



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
CAMPUS LOMA BONITA

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

**PREVALENCIA DE MASTITIS SUBCLÍNICA Y CALIDAD
NUTRICIONAL E HIGIÉNICA DE LA LECHE EN GANADO DE DOBLE
PROPÓSITO DE LOMA BONITA, OAXACA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN ZOOTECNIA

PRESENTA:

SHUNASHI DEL CARMEN RIVERA ANTONIO

DIRECTOR:

DR. NICOLÁS VALENZUELA JIMÉNEZ

Loma Bonita, Oaxaca, México, 2023



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
Campus Loma Bonita

LA PRESENTE TESIS TITULADA “PREVALENCIA DE MASTITIS SUBCLÍNICA Y CALIDAD NUTRICIONAL E HIGIÉNICA DE LA LECHE EN GANADO DE DOBLE PROPÓSITO DE LOMA BONITA, OAXACA” PRESENTADA POR LA PASANTE SHUNASHI DEL CARMEN RIVERA ANTONIO, BAJO LA DIRECCION DEL DR. NICOLÁS VALENZUELA JIMÉNEZ, HA SIDO ACEPTADA Y REVISADA POR EL JURADO EXAMINADOR INDICADO PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TITULO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA.

JURADO EXAMINADOR

DR. NICOLAS VALENZUELA JIMÉNEZ

DR. CECILIO UBALDO AGUILAR MARTÍNEZ

DR. JOSE ANGEL RUEDA BARRIENTOS

LOMA BONITA, OAXACA, MEXICO 2023



Universidad del Papaloapan

FECHA:	27 de Abril del 2023
ÁREA:	Vice-Rectoría Académica
OFICIO NUMERO:	UNPA/VRA/104/2023
ASUNTO:	Autorización de Impresión de tesis.

**C. SHUNASHI DEL CÁRMEN RIVERA ANTONIO
P R E S E N T E:**

En base al artículo 120 del reglamento de alumnos, por medio de la presente se aprueba la impresión de la tesis titulada **“Prevalencia de mastitis subclínica y calidad nutricional e higiénica de la leche en ganado de doble propósito de Loma Bonita, Oaxaca.”** así como la programación del examen profesional bajo la dirección del Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente.
terra ubérrima, mens aperta
Bou Lo-tama, chi jí jú


MC. HÉCTOR LÓPEZ ARJONA
Vice-Rector Académico.



C.c.p. Dra. Tania Zúñiga Marroquín. Jefa de Carrera de la Lic. En Zootecnia
C.c.p. L.P. Yesenia Barrientos Arenal. Jefa del Departamento de Servicios Escolares
C.c.p. Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez. Directora de Tesis.
C.c.p. Archivo.



Universidad del Papaloapan

Una Universidad Siempre Avanzando

Licenciatura en Zootecnia

Oficio número JCLZ/53/2023

Asunto: Registro de protocolo de tesis
Loma Bonita, Oaxaca a 19 de abril del 2023

M.E. Yesenia Barrientos Arenal
Jefa del Departamento de Servicios Escolares
PRESENTE

Mediante la presente, le informo que esta jefatura, con el visto bueno de la Vice-rectoría Académica, ha designado a los siguientes profesores como sinodales del examen profesional del egresado **C. Shunashi del Carmen Rivera Antonio**, quien defenderá su trabajo de tesis titulado **"Prevalencia de mastitis subclínica y calidad nutricional e higiénica de la leche en ganado de doble propósito de Loma Bonita, Oaxaca"**, para obtener el título de **Licenciado en Zootecnia**.

Titulares:

Presidente: D.C. Jose Angel Rueda Barrientos
Secretario: Dr. Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez
Vocal: Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez

Suplentes:

Dr. José Manuel Juárez Barrientos
Dr. Wilber Hernández Montiel

Sin más por el momento, le envió un cordial saludo.



Lic. Diana Zúñiga Marroquín
Jefa de Carrera de Lic. en Zootecnia

Atentamente



Vo. Bo.

M.C. Héctor López Arjona
Vice-rector Académico

C.c.p: M.C. Hector López Arjona. Vicerector académico. Para su conocimiento
C.c.p: Archivo



DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres: **Raúl Rivera Bautista** y **Miriam Antonio Cabrera**, que a pesar de todas las dificultades, siempre han apoyado mis sueños y nunca me han dejado sola.

A mis hermanos **Yañez Akary**, **Astrid Airy** y **Raúl Rivera Antonio**, por su apoyo incondicional.

A mi amada sobrina **Thaily Victoria Rivera Antonio**, porque desde que llegó a mi vida, ha sido mi motor.

A mis segundos padres, **Ezequiel Antonio Santiago**, **Regina Cabrera Zarate**, **Galo Rivera Joaquín** y **Juana Bautista López**, que siempre me tuvieron en cuenta en todas y cada una de sus oraciones, y aunque no estaban a mi lado, a distancia siempre me dieron palabras de aliento.

A mis tíos, **Nancy**, **Deysi**, **Víctor**, **Carlos**, **Miguel**, **Raúl**, **Tony**, **Rogelio**, **Rocío** y **Galo**, por sus llamados de atención, por sus palabras de aliento, por ser parte importante de mi vida.

A mis **compañeros y amigos**, Guadalupe, Dariam, Denis, Susana, Guillermo, Rodolfo, Carmen, Leyva, Alejandro, Hernán, por su tiempo, cariño y aprendizaje. En especial a Silvio, por el apoyo incondicional en el transcurso de este trabajo, por las palabras de aliento.

Porque este logro, es de todos ustedes también.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad del Papaloapan** (UNPA) por dejarme ser parte de ella y permitirme la oportunidad de cursar mi educación profesional.

A mi **director de Tesis**, Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez, por brindarme la confianza, por colaborar conmigo en este trabajo, por su paciencia, dedicación, inteligencia, sencillez, humildad y por creer en mí.

A mis **revisores**, Dr. José Ángel Rueda Barrientos y Dr. Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez. Por la colaboración a este trabajo, por su conocimiento y dedicación.

A mis **profesores**, MC. Julián Cotería Rivera, Dra. Tania Zúñiga Marroquín, Dra. Ma. Teresa Kido Cruz, Dr. Wilber Hernández Montiel, Mtra. Sherryl Birtell, Dr. César Julio Martínez Castro, Dra. Gladys Morales Terán, por su apoyo y amistad.

A los **productores**, Ing. Alfredo Pérez Cruz, Pedro Ureña Castillo, Antonio Morales, Arturo López, etc... por la colaboración a este proyecto.

¡Millones de gracias!

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos particulares.....	3
3. HIPÓTESIS	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 Importancia de la leche	5
4.2 Composición y características de la leche	6
4.2.1 Proteínas de la leche.....	7
4.2.2 Lactosa y otros carbohidratos.	8
4.2.3 Lípidos de la leche.....	10
4.2.4 Minerales y vitaminas	11
4.3 Calidad de la leche	12
4.3.1 Calidad nutricional de la leche.....	13
4.3.2 Calidad higiénica de la leche.....	14
4.3.3 Factores que afectan la calidad la leche.	19
4.4 Mastitis.	21
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
5.1 Localización y características de la región.....	29
5.2 Características de las unidades de producción	29
5.3 Toma y manejo de muestras.....	30
5.4 Determinación de la prevalencia de mastitis subclínica mediante la prueba de California.....	31
5.5 Determinación de la prevalencia de mastitis subclínica mediante el conteo de células somáticas en leche.....	32
5.6 Determinación de las características fisicoquímicas de la leche.....	33

5.7 Análisis microbiológico de leche	33
5.8 Identificación de factores asociados a la presentación de mastitis	34
5.9 Análisis estadístico	35
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
6.1 Prevalencia de mastitis subclínica mediante la prueba de California	36
6.2 Prevalencia de mastitis subclínica mediante el conteo de células somáticas con equipo automatizado	41
6.3 Características fisicoquímicas de la leche y su relación con mastitis subclínica	44
6.4 Análisis microbiológico	50
6.5 Factores asociados a la presencia de mastitis subclínica	53
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
7.1 Conclusiones	56
7.2 Recomendaciones	57
8. LITERATURA CITADA	58
9. ANEXO	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Componentes de la leche de vaca.....	7
2	Límites máximos de contenido microbiano para leche y derivados lácteos.....	16
3	Especificaciones de leche pasteurizada, ultra pasteurizada y micro filtrada ultra.....	17
4	Reacciones de la prueba de California y su equivalente en conteo de células somáticas para leche bovina.....	33
5	Prevalencia mensual de mastitis subclínica por vaca en seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.....	36
6	Prevalencia mensual de mastitis subclínica por cuarto en seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.....	40
7	Características fisicoquímicas promedio de la leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.....	44
8	Características fisicoquímicas promedio mensuales de la leche de unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.....	45
9	Matriz de coeficientes de correlación (r) de las características fisicoquímicas y de células somáticas de la leche de unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.....	46
10	Bacterias presentes en la leche (UFC/mL) de unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.....	50
11	Características y manejo relacionado al ordeño que han sido identificados como factores de riesgo para la presentación de mastitis subclínica en unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Prevalencia mensual (promedio) de mastitis subclínica en seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca, diagnosticadas por Prueba de California y Conteo de células somáticas.....	42
2	Conteo de células somáticas por mes (promedio \pm ee) en tanques de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.....	43
3	Relación (línea de tendencia negativa) de los niveles de lactosa y las células somáticas en leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca	46
4	Relación (línea de tendencia negativa) de los niveles de grasa y las células somáticas en leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca	47
5	Relación (línea de tendencia negativa) de los niveles de proteína y las células somáticas en leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.....	47
6	Relación (línea de tendencia negativa) del porcentaje de sólidos no grasos (SNG) y las células somáticas en leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca	48

RESUMEN

Las vacas con mastitis subclínica (MSC), son fuente de infección para otras vacas, disminuyendo la producción y la calidad nutricional e higiénica de la leche. El objetivo de este trabajo fue estimar la prevalencia de MSC y su relación con la calidad higiénica y nutricional de la leche producida en unidades de doble propósito de Loma Bonita, Oaxaca. Se midió la prevalencia de MSC en seis unidades de producción, muestreándose mensualmente un total de 151 animales mediante la prueba de California. Se evaluó la composición nutricional, la cantidad de células somáticas y bacterias en leche. La prevalencia de mastitis subclínica total por vaca y por cuarto durante los seis meses fue de 20.8% de 6.2%, respectivamente. Los meses de menor y mayor prevalencia fueron enero y febrero, así como septiembre y octubre ($p < 0.05$), respectivamente. Las tres unidades de producción con las peores prácticas de ordeño fueron las de mayor prevalencia a lo largo del estudio. Los animales al final de su lactancia presentaron mayor prevalencia de MSC, principalmente cuando no amamantaban becerro, siendo los cuartos posteriores los más afectados. Se observó que el incremento del número de células somáticas en leche se relaciona con la disminución de lactosa, grasa y proteína. Se observaron conteos bacterianos altos, principalmente de coliformes y *Staphylococcus aureus*. Se concluye que la prevalencia de MSC en las unidades de producción muestreadas, es de media a baja con variaciones entre meses, es afectada por las diferentes prácticas de ordeño entre productores, afecta la calidad nutricional de la leche y contiene bacterias con alto grado de patogenicidad.

Palabras clave: mastitis, leche, doble propósito, lactosa.

ABSTRACT

Cows with subclinical mastitis (SCM) are a source of infection for other cows, decreasing production and the nutritional and hygienic quality of milk. The objective of this work was to estimate the prevalence of SCM and its relationship with the hygienic and nutritional quality of milk produced in dual-purpose units in Loma Bonita, Oaxaca. The prevalence of SCM was measured in six production units, sampling a total of 151 animals monthly using the California mastitis test. The nutritional composition, the somatic cells count and bacteria in milk were evaluated. The prevalence of total subclinical mastitis per cow and per quarter during the six months was 20.8% and 6.2%, respectively. The months with the lowest and highest prevalence were January and February, as well as September and October ($p < 0.05$), respectively. The three production units with the worst order practices were the most prevalent throughout the study. The animals at the end of their lactation showed a higher prevalence of SCM, mainly when they did not suckle calves, being the hindquarters the most affected. The increase in the number of somatic cells in milk is related to the decrease in lactose, fat and protein. High bacterial counts were observed, mainly coliforms and *Staphylococcus aureus*. It is concluded that the prevalence of SCM in the sampled production units is medium to low with variations between months, is affected by the different milking practices between producers, affects the nutritional quality of milk and contains bacteria with a high degree of pathogenicity.

