú).

En el sentido contrario, se encuentra por encima del 15.8% hallado por Avellán *et al.* (2019), que analizaron 1,117 cuartos de 280 hembras bovinas en producción del cantón Rocafuerte, zona centro de la provincia de Manabí, Ecuador. También está por arriba de 16.2% del calculado por Sánchez *et al.* (2018) para 236 cuartos que dieron positivo a la prueba de California para mastitis de 348 vacas examinadas de la región de Anaime, municipio de Cajamarca, departamento de Tolima, Colombia. Del mismo modo, es superior al 16.4% encontrado por Rodríguez *et al.* (2018) de los 884 cuartos estudiados de 221 animales en el municipio de Bayamo, provincia de Granma en Cuba.

En México Pastor y Bedolla (2008) determinaron una prevalencia de mastitis subclínica por cuarto mamario de 43.1%, esto considerando trazas y casos con mastitis clínica para un total de 1,488 cuartos muestreados de 372 vacas en producción del municipio de Tarímbaro, Michoacán.

6.5. Prevalencia de mastitis subclínica en cuartos mamarios individuales

La prevalencia de mastitis subclínica por cuartos mamarios determinados en el presente estudio osciló entre 22.3% y el 24.5% (Cuadro 11). Estos porcentajes son similares a los reportados por Escobedo *et al.* (2021) para dos zonas del distrito de Florida-Pomacochas, Perú, que variaron del 18 al 30%.

Cuadro 11. Prevalencia de mastitis subclínica en cuartos mamarios individuales.

CM	CAD	Prev.	CM	CAI	Prev.	CM	CPD	Prev.	CM	CPI	Prev.	Total
1,546	373	24.1%	1,542	378	24.5%	1,582	376	23.8%	1,562	348	22.3%	1,475

CM: Cuartos muestreados; Prev. Prevalencia; CAD: Cuarto anterior derecho; CAI: Cuarto anterior izquierdo; CPD: Cuarto posterior derecho; CPI: Cuarto posterior izquierdo.

Por el contrario, son muy inferiores al porcentaje mínimo de 48.6% y máximo de 61% hallados por Moriano *et al.* (2020) en bovinos criollos del distrito de Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac en Perú. Igualmente, están por debajo del 40% y 45.4% entre los que oscila la prevalencia de mastitis subclínica de acuerdo a la ubicación de los cuartos encontrados por Gómez *et al.* (2015) para ganado bovino de Abancay, Apurímac, Perú. Son superiores al 12.9 y 19.3% entre los que fluctúa la prevalencia de mastitis subclínica por ubicación del pezón de la ubre calculados por Avellán *et al.* (2019) en vacas de ordeño del cantón Rocafuerte de la provincia de Manabí, Ecuador.

Como se puede apreciar en el Cuadro 12, las prevalencias de mastitis subclínica en los cuartos posteriores, fueron inferiores a las prevalencias de los cuartos

anteriores, lo que contrasta con los resultados reportados en otros estudios donde los cuartos posteriores son más susceptibles a sufrir la enfermedad (Castillo *et al.*, 2007; Bonifaz y Conlago, 2016).

Cuadro 12. Reportes de prevalencia de mastitis subclínica por ubicación del cuarto.

Referencia	Infestación por cuarto**			
	CAD	CAI	CPD	CPI
Resultados del presente estudio	24.1%	24.5%	23.8%	22.3%
Moriano <i>et al.</i> (2020)	48.6%	49.2%	61%	53.1%
Avellán <i>et al.</i> (2019)	14.0%	16.9%	19.3%	12.9%
Escobedo <i>et al.</i> (2021) (2 zonas)	30 y 29%	23 y 25%	28 y 27%	19 y 18%
Gómez <i>et al.</i> (2015)	41.6%	42.1%	45.4%	40.0%

CAD: Cuarto anterior derecho; CAI: Cuarto anterior izquierdo; CPD: Cuarto posterior derecho; CPI: Cuarto posterior izquierdo.

6.6. Prevalencia en cuartos individuales por posición y grado de reacción

La prevalencia en cuartos individuales por posición y grado de reacción a la prueba de California para mastitis mostró una mayor prevalencia en todos los cuartos con reacción grado 1, donde el cuarto anterior derecho (CAD), registró la mayor prevalencia con 13.1%, mientras que el cuarto posterior derecho (CPD) la menor con una prevalencia de 12.2%. Por el contrario, en los cuatro cuartos, el grado de reacción 3 fue menor, correspondiendo al cuarto posterior izquierdo (CPI) la menor prevalencia con 3.4% y al cuarto anterior izquierdo (CAI) la mayor con 5% (Cuadro 13).

Cuadro 13. Prevalencia de mastitis en cuartos por posición y grado de reacción.

	CAD				CAI			
	CM	G1%	G2%	G3%	CM	G1%	G2%	G3%
Obtenidos en el estudio	1,514	13.1	7.5	4.1	1,506	12.4	7.5	5.0
	CPD				CPI			
	CM	G1%	G2%	G3%	CM	G1%	G2%	G3%
Obtenidos en el estudio	1,558	12.2	8.3	3.7	1,539	12.5	6.7	3.4

CM: Cuartos muestreados; CAD: Cuarto anterior derecho; CAI: Cuarto anterior izquierdo; CPD: Cuarto posterior derecho; CPI: Cuarto posterior izquierdo; G1: Grado 1 de reacción a la prueba; G2: Grado 2 de reacción a la prueba; G3: Grado 3 de reacción a la prueba.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a los hallados por Ramírez *et al.* (2011); Bonifaz y Conlago (2014) y Alvarado *et al.* (2019), en el sentido de que la prevalencia en cada cuarto va disminuyendo a mayor grado de reacción, de tal manera que los menores porcentajes tanto para CAD, CAI, CPD y CPI con grado de reacción 3 fueron las más bajas. Por el contrario, difieren con Pastor y Bedolla (2008), debido a que en sus resultados se aprecia una mayor prevalencia en el grado 3 para los cuartos AD, PD y PI (Figura 2).

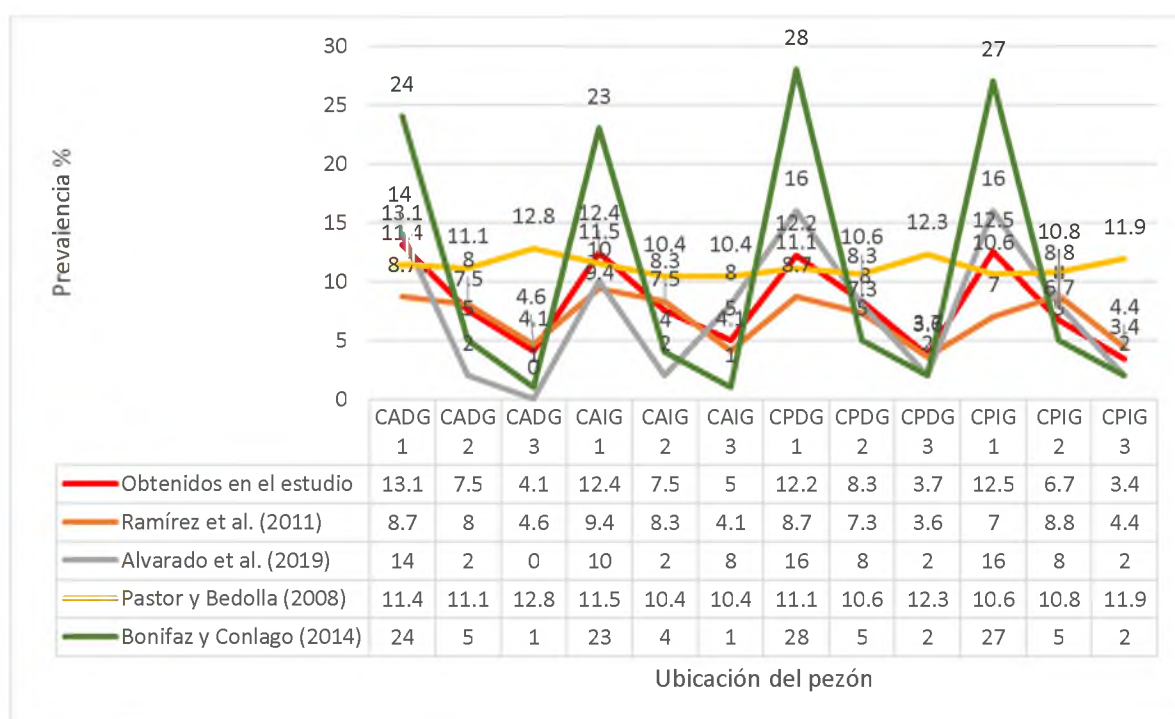


Figura 2. Comparativo de resultados de estudios sobre la prevalencia en cuartos individuales por posición y grado de reacción.