Key words: mastitis, milk, dual purpose, lactose.

1. INTRODUCCIÓN

La leche es un alimento muy completo y de alta calidad para el ser humano en todo el mundo, ya que contiene una gran cantidad de nutrientes esenciales. Sin embargo, si el proceso de producción no es adecuado, la leche también puede representar un peligro para la salud (Martínez-Vasallo *et al.*, 2017). Los agentes patógenos pueden contaminar la leche por excreción de la ubre de un animal infectado, o por medidas sanitarias deficientes durante el ordeño, y/o el almacenaje. Algunas bacterias son habitantes del tracto gastrointestinal o la piel de los animales y pueden contaminar la leche cruda durante el ordeño. Por ello es estrictamente necesario garantizar que este alimento sea producido a partir de animales sanos, bajo condiciones de manejo aceptables y con la sanidad o higiene adecuada para mantener la salud pública (FAO 2022).

Las unidades de producción de leche en Loma Bonita, Oaxaca, se caracterizan por pertenecer al sistema de doble propósito con un gran potencial productivo. La leche obtenida es destinada en su mayor parte a la elaboración de quesos (PED, 2016). Sin embargo, existe una baja productividad de los animales, atribuible a factores de manejo como la alimentación, la reproducción y la sanidad. Entre los problemas sanitarios de mayor relevancia que afectan al ganado de doble propósito, sobresale la mastitis (Sheen y Riesco, 2002). Esta enfermedad consiste en la inflamación de la glándula mamaria, causada por diferentes agentes etiológicos contagiosos y ambientales, que genera pérdidas económicas considerables en la producción láctea (Pereyra, 2014). Por la presentación de los signos clínicos visibles en el animal y cambios en la leche, la

mastitis puede clasificarse en, mastitis clínica (detectada a simple vista) o mastitis subclínica (sin cambios macroscópicos en la leche, ni signos clínicos en el animal).

La mastitis subclínica es la de mayor impacto económico para el productor por no detectarse a simple vista (Bedolla y Ponce de León, 2008; Calderón *et al.*, 2009). Sin embargo, las vacas con mastitis subclínica si presentan cambios microscópicos en la glándula mamaria y en la leche, como lo es un aumento en la carga de células somáticas, lo que la hace factible de ser detectada con técnicas especiales. Conocer la prevalencia de mastitis subclínica, es un paso importante para el productor para descubrir las posibles causas de la enfermedad y determinar métodos efectivos para su prevención y tratamiento. Existen pocos estudios relacionados con la prevalencia de mastitis subclínica en unidades de producción de doble propósito de la región, y de la calidad higiénica y nutricional de la leche producida por estos animales. Por ello es importante hacer un diagnóstico sobre estos aspectos y concientizar a los productores de Loma Bonita, Oaxaca, sobre la importancia de producir leche de buena calidad con animales sanos y procedimientos adecuados que mejoren su rendimiento y también aseguren la inocuidad de este alimento.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Estimar la prevalencia de mastitis subclínica y la relación que tiene con la calidad higiénica y nutricional de la leche producida en unidades ganaderas de doble propósito de Loma Bonita, Oaxaca.

2.2 Objetivos particulares

- Valorar la prevalencia de mastitis subclínica determinada mediante la prueba de California y el conteo de células somáticas en leche, en ganado de doble propósito de Loma Bonita, Oaxaca.
- Evaluar las características nutricionales (lactosa, proteína, grasa, sólidos totales) de la leche de vacas de unidades de doble propósito de Loma Bonita, Oaxaca.
- Detectar las bacterias presentes en la leche de unidades productoras de ganado de doble propósito de Loma Bonita, Oaxaca.
- Observar si existe alguna relación entre la cantidad de células somáticas, las bacterias presentes y las características nutricionales de la leche producida en localidades de Loma Bonita, Oaxaca.

3. HIPÓTESIS

La prevalencia de mastitis subclínica en unidades productivas de ganado de doble propósito de Loma Bonita, Oaxaca es alta y afecta la calidad de la leche.

La leche producida en unidades productivas de ganado de doble propósito de Loma Bonita, Oaxaca tiene un alto contenido de células somáticas y de bacterias.

La cantidad de lactosa, proteína, grasa y sólidos totales en leche de vaca producida en localidades de Loma Bonita, es más baja en leche con una alta cantidad de células somáticas y bacterias.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Importancia de la leche

La leche es la secreción de las glándulas mamarias de los mamíferos, cuya principal función es la nutrición de las crías. Aporta toda la energía y los nutrientes necesarios para garantizar un crecimiento y desarrollo adecuados en el período posnatal. La leche de vaca, utilizada para el consumo humano, ya sea como tal o como subproducto, es uno de los alimentos más completos, debido a su composición química, en la destaca la caseína (Haug *et al.*, 2007; Park, 2009). La leche es una buena fuente de proteínas de alto valor biológico, de fácil digestión, con alta carga de aminoácidos esenciales para los humanos. Estos proporcionan a la leche características sensoriales deseables y propiedades funcionales. Además, es fuente importante de carbohidratos, vitaminas y minerales (Kukovics y Németh, 2013; Pereira, 2014). Los componentes tienen funciones importantes en el organismo, como favorecer el desarrollo y fortalecimiento de los huesos, desarrollo de la piel, la vista y el sistema inmune, además de regular el balance de líquidos y presión sanguínea (Muehlhoff *et al.*, 2013; Rizzoli, 2014).

La leche también es una fuente reconocida de péptidos bioactivos producidos durante la digestión de la caseína, los cuales tienen efectos benéficos para la salud humana. Tales moléculas participan en diversas actividades fisiológicas, como antitrombóticos, opioides, inmunomoduladores, antioxidantes, e incluso antimicrobianos (Muro Urista *et al.*, 2011; Korhonen y Marnila, 2013; Vargas-Bello-Perez *et al.*, 2019). Los estudios epidemiológicos confirman la importancia

nutricional de la leche en la dieta humana y evidencian su papel en la prevención de diversas enfermedades crónicas como las cardiovasculares, la obesidad, la diabetes e incluso algunas formas de cáncer (Tanaka, 2010; Weaver *et al.* 2010; Shin *et al.*, 2013; Yuan *et al.*, 2013.) En general, se han demostrado asociaciones entre un mayor consumo de productos lácteos y una mejor salud metabólica (McGregor y Poppitt, 2013).

4.2 Composición y características de la leche

El termino general “leche” se refiere principalmente a la leche de vaca o de cualquier otra especie mamífero, producida por animales sanos y excluyendo la secreción unos días antes y cinco días después del parto, es decir, libre de calostro (NOM-243-SSA1,2010; Pereira, 2014). La leche es un líquido de color blanco amarillento, opaco, de textura ligeramente viscosa debido al contenido de azúcares, sales y caseínas. Su sabor generalmente es dulce debido a la lactosa, aunque puede cambiar debido a las condiciones ambientales, higiénicas y nutricionales, (Pereira, 2014; Schiano *et al.*, 2017).

La leche está compuesta por agua, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales, además de otras sustancias en concentraciones menores. Su composición química promedio es principalmente agua (87 %), 4 – 5 % de lactosa, 3% de proteína, 3 – 4 % de grasa, 0.8 % minerales y 0,1 % vitaminas (Badui, 2012; Fox *et al.*, 2015; McNamara y McSweeney, 2022) (Cuadro 1). La composición puede verse influenciada por factores como la especie animal, la genética, las condiciones ambientales, la etapa de lactancia y el estado nutricional y sanitario del animal (Pereira, 2014). Estos compuestos se encuentran en estado coloidal

y al interactuar forman una solución con baja densidad y viscosidad muy similar a la del agua.

Cuadro 1. Componentes de la leche de vaca (Badui, 2012; Fox *et al.*, 2015; McNamara y McSweeney, 2022)

Componente	Porcentaje presente
Agua	87.35
Sólidos totales	12.65
Proteínas totales:	3.25
Caseína	2.78
Del suero	0.47
α – lactoalbúmina	0.063
β – lactoglobulinas	0.251
Inmunoglobulinas	0.051
Seroalbúminas	0.04
Lactoferrinas	0.038
Otras	0.027
Grasa	3.76
Lactosa	4.84
Sales	0.8

4.2.1 Proteínas de la leche. La leche es una fuente de proteína ideal en la dieta humana, suministrando aproximadamente 32g de proteína por litro (3 a 3.5 %). Contiene cientos de diferentes tipos de proteínas y se pueden clasificar en tres grupos: a) caseínas, b) proteínas del suero y c) proteínas menores (Kukovics y Németh, 2013). Aproximadamente, un 80 % de las proteínas de la leche son caseínas (proteínas insolubles) y el 20% restante son proteínas del suero (proteínas solubles) y otros péptidos que pasan directamente de la sangre. Todas se consideran proteínas de alta calidad por su contenido de aminoácidos esenciales, su digestibilidad y biodisponibilidad (Pereira, 2014). Actualmente, se conocen cuatro tipos de caseína α s1, α s2, β y κ ; mientras que las dos principales proteínas del suero son β -lactoglobulina y α -lactoalbúmina, además de otras proteínas menores que son biológicamente activas, como la albúmina sérica, las

inmunoglobulinas, proteínas transportadoras como transferrina y otras enzimas como lactoferrina, lactoperoxidasa, peptona proteosa y lisozima (Kukovics y Németh, 2013; Pereira, 2014).

Las caseínas se encuentran en la leche como micelas, que sirven para el transporte de calcio y fósforo. En una micela, cientos de moléculas de caseína interactúan con minerales como fosfato de calcio y en menor cantidad con potasio, magnesio y sodio. En su paso por el estómago, las micelas forman un coagulo en el estómago, retrasando el tiempo de digestión de la proteína y haciendo más lenta la liberación de aminoácidos al intestino para tener una máxima absorción. Así mismo, son extremadamente importantes en los procesos de fabricación de quesos (Dalgleish, 2011; Kukovics y Németh, 2013)

Además de su calidad y su valor nutritivo, las proteínas de la leche y algunos péptidos bioactivos, resultantes de su hidrólisis enzimática, han mostrado múltiples roles biológicos que podrían ejercer acciones protectoras de la salud humana entre las que destacan; funciones antibacterianas, antivirales, antifúngicas, antioxidantes, antihipertensivas, antitrombóticas, opioides e inmunomoduladoras, además de mejorar la absorción de otros nutrientes (Goulding *et al.*, 2020).

4.2.2 Lactosa y otros carbohidratos. La fracción de carbohidratos de la leche produce beneficios funcionales para la salud de los consumidores. De esta fracción química, la lactosa es el carbohidrato principal en la leche bovina; se compone de galactosa y glucosa unidas por un enlace glucosídico. La leche es la única fuente conocida de lactosa y su función principal, junto con los lípidos,

es proporcionar energía. Además, es importante en la fabricación de productos lácteos fermentados, donde sirve como fuente de carbono para las bacterias ácido lácticas. Se sintetiza en las células mamarias epiteliales a partir de dos moléculas de glucosa absorbidas de la sangre, su tasa de síntesis en las células epiteliales de la glándula mamaria es un factor importante que influye en el volumen de leche al mantener su osmolaridad (Cant *et al.*, 2002). Así el aumento o la disminución de la síntesis de lactosa da como resultado un cambio en el volumen de leche.

La lactosa en las vacas lecheras puede ser afectada por la mastitis. Se ha determinado que el aumento en el recuento de células somáticas se relaciona con la disminución de lactosa, así como la presencia de agentes causantes de mastitis subclínica bovina (Antanaitis *et al.*, 2021). En una ubre con un alto recuento de células somáticas, la concentración de lactosa es más baja y muestra fluctuaciones. Por lo tanto, las mediciones de lactosa pueden ser útiles al evaluar las alteraciones en la salud de la ubre, lo que significa que los cambios en el contenido de lactosa podrían funcionar como un método indirecto de diagnóstico de la mastitis subclínica en las vacas (Forsbäck *et al.*, 2010, Antanaitis *et al.*, 2021).

Si bien la lactosa es la principal fuente de energía y carbono en la dieta de los mamíferos lactantes, con las nuevas herramientas analíticas se han podido identificar, caracterizar y cuantificar otros sacáridos libres, principalmente los oligosacáridos.

Los oligosacáridos tienen diversas actividades biológicas importantes para la salud, como prevenir la adhesión de bacterias patógenas en el intestino, servir

de nutrientes para las bacterias benéficas y son importantes para la síntesis de glicolípidos y glicoproteínas, que juegan un papel en el desarrollo del cerebro. Asimismo, la leche de todas las especies contiene pequeñas cantidades de monosacáridos y proteínas glicosiladas (Goulding *et al.*, 2020).

4.2.3 Lípidos de la leche. La grasa de la leche es una fuente importante de energía para el animal recién nacido. Son lípidos químicamente muy complejos que se presentan como una emulsión de glóbulos de grasa en el suero acuoso de la leche. El contenido total de lípidos de la leche de vaca está en el rango de 3 a 5 %, pero depende de una amplia variedad de factores como la raza, la dieta, la etapa de lactancia y la salud del animal (Månsson, 2008). La grasa de la leche contiene aproximadamente 400 ácidos grasos diferentes, lo que la convierte en la más compleja de todas las grasas naturales. Los principales lípidos de la leche son los triacilglicéridos, que comprenden más del 98 % de los lípidos de la leche, un 2 % de diacilglicerol, un 1 % de fosfolípidos y menos del 0,5 % de colesterol. Además, contiene vitaminas liposolubles A, D, E y K y carotenoides que son pigmentos naturales que pueden dar color a subproductos como la mantequilla y el queso (Pereira, 2014; Goulding *et al.*, 2020).

Los ácidos grasos de la leche de los rumiantes son los únicos lípidos naturales de un alimento que contienen ácido butírico, ácido graso de cadena corta que ayuda al mantenimiento de la integridad de la mucosa y el epitelio intestinal (Manrique y González, 2017). También contienen ácidos grasos de cadena media que son sintetizados por microorganismos del rumen, a partir de los procesos de la fermentación de alimentos. Los ácidos grasos de cadena corta y

media son solubles en agua y volátiles y tienen un fuerte aroma y sabor (Goulding *et al.*, 2020).

4.2.4 Minerales y vitaminas. La leche es reconocida como una fuente natural de calcio, pero en su fracción mineral se pueden distinguir varios otros elementos como sodio, potasio, cloruro, sulfato, fosfato y citrato. Además, contiene elementos en niveles muy bajos o trazas (Zn, Fe, Mo, Cu, Se, Mg, Fe y Cu). Aunque los minerales son constituyentes relativamente menores de la leche (0.8 %), son de importancia crítica para muchas propiedades tecnológicas y nutricionales de la leche (Goulding *et al.*, 2020).

El calcio es el macroelemento presente en mayor cantidad en la leche, su concentración promedio es de 1200 mg de calcio por litro de leche y esta cantidad se distribuye entre la fase micelar (con la caseína) y fase acuosa de la leche uniéndose a proteínas del suero o en su forma inorgánica. La leche también es reconocida como una fuente de fósforo que es el segundo macromineral en cantidad (aproximadamente 950 mg / L) y que de igual manera se encuentra presente en forma orgánica e inorgánica. La cantidad de estos macroelementos en la leche puede modificarse al principio y al final de la lactancia y en presencia de mastitis (Pereira, 2014; Goulding *et al.*, 2020).

En cuanto a las vitaminas, la leche contiene las trece conocidas. Su perfil vitamínico incluye las vitaminas liposolubles (A, D, E y K) e hidrosolubles (complejo B y vitamina C). Las concentraciones de vitaminas liposolubles dependen del contenido de grasa de la leche, por lo que es bajo, pero es especialmente una buena fuente de vitaminas del complejo B, proporcionando 10 a 15 % de la ingesta diaria recomendada para la mayoría de las personas. Estas

vitaminas son cofactores enzimáticos importantes y participan en varias vías metabólicas como producción de energía a partir de nutrientes, neurotransmisores y síntesis hormonal. El patrón general de las concentraciones de vitaminas en la leche va desde la concentración de vitamina C siendo la mayor hasta las concentraciones de vitamina B12 y vitamina D siendo las más bajas (Graulet *et al.*, 2013; Goulding *et al.*, 2020).

4.3 Calidad de la leche

El objetivo de los sistemas de producción de leche debe ser el proporcionar leche segura, saludable y de alta calidad nutricional para los consumidores. Cualquier falla en el manejo de la leche, desde el ordeño de la vaca hasta el consumidor, contribuye a reducir la calidad de la leche. La calidad de la leche tiene una profunda importancia, no solo por su amplio consumo en líquido, sino también porque la leche está involucrada en una gran serie de productos derivados, como el yogur, la mantequilla y el queso.

Actualmente la calidad de la leche se define en un sentido muy amplio, es decir, no solo está involucrado el producto (la leche) sino también el método de producción y el entorno de la unidad de producción (bienestar animal). En este sentido, la calidad de la leche se puede medir mediante varios parámetros, cualidades o características que debe cumplir el producto. Estos parámetros deben ser cuantificados para obtener valores que determinen si la leche cumple con los estándares requeridos (Noordhuizen, 2022).

De acuerdo con la FAO (FAO, 2022), la leche cruda de buena calidad debe estar libre de residuos o sedimentos, tener un ligero sabor dulce, no insípida, ni tener

color u olor anormal, tener un contenido de bacterias muy bajo, no debe contener sustancias químicas alterantes como conservadores, antibióticos o detergentes, y tener una composición nutricional y acidez normal y también debe de provenir de animales sanos.

Básicamente los parámetros de la calidad de la leche pueden agruparse en dos puntos principales: 1). La calidad nutricional (composición fisicoquímica) y 2). La calidad higiénica o sanitaria (inocuidad).

4.3.1 Calidad nutricional de la leche. La calidad de la leche cruda desde el punto de vista nutricional se refiere a que esta debe de cumplir con los parámetros fisicoquímicos promedio para la leche de la especie que se trate. La leche bovina debe contener los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo del becerro, debe de ser fuente de lípidos, proteínas, aminoácidos, vitaminas y minerales. Además, contiene inmunoglobulinas, hormonas, factores de crecimiento, citocinas, nucleótidos, péptidos, poliaminas, enzimas y otros péptidos bioactivos; la leche es una fuente de nueve nutrientes esenciales para los humanos (Clark, 2016). Normalmente, la leche entera de vaca contiene aproximadamente un 87% de agua, y el 13 % restante contiene proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales y son llamados sólidos totales. Debe de ser de color blanquecino y opaco, con un pH cercano al neutro y de sabor dulce (Agudelo y Bedoya, 2005; Haug *et al.*, 2007).

La leche de buena calidad, es aquella que cumple con todas las características en cuanto a su composición e higiene, de acuerdo a las normas de regulación nacionales e internacionales (FAO, 2022), por ejemplo, se define "Leche cruda"

como la secreción mamaria fluida obtenida directamente de los animales de ordeño, excluyendo el calostro, además no se recomienda que la leche cruda se venda para el consumo directo del consumidor, es decir, debería de consumirse pasteurizada. De igual manera la leche de calidad, destinada al consumo humano deberá contener una cantidad mínima de 3,0 % de grasa, 3,0% de proteína cruda, 2.4 % de lactosa y 8,3% de sólidos no grasos (FAO/OMS, 2009; SCFI, 2012).

4.3.2 Calidad higiénica de la leche. Debido a su composición nutritiva y a su baja acidez, la leche cruda es un excelente medio para el crecimiento de una amplia gama de microorganismos y es vulnerable a la contaminación en múltiples puntos antes de su llegada al consumidor. Desde su síntesis en la glándula mamaria la leche se ve expuesta, en menor o mayor grado, a un gran número de riesgos que hacen peligrar su calidad original. Todos estos factores o riesgos, ya sea en forma aislada o en conjunto, actúan en forma negativa sobre la calidad higiénica y nutricional de la leche y consecuentemente en contra de la salud pública y economía de los productores (Sarkar, 2015).

La carga microbiana y la incidencia de los patógenos bacterianos en los alimentos son indicadores de la calidad de los mismos, así como de las condiciones sanitarias de su producción (Guerreiro *et al.*, 2005). La leche de una vaca sana, se puede considerar estéril al salir de la glándula mamaria, pero puede contaminarse durante el ordeño, al contacto con el equipo y con el medio ambiente. La rápida multiplicación de los diversos microorganismos da como resultado el deterioro temprano de la leche, provocando la alteración fisicoquímica de sus componentes, absorción de olores extraños, generación de

malos sabores. Además, también puede existir contaminación con sustancias químicas como antibióticos, pesticidas, metales, detergentes, desinfectantes, partículas de suciedad y otros (Guerreiro *et al.*, 2005; Sarkar, 2015). El origen de esta contaminación de la leche puede provenir del mal manejo del hato, malas prácticas de higiene, presencia de patógenos ambientales (heces, ubres sucias) y mastitis clínica o subclínica.

Hay que remarcar que la calidad higiénica de la leche tiene una importancia fundamental para producir leche y productos lácteos inocuos y nutritivos. Aunque queda implícito que, mediante el mejoramiento de la higiene, buenas prácticas de ordeño y buen manejo del hato se lograría la calidad de leche deseada, también es necesario medir el nivel de calidad higiénica de la leche producida, para cumplir con todas las características de higiene estipuladas en las normas de regulación nacionales e internacionales (FAO, 2022). La calidad higiénica de la leche se mide mediante varios parámetros incluyendo (1) el nivel de contaminación microbiana (desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo), (2) el conteo de células somáticas (CCS), (3) la adulteración y presencia de contaminantes químicos, (4) las características organolépticas y (5) su composición (FAO/OMS, 2009; SSA, 2010; SCFI, 2012, Guerreiro *et al.*, 2005; Sarkar, 2015).

Se puede considerar que la leche es de alta calidad cuando hay ausencia de patógenos, sedimentos, material extraño y olores y sabores extraños; tiene recuentos bajos de células somáticas, sabor y olor ligeramente dulce y cumple con los estándares de concentraciones mínimas de grasa, sólidos totales y sólidos no grasos (Fagundes *et al.*, 2011). Los parámetros nacionales que se

exigen cumplir en la leche para consumo humano están estipulados en la NOM-155-SCFI-2012 (SCFI, 2012) y en la NOM-243-SSA1-2010, (SSA, 2010), donde se establecen las especificaciones sanitarias para asegurar la calidad higiénica de la leche, por ejemplo, los límites para la carga microbiana (Cuadro 2) y características fisicoquímicas (Cuadro 3).

Cuadro 2. Límites máximos de contenido microbiano para leche y derivados lácteos.

Microorganismo	Límite máximo	Productos
Coliformes totales	≤ 100 UFC/g o mL	Helados y sorbetes. Quesos de suero
	≤ 50 UFC/g o mL	Bases o mezclas para helados.
	≤ 20 UFC/g o mL	En punto de venta: Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado; pasteurizados.
	≤ 10 UFC/g o mL	En planta: Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado; pasteurizados o deshidratados. Mantequilla, cremas, leche condensada azucarada, leche fermentada o acidificada, dulces a base de leche.
<i>Staphylococcus aureus</i>	≤ 10 UFC/ mL por siembra directa	Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado pasteurizado.
	≤ 100 UFC/g o mL	Mantequilla, cremas, leche condensada azucarada, leche fermentada o acidificada, dulces a base de leche. Quesos madurados y quesos procesados
	1000 UFC/g	Quesos frescos y quesos de suero
<i>Salmonella spp</i>	Ausente en 25g o mL	Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado: pasteurizados y deshidratados. Quesos frescos, madurados y procesados. Quesos de suero. Cremas, leche fermentada o acidificada, dulces a base de leche*, helados, sorbetes y bases para helados. Mantequillas.
<i>Escherichia coli</i>	100 UFC/g o mL	Quesos frescos.
	≤ 3 NMP/g o mL	Leche utilizada como materia prima para la elaboración de quesos. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado; deshidratados.
	≤ 10 NMP/g	Quesos madurados y procesados.

Listeria monocytogenes	Ausente en 25g o mL	Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado; pasteurizados ** Quesos. Quesos de suero. Helados, bases para helados y sorbetes.**.
Vibrio cholerae ***	Ausente en 25g	Quesos frescos. Helados, sorbetes y bases para helados.
	Ausente en 50g	Quesos de suero.
Enterotoxina estafilococcica	Negativa	Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado; deshidratados y la que se emplee como materia prima para elaboración de quesos. Quesos frescos, madurados y procesados. Helados, sorbetes y bases para helados.
Toxina botulínica**	Negativa	Quesos frescos, madurados y procesados, envasados al alto vacío.
Mohos y levaduras	500 UFC/g o mL	Quesos frescos, madurados*** y quesos de suero.
	100 UFC/g o mL	Quesos procesados.
	50 UFC/g o mL	Bases o mezclas para helados.
Mesofílicos aerobios	200,000 UFC/g o mL	Helados y sorbetes.
	100,000 UFC/g o mL	Bases para helado.