6.7. Comparativo de la prevalencia de mastitis subclínica por tipo de ordeño

La prueba de t-Student muestra una diferencia estadísticamente significativa (0.001) entre la prevalencia de mastitis entre los tipos de ordeño (Cuadro 14), por lo que se comprueba la hipótesis H_1 . Existe diferencia en la prevalencia de mastitis entre

unidades de producción de leche que llevan a cabo el ordeño manual con respecto a las que lo realizan de manera mecánica, en Loma Bonita, Oaxaca.

Cuadro 14. Comparación de mastitis subclínica entre ordeño manual y mecánico

Tipo de ordeño	N	Mean	Independent Samples Test (t)	Sig. (2-tailed)
Manual	48	31.41	-3.614	0.001
Mecánico	24	46.49		

Este resultado es similar al reportado por Cuenca-Condoy *et al.* (2021) donde tanto la prevalencia de mastitis subclínica de los cuartos mamarios de bajo y alto riesgo con ordeño mecánico fueron superiores significativamente (0.0001) a la prevalencia de mastitis en vacas ordeñadas manualmente en 23 fincas lecheras de la provincia del Cañar, parroquia Biblián, Ecuador.

Del mismo modo, son semejantes a los hallados por Ruiz *et al.* (2011) donde los rebaños bovinos de seis unidades productivas ordeñados mecánicamente registraron una mayor prevalencia de mastitis subclínica (54.8%) en relación a las cinco fincas ordeñadas manualmente (39.3%) en el estado de Pernambuco, Perú, Brasil. Dicha diferencia fue estadísticamente significativa para $p > 0.01$.

También con el resultado obtenido por Faría *et al.*, (2005) quienes por medio de una prueba de Chi-cuadrada encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$), entre la prevalencia de infección los cuartos de animales ordeñados en forma mecánica (87.34%) con respecto a la prevalencia de animales ordeñados manualmente (58.57%), en 80 muestras de cada tipo de ordeño con bovinos mestizos doble propósito de cuatro fincas en Zulia, Venezuela.

Por el contrario, los resultados contrastan con los hallazgos de Pérez *et al.* (2022), en relación a que el tipo de ordeño no afecta la prevalencia de mastitis subclínica.

En otras palabras, la prevalencia de mastitis subclínica fue similar ($p > 0.05$) en las vacas ordeñadas manualmente (63.8%) en comparación con las ordeñadas mecánicamente (69.3%), para una muestra de 350 vacas doble propósito en ordeña del estado de Sonora, México.

6.8. Factores de manejo asociados a la prevalencia de mastitis subclínica

De los 12 factores de manejo incluidos en el análisis, sólo dos mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en cuanto a la prevalencia de la enfermedad. Estos factores fueron el lavado de manos previo a la realización del ordeño y la separación de las vacas enfermas para ordeñarlas al final. Los 10 factores restantes no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) (Cuadro 15).

Cuadro 15. Factores de manejo y prevalencia de mastitis subclínica en hatos bovinos

Factores de manejo	Escala: Prevalencia media		t-test for Equality of Means	
	No	Si	Valor (t)	Significancia (p)
1. Inmovilización de patas	46.22	35.55	1.395	.167
2. Uso de maneas limpias	46.22	35.55	1.395	.167
3. Amarra la cola al ordeñar	34.59	37.36	-.612	.543
4. Lavado de manos	41.50	32.83	2.054	0.044
5. Lavado de pezones	33.86	0.05	-1.445	.153
6. Limpieza de pezones	35.78	37.77	-.437	.663
7. Uso de toallas individuales	36.44	00.00		
8. Despunte	35.62	37.02	-.323	.748
9. Conoce sobre mastitis	46.22	35.55	1.395	.167
10. Separa vacas enfermas al final	50.28	31.83	4.168	.000
11. Usa sellado de pezones	36.44	00.00		
12. Conocimiento sobre prevención de mastitis	28.96	37.94	-1.590	.116

Considerando lo mencionado, el análisis indica la existencia de una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.044$) en la prevalencia de mastitis subclínica

entre las unidades de producción de ganado bovino donde los ordeñadores se lavan las manos antes de realizar el ordeño con respecto a donde no lo hacen.

En este caso la media de la prevalencia mensual durante el periodo de análisis fue mayor para aquellos hatos donde los ordeñadores no se lavan las manos, toda vez que el promedio de la prevalencia fue de 41.50 en relación al 32.83 que en promedio registraron los hatos donde sí se lavan las manos (Cuadro 15). Esta situación implícitamente es un indicativo de una relación inversa entre las unidades de producción donde los productores no lavan sus manos, previo al ordeño y una mayor prevalencia de mastitis subclínica.

En cuanto al factor de manejo del lavado de manos, los resultados son similares a los reportados por Moriano *et al.* (2020), quienes hallaron que el 62.1% de los encargados de la ordeña de unidades de producción bovinas de la provincia de Andahuaylas en Perú, no practican la higiene de las manos, presentando una asociación significativa ($p < 0.05$) con la presencia de mastitis subclínica.

Igualmente, Mendoza *et al.* (2017) reportan una relación significativa ($p = 0.049$) entre los operarios no se lavan las manos antes de iniciar el ordeño y al cambiar de animal con respecto a la prevalencia de mastitis subclínica en hatos bovinos pertenecientes a municipios de la provincia de Pamplona (Norte de Santander, Colombia).

Santivañez *et al.* (2013) en el distrito de Abancay, Apurímac, Perú, encontraron dos veces más riegos de contraer mastitis subclínica en vacas con ausencia de higiene de manos antes del ordeño, que en vacas donde si lo hacen.

Ramírez *et al.* (2015) hallaron que el lavado de manos estuvo asociado a la reducción de mastitis por *Streptococcus agalactiae*, por lo que lo consideran como

un factor protector contra la enfermedad en granjas lecheras del altiplano norte de Antioquia, Colombia.

Por el contrario, los resultados contrastan con el trabajo de Alvarado *et al.* (2019) quienes, al evaluar el lavado y secado de manos al momento de ordeñar, no reportan una asociación significativa ($p > 0.05$) de este factor con respecto a la prevalencia de mastitis subclínica en la Cuenca Lechera de Florida, Perú.

El segundo factor de manejo donde se encontró una diferencia estadísticamente significativa (0.000) en la prevalencia de mastitis subclínica fue la separación de vacas enfermas para ordeñarlas al final. En este caso el promedio de prevalencia para productores que no separan su ganado fue de 50.28, mientras que para aquellos que lo hacen registró un promedio de 31.83. Esta situación indica una relación inversa entre los productores que no separan sus vacas enfermas para ordeñarlas al final y una mayor prevalencia de mastitis subclínica. En el sentido contrario, indicaría que los productores que, sí ordeñan al final las vacas con mastitis, tienen menos incidencia de la enfermedad.

Sobre esto último, autores como Hans (2001); Calderón *et al.* (2008) y Pastor y Bedolla (2008), sugieren seguir un orden fijo de la ordeña al interior de las unidades de producción, de acuerdo al estado de salud de las ubres. En primer lugar, ordeñar las vacas sanas, después las vacas sospechosas de la enfermedad y al final las que tienen problemas de mastitis y con tratamientos con antibióticos.

Los resultados del presente estudio concuerdan con lo reportado por Medrano *et al.* (2021) quienes identificaron que, en fincas bovinas de municipios del departamento de Cundinamarca, Colombia donde se implementa la segregación (vacas con

mastitis se ordeñan al final) y donde se hace uso de presellador, se reduce el riesgo de presentación de nuevos casos de infección con mastitis subclínica.

Alvarado *et al.* (2019) también encontraron un alto coeficiente de correlación (0.826) significativo ($p < 0.01$) entre productores en cuyos hatos no ordeñan al final las vacas con mastitis, con la prevalencia de mastitis subclínica para sistemas bovinos de la región Amazonas de Perú.

6.9. Factores de infraestructura asociados a la prevalencia de mastitis subclínica

De los 12 factores de infraestructura analizados, en ocho de ellos se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en la prevalencia de mastitis subclínica y en los cuatro factores restantes la diferencia no resultó significativa ($p > 0.05$) (Cuadro 16).

Cuadro 16. Factores de infraestructura y prevalencia de mastitis en hatos bovinos.

Factores de infraestructura	Escala: Prevalencia media		t-test for Equality of Means	
	No	Sí	Valor (t)	Significancia (p)
1. Existe sala de espera	32.28	38.52	-1.394	.168
2. Instalaciones en buen estado	32.26	40.66	-2.024	.047
3. Sala exclusivamente para ordeño	30.22	37.01	-.881	.381
4. Sala correctamente diseñada	28.92	43.96	-3.869	.000
5. Piso de concreto	28.83	41.88	-3.217	.002
6. Drenaje para agua de lluvia	32.23	40.66	-2.024	.047
7. Luz eléctrica	28.56	39.10	-2.197	.031
8. Techado	27.47	39.43	-2.525	.014
9. Materiales de concreto y lámina	27.47	39.43	-2.525	.014
10. Sala limpia durante el ordeño	27.53	40.90	-3.142	0.002
11. Presencia de moscas u otros	00.00	36.44		
12. Estrés durante el manejo	36.51	35.70	.107	.915

De estos ocho factores siete se asociaron significativamente ($p < 0.05$) al tipo de ordeño mecánico (Cuadro 17), es decir, que en las unidades de producción bovina del municipio de Loma Bonita, Oaxaca con ordeño mecánico, a pesar de contar con instalaciones en buen estado, correctamente diseñadas, contar con piso de concreto, drenaje para el agua de lluvia, techado, materiales de concreto y lámina y de una sala limpia durante el ordeño, hay un mayor nivel de prevalencia de mastitis subclínica. Es probable que esto se deba a que en las unidades de producción tecnificadas, el ordeño se hace más a prisa, por lo que se puede incurrir en malos manejos como no lavar las pezoneras al cambiar de vacas, no realizar lavado correcto de los pezones, no calibrar las máquinas adecuadamente, malos tratos, entre otras.

Cuadro 17. Factores de infraestructura asociados con el tipo de ordeño

Factor	p < 0.05
1. Instalaciones en buen estado	0.000
2. Sala de ordeño correctamente diseñada	0.000
3. Piso de concreto	0.000
4. Drenaje para agua de lluvia	0.000
5. Luz eléctrica	1.000
6. Techado	0.001
7. Materiales de concreto y lamina	0.001
8. Sala limpia durante el ordeño	0.000

Esto coincide con lo hallado por Velásquez (2011) en cuyo trabajo los establos pequeños tuvieron una prevalencia de mastitis subclínica menor en comparación con los de mayor tamaño, en el distrito de Végueta, Provincia de Huara, región Lima Provincias, en Perú, atribuyendo el elevado conteo de células somáticas a que, en los establos de mayor tamaño a pesar de contar con buena infraestructura, no se ejecuta un programa eficiente de control de mastitis, además, cuando se ordeña

mecánicamente, los animales son sometidos a un mayor estrés, aspecto que también se considera, puede influir en una mayor presencia de mastitis subclínica en relación a los pequeños hatos con ordeño manual.

Estos resultados son contrarios a lo concluido por Alvarado *et al.* (2019), en relación a que cuando los productores realizan el ordeño en un lugar con instalaciones adecuadas, disminuye la probabilidad de la presencia de mastitis subclínica. En el mismo sentido, Rosas *et al.* (2019) argumentan que un buen diseño de las instalaciones bovinas tiene por objetivo proporcionar las condiciones adecuadas para que el animal exprese una conducta normal, y en consecuencia disminuya la incidencia de enfermedades como la mastitis y se mejoren los parámetros de la producción de leche.

En el presente trabajo, la mayor prevalencia de mastitis subclínica en los hatos con ordeño mecánico, con mejores condiciones en las instalaciones, tipo de materiales, estado e higiene de las instalaciones en relación a los ranchos con ordeño manual, se puede deber a la ineficacia en el manejo de las vacas y pezoneras al momento del ordeño, por la premura de tiempo y cantidad de animales que se ordeñan diariamente, dando soporte a lo establecido por Cordero *et al.* (2014) con respecto a que en los ordeños mecánicos por el uso continuo de las pezoneras, se incrementan las posibilidades de la prevalencia de mastitis subclínica.

Sobre lo anterior, Hans (2001) menciona que los problemas de mastitis en sistemas con ordeño mecánico siempre son más elevados por malas prácticas de ordeño, por la falta de supervisión de los procedimientos y en el mantenimiento el equipo de ordeño. Esto porque no se cuenta con manuales de procedimiento de la actividad de ordeño, de la limpieza y desinfección del equipo y de la capacitación al personal

encargado de la actividad en la aplicación correcta del mantenimiento de la máquina de ordeño y del procedimiento de ordeño.

También se puede deber a que en algunos ranchos se cumple parcialmente con la calidad e higiene de las instalaciones e infraestructura, lo que aumenta los riesgos de aparición de mastitis subclínica, tal como lo reportan Sánchez *et al.* (2020) para tres hatos bovinos de la provincia de Los Ríos, Ecuador.

Los resultados contrastan con la mayor prevalencia de mastitis subclínica reportada por Alvarado *et al.* (2019) en sistemas productivos bovinos donde el material de tierra del área de ordeño de sistemas bovinos de Perú se relacionó moderadamente (0.515), pero significativamente ($p < 0.05$). Mientras que, el ordeño realizado bajo techo mostró una relación fuerte (0.826) y significativa ($p < 0.01$).

Ramírez (2015) reportó que el ambiente en el que se encuentran las vacas lecheras como la poca higiene de la sala de ordeño es un factor determinante en la presencia de la mastitis subclínica en hatos de la provincia de Trujillo, en la Costa Central de Perú.

Por otro lado, los resultados contrastan con lo estimado por Santivañez *et al.* (2013) quienes no encontraron como factor determinante de la presencia de mastitis subclínica la falta de higiene del lugar de ordeño en Abancay, Apurímac, Perú.

6.10. Factores dependientes del animal asociados a la presencia de mastitis subclínica

Los cinco factores dependientes del animal resultaron significativos ($p < 0.05$). La prueba de correlación de Spearman reveló que tanto la edad de la vaca, la condición corporal y el mes de lactancia (aunque con coeficientes muy bajos) se asociaron

positiva y significativamente ($p < 0.05$) con la presencia de mastitis subclínica medida a través de los pezones que resultaron positivos a la prueba de mastitis subclínica (Cuadro 18).

Cuadro 18. Mastitis subclínica y relación con los factores dependientes del animal.

Factores del animal	Correlaciones	
	Pezones con mastitis subclínica	
Edad de la vaca	Correlación de Spearman	.181**
	Sig (bilateral)	.000
Condición corporal	Correlación de Spearman	.079*
	Sig (bilateral)	.021
Mes de lactancia	Correlación de Spearman	.219**
	Sig (bilateral)	.000

Nota: ** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral). *. La correlación es significativa al nivel de 0.05.

En cuanto a la edad de la vaca la relación positiva indica que las vacas con más edad tienen mayor riesgo de presentar mastitis subclínica. Por lo tanto, los resultados de la presente investigación, difieren de los hallados por Alvarado *et al.* (2019), quienes por medio de una prueba de Chi-cuadrada no encontraron relación significativa ($p > 0.05$) entre ésta, con respecto a la prevalencia de mastitis subclínica en una cuenca lechera de Florida, Amazonas en Perú.

Santivañez *et al.* (2013), encontraron que vacas con edad de tres a cuatro años tienen mayores riesgos de presentar mastitis subclínica en bovinos productores de leches del distrito Tamburco (Abancay, Apurímac, Perú), por lo que sus resultados concuerdan con lo hallado en el presente estudio.

Ramírez *et al.* (2011), hallaron una asociación entre la edad de la vaca y la presencia de mastitis subclínica ($p < 0.05$), lo que significa que a mayor edad existe riesgo de que las vacas contraigan esta enfermedad, en hatos bovinos de Antioquia, Colombia.

En lo que toca a la relación positiva entre la condición corporal y la presencia de mastitis subclínica determinada en esta investigación, implica que conforme aumenta la condición corporal, son más susceptibles a presentar mastitis subclínica. Estos resultados difieren a los realizados por Moriano *et al.* (2020) quienes no encontraron una asociación ($p > 0.05$) entre la condición corporal y la presencia de mastitis subclínica.

También difieren con los resultados encontrados por Santivañez *et al.* (2013) en su estudio con bovinos lecheros de Abancay, Apurímac, Perú, donde la condición corporal no representó un factor significativo ($p > 0.05$) de riesgo para la presencia de mastitis subclínica.

En cuanto al mes de lactancia y la presencia de mastitis subclínica, el coeficiente y el signo de correlación, indican que a mayor número de días de lactancia hay mayor presencia de mastitis subclínica. Este resultado es similar al encontrado por Pérez *et al.* (2022) quienes evaluaron el efecto del número de días de lactancia sobre la prevalencia de mastitis subclínica, observaron que las vacas con lactancia mayor de 181 días mostraron el valor más alto ($p < 0.05$) de prevalencia de mastitis subclínica comparado con las vacas con lactancia menor a 180 días.

También Ramírez *et al.* (2011), reportaron que a medida que aumentaron los meses de lactancia, se incrementó la razón de prevalencia de mastitis subclínica, en otras palabras, entre más meses de lactancia tengan las vacas, existe un mayor riesgo de presentar mastitis subclínica en granjas lecheras del altiplano norte de Antioquia Colombia.

Del mismo modo, Velásquez (2011), encontró una relación significativa entre ambas variables ($p < 0.01$) donde las vacas con periodo de lactancia inicial tuvieron un

menor número de pezones con mastitis subclínica en comparación con las vacas en lactancia media y final en hatos bovinos de Perú.