Fuente: NOM-243-SSA1-2010

Cuadro 3. Especificaciones de leche pasteurizada, ultrapasteurizada y microfiltrada ultra.

Especificaciones	Límite		
	Entera	Parcialmente descremada	Descremada
Densidad a 15 °C, g/ml	1,029 mín.	1,029 mín.	1,031 mín.
Grasa butírica g/L	30 mín.	28 máx. 6 mín.	5 máx.
Acidez (expresada como ácido láctico) g/L	1,3 mín. 1,7 máx.	1,3 mín. 1,7 máx.	1,3 mín. 1,7 máx.
Sólidos no grasos de la leche, g/L	83 mín.	83 mín.	83 mín.
Punto crioscópico °C (°H)	Entre -0,510 (-0,530) y -0,536 (-0,560)	Entre -0,510 (-0,530) y -0,536 (-0,560)	Entre -0,510 (-0,530) y -0,536 (-0,560)
Lactosa g/L	43 mín. 52 máx.	43 mín. 52 máx.	43 mín. 52 máx.
Proteínas propias de la leche g/L	30 mín.	30 mín.	30 mín.
Caseína g/L	24 mín.	24 mín.	24 mín.

Fuente: NOM-155-SCFI-2012

Entre todos los estándares empleados en la evaluación de la calidad de la leche, la carga microbiana o la presencia de tipos específicos de bacterias, y el conteo de células somáticas son los parámetros más utilizados en la evaluación la calidad higiénica de la leche y de la prevalencia de mastitis en hatos lecheros (Fagundes *et al.*, 2011; Visciano y Schirone, 2022). Para la carga microbiana se utiliza el recuento total en placa o la prueba de reductasa de azul de metileno. Las bacterias que comúnmente se buscan son *Staphylococcus aerus*, coliformes totales, mesófilos aerobios y hongos. La leche cruda destinada al proceso de ultrapasteurización debe cumplir con los parámetros de la prueba de alcohol (Negativa), reductasa (mayor a 120 minutos), células somáticas (< 750 000 células/mL), para lograr la estabilidad del producto en su vida de anaquel (Liconsa, 2009).

Como norma general, al llegar a la industria o centro de acopio, la leche se debe analizar para la presencia de antibióticos y otros medicamentos, además de otros parámetros fisicoquímicos adicionales como el color, el olor, la apariencia, la acidez, la estabilidad ante el alcohol, el punto de congelación, adulteración (con agua, conservantes, sólidos añadidos), la prueba de reductasa (azul de metileno) y la temperatura de la leche (FAO/OMS, 2009; Liconsa, 2009).

Finalmente, otro punto importante es evaluar el estado sanitario del hato lechero mediante los programas de control de enfermedades, ya que pueden existir riesgos de transmisión de bacterias zoonóticas por medio de la leche, por ejemplo, *Salmonella spp.*, *Mycobacterium bovis* y *Brucella abortus*.

4.3.3 Factores que afectan la calidad la leche. Como se ha mencionado, la leche es un alimento muy nutritivo que por sus características fisicoquímicas puede ser afectado por múltiples factores provocando un cambio en sus componentes y modificando su calidad. Algunos factores propios de los animales y del manejo alimenticio del hato pueden afectar la composición nutricional, entre los que se encuentran la raza del animal, su alimentación, las condiciones ambientales y la estación del año, entre otros factores.

Las características individuales entre razas y dentro de una misma raza son muy variadas y tienen gran influencia sobre las características químicas de la leche, principalmente en lo que se refiere al contenido sólidos totales (grasa y proteína) y del tipo de ácido graso (De los Reyes, 2010). La alimentación de los animales es un factor importante que incide en casi todas las propiedades, es decir, la composición química, características sensoriales y valor nutritivo (Heer, 2007). También se sabe que la grasa y las proteínas son de los componentes que varían más con la estación del año, esto debido a la disponibilidad de alimento y la composición de este, así como las condiciones de temperatura, las cuales repercuten en la ingesta de los animales y en la acumulación de biomoléculas energéticas secundarias; dichos cambios se observan en mayor intensidad en animales de pastoreo (Avelino *et al*, 2010).

Otros factores más relacionados con la higiene y buen manejo se refieren a la contaminación de la leche, que puede ser química, física o biológica. La contaminación física, puede darse por agentes que modifican las características sensoriales, estos pueden ser objetos depositados accidentalmente en la leche,

la contaminación de apariencia por el uso de utensilios sucios, la captación de olores indeseables por parte de la leche al ser recolectada en lugares no aptos para la ordeña (De los Reyes, 2010; Martínez *et al.*, 2011). La contaminación química se refiere a los solutos depositados intencional o accidentalmente en la leche, por ejemplo, adulterantes como el agua o azúcares sintéticos, adición de colorantes o almidones, así como la presencia de algunos insecticidas o antibióticos (Alais, 2001; Delos Reyes, 2010). En cuanto a la contaminación biológica, la leche es un medio adecuado para el desarrollo de microorganismos que provocan cambios en sus componentes y en consecuencia alteran sus características físico-químicas, sensoriales, tecnológicas y sobre todo biológicas, convirtiéndola en una fuente importante de infección sanitaria para el consumidor (Heer, 2007). En este aspecto, los microorganismos responsables, que en su mayoría son bacterias, pueden provenir de diferentes fuentes de contaminación, siendo de gran importancia la higiene en general durante y después del ordeño (Guerreiro *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2011).

Como ya se mencionó, la leche se puede considerar virtualmente estéril cuando es secretada por las células de una ubre sana, además de poseer sustancias inhibitoras naturales (lactoferrina y otras) que no permiten el incremento significativo de la carga bacteriana adquirida de los epitelios de la vaca durante las primeras horas inmediatas al ordeño; pero después, la leche es colonizada por microorganismos de una variedad de fuentes, que incluyen el ápice del pezón, el equipo de ordeño, el aire, el agua, el alimento, el pasto, el suelo y otros ambientes (Quigley *et al.*, 2013).

La superficie del pezón bovino puede contener una gran diversidad de bacterias, que son indispensables para la formación de texturas de productos lácteos, por ejemplo, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* y *Enterococcus spp.* y *Arthrobacter*, *Brevibacterium*, (Arieta, 2011); pero también existen otros que ocasionan daños en la composición de la leche y sus productos derivados, disminuyendo la calidad higiénica y la vida útil, además de ser una fuente de enfermedades para los consumidores (Navarro, 2006).

Por otro lado, las prácticas deficientes de higiene durante la obtención y manejo de la leche, pueden producir contaminación microbiana de la misma, diseminación de patógenos y contaminación de la ubre durante el ordeño entre las vacas, las manos del ordeñador y la máquina de ordeño (Michel *et al.*, 2006). Otras fuentes de contaminación de la leche pueden estar presentes en el manejo del rebaño, presencia de patógenos ambientales por mala higiene animal, patógenos infecciosos en vacas enfermas de mastitis (Payne y Wilson, 1999; Hagi *et al.*, 2010).

4.4 Mastitis.

La mastitis bovina es una respuesta inflamatoria del tejido de la ubre en la glándula mamaria que puede ser causada por un trauma físico o infecciones por microorganismos. Es una enfermedad común que conduce a pérdidas económicas en los ranchos lecheros debido a la reducción del rendimiento y la mala calidad de la leche (Seegers *et al.*, 2003), además de ser una fuente de patógenos transmitidos por los alimentos.

La aparición de mastitis, depende de la interacción entre el agente, el hospedero y los factores ambientales. Ocurre cuando las bacterias patógenas ingresan a la glándula mamaria de una vaca susceptible a través de la punta del pezón y colonizan el tejido mamario. Varios factores contribuyen al nivel de infección, por ejemplo, la edad del animal, el tipo de bacteria, su estado inmunitario y la etapa de lactancia (Hurley y Theil, 2011)

La etiología de esta enfermedad es compleja, pudiendo ser causada por microorganismos patógenos o lesiones físicas o irritantes químicos que pueden desencadenar una respuesta inmune. Los microorganismos son la principal causa de mastitis (Bramely *et al.*, 1996). De éstos, se han identificado casi doscientos agentes causantes de mastitis bovina, incluyendo bacterias, levaduras, hongos y virus (Wellenberg *et al.*, 2002; Shaheen *et al.*, 2016). La mastitis bacteriana es la más significativa y la más común, desde el punto de vista patológico y económico (Blowey y Edmondson, 2010). Actualmente se han identificado más de 150 especies bacterianas causantes de mastitis (Kuang *et al.*, 2009; Zigo *et al.*, 2021). Tanto las bacterias Gram positivas como las Gram negativas pueden causarla, en ocasiones pueden estar implicadas una o dos especies bacterianas en infecciones simultáneas. Las bacterias Gram positivas incluyen varias especies de estafilococos y estreptococos y las bacterias Gram negativas más comunes son *Escherichia coli* y *Klebsiella spp* (Contreras y Rodríguez, 2011). Las bacterias se pueden considerar dentro de dos grupos principales (Andrews *et al.*, 2003). 1) Patógenos contagiosos (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Mycoplasma bovis*) y 2) Patógenos ambientales (*Escherichia coli*, *Klebsiella spp.* y

Streptococcus spp.). Los patógenos contagiosos son microorganismos que sobreviven y crecen dentro de la glándula mamaria de la vaca, siendo la leche la principal fuente de infección para las vacas sanas, por lo que la transmisión de la infección de los cuartos infectados a los no infectados y de una vaca a otra, ocurre durante el ordeño. Los patógenos ambientales son microorganismos que prosperan en el medio ambiente, especialmente en presencia de heces de las vacas. Pueden encontrarse en los corrales, camas y bebederos, en donde, la combinación de alta humedad y materia fecal incrementa el riesgo de exposición de la ubre a este tipo de patógenos. Dentro de este grupo, *E. coli* es la más importante con múltiples cepas de patogenicidad, también *Streptococcus uberis*, estafilococos coagulasa negativos (CNS), *Corynebacterium spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Proteus spp.*, *Pasteurella spp.*, *Listeria spp.*, *Leptospira spp.*, *Yersinia spp.*, *Enterobacter faecalis* y *Enterobacter faecium.*, y otros (Günther *et al.*, 2011; Krishnamoorthy *et al.*, 2021). Estas bacterias pueden invadir a través del orificio y el conducto del pezón, lesiones pequeñas o piel dañada de la ubre (Zigo *et al.*, 2021).

El caso especial de los estafilococos coagulasa negativos (*S. epidermidis*, *S. simulans*, *S. saprophyticus* y *S. chromogenes*) son patógenos oportunistas que colonizan el revestimiento del pezón o la piel de la ubre. La mastitis estafilocócica es la causa más frecuente de pérdidas económicas en términos de baja producción de leche (Shaheen *et al.*, 2016). Los patógenos más prevalentes de la mastitis bovina en todo el mundo son *Staphylococcus aureus* y algunas especies de estafilococos coagulasa negativos (Graber *et al.*, 2007). Esta

etiología compleja debido a la gran cantidad de posibles patógenos hace que sea una enfermedad difícil de controlar.

La mastitis comienza con la penetración de bacterias patógenas a través del canal del pezón hacia el interior de la glándula; la invasión se ve favorecida por factores de manejo que incrementan la propagación de bacterias patógenas entre las vacas y debilitan la resistencia natural del orificio del pezón. Si hay multiplicación de las bacterias invasoras, los subproductos de su metabolismo bacteriano irritan el epitelio mamario e inducen una reacción inflamatoria. Los signos clínicos de la mastitis son, una expresión de la defensa de la huésped destinada a destruir al invasor y dar paso a la reparación para recuperar la normalidad. La gravedad de la mastitis está determinada principalmente por la naturaleza del patógeno invasor y los mecanismos naturales de resistencia disponibles para la vaca y, en cierta medida, por el estrés que las prácticas de ordeño y los factores ambientales ejercen sobre la glándula mamaria.

La mastitis bovina puede clasificarse en términos generales en dos tipos, mastitis clínica y mastitis subclínica. La mastitis clínica es una afección grave en la que las etapas locales y sistémicas de la inflamación son evidentes, el enrojecimiento, el calor, dolor y aumento de tamaño de las áreas afectadas, pérdida de apetito, en ocasiones fiebre, la reducción de la producción de leche y los cambios en su composición y apariencia física (De Vliegher *et al.*, 2012). En casos severos, se observan secreciones anormales del pezón, como coágulos de sangre (Khan y Khan, 2006). La mastitis clínica también puede clasificarse como mastitis hiperaguda, aguda y subaguda, según la gravedad de los síntomas y el tiempo de evolución (Constable *et al.*, 2017).