Santivañez *et al.* (2013), tampoco encontraron relación entre los días de lactancia y el riesgo de que las vacas presentaran mastitis subclínica en una unidad productiva en la provincia de Abancay, departamento de Apurímac, Perú.

Alvarado *et al.* (2019), en un estudio realizado en vacas lecheras del distrito de Florida, región Amazonas, Perú para determinar los factores de prevalencia de mastitis subclínica, no encontraron diferencia significativa ($p > 0.05$) en cuanto al mes de lactancia con relación a la presencia de mastitis subclínica.

Por el contrario, Avellán *et al.* (2019) reportan que el 83.33% de las vacas que se encontraban en los primeros 100 días de lactancia, resultaron positivas a la prueba de california para mastitis marcando diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto al porcentaje de vacas infectadas con más de 100 días.

Para los factores número de partos y presencia del becerro (amamantamiento), se encontraron diferencias entre las vacas primíparas y multíparas con la presencia de mastitis (Cuadro 19).

Cuadro 19. Mastitis subclínica y asociación con el número de partos y amamantamiento del becerro.

Factor	U de Mann-Whitney	z	Sig. (bilateral)
Número de partos	16,734.500 ^a	-4.462	.000
Amamantamiento del becerro	36,689.000 ^b	-9.155	.000

^a. Variable de agrupación primíparas y multíparas

^b. Variable de agrupación presencia de becerro

En este caso, el rango promedio de 434.79 para las vacas multíparas es superior al rango promedio de las vacas primíparas de 305.34 (Cuadro 20), lo que evidencia una relación entre las vacas con múltiples partos y una mayor presencia de mastitis

subclínica. Para la segunda variable, amamantamiento del becerro, se encontró diferencia entre la presencia o ausencia del becerro con la presencia de mastitis (Cuadro 19). Siendo el rango promedio de 557.30 para la presencia del becerro superior al rango promedio de la ausencia del becerro 389.84 (Cuadro 20), por lo que, indica que al estar aun amamantando el becerro, existe mayor presencia de mastitis subclínica.

Cuadro 20. Asociación de mastitis subclínica con número de partos y amamantamiento del becerro.

	Factor	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Mastitis subclínica	Primípara	61	305.34	18,625.50
	Múltipara	789	434.79	343,049.50
Mastitis subclínica	Sin amamantamiento de cría	181	557.30	100,871.00
	Con amamantamiento de cría	669	389.84	260,804.00

Ramírez *et al.* (2011), reportan que las vacas con más de un parto presentaron mayores probabilidades de infección por mastitis subclínica en comparación con vacas de un solo parto en hatos bovinos del altiplano norte de Antioquia, Colombia. En el mismo sentido, Velásquez (2011), reporta una asociación ($p < 0.05$) entre el número de partos y la presencia de mastitis subclínica, es decir, a mayor número de partos, hubo un mayor número de cuartos afectados con mastitis subclínica en vacas productoras en el Distrito de Végueta, Provincia de Huaura, Región Lima Provincias, Perú.

Resultados similares fueron encontrados por Pérez *et al.* (2022) quienes evaluaron el efecto del número de parto de la vaca sobre la prevalencia de mastitis subclínica, encontrando que las vacas de más de 7 partos mostraron valores altos ($p < 0.05$) de prevalencia de mastitis subclínica (78.2%) comparados con vacas que tienen menos de siete partos. Por lo que, observaron un incremento en la prevalencia de

mastitis subclínica en vacas multíparas. Estos datos coinciden también con los analizados por Medrano *et al.* (2020), quienes encontraron una asociación directa entre las vacas multíparas tienen mayor probabilidad de presentar mastitis subclínica con respecto a las primíparas en lecherías especializadas de Colombia. Por otro lado, Avellan *et al.* (2019), hallaron diferencia estadística ($p < 0.05$) en vacas primíparas y multíparas con relación a la presencia de mastitis subclínica, observando que el 93.52% de las vacas positivas a la prueba de California para mastitis, eran multíparas, en el cantón Rocafuerte de la provincia Manabí, Ecuador. En contra parte, el resultado de este trabajo es diferente al hallado por Moriano *et al.* (2020), en la que el número de partos fue no significativo ($p > 0.05$) con la presencia de mastitis subclínica, en hatos lecheros de bovinos criollos de Pacobamba, provincia de Andahuaylas, región Apurímac-Perú. Del mismo modo, Alvarado *et al.* (2019) no encontraron diferencia significativa ($p > 0.05$) en relación con el número de partos y la presencia de mastitis subclínica en vacas lecheras del distrito de Florida, región Amazonas, Perú. Con respecto a la mayor probabilidad de presencia de mastitis subclínica en vacas que ya no amamantan a sus crías, la explicación podría ser que el retiro de la cría del amamantamiento no sólo provoca estrés en las vacas, haciéndolas vulnerables a enfermedades como la mastitis. Esta situación apoyaría lo mencionado por Callejo (2014), en referencia a que la separación de los becerros de su madre durante el amamantamiento puede causar estrés en ambos. También es probable que al terminar el ordeño, las vacas no sean selladas de manera natural por el becerro, por lo que al quedar expuestos los pezones a las

condiciones ambientales, es probable que puedan ser susceptibles a los microorganismos causantes de la mastitis subclínica.

6.11. Factores climáticos asociados a la presencia de mastitis subclínica

De los tres factores climáticos analizados, en el Cuadro 21 se puede observar que tanto la temperatura promedio mensual como la precipitación promedio mensual, muestran una relación baja y negativa con respecto a la presencia de mastitis subclínica, con niveles de significancia respectivos de $p < 0.01$ y $p < 0.05$, mientras que la humedad no resultó significativa ($p > 0.05$).

Cuadro 21. Factores climáticos asociados a la mastitis subclínica.

Factores de climáticos	Correlaciones	
	Pezones con mastitis subclínica	
Temperatura promedio mensual	Correlación de Spearman	-.092**
	Sig. (bilateral)	.007
Humedad promedio mensual	Correlación de Spearman	.064
	Sig. (bilateral)	.064
Precipitación promedio mensual	Correlación de Spearman	-.082*
	Sig. (bilateral)	.017

Nota: ** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral). *. La correlación es significativa al nivel de 0.05.

En cuanto la temperatura promedio mensual el coeficiente de correlación de $-.092$ indica una asociación muy débil, aunque altamente significativa. Mientras que el signo negativo implica una asociación inversa entre la temperatura y la presencia de mastitis subclínica, lo que se interpreta como que, cuando las temperaturas son menores, la presencia de mastitis incrementa, o viceversa. En el mismo sentido, el coeficiente de correlación de la precipitación promedio mensual fue muy débil y negativa, indicativo de que a menor nivel de precipitación, la mastitis subclínica incrementa y viceversa.

Una explicación a este comportamiento de la asociación de las variables ambientales temperatura y precipitación con respecto a la presencia de mastitis subclínica en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca, se puede deber a que el estudio se llevó a cabo en el segundo semestre del año de 2022 y primer mes del año 2023, donde la cantidad de lluvias disminuye y las temperaturas también, esto provoca una menor disponibilidad de pasto, lo que podría provocar una mayor vulnerabilidad de las vacas a contagio de mastitis subclínica, dando soporte a lo planteado por Odeón y Romera (2017), en cuanto a que la disminución de ingesta de alimento y la rumia provoca cambios en el funcionamiento del sistema inmune, incrementando la susceptibilidad de enfermedades causados por patógenos oportunistas.

Los resultados también apoyan lo mencionado por Rojo *et al.* (2009), quienes argumentan que las vacas en zonas tropicales sufren estrés en época de sequía por la baja disponibilidad de forraje, disminuyendo su condición corporal e inmunidad a las enfermedades. A esto se agrega que la restricción brusca de alimento y agua se asocia un aumento de cortisol, que es un indicador de estrés que incrementa la susceptibilidad de los animales frente a las enfermedades infecciosas (Manteca *et al.*, 2015).

Estos resultados contrastan con los reportados por Pinelli *et al.* (2022), quienes encontraron que la alta prevalencia de mastitis subclínica en bovinos de doble propósito en la región central del estado de Sonora pudo haber sido por temperaturas elevadas durante el verano, superiores a los 42° C. No obstante, debe aclararse que en este caso el estudio se llevó a cabo en una entidad donde predominan las regiones desérticas, por lo que las altas temperaturas provocan reducción en la disponibilidad de forraje.

Los resultados del presente trabajo, también difieren a los reportados por Osés *et al.* (2010), quienes encontraron que la mayor correlación significativa la presentó la variable humedad relativa mínima, mientras que la temperatura y precipitación no fueron significativas linealmente.