Por otra parte, la mastitis subclínica también es un proceso inflamatorio de la glándula mamaria, pero que no puede distinguirse a simple vista, ya que no produce cambios aparentes en la glándula mamaria de la vaca, ni en la leche secretada. Al no poder ser diagnosticada a simple vista, este tipo de mastitis genera grandes problemas para el productor, debido a que las la disminución de la producción y calidad de la leche producida, teniendo como consecuencia, pérdidas económicas (Nagasawa *et al.*, 2018). En algunas investigaciones se ha observado que la disminución en la producción de leche por mastitis subclínica puede llegar a ser hasta de un 70% (Magariños, 2000). Además de las pérdidas económicas por gastos médicos veterinarios, medicamentos, tiempo de retiro de los antibióticos en leche, o rechazos por mala calidad. En hatos lecheros, se le atribuye a la mastitis subclínica la mitad de los gastos de salud, y los productores que comercializan la leche de vaca a grandes empresas lecheras pierden los incentivos que ofrecen dichas empresas, debido a la alta cantidad de células inflamatorias por la mastitis (Halasa, 2012).

Para la detección de la mastitis subclínica, es necesario que se lleven a cabo pruebas de diagnóstico, para identificar a los animales enfermos, y así poder llevar un tratamiento y control, antes de que la enfermedad se agrave, se contagien más vacas, y cause perdidas productivas (Moreno *et al.*, 2017).

Existen diversas pruebas basadas en la medición directa o indirecta de componentes inflamatorios y agentes patógenos en la leche. Se sabe que, como consecuencia de la colonización y el crecimiento bacteriano, son liberados productos inflamatorios del epitelio dañado, que conducen al reclutamiento de leucocitos de la sangre, su paso a la leche y la infiltración del tejido de la ubre.

Esta migración de células inmunitarias, más la descamación del epitelio de la glándula, da como resultado un aumento en el número de células somáticas (CS) en la leche y va acompañado de una disminución de la producción, según la gravedad del proceso (Zecconi y Hahn, 2000).

En la leche de glándulas mamarias sanas, el número de CS mantiene un nivel bajo o basal, con 200 000 a 250 000 células/mL de leche, cantidad que se considera normal (Williamson *et al.*, 2022). Ya sea que se acompañe o no de signos clínicos, una reacción inflamatoria causada por infecciones del tejido mamario siempre se asocia con un aumento en el conteo de células somáticas en la leche, y, por lo tanto, es la herramienta más comúnmente utilizada para monitorear la salud de la ubre y la calidad de la leche (Williamson *et al.*, 2022).

Otros indicadores de mastitis subclínica incluyen el aumento de la población bacteriana en la leche, la disminución de la producción de leche y el cambio en la composición y calidad de la misma (Bian *et al.*, 2014). Se requiere diagnóstico de laboratorio para el aislamiento e identificación del patógeno involucrado (Madouasse *et al.*, 2010). Se han implementado diferentes pruebas de diagnóstico entre las que destacan la prueba de California y la prueba de Wisconsin. La primera es la más utilizada a nivel de campo, mientras que la segunda se ocupa en laboratorio. Ambas pruebas son preferidas debido a su eficiencia, sensibilidad y bajo costo y permiten que el productor pueda cuantificar el impacto de la mastitis subclínica en la unidad productiva (Bedolla, 2007).

La prueba de California para mastitis (California Mastitis Test = CMT), es de las pruebas más comunes que existen a nivel de campo para la detección de mastitis subclínica, se fundamenta en que al combinar la leche con el reactivo CMT

(compuesto por el colorante indicador de pH, púrpura de bromocresol y el detergente alquil aril sulfonato de sodio), el detergente contenido en el reactivo, actúa rompiendo las membranas celulares permitiendo la liberación del DNA, que al ser expuesto se combina con las proteínas de la leche generando una consistencia gelatinosa, que puede observarse de menor a mayor grado, según la cantidad de células presentes, por otro lado, el colorante indica cambios en el pH ocurridos en la leche debido a la inflamación, variando de amarillo (ácido) a púrpura (base).

Se ha generado una escala de interpretación para esta prueba, que consta de cinco puntos de calificación, Negativo, trazas, grado uno (positivo leve), grado dos (positivo) y grado tres (positivo fuerte) (Fernández–Bolaños *et al.*, 2012). La forma sencilla de interpretar los resultados, permite obtener un resultado aproximado del recuento de células somáticas presentes en la leche y poder asignarle una de las categorías según se observe la reacción resultante (Echeverri, 2010). Se ha demostrado que esta prueba posee una sensibilidad del 97% y una especificidad del 93%. Debido a su sensibilidad, la prueba de California puede utilizarse para realizar el diagnóstico en la muestra de un cuarto o bien, en una muestra procedente de un tanque enfriador (Mera *et al.*, 2017).

La Prueba de California para mastitis junto con otra prueba rápida, la prueba de Wisconsin, son métodos económicos y rápidos para detectar y manejar infecciones subclínicas, aunque ambas corren el riesgo de tener cierto grado de subjetividad. Con el desarrollo de métodos más rápidos y automatizados para realizar el conteo de células somáticas en la leche, en los grandes establos de producción intensiva, se ha hecho más fácil el diagnóstico de vacas enfermas.

Esto ha dado como resultado la aplicación rutinaria de contadores de citometría de flujo de alta capacidad con un rendimiento muy mejorado en laboratorios avanzados de análisis de leche, o equipos contadores basados en tecnología ultrasónica. Estos dispositivos son capaces de determinar rápidamente el número de CS en un gran número de muestras.

El analizador automatizado Ekomilk Scan® (Bulteh 2000, somatic cell analyzer, Bulgaria), es un contador de células somáticas que trabaja midiendo la viscosidad de la leche al entrar en contacto con el reactivo EKO PRIM, que al ser un detergente disuelve las membranas celulares, así como la envoltura de su núcleo formando un gel, elevando la viscosidad de la mezcla de leche entre más células haya en la muestra, realiza mediciones de a partir de 90,000 hasta 1,500,000 células somáticas por cada mL de muestra de leche, teniendo una precisión de \pm 15% y un tiempo de medición de cuatro minutos en promedio (Bulteh, 2020).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización y características de la región

El municipio de Loma Bonita se encuentra al norte del estado de Oaxaca, en la región del Papaloapan. Colinda al norte con la ciudad de Tuxtepec y se localiza en los 18° 06' latitud norte y 95° 53' longitud oeste, a 30 msnm.

El clima de Loma Bonita es clasificado como cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (García, 2004), con una temperatura media de 25.7 °C y con una precipitación pluvial anual de 1,802 mm.

De acuerdo con información de la Asociación Ganadera Local de Loma Bonita, en la región se producen diariamente 50,000 litros de leche de vaca, bajo el sistema de doble propósito. Las comunidades que más leche aportan a la producción regional son, San Benito El Encinal, Zacatal, Arroyo Metate, Mixtán, Jobal, Desparramadero, La Soledad y Loma Bonita.

5.2 Características de las unidades de producción

El presente estudio fue transversal descriptivo, observacional. Se seleccionaron seis unidades de producción de leche con ganado de doble propósito que pertenecen a las comunidades de Zacatal, San Benito Encinal, El Triunfo y Loma Bonita centro. El número de animales en ordeño en cada una de estas unidades productivas iba desde 13 hasta 36. Tres unidades de producción utilizaban ordeño mecánico y las otras tres el ordeño manual, con una sola ordeña al día y apoyo del becerro o el uso de oxitocina para estimular la bajada de la leche. Los animales incluidos en el estudio estaban clínicamente sanos, sin afectaciones aparentes y producían leche de apariencia normal.

5.3 Toma y manejo de muestras

El estudio consistió en determinar la prevalencia de mastitis subclínica mediante la realización de la prueba de California y el uso de un analizador automático de células somáticas. Asimismo, se determinaron las características fisicoquímicas de la leche mediante el análisis en un equipo automatizado. Para lograr lo anterior, se tomaron muestras de cada uno de los animales de las unidades productivas incluidas en el estudio, así como el tanque colector de leche. Durante seis meses (septiembre de 2020 a febrero de 2021) se determinó la prevalencia mensual de mastitis subclínica y las características fisicoquímicas de la leche.

Se visitaron seis unidades de producción de leche en las cuatro comunidades previamente mencionadas. Justo antes de comenzar el ordeño se realizó la prueba de California para la detección de mastitis subclínica. Inmediatamente después, se procedió a la toma de muestras de 50 mL de leche de cada pezón, en bolsas estériles de plástico. Asimismo, en cada una de las unidades de producción se tomaron muestras de 150 mL de leche del tanque colector, al finalizar el ordeño.

La toma de muestras y la prueba de California se llevaron a cabo acoplándose al manejo rutinario de la ordeña en cada uno de los ranchos. Una vez tomadas las muestras, fueron colocadas en una hielera y transportadas al laboratorio Químico-biológico de la Universidad del Papaloapan, para su análisis dentro de las primeras seis horas inmediatas al ordeño.

5.4 Determinación de la prevalencia de mastitis subclínica mediante la prueba de California

Se realizó una vez por mes durante seis meses en las seis unidades de producción, obteniendo la prevalencia por vaca y por cuarto. El procedimiento se llevó a cabo de acuerdo a las recomendaciones establecidas por Ávila (1995):

1. Se realizó el despunte de cada pezón eliminando los primeros dos o tres chorros de leche.
2. Utilizando la paleta para la prueba de California de cada pezón se obtuvieron dos chorros de leche (3 mL), en cada uno de los cuatro compartimientos de la paleta.
3. Mediante la inclinación de la paleta en un ángulo de 45° se uniformó la cantidad de leche en cada uno de los compartimientos.
4. Se añadió el reactivo Diagmastin® (alquil-lauril-sulfonato como detergente y púrpura de bromocresol como colorante) en un volumen similar a la cantidad de leche contenida en cada uno de los compartimientos.
5. Inmediatamente después, con movimientos circulares se mezcló el reactivo con la leche y se realizó la lectura de la reacción dentro de los primeros 10-15 segundos para evitar la aparición de reacciones falsas positivas.
6. El procedimiento se repitió para cada animal enjuagando la paleta antes de realizar la prueba en la siguiente vaca.
7. Para la interpretación, se contempló la escala de Moroni *et al.* (2018) que consta de cinco grados.

Para la prevalencia por vaca, se consideraron las vacas con al menos un cuarto afectado con el grado 1. La prevalencia se obtuvo al dividir al número de vacas afectadas entre el número total de vacas, multiplicando el resultado por 100.

También se evaluó la prevalencia de cuartos afectados con mastitis subclínica, dividiendo el número de cuartos afectados, entre el número total de cuartos evaluados, multiplicando el resultado por 100.

5.5 Determinación de la prevalencia de mastitis subclínica mediante el conteo de células somáticas en leche

Las muestras de leche por vaca fueron analizadas en el laboratorio químico biológico de la Universidad del Papaloapan mediante el uso de un analizador automático de células somáticas para obtener la prevalencia de mastitis subclínica mediante este método. Para ello se utilizó el equipo electrónico automatizado, “Ekomilk Scan[®]” (Somatic Cells Analyzer, Bulteh 2000[®]). La metodología se llevó a cabo de acuerdo a lo descrito y recomendado por el proveedor (Bulteh 2000[®], 2021), utilizando la leche a temperatura de 20° C y dentro de las primeras 6 h de ser recolectadas.

Para el análisis, se colocó una mezcla de los cuatro cuartos de cada vaca, de 10 mL de leche previamente filtrada y 5 mL del reactivo EkoPrim[®]. Las muestras se consideraron positivas cuando el conteo de células somáticas fue superior a 400 000 células/ml. Todas las muestras se analizaron por triplicado.

Para obtener la prevalencia mediante equipo automatizado se utilizó la clasificación del cuadro 4 (Constable *et al.*, 2016).

Cuadro 4. Reacciones de la prueba de California y su equivalente en conteo de células somáticas para leche bovina.

Resultado prueba de California	Rango (Células / mL)
Negativo	0 a 200 000
Trazas	150 000 a 500 000
Grado 1	400 000 a 1 500 000
Grado 2	800 000 a 5000 000
Grado 3	Mayor a 5 000 000

De igual manera, se analizó la leche de los tanques de cada rancho con el fin de determinar el número de células somáticas en la leche vendida.

5.6 Determinación de las características fisicoquímicas de la leche

Para la medición de las características fisicoquímicas, se utilizó el analizador electrónico por ultrasonido “Ekomilk Bond Total[®]” (Bond Total, Bulteh 2000[®]). Se midieron los siguientes parámetros: grasa, proteínas, sólidos no grasos, densidad, punto de congelación, lactosa, pH, temperatura y conductividad. Cada muestra fue analizada por triplicado para eliminar la posibilidad de error en las mediciones individuales. La metodología se llevó a cabo de acuerdo a lo recomendado por el proveedor (Bulteh 2000[®], 2021). Para el análisis se utilizaron 10 mL de leche a temperatura de 25° C y dentro de las primeras 6 h de recolectadas.

5.7 Análisis microbiológico de leche

De manera adicional, a las pruebas y análisis previamente descritos, se tomó una muestra de leche de los tanques de cada unidad productiva para llevar a cabo un análisis microbiológico. Se realizó en el Laboratorio Químico-Biológico de la

UNPA, de acuerdo a protocolos estandarizados del “National Mastitis Council” de los Estados Unidos de América, para el cultivo bacteriológico y la identificación de especies (Hogan *et al.*, 1999).

Se sembraron por triplicado en diferentes medios de cultivo especializados para el análisis de mesófilos aerobios, coliformes totales, *Staphylococcus aureus*, hongos y levaduras.

La determinación de mesófilos aerobios se realizó en agar para métodos estándar, mientras la determinación de coliformes totales en agar rojo violeta bilis lactosa. Para la siembra y conteo de mohos-levaduras se realizó en agar papa y dextrosa, mientras que para *S. aureus*, en agar Baird Parker.

Las diluciones correspondientes se realizaron siguiendo la metodología descrita en la NOM-110-SSA-1994 para muestras líquidas.

Se cuantificaron las bacterias con un contador manual de colonias bacterianas.

5.8 Identificación de factores asociados a la presentación de mastitis

Para la identificación de los factores de riesgo en la presentación de mastitis subclínica, se aplicó una encuesta a los seis productores de los establos muestreados en Loma Bonita, Oaxaca. La encuesta incluyó datos la unidad productiva, características de los animales ordeñados y particularidades sobre el manejo sanitario, la higiene y prácticas de ordeño (Anexo 1). La información recabada mediante la encuesta y la observación directa, se relacionó principalmente con las medidas de higiene que los productores realizan durante el ordeño, con las medidas de prevención y control de la mastitis bovina y con las características de la sala de ordeño.

5.9 Análisis estadístico

Las prevalencias de mastitis subclínica por vaca y por cuarto se analizaron mediante un análisis de comparación de proporciones a través de la prueba de Chi cuadrada. Las variables de composición fisicoquímica y conteo de células somáticas se analizaron con un análisis de varianza factorial 6 * 6 y mediante la prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando el programa estadístico SAS (2008).

La asociación entre la composición fisicoquímica y conteo de células somáticas se evaluaron mediante un análisis de correlación lineal de Pearson $P < 0.001$

Para la determinación de los factores asociados a la presentación de mastitis subclínica, se utilizó la información procedente de las encuestas aplicadas a los productores. La información fue procesada utilizando estadística descriptiva y se expresó en frecuencia absoluta o porcentaje.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Prevalencia de mastitis subclínica mediante la prueba de California

Se determinó la prevalencia de mastitis subclínica en ganado de doble propósito de seis unidades de producción de Loma Bonita, Oaxaca. Para ello, se realizó el diagnóstico durante seis meses, utilizando la prueba de California. Los resultados pueden observarse en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Prevalencia mensual por vaca, de mastitis subclínica, determinada mediante prueba de California en seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.

Rancho	n	Prevalencia por mes (%)						Prevalencia total (%)
		Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	
1) Zacatal	36	36.1	33.3	33.3	36.1	27.8	27.8	32.4a
2) San Benito 1	34	44.1	41.1	35.2	41.4	29.4	29.4	36.8a
3) San Benito 2	13	23	23	15.4	15.4	7.7	7.7	15.4b
4) Loma Bonita 1	14	21.4	21.4	21.4	14.2	7.1	7.1	15.4b
5) Loma Bonita 2	28	21.4	17.9	17.9	14.2	7.1	7.1	14.3b
6) El Triunfo	26	11.5	11.5	11.5	11.5	7.7	7.7	10.2b
Promedio/Total	151	26.3	24.7	22.5	22.1	14.5	14.5	20.8

ab Diferente literal en la misma columna indica diferencia estadística

La prevalencia general para todos los animales de los seis ranchos durante los seis meses fue de 20.8 %. Los ranchos Zacatal y San Benito 1, con más animales en ordeño, fueron los de prevalencia más alta ($P < 0.05$) durante cada mes y en todo el período, en comparación de los otros cuatro ranchos. Cabe mencionar que el rancho El Triunfo a pesar de tener 26 vacas fue el de menor prevalencia de esta enfermedad, similar al rancho Loma Bonita 2, con 28 animales.

La prevalencia total de mastitis subclínica en las unidades de producción incluidas en este estudio, al igual que las prevalencias mensuales, son bajas en comparación con las prevalencias halladas en un estudio realizado en Loma Bonita, en la comunidad de Arroyo Metate (Robles, 2019), donde el autor reporta una prevalencia total de 60.8 %, con variación dentro de los ranchos y los meses desde 21 hasta 100 %, siendo los meses de mayor prevalencia los de la época de lluvias. En dicho estudio se analizaron 4 unidades productivas de una misma comunidad, donde el manejo y los factores de riesgo para la presentación de mastitis subclínica pueden ser muy similares, mientras en el presente estudio, se analizaron seis unidades productivas de cuatro comunidades diferentes, donde el manejo y los factores de riesgo pudieron tener mayor variación, como se muestra con las encuestas y observaciones en campo, más adelante. Asimismo, en un estudio realizado en la zona centro de Veracruz (Velázquez *et al.*, 2018), se encontró una prevalencia de mastitis subclínica de 29 %, lo que es ligeramente superior a lo encontrado en el presente estudio; de igual manera, Bedolla y Ponce de León, (2008), mencionan datos de prevalencias también en Veracruz, pero en Playa Vicente, a sólo unos pocos kilómetros de Loma Bonita Oaxaca, ellos mencionan que la prevalencia de mastitis subclínica en esta zona es muy variable fluctuando entre 33 y el 100% en la época de lluvias, y de 4 al 39%. en el resto del año.

Los porcentajes de mastitis subclínica encontradas en este estudio concuerdan con los resultados de prevalencia de 20.5 % reportadas por Olivares-Pérez y sus colaboradores en Michoacán (Olivares-Pérez *et al.*, 2015); de igual manera, los resultados del presente estudio son similares a los presentados en un estudio de

meta-análisis reciente (Krishnamoorthy *et al.*, 2021a), en donde se evaluó la prevalencia de mastitis bovina en el mundo, encontrando prevalencias globales de 28 %, 12 % y 11 % causadas por *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus spp.*, y *Escherichia coli*, respectivamente.

En otro estudio del mismo autor (Krishnamoorthy *et al.*, 2021b), se encontró una prevalencia mundial de mastitis subclínica y mastitis clínica de 42 % y 15 % respectivamente; mientras en Norteamérica fue de 46 % y 22 % para cada enfermedad; prevalencia que duplica la encontrada en este estudio. Cabe recordar, que esta prevalencia mundial fue calculada por medio de un meta-análisis de trabajos publicados por diversos autores en diferentes regiones y sistemas productivos. Otro estudio en Guanajuato con ganado Holstein, reportan prevalencias de mastitis subclínica de 39,1% en promedio, pudiendo variar entre los establos de 11 hasta 75 % (León-Galván *et al.*, 2015). Independientemente de la región y del sistema de producción, e incluso la raza de los animales, en general, se reportan prevalencias de mastitis subclínicas muy variables, estando los resultados del presente estudio dentro de esos parámetros nacionales e internacionales, en donde la variabilidad se debe a diferentes factores de riesgo, principalmente el manejo higiénico del ordeño.

De las seis unidades de producción analizadas en el presente trabajo, tres realizaban ordeño mecánico, siendo dos de ellos (Zacatal y San Benito 1) los de mayor prevalencia. Cuando se comparan las prevalencias entre unidades de producción bajo manejo de ordeño mecánico (Zacatal y San Benito 1 y Loma Bonita 2) contra aquellas de ordeño manual (San Benito 2, Loma Bonita 1 y El Triunfo), se observa mayor cantidad de casos de mastitis subclínica en las de

ordeño mecánico en comparación con las de ordeño manual (27.8% vs 13.7%, respectivamente). Este mismo comportamiento de la prevalencia ha sido reportado por otros autores (Ruíz *et al.*, 2011, Ramírez *et al.*, 2014; Costa *et al.*, 2019), quienes incluso mencionan que el ordeño manual es un riesgo para la infección por *Streptococcus agalactiae* en comparación con el ordeño mecánico. Lo anterior se debe, a que la ubre puede ser un reservorio para esta bacteria, por lo que es más factible que la infección pueda ser transmitida por las manos del ordeñador en una rutina de ordeño inadecuada. Además, se ha atribuido a un mal manejo o mala higiene del equipo y a la presencia de la bacteria *Corynebacterium sp.*, en vacas ordeñadas manualmente, sugiriendo que esta bacteria brinda cierto grado de protección contra otros patógenos más severos causantes de mastitis (Ruíz *et al.*, 2011).

Sin embargo, otros autores como Ferraro *et al.* (1999) y Ávila *et al.* (2002) reportaron resultados de prevalencia más altos en vacas bajo manejo de ordeño manual que aquellas en ordeño mecánico, lo que difiere con lo encontrado en este estudio, en el que, el número de establos estudiados es pequeño. Esta variabilidad puede estar relacionada al manejo del equipo mecánico de ordeño, y demuestra que hay que poner énfasis en el correcto uso, limpieza y mantenimiento de estos equipos en los ranchos de los medianos o pequeños productores en el trópico.

En cuanto a la prevalencia total de mastitis subclínica por cuartos, fue de 6.2%, y las prevalencias por mes se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Prevalencia mensual de mastitis subclínica por cuarto en seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.

Rancho	n	Prevalencia por mes (%)						Prevalencia total (%)
		Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	
1) Zacatal 1	141	11.3	9.9	10.6	9.9	8.5	7.8	9.7a
2) San Benito 1	136	12.5	11.8	10.3	11.0	8.1	7.4	10.2a
3) San Benito 2	52	5.8	7.7	5.8	7.7	1.9	1.9	5.1b
4) Loma Bonita 1	56	7.1	7.1	7.1	5.4	1.8	1.8	5.1b
5) Loma Bonita 2	110	6.4	5.5	5.5	4.5	1.8	1.8	4.2b
6) El Triunfo	104	2.9	3.8	3.8	2.9	1.9	1.9	2.9c
Promedio/Total	599	7.7	7.6	7.2	6.9	4.0	3.8	6.2

abc Diferente literal en la misma columna indica diferencia estadística

De las 151 vacas incluidas en este estudio, cinco presentaron cuartos ciegos dando un total de 599 cuartos analizados. En general, la prevalencia de mastitis subclínica por cuarto es menor que la prevalencia por vaca, debido a que en cada vaca se analizan cuatro cuartos. La prevalencia de mastitis subclínica por cuarto, es un dato importante, porque contempla que una vaca puede estar afectada de uno o más cuartos de manera simultánea, lo que representaría pérdidas o afectaciones mayores.

En este estudio la prevalencia mensual de mastitis subclínica por cuarto (6.2) es baja en comparación con otros estudios de la región y del país, donde se observaron prevalencias de 36.1%, con un rango de 15 a 63 % (Robles, 2019), en la comunidad de Arroyo Metate, Loma Bonita, Oaxaca, y de 35.64% en ganado Holstein en el estado de Jalisco (Aguilar *et al.*, 2014). Esta diferencia puede estar dada por el bajo número de animales positivos en algunas de las

unidades productivas de este estudio, ya que sólo algunos animales tenían más de un cuarto afectado.

Los cuartos más afectados fueron los posteriores con 68%, mientras en los anteriores sólo se encontró un 32%. Resultados similares fueron reportados en ganado de Loma Bonita, por Robles en el 2019, quién encontró mayor prevalencia de mastitis subclínica en los cuartos posteriores de vacas de doble propósito (56.4% vs 43.6%). De manera similar, Harmon (1994), indica que la leche de los cuartos posteriores de vacas lecheras, tienen un conteo de células somáticas mayor en comparación con la de los cuartos delanteros, lo que puede estar relacionado con las características anatómicas y funcionales de las glándulas mamarias y los pezones, los cuales tienen una influencia considerable en el rendimiento y flujo de leche, y aunque los pezones delanteros suelen ser más largos que los traseros, la capacidad de los cuartos traseros es mayor que la de los cuartos delanteros en una relación de aproximadamente 60:40. Aspecto que predispone a que las vacas sean más susceptibles de padecer mastitis en los cuartos posteriores (Harmon, 1994; Weiss, 2004).