6.12. Determinación de las pérdidas económicas por mastitis subclínica

De los tres escenarios sobre las pérdidas potenciales para cada dependencia, la pérdida potencial calculada, más baja durante el periodo de estudio fue de \$144,399 para el precio \$6.42/ litro estimado por el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera y con porcentajes del 6% para pezones con grado 1, 10% para pezones con grado 2 y del 19% para pezones con grado 3 de mastitis subclínica. La pérdida potencial máxima asciende a los \$361,681 en el periodo de estudio, cual es producto de la combinación de un precio de \$10/ litro pagado por LICONSA para porcentajes respectivos del 9%, 18% y 29% para los grados 1, 2 y 3 de mastitis subclínica. En el caso de las pérdidas calculadas con el precio promedio de \$8.5/L pagados por los queseros la mínima se fue de \$191,183 y la máxima de \$290,492 (Cuadro 22).

Cuadro 22. Escenarios de la pérdida potencial por mastitis subclínica durante el periodo de análisis.

Mastitis subclínica	SIAP			QUESERO			LICONSA		
	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.
Grado 1	48,050	72,075	60,062	63,617	95,426	79,522	74,844	112,266	93,555
Grado 2	47,738	85,928	66,833	63,204	113,768	88,486	74,358	133,844	104,101
Grado 3	48,611	74,196	61,404	64,361	81,298	81,298	75,719	115,571	95,645
Pérdida (\$)	144,399	232,199	188,299	191,183	290,492	249,306	224,921	361,681	293,301

Las pérdidas económicas a consecuencia de la mastitis se incrementan considerablemente por la pérdida total de la leche, debido a los cuartos afectados

por mastitis clínica y por pezones no funcionales. En este sentido, en el cuadro 23 se puede apreciar que dichas pérdidas pueden ir de \$ 581,216.00 a \$ 1,042,081.00 pesos, el promedio de pérdidas por rancho considerando casos de mastitis clínica, subclínica y cuartos perdidos puede ir desde \$ 48,435.00 hasta los \$ 86, 840.00 pesos durante el periodo de análisis.

Cuadro 23. Escenarios de la pérdida potencial por mastitis subclínica, mastitis clínica y pezones no funcionales durante el periodo de análisis.

	Pérdida potencial (\$ SIAP)			Pérdida potencial (\$ Quesero)			Pérdida potencial (\$ Liconsa)		
	Mín	Máx	Prom	Mín	Máx	Prom	Mín	Máx	Prom
MS	144,399	232,199	188,299	191,183	290,492	249,306	224,921	361,681	293,301
MC	116,484	116,484	116,484	154,224	154,224	154,224	181,440	181,440	181,440
NF	320,332	320,332	320,332	424,116	424,116	424,116	498,960	498,960	498,960
Total	581,216	669,015	625,115	769,523	868,832	827,646	905,321	1,042,081	973,701
Ranchos	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Promedio	48,435	55,751	52,093	64,127	72,403	68,970	75,443	86,840	81,142

De las pérdidas económicas de cada una de las unidades de producción analizadas (Cuadro 24) por la reducción de la producción por la mastitis subclínica van de \$1,321.00 a los \$3,240.00 pesos para el rancho uno, para el precio promedio calculado por el SIAP, hasta los \$42,070.00 a \$105,381.00 calculados para el rancho diez, para el precio pagado por LICONSA.

Vissio *et al.* (2015), reportan pérdidas económicas por la presencia de mastitis clínica y subclínica de más de \$1.0 US/vaca/día, representando el 16% de los ingresos brutos diarios en 50% de las unidades de producción estudiadas en establecimientos lecheros de Córdoba, Argentina.

Cuadro 24. Escenarios de la pérdida potencial por mastitis subclínica por unidad de producción durante el periodo de análisis.

	Pérdida potencial (\$ SIAP)			Pérdida potencial (\$ Queseros)			Pérdida potencial (\$ Liconsa)		
	Mín	Máx	Prom	Mín	Máx	Prom	Mín	Máx	Prom
R1 Man	1,321	2,080	1,700	1,749	2,685	2,251	2,057	3,240	2,649
R2 Man	12,064	19,407	15,736	15,973	24,042	20,834	18,792	30,229	24,511
R3 Man	2,413	4,015	3,214	3,195	5,040	4,255	3,758	6,253	5,006
R4 Man	7,363	11,773	9,568	9,749	15,037	12,668	11,470	18,338	14,904
R5 Man	2,319	3,807	3,063	3,071	4,833	4,055	3,613	5,929	4,771
R6 Man	5,148	8,237	6,693	6,816	10,286	8,861	8,019	12,830	10,425
R7 Man	3,193	5,023	4,108	4,227	6,444	5,439	4,973	7,825	6,399
R8 Mec	36,443	58,741	47,592	48,250	72,953	63,012	56,765	91,498	74,131
R9 Mec	6,833	10,775	8,804	9,047	13,921	11,656	10,643	16,783	13,713
R10 Mec	42,070	67,655	54,862	55,700	84,686	72,637	65,529	105,381	85,455
R11 Man	14,134	22,985	18,560	18,713	28,710	24,573	22,016	35,802	28,909
R12 Mec	11,097	17,701	14,399	14,693	21,853	19,065	17,285	27,572	22,429
	144,399	232,199	188,299	191,183	290,492	249,306	224,921	361,681	293,301

Gerlach *et al.* (2009), calcularon los costos de la mastitis clínica y subclínica en un establo del municipio de Santa Ana, Sonora, obteniendo un costo total por mastitis de \$30,966.34; correspondiendo \$12,470.75 pesos, para mastitis subclínica.

Pech *et al.* (2007), identificaron una pérdida de \$129,600.00 pesos por concepto de disminución en la producción, \$11,250.00 por concepto de desecho de animales, \$750.00 por biológicos y \$313.00 por concepto de mano de obra extra en hatos bovinos de doble propósito de la zona centro del estado de Yucatán.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

La prevalencia de mastitis subclínica en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca, México de 41.7%, es alta, siendo las unidades de producción con ordeño mecánico las que presentan mayor prevalencia (47.7%) en relación a las de ordeño manual (34.7%). Esta diferencia resultó significativa (0.001), tomando especial relevancia debido a que los productores con más cabezas de ganado y bajo la modalidad de ordeño mecánico, son quienes ofertan al mercado mayores volúmenes de leche diariamente.

El mayor porcentaje de cuartos mamarios (23.7%) con mastitis subclínica, tiene un impacto directo en la reducción de la cantidad de leche producida, lo que representa una reducción en los ingresos para los productores. Además, de impactar a la industria quesera local por la reducción de la calidad de la leche y en la salud de los consumidores de leche fresca o de los derivados lácteos. Esto debe crear conciencia en los productores para implementar programas de manejo buscando reducir la prevalencia de la enfermedad y de los tomadores de decisiones de las políticas públicas del sector agropecuario en México en los diferentes niveles de gobierno, para desarrollar y poner en marcha programas de apoyo a productores para el combate de la mastitis subclínica.

Aunque en este estudio se encontró una mayor prevalencia en los hatos con ordeño mecánico, se pudo corroborar que la mastitis subclínica en Loma Bonita, Oaxaca afecta tanto a pequeños productores con ordeño manual como a medianos productores con ordeño mecánico, lo que sugiere la inclusión en futuros estudios

del análisis de los factores del animal, ambientales y de manejo asociados a esta enfermedad.

En el presente trabajo se determinó que la mastitis subclínica es una enfermedad que está asociada a múltiples factores, tanto de manejo, infraestructura, referentes al animal y climáticos.

En cuanto a las pérdidas económicas, se pudo determinar que la reducción en la cantidad de leche producida está provocando que los productores no obtengan ingresos potenciales que favorecerían la mejora de los niveles de rentabilidad de la actividad y si a esto se agregan los beneficios que pudieran lograr en caso de que contaran con vacas sanas por la venta de leche a la paraestatal LICONSA donde se premia la calidad de la leche con un precio por encima de los precios pagados por los queseros de la región así como de los precios calculados para en municipio de Loma Bonita, Oaxaca por el SIAP, el impacto en los beneficios económicos es mayor.

7.2. Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda a los productores tomar medidas relacionadas al manejo preventivo de la mastitis, sobre todo en aspecto de actividades que no requieren de un alto desembolso de recursos económicos como el lavado de manos, separar vacas enfermas, entre otras. En este sentido, las recomendaciones para instituciones gubernamentales, instituciones de investigación y educativas, relacionadas con la actividad ganadera, se recomienda impartir cursos de capacitación de actividades sobre la detección y

prevención de la mastitis subclínica, y los impactos económicos que ésta tiene para el bolsillo de los productores.

Debido a la mayor prevalencia de mastitis subclínica en unidades de producción con ordeño mecánico, se sugiere analizar los procesos de manejo del ordeño en estos hatos en cuanto a aspectos relacionados con el mantenimiento y funcionamiento de los equipos, higiene de los mismos y manejo que se les brinda a los animales durante el ordeño.

Por los múltiples factores de manejo existentes asociados a la presencia de mastitis subclínica, se recomienda incluir en futuros estudios, otros factores no incluidos en la presente investigación.