6.2 Prevalencia de mastitis subclínica mediante el conteo de células somáticas con equipo automatizado

A pesar de que se considera que un cuarto mamario está sano cuando el nivel de células somáticas es inferior a 100 000 células / mL de leche, (Sumon *et al.*, 2020), para el presente estudio se consideraron muestras como positivas a partir de 400 000 células con el equipo automatizado, de acuerdo a la escala de

Constable *et al.*, (2016); lo anterior con el fin de confirmar los resultados de cada una de las pruebas de California. En general, los resultados fueron consistentes con dicha prueba, por lo que sólo se muestra la gráfica comparativa entre los resultados de las dos pruebas (Figura 1).

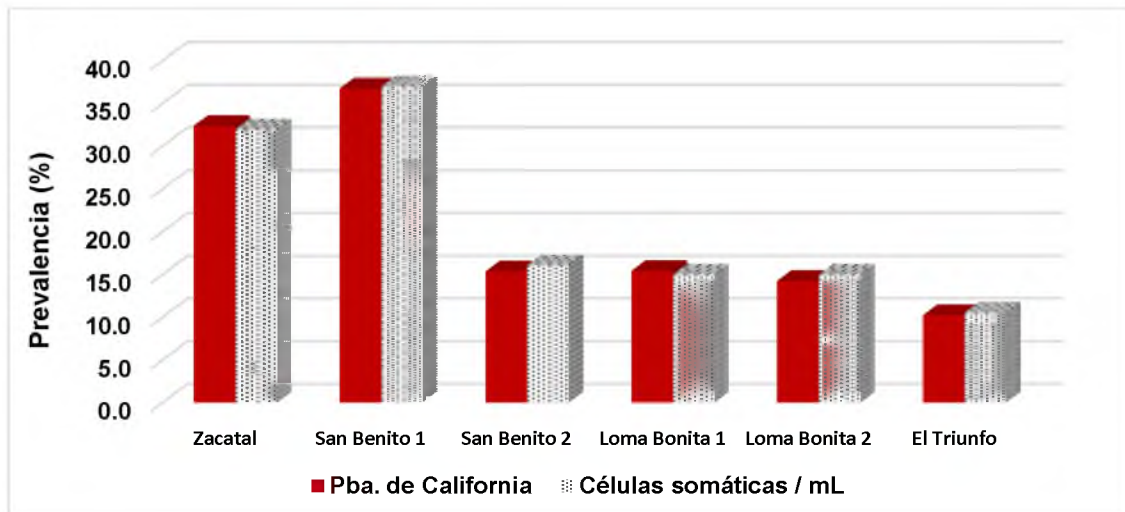


Figura 1. Prevalencia mensual (promedio) de mastitis subclínica en seis unidades de producción de leche de Loma Bonita, Oaxaca, diagnosticadas por prueba de California y conteo de células somáticas.

El promedio de los conteos mensuales de células somáticas en la leche de los tanques almacenadores de las seis unidades de producción, se muestran en la Figura 2. Se observa que no se rebasan las 400,000 células por mL de leche en ninguno de los meses, esto se debe a que la leche de vacas con mastitis subclínica alta en células somáticas, se diluye con la leche de vacas sanas cuando se llenan los tanques de almacenamiento. Además, también se observa una disminución gradual de las células somáticas conforme pasan los meses de muestreo, siendo más altas en los meses más lluviosos de este muestreo. Lo anterior también ha sido reportado por Khate y Yadav, (2010) quienes mencionan que los conteos de células somáticas son generalmente más bajos durante el

invierno y más altos durante la temporada de verano. Durante el verano, el crecimiento y la cantidad de bacterias ambientales aumentan en el material de cama del ganado alojado debido a la temperatura y la humedad favorables (Harmon, 1994). En esta región, Bedolla (2008) y Robles (2019) en Playa Vicente, Veracruz y en Loma Bonita, Oaxaca, respectivamente, reportan menores prevalencias de mastitis subclínica en épocas de secas y prevalencias mucho mayores en época de lluvias, siendo la precipitación pluvial un factor ambiental que tiene un alto impacto en la prevalencia de mastitis subclínica bovina (Robles, 2019).

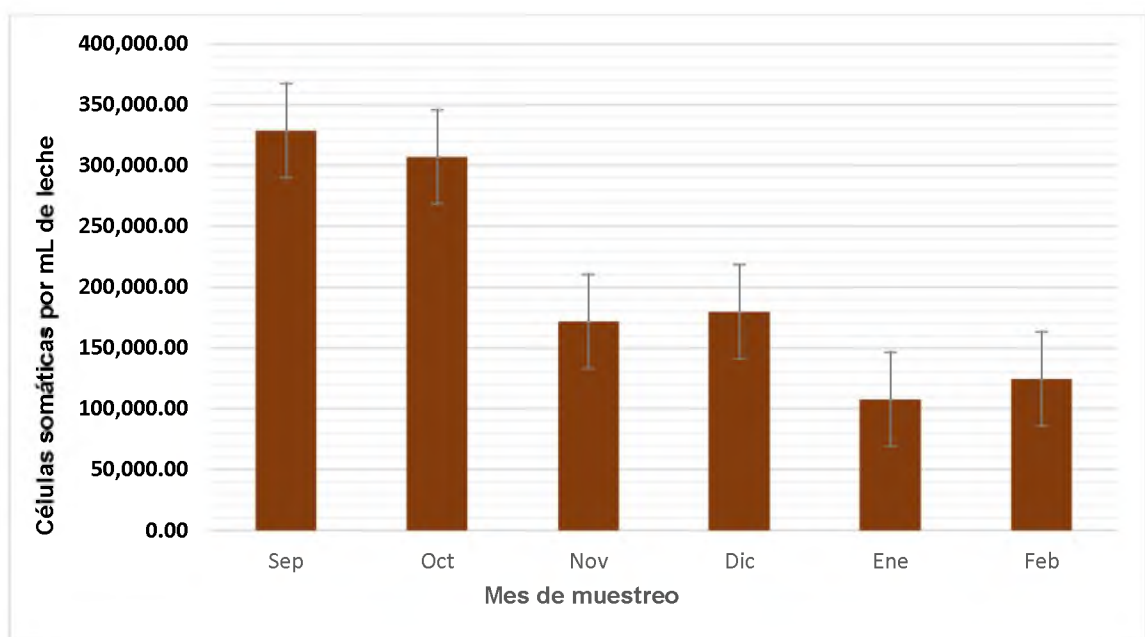


Figura 2. Conteo de células somáticas (células/ mL de leche) por mes (promedio \pm ee) en tanques de seis unidades de producción de leche de Loma Bonita, Oaxaca.

6.3 Características fisicoquímicas de la leche y su relación con mastitis subclínica

El contenido de sólidos no grasos, proteína, grasa, lactosa, densidad y acidez de la leche de las seis unidades de producción (promedio de los seis meses) se reportan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Características fisicoquímicas promedio de la leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.

Rancho	Prot	Lac	Gra	SNG	Den	AT
1	3.29b	4.76ab	1.87	8.67 a	1,030b	17.07 a
2	3.37a	4.87ab	2.61	8.87 b	1,031a	16.58 a
3	3.29b	4.79ab	1.76	8.80 c	1,030ab	15.05 b
4	3.28b	4.74b	1.68	8.67 a	1,030b	15.07 b
5	3.26b	4.77ab	2.02	8.66 a	1,030ab	16.34 a
6	3.29b	4.92a	2.47	8.77 cd	1,029b	16.28 a
Promedio ± ee	3.30± 0.01	4.81± 0.03	2.07± 0.11	8.74± 0.04	1,030± 0.19	16.04± 0.35

Porcentaje de proteína (Prot), lactosa (Lac), grasa (Gra) y sólidos no grasos (SNG); densidad [Den (g/mL)] y acidez titulable en grados Thörner [AT(°Th)].

ab Diferente literal en la misma columna indica diferencia estadística

En general, al comparar los promedios de estas variables, entre productores y entre meses, se observan diferencias en casi todas las variables, principalmente en grasa y lactosa. Estas diferencias entre meses y entre productores, pueden estar dadas por múltiples factores, siendo la alimentación un factor clave, que puede cambiar entre rancho y rancho y verse afectada por la disponibilidad o cambios en la calidad de forrajes en cada mes; además de diferencias en el

manejo sanitario entre cada rancho y la raza o grado de cruzamiento de los animales ordeñados en los mismos (Shaheen *et al.*, 2016).

En el Cuadro 8 se muestran los datos del contenido de sólidos no grasos, proteína, grasa, lactosa, densidad y acidez de la leche de las seis unidades de producción por mes.

Cuadro 8. Características fisicoquímicas promedio mensuales de la leche de unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.

Mes	Prot	Lac	Gra	SNG	Den	AT
Sep	3.30a	4.88a	1.98a	8.73a	1,030ab	17.33a
Oct	3.23b	4.69b	1.78b	8.56b	1,029d	15.69b
Nov	3.29a	4.80ab	2.49c	8.71b	1,030abc	15.51b
Dic	3.36c	4.84ab	1.85d	8.82a	1,031a	14.94b
Ene	3.31ac	4.91a	1.78b	8.75a	1,030bc	16.77c
Feb	3.31ac	4.71b	2.54c	8.82a	1,029cd	13.81d
Prom	3.30	4.81	2.07	8.73	1,030	15.68
± ee	±0.01	±0.39	±0.11	±0.04	±0.19	±0.52

Porcentaje de proteína (Prot), lactosa (Lac), grasa (Gra) y sólidos no grasos (SNG); densidad [Den (g/mL)] y acidez titulable en grados Thörner [AT(°Th)].

ab Diferente literal en la misma columna indica diferencia estadística

Aunque los cambios en estas variables pueden ser afectados por otros factores y no solamente por la mastitis subclínica, al realizar el análisis de correlación entre el conteo de células somáticas con las cantidades de sólidos no grasos, lactosa, grasa y proteína de las seis unidades de producción (del promedio de los seis meses), se observa un efecto que puede ser atribuible principalmente a la presencia de la mastitis subclínica en los animales (Cuadro 9).

Cuadro 9. Matriz de coeficientes de correlación (r) de las características fisicoquímicas y de células somáticas de la leche de unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca

	<i>Prot</i>	<i>Lac</i>	<i>Gra</i>	<i>SNG</i>	<i>Den</i>	<i>AT</i>	<i>CS</i>
Prot	1						
Lac	0.506	1					
Gra	0.669	0.893	1				
SNG	0.681	0.711	0.561	1			
Den	0.670	-0.223	0.115	0.179	1		
AT	0.275	0.284	0.535	-0.141	0.115	1	
CS*	-0.495	-0.145	-0.365	-0.374	-0.667*	0.200	1

Prot = proteína, Lac = lactosa, Gra = grasa y SNG = sólidos no grasos (SNG); Den = densidad y AT = acidez titulable y CS = células somáticas.

Se observa que, a medida que se incrementan el número de células somáticas en leche, disminuyen parámetros importantes como la lactosa (Figura 3), grasa (Figura 4), proteína (Figura 5) y los sólidos no grasos (Figura 6).