8. LITERATURA CITADA

- Acosta, M. A., Mira H. J., Posada, A. S. 2017. Tópicos de mastitis bovina: desde la etiología hasta algunas alternativas. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*. 6(1): 42-58.
- Aguilar, A. A., Bañuelos, P. J., Pimienta, B. E., Aguilar, F. A., Torres, M. P. 2014. Prevalencia de mastitis subclínica en la región Ciénega del Estado de Jalisco. *Abanico Veterinario*. 4(1): 24-31.
- Alvarado, C. W., González, M. J., Quilcate, P. C., Saucedo, U. J., Bardales, D. J. 2019. Factores de prevalencia de mastitis subclínica en vacas lecheras del distrito de Florida, Región Amazonas, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 30(2): 923-931.
- Andrade, R. M., Espinoza M. M., Rojas, J. A., Tirado, P. O., Salas, R. G., Falcón, V. V. 2017. Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 18(11): 1-16.
- Aranguren, P. A. J., López, O. A. A., Mendoza, C. A., Delgado, N. 2009. Efecto de la mastitis clínica y subclínica sobre la concentración plasmática de metabolitos, proteínas totales y albúmina en hembras bovinas. *Zootecnia tropical*. 27(1): 57-63.
- Arrieta, B. E., Camacho, D. L. M., Muñoz, S. J., Hernández, A. L., Hernández, V. D. 2012. Aislamiento bacteriano en bovinos de doble propósito con mastitis subclínica, en la costa de Guerrero, México. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 13 (7): 1-11.
- Avellán, V. R. H., Zambrano, A. M. D., De la Cruz, V. L. M., Cedeño, P. C. A., Delgado, D. M. H., Rezabala, Z. P. F., Macías, M. Y. A., 2019. Prevalencia de mastitis subclínica en el ganado bovino, mediante la prueba de California Mastitis Test, en el cantón Rocafuerte de la provincia Manabí, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*. 8(1): 62-70.
- Ávila, T. S. 1995. Producción intensiva de ganado lechero. 5ª. Ed. Ateneo. Buenos Aires. Baucells J. México. 123p.
- Bedolla, C. C., Castañeda, V. H., Wolter, W. 2007. Métodos de detección de la mastitis. *REDVET: Revista Electrónica de Veterinaria*. 13(9): 1-17.

- Bedolla, C. C., Ponce de León, M. E. R. 2008. Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. REDVET: Revista Electrónica de Veterinaria. 9(4): 1-26.
- Bedolla, C. J. L. C., Hernández, R. J. M. 2008. Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. 9 (9): 1-34.
- Benavides, D. A., Pérez M.C., Suárez, M. C. 2011. Factores de riesgo asociados a la mastitis bovina y su influencia en la calidad de la leche. Encuentro Nacional de Investigación y Desarrollo (ENID): 1-6.
- Berlanga, S. V., Rubio, H. M. J. 2012. Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS. REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació. 5(2): 101-113.
- Bonifaz, N., Conlago, F. 2016. Prevalencia e incidencia de mastitis bovina mediante la prueba de California mastitis test con identificación del agente etiológico, en aquiestancia, Ecuador. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. 24(2): 43-52.
- Calderón, A., Rodríguez, V. C. 2008. Prevalencia de mastitis bovina y su etiología infecciosa en sistemas especializados en producción de leche en el altiplano cundiboyacense (Colombia). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 21(4): 582-589.
- Calderón, R. A., Jiménez, P. G., García, F. C. 2008. Determinación de buenas prácticas de ordeño en un grupo de gestión empresarial de ganaderos del altiplano cundiboyacense. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 11(1): 143-152.
- Callejo, R. A. 2014. Manejo y alojamiento de terneros. Frisona Española. 200: 110-124.
- Castañeda, V. H., Wolter W., Castañeda V. M. A. 2019. La mastitis bovina. México. 1 edición ISBN 9 786078 490752.
- Castillo, M., Suniaga, J. R., Rojas, G., Hernández, J. 2007. Prevalencia de mastitis subclínica en la zona alta del estado de Mérida. Estudio preliminar. Agricultura Andina. 13: 65-70.
- Corbellini, C. N. 2002. La mastitis bovina y su impacto sobre la calidad de la leche. Seminario Internacional de Competitividad en Leche y Carne. Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 251-263.

- Cordero, P., Salazar, I., Garrama, S. 2014. Factores epidemiológicos en la prevalencia de mastitis subclínica en vacunos lecheros de pequeños productores de la irrigación “San Felipe” – Huaura. *Anales Científicos*. 75(1): 125-129.
- Cuenca-Condoy, M., García-Bracho, D., Reinoso-García, L., González-Rojas, J., Torracchi-Carrasco, J. (2021). Detección de Mastitis Subclínica Bovina y factores asociados, en fincas lecheras de la Provincia del Cañar-Biblián, Ecuador. *Revista Científica de la Facultad de Veterinaria*, 31(3).
- Echeverri, Z. J. J., Jaramillo, M. G., Restrepo, B. L. F. 2010. Evaluación comparativa de dos metodologías de diagnóstico de mastitis en un hato lechero del Departamento de Antioquia. *Revista Lasallista de Investigación*. 7(1): 49-57.
- Elizondo, S. J. A. 2010. Anatomía de la ubre y secreción de la leche. *ECAG Informa Tesis de pregrado, Universidad de Costa Rica*. 12(54): 32-35. Disponible en: http://eeavm.ucr.ac.cr/Documentos/articulos_publicados/2010/155.pdf.
- Escobedo, C. U., Trigoso, M. J., Murga, N. L. 2021. Comparación de dos pruebas de campo para determinar la mastitis subclínica en bovinos en la localidad de Florida – Pomacochas, 2019. *Revista de Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*. 1(4): 1-9.
- Escobedo, G. J. 2010. Estructuración de los sistemas productivos que se incorporan en la cadena agroalimentaria de la especie ovina en Chinahuapan, Puebla. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 26: 240-250.
- FAO. 2023. Portal lácteo. Calidad y evaluación. Disponible en: <http://www.fao.org/dairyproduction-products/products/calidad-yevaluacion/es/> Consultado en febrero de 2023.
- Faría, R. J. F., García, U. A., D’Pool, G., Valero, L. K., Allara, C. M, Algelsante, G. 2005. Detección de mastitis subclínica en bovinos mestizos doble propósito ordeñados en forma manual o mecánica. Comparación de tres pruebas diagnósticas. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 15(2): 109-118.
- Fernández, B. O. F., Trujillo, G. J. E., Peña, C. J. J., Cerquera, G. J., Granja, S. Y. T. 2012. Mastitis bovina: generalidades y métodos de diagnóstico. *Revista electrónica de Veterinaria*, 13(11): 1-20.
- García, A. J. A., Casado, C. P. 1986. Efecto de la mamitis en la calidad de la leche y productos lácteos. *Bovis*. 10: 33-48.

- Gerlach, B. F. A., Ayala, Á. F., Denogean, B. F. G., Moreno, M. S., Gerlach, B. L. E. 2009. Incidencia y costo de la mastitis en un establo del municipio de Santa Ana, Sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 13(24): 789-796.
- Gobierno de México. 2023. Liconsa ¿Qué hacemos? Disponible en: <https://www.gob.mx/liconsa/que-hacemos>
- Gómez, G. M., Danglot, B. C., Vega F. L. 2003. Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. *Revista Mexicana de Pediatría*. 70(2): 91-99.
- Gómez, Q. O. E., Santivañez, B. C. S., Arauco, V. F., Espezua, F. O. H., Manrique, M. J. 2015. Criterios de interpretación para California mastitis Test en el diagnóstico de mastitis subclínica en bovinos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 26(1): 66-95.
- González, P. E. 2018. Presentación y resumen del documento del estado del arte de la Red de Investigación e Innovación Tecnológica para la Ganadería Bovina Tropical (REDGATRO). En: González P. E. y Dávalos F. J. L. (Eds.). Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. Segunda edición. Ciudad de México, México. REDGATRO-UNAM-INIFAP-CONACYT. 20-43 p.
- Granados-Rivera, L. D., Quiroz-Valiente, J., Maldonado-Jáquez, J. A., Granados-Zurita, L., Díaz-Rivera, P., Oliva-Hernández, J. 2018. Caracterización y tipificación del sistema doble propósito en la ganadería bovina del Distrito de Desarrollo Rural 151, Tabasco, México. *Acta universitaria*. 28(6): 47-57.
- Guerrero-Quiceno J., Campos-Gaona R., Vélez-Terranova M. 2018. Factores ambientales asociados y métodos de determinación de células somáticas en leche de tanque. *Biotecnología en el sector agropecuario y Agroindustrial* 16(1):80-90.
- Halasa, T., Huijps, K., Østerås, O., Hogeveen, H. 2007. Economic effects of bovine mastitis and mastitis management: A review. *Veterinary Quarterly*, 29(1): 18-31.
- Hans, A. S. 2001. Mastitis: Prevención y control. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 12(2):55-64.
- Hernández, R. J.M., Bedolla, C. J. L. 2008. Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, IX (9), 1-34.
- INEGI. 2015. Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Oaxaca / México.

- Jáuregui, J. R., Celis, V. E. 2017. Epidemiología de la mastitis subclínica de la vaca lechera en el departamento de Chiquimula, Guatemala. *Acatas Iberoamericanas en Conservación Animal*. 10: 229-239.
- Jiménez, M. R., Gudiño, S. L. F., Aguilar, L. J. A., Loeza, L. P. D. 2017. Caracterización molecular de *Escherichia coli* resistente a antibióticos aislada de mastitis bovina en Michoacán, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(4), 387-396.
- Kido, C. M. T., Martínez, C. C. J., Zúñiga, M. T., Cotera, R. J. 2022. Estimación del bienestar animal del bovino lechero en trópico, mediante criterios de acondicionamiento ambiental. *Revista MVZ Córdoba*. 27(3): 1-13.
- Lind, D., Marchal, W. G., Wathen, S. A. 2012. *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. Decimotercera edición. México, D. F. McGraw-Hill Interamericana, 856 p.
- Magaña, M. J. G., Ríos, A. G., Martínez, G. J. C. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 14(3): 105-114.
- Manjarrez, L. A. M., Díaz, Z. S., Salazar, G. F., Valladares, C. B., Gutiérrez, C. A. C., Barbosa, P. A., Talavera, R. M., Alonso, F. M. U., Velázquez, O. V. 2012. Identificación de biotipos de *Staphylococcus aureus* en vacas lecheras de producción familiar con mastitis subclínica en la región centro-este del Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 3(2): 265-274.
- Manteca, X., Mainau, E., Temple, D. 2015. Problemas de bienestar durante el periodo seco en vacas de leche. Ficha Técnica sobre bienestar de animales en granja. *Farm Animal Welfare Education Centre*. 13: 1-2.
- Martínez, C. C. J., Cotera, R. J., Forsythe, E. D., Arceo M. O. L. 2012. Canal de comercialización de carne de ganado bovino en Loma Bonita, Oaxaca. *Revista Temas de Ciencia y Tecnología*. 15(47): 51-56.
- Martínez, C. C. J., Kido C. M. T., Zúñiga, M. T., Becerril, M. F., Ureña C. F. D. 2021. Personal features and management activities related to cattle welfare, *Agro Productividad*. 8: 1-7
- Martínez, C. C. J., Kido, C. M. T., Ureña C. F. D., Zúñiga, M. T., Aguilar, M. C. U. 2022. Indicadores indirectos de bienestar animal en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 33(1): 1-13.

- Medrano, G. C., Ahumada, B. D. G., Romero, Z. J. J., Donado, G. P. 2021. Prevalencia, incidencia y factores de riesgo de mastitis subclínica en lecherías especializadas en Colombia. *Agronomía Mesoamericana*. 32(2): 487-507.
- Mendoza, J. A., Vera, Y. A., Peña, L. C. 2017. Prevalencia de mastitis subclínica, microorganismos asociados y factores de riesgo identificados en hatos de la provincia de Pamplona, Norte de Santander. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 64(2): 11-24.
- Mera, A. R., Muñoz, E. M., Atieda, R. J. R., Ortíz, T. P., González, S. R., Vega, F. V. 2017. Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 18(11): 1-16.
- Moriano, C. Y., Gómez, J. W., Gómez, U. N. C. 2020. Prevalencia de mastitis subclínica en bovinos criollos (*Bos taurus*) en el distrito de Pacobamba, Andahuaylas, Apurímac, Perú. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*. 15: 42-46.
- Muñoz, E. M., González S. R. Mera A. R. Ortiz T. P. Artieda R. J. R. Vega F. V. 2017. Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 18 (11): 1-16.
- Murillo, Y. A., Vázquez, J. M., Ayala, L. E., Pesántez, M. T., Pesántez, J. L., Serpa, V. G., Rodas, E. R., Nieto, P. E., Calle, G. R., Bustamante, J. G., Dután, J. B., Andrade, O. S., Ortega, V. V., Samaniego, J. X. 2017. La rutina del ordeño en la prevalencia de la mastitis subclínica en lecherías del sur del Ecuador. *MASKANA, Producción Animal-2017*. 41-43.
- Naghshineh, S., Rafat, S. A., Shoja, J., Moghaddam, G. A., Ebrahimi, M. 2015. Prevalence and risk factors of subclinical mastitis in Iranian Holstein cows. *Laranian Journal of Applied Animal Science*. 5(3): 569-574.
- Odeón, M. M., Romera S. A. 2017. Estrés en ganado: causas y consecuencias. Instituto de Virología, CICVYA-INTA, Hurlingham, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas-CONICET. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Univ. de Morón. *Argentina Rev Vet*. 28(1): 69-77.
- Osés, R., Insua, D. A., Cepero R. O., Saura G. G., Pedraza M. A. 2010. Modelación del impacto de algunos factores climáticos en la prevalencia de mastitis subclínica bovina. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 11 (3B), 1-8.
- Paramanandham, K., Akshata, L. G., Kuralayanapalya, P. S., Parimal, R. 2021. Global and countrywide prevalence of subclinical and clinical mastitis in dairy cattle and

buffaloes by systematic review and meta-analysis. *Research in Veterinary Science*. 136: 561-586.

- Pastor, G. F. J. I., Bedolla, C. J. L. C. 2008. Determinación de la prevalencia de mastitis bovina en el municipio de Tirímbaro, Michoacán, mediante la prueba de California. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 9(10): 1-34.
- Pech, M. V. C., Carvajal, H. M., Montes, P. R. 2007. Impacto económico de la mastitis subclínica en hatos bovinos de doble propósito de la zona centro del estado de Yucatán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 7(2): 127-131.
- Pérez, M. R., Padilla-Ramírez, F., González-Ríos, H., De la Cruz-Leyva, M., Castañeda-Vázquez, H., Hernández-Moreno, M. 2022. Factores asociados a la prevalencia de mastitis subclínica en ganado de doble propósito. *Abanico Veterinario*. 12(1): 1-16.
- Pinelli, S. A., Pérez, M. R., González, R. H., Amavizca, N. 2022. Prevalencia y relación de mastitis con niveles séricos de vitaminas E y A y estatus microbiológico en vacas criollas doble propósito en época de verano. *Biotecnia. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. 24(1): 79-86.
- Pinzón, T. A., Moreno, V. F. C., Rodríguez, M. G. 2009. Efectos de la mastitis subclínica en algunos hatos de la cuenca lechera del Alto Chicamocha (Departamento de Boyacá). *Revista de Medicina Veterinaria*. (17): 23-35.
- Ramírez, R. A., Polack, P. A. M. 2020. Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizonte de la Ciencia*. 10(19): 191-208.
- Ramírez, S. J. M. 2015. Prevalencia y factores predisponentes a mastitis subclínica en establos lecheros de la provincia de Trijullo. *Revista CEDAMAZ*. 5(1): 12-22.
- Ramírez, V. N., Arroyave, H. O., Cerón, M. M., Jaramillo, M., Cerón, J., Palacio, L. G. 2011. Factores asociados a mastitis en vacas de la microcuenca lechera del altiplano norte de Antioquia, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*. (22): 31-42.
- Reinoso, R. M. R. 2012. Evaluación Comparativa de los Tratamientos Farmacológico y Alternativo por la Aplicación de Ozono para el Control Intramamario de la Mastitis Subclínica en Bovinos (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Reyes, J., Lares B., Martínez, A. 2009. Buenas prácticas de manejo e higiene para obtener leche de calidad. *Campo Experimental Valle de Culiacán del Instituto*

Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias INIFAP disponible en: <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/component/phocadownload/category/32-pecuaria?download=129:buenas-practicas-de-manejo-e-higiene-para-obtener-leche-de-calidad>. Consultado el 30/04/2022.

- Rivas, R. R., Moreno, P. J., Talavera, J. O. 2013. Diferencias de medianas con *U* de Mann-Whitney. *Revista Médica del Instituto Mexicano del seguro Social*. 51(4): 4414-419.
- Rodríguez, J. L. M. 2020. Prevalencia de mastitis subclínica en tambo lechero en Paraguay. *Revista de Medicina Veterinaria*. (40): 61-68.
- Rodríguez, M. G. 2006. Comportamiento de la mastitis bovina y su impacto económico en algunos hatos de la Sabana de Bogotá, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*. (12): 35-55.
- Rodríguez, M. S., Flores, S. D., León, M. A., Pérez, H. L. M., Aguilar, A. J. 2018. Diagnóstico de sistemas de producción de bovinos para carne en Tejupilco, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9(2): 65-71.
- Rojas, M. C., Loza, R. E., Rodríguez, C. S. D., Figueroa, M. J. V., Aguilar, R. F., Lagunes, Q. R. E., Morales, Á. J. F., Santillán, F. M. A., Socci, E. G. A., Álvarez, M. J. A. 2021. Antecedentes y perspectivas de algunas enfermedades prioritarias que afectan a la ganadería bovina en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 12(Supl 3): 111-148.
- Rojo, R. R., Vázquez, A. J. F., Pérez, H. P., Mendoza, M. G. D., Selem, A. Z. M., Albarrán, P. B., González, R. A., Hernández, M. J., Rebollar, R. S., Cardoso, J. D., Dorantes, C. E. J., Gutiérrez, C. J. G. 2009. Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. (41): 715-721.
- Romero, J., Benavides, E., Meza, C. 2018. Assessing financial impacts of subclinical mastitis on Colombia dairy farms. *Frontiers in Veterinary Science*. 5: 1-11.
- Rosas, V. U., Ortega, C. M. E., Pérez, R. P., Ayala, R. J. M., Aranda, O. G., Sánchez, T. E. M. T. 2019. Producción de ganado bovino de carne con bienestar animal. *Agro Productividad*. 12(10): 41-46.
- Ruiz, A. K., Ponce, P., Gomes, G., Mota, R. A., Sampaio, E., Lucena, E. R., Benone, S. 2011. Prevalencia de mastitis bovina subclínica y microorganismos asociados: comparación entre ordeño manual y mecánico. *Revista Salud Animal*. 33(1): 57-64.

Ruiz, G. A. K., Peña, R. J., Remón, D. D. 2016. Mastitis bovina en Cuba. Artículo de revisión. Revista de Producción Animal. 28(2-3): 39-50.

SADER-SEGALMEX-LICONSA. 2021. Manual de procedimientos para la adquisición, recepción y pago de leche nacional en LICONSA, S.A. de C.V. Disponible en: <http://www.liconsa.gob.mx/wp-content/uploads/2022/03/08.%20Man.%20Prctdmnts.%20Adqscn.%20Recpcn.%20Pag.%20Leche%20Nacnl.%20Licn.%2002-DIC-2021.pdf>

Sánchez, B. M. P., Gutiérrez, M. N. P., Posada, A. I. J. 2018. Prevalencia de mastitis bovina en el Cañón de Anaime, región lechera de Colombia, incluyendo etiología y resistencia antimicrobiana. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 29(1): 226-239.

Sánchez, M. S.S., Sánchez, B. I. J., Gómez, V. J. C., Loor, L. J. I. 2020. Mastitis subclínica en hatos lecheros medianos del Cantón Babahoyo provincia de Los Ríos. Journal of Science and Research. 5(CININGEC2020): 200-2010.

Santivañez, B. C. S., Gómez, Q. O. E., Cárdena, V. L. Á., Escobedo, E. M. E., Bustinza, C. R. H., Peña, S. J. 2013. Prevalencia y factores asociados a la mastitis subclínica bovina en los Andes peruanos. Veterinaria y Zootecnia. 7(2): 92-104.

Saura, G., Osés R., Cepero, R. O., Pedraza, M. A., Insua, D. A. 2010. Modelación del impacto de algunos factores climáticos en la prevalencia de mastitis subclínica bovina. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. 11(3B):1-8.

SIAP. 2022. Anuario estadístico de producción ganadera. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/ Consultado en marzo de 2022.

SIAP. 2023. Anuario estadístico de producción ganadera. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/ Consultado en julio de 2023.

Trujillo, C. M., Gallego, A. F., Ramírez, N., Palacio, L. G. 2011. Prevalencia de mastitis en siete hatos lecheros del oriente antioqueño Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 24(1): 11-18.

Vadillo, M. S., Píriz, D. S., Mateos, Y. E. 2002. Manual de microbiología veterinaria. 2ª edición. España. McGraw-Gill Interamericana. 853 p.

Vega, F. V., Mera, A. R., Ortiz, T. P., Muñoz, E. M., Artieda, R. J. R., González, S. R. 2017. Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. 18(11): 1-16.

- Velásquez, V. C. R. 2011. Factores que influyen en la presentación de mastitis subclínica en establos lecheros de la irrigación San Felipe. Hacho. Revista de Ciencia y Tecnología. 1(1): 16-21.
- Villagómez, C. J., Cervantes, A. P. 2013. Impacto económico de la mastitis bovina en la lechería tropical. XXI curso internacional teórico práctico "diagnóstico y control de la mastitis bovina" Academia de Administración y Estadística, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Universidad Veracruzana. Veracruz, México.
- Vissio, C., Agüero, D. A., Raspanti, C. G., Odierno, L. M., Larriestra, A. J. 2015. Pérdidas productivas y económicas diarias ocasionadas por la mastitis y erogaciones derivadas de su control en establecimientos lecheros de Córdoba, Argentina. Archivos de Medicina veterinaria. 47: 7-14.
- Wattiaux, M. A. 2013. Mastitis: Prevención y detección. En: Esenciales lecheras. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. Madisón, WI, USA. Pp. 93-96.
- WingChing, J. R., Mora, C. M. 2013. Composición de la leche entera cruda de bvinos antes y después del filtrado. Agronomía Mesoamericana. 24(1): 203-207.
- Wolter, W., Castañeda, H., Kloppert, B., Zschock, M. 2004. Mastitis Bovina. Prevención, diagnóstico y tratamiento. Mastitis Bovina. Editorial Universitaria. Universidad de Guadalajara, Jalisco. 16, 68 p.
- Zaror, L., Kruze, J., Valenzuela, K. 2011. Mastitis bovina por Prototheca zopfii: primer aislamiento en Chile. Archivos de Medicina Veterinaria. 43 (2):173-176.

9. APÉNDICES



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
Campus Loma Bonita
Maestría en Producción y Procesamiento Pecuario



Cuestionario para identificar los factores de ordeño asociados con la mastitis subclínica y su impacto económico en explotaciones bovinas de Loma Bonita, Oaxaca, México.

DATOS GENERALES	
Nombre del encuestador: _____	Fecha: _____
Nombre del productor: _____	Edad: _____
Nombre de la unidad de producción: _____	
Localidad: _____	

FACTORES RELACIONADOS CON EL ANIMAL		
Edad de la vaca: _____ Mes de lactancia : _____ Condición corporal: _____		
	SI	NO
¿La vaca se encuentra en su primer ordeño?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Los 4 cuartos se encuentran en producción?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FACTORES RELACIONADOS CON EL MANEJO		
	SI	NO
¿El ordeñador inmovilizó las patas de la vaca?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El ordeñador usó maneas limpias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El ordeñador realizó amarre de la cola?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El ordeñador se lavó las manos antes de realizar el ordeño?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El ordeñador lavó los pezones antes de realizar el ordeño?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El ordeñador limpió los pezones antes de realizar el ordeño?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El ordeñador usó toallas individuales para la limpieza de la ubre?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El ordeñador despuntó antes de realizar el ordeño?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El ordeñador tiene conocimiento de la presencia de mastitis en la unidad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¿El ordeñador separó las vacas enfermas para realizar ordeño al final?		
¿El ordeñador usó sellador de pezones al finalizar el ordeño?		
¿El ordeñador tiene conocimiento sobre la prevención de la mastitis?		
FACTORES RELACIONADOS CON LA INFRAESTRUCTURA		
	SI	NO
¿Existe una sala de espera?		
¿Las instalaciones se encuentran en buen estado?		
¿Existe una sala específicamente para realizar el ordeño?		
¿La sala de ordeño se encuentra correctamente diseñada?		
¿La sala de ordeño cuenta con piso de concreto?		
¿La sala cuenta con buen drenaje para los desechos y agua de lluvia?		
¿La sala cuenta con luz eléctrica?		
¿La sala cuenta con techado?		
¿Los materiales con los que cuenta la sala son de lámina y concreto?		
¿La sala de ordeño se encuentra limpia durante el proceso?		
¿Existe la presencia de moscas u otros vectores?		
¿Los animales fueron sometidos a estrés durante el manejo?		
FACTORES CLIMATICOS		
Temperatura: _____ Humedad: _____ Precipitación _____		
ECONÓMICO		
Litros de leche producidos por animal enfermo _____		
Litros de leche producidos por animal sano: _____		
Precio de venta de leche: _____ Núm. de animales desechados: _____		
Peso promedio de los animales desechados: _____		
Ingreso por la venta de animales desechados: _____		
Costos de los servicios veterinarios: _____		
Costo por prevención de mastitis _____		

GRACIAS POR SU APOYO.

RANCHO _____

PRODUCTOR _____

LOCALIDAD _____



AD	PD
AI	PI



PI	AI
PD	AD

N°	Vaca	Edad	Mes lactancia	AI	AD	PI	PD	C.C	L. producidos	Observaciones
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

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

Grado	Interpretación	Observaciones
N	Negativa	Sin cambios aparentes de consistencia y coloración
T	Traza	Se presentan pequeñas partículas en arrastre
1	Leve	Ocurre en el fondo un cambio ligero con apariencia de una nube clara en la base
2	Moderada	Se observa una mezcla viscosa con tendencia a formar gel
3	Severa	Coloración tendiente al púrpura, se identifica la formación de gel de aspecto mucoso y adherente