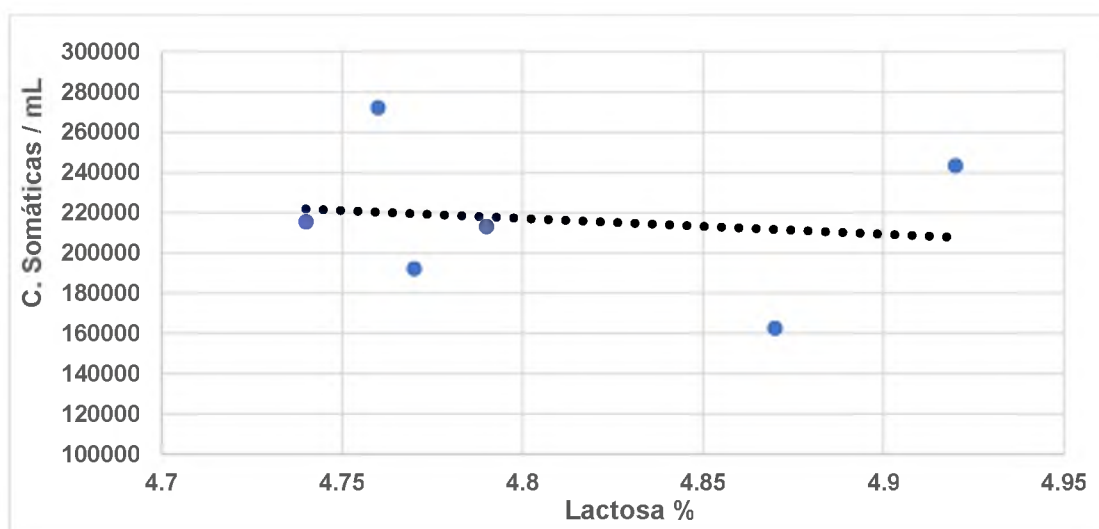


Figura 3. Relación (línea de tendencia negativa) de los niveles de lactosa y las células somáticas en leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.

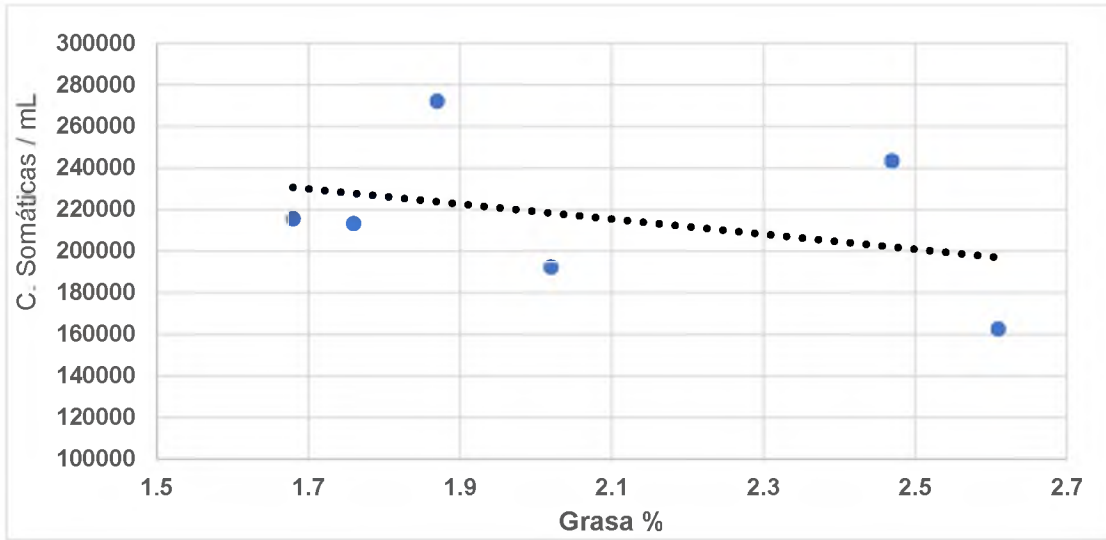


Figura 4. Relación (línea de tendencia negativa) de los niveles de grasa y las células somáticas en leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.

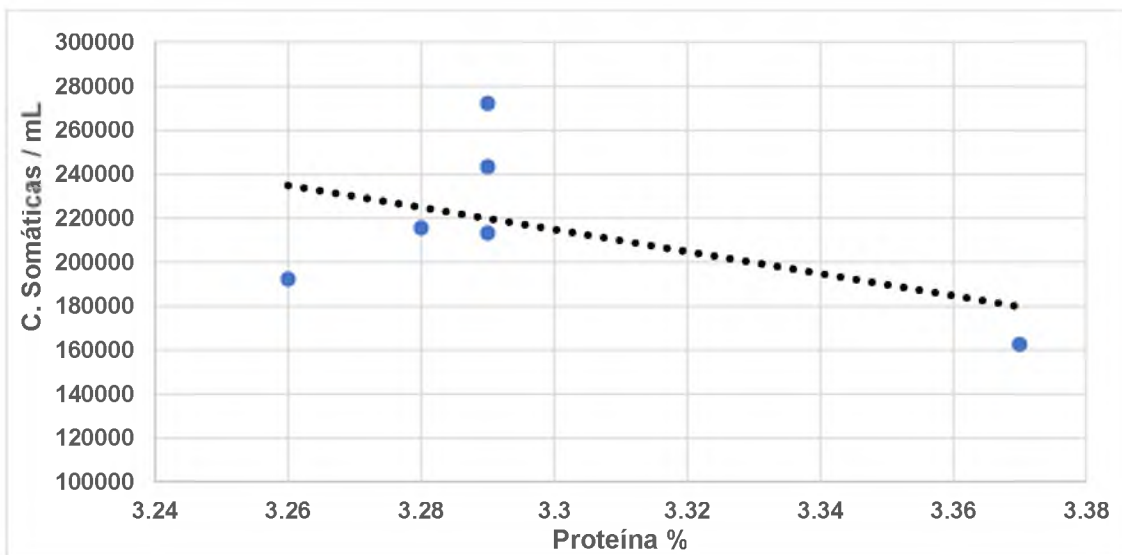


Figura 5. Relación (línea de tendencia negativa) de los niveles de proteína y las células somáticas en leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.

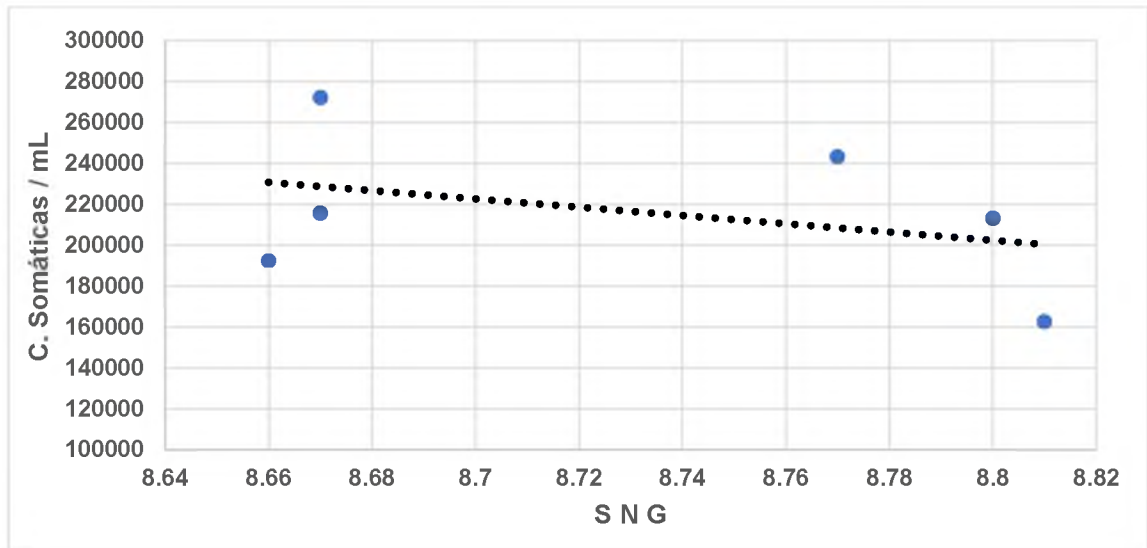


Figura 6. Relación (línea de tendencia negativa) del porcentaje de sólidos no grasos (SNG) y las células somáticas en leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.

La lactosa y la grasa son dos de los parámetros más reportados (Coulon *et al.*, 2002; Forsbäck *et al.*, 2010; Cinar *et al.*, 2015; Argaw, 2016. Alessio *et al.*, 2016), que disminuyen a causa de la mastitis subclínica, tal como se observó en el presente estudio, donde también hubo una correlación negativa entre cantidad de células somáticas y proteína, densidad y sólidos no grasos. Estos cambios negativos en estas variables de la leche, puede deberse a cambios en la homeostasis de las glándulas mamarias durante la infección por agentes causantes de mastitis, dado que existe un daño a las células epiteliales alveolares (Berglund *et al.*, 2007). El caso especial de la lactosa, que tiene un papel clave como regulador osmótico del volumen de leche, su disminución también afecta la cantidad de leche producida, aunque en este estudio no se logró medir esa variable. Antanaitis *et al.*, (2021) sugieren que las concentraciones de lactosa en la leche podrían ser usadas como un biomarcador de sospecha de inflamación

de la ubre en programas modernos de prevención de mastitis subclínica en hatos lecheros.

En el caso de la grasa, la mastitis generalmente provoca una disminución en su porcentaje en la leche y un cambio en su composición de ácidos grasos de la misma, aunque la disminución en el porcentaje de grasa suele ser menor a causa de la mastitis que la observada para la lactosa o la caseína (Kitchen, 1981; Coulon *et al.*, 2002), lo que no concuerda con los resultados del presente trabajo, ya que la correlación negativa es mayor entre células somáticas y grasa ($r = -0.365$) que entre células somáticas y lactosa ($r = -0.145$); aunque la grasa en leche puede ser afectada por múltiples factores como la raza de los animales, y la alimentación, incluso se ha reportado que el contenido de grasa de la leche puede variar entre ordeños de la misma vaca, esté enferma o no (Linn, 1988). De igual manera, ha sido reportado que en casos de mastitis subclínica hay un aumento de las proteínas de la leche (Auldish y Hubble, 1998), contrario a lo que sucedió en este estudio, dado que hubo una correlación negativa entre el número de células somáticas y la proteína ($r = -0.495$). Sin embargo, el contenido de proteína en la leche cruda también puede ser afectado por varios factores, incluida la etapa de lactancia, la nutrición y la enfermedad. Chen *et al.* (2021), mencionan que la infección por *Staphylococcus aureus* suprime la síntesis de proteínas de la leche al disminuir la absorción de aminoácidos, por lo que vacas con mastitis donde esté implicada esta bacteria, pueden tener menor cantidad de proteína. Además, la leche con alto contenido de células somáticas, posee un nivel elevado de enzimas indeseables como lipasas y proteasas (Li *et al.*, 2014), lo que puede afectar el porcentaje de grasa y proteína de la leche.

6.4 Análisis microbiológico

Para todos los cultivos se sembró 0.1 mL de muestra, con la técnica de vaciado en placa, y se incubaron en una incubadora microbiológica a 37°C por 48 h, excepto para la determinación de mohos y levaduras, que fue incubado a 25°C por 5 días. Una vez terminado el período de incubación, se realizó el conteo de colonias, los resultados se presentan en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Bacterias presentes en la leche (UFC/mL) de unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca

Rancho	Mesófilos aerobios	Coliformes totales	<i>Staphylococcus aureus</i>	Mohos y levaduras	Bacterias Totales
1	600	910	190	550	1,700
2	750	1,005	110	0	1,865
3	1,900	2,065	190	650	4,155
4	550	585	350	50	1,485
5	550	200	290	0	1,040
6	650	245	10,250	550	11,145

UFC = Unidades formadoras de colonias

En este caso, solamente se muestran los conteos microbiológicos de un solo mes y de los tanques recolectores, que reflejan la higiene de la leche desde que se ordeña hasta su llegada al tanque de almacenamiento común, que puede contaminarse principalmente por las heces en ubre, manos del ordeñador, cubeta para ordeño, tanque común y glándulas enfermas de mastitis, aunque para identificar ésta última, es necesario analizar únicamente la leche de las glándulas afectadas, lo que no se realizó en este estudio.

El parámetro de mesófilos aerobios engloba una gran cantidad de bacterias que pueden ser patógenas o no, e incluso algunas se encuentran de manera natural en productos lácteos fermentados. En este caso, se obtuvieron resultados que oscilan entre 550 a 1900 UFC/mL entre unidades productivas, por lo tanto, ningún rancho sobrepasa los límites permisibles, que son 30,000 UFC/mL en leche de vaca según la NOM-092-SSA1-1994, lo que significa que la leche los animales de estos ranchos es manejada con regular a buena limpieza y cuidado, la temperatura en la que se transportó al laboratorio fue la adecuada y el tiempo de transporte, fue adecuado. Altos niveles de estos microorganismos indican malas condiciones en el ordeño y almacenamiento de la leche, además de la posible presencia de patógenos (Freitas *et al.*, 2009).

En el conteo de coliformes totales, se obtuvieron resultados que oscilan de 200 a 2065 UFC/mL, por lo tanto, la leche de vaca de los seis productores sobrepasa los límites permisibles, que debe ser ≤ 20 UFC/mL en leche de vaca, según la NOM-243-SSA1-2010, indicando que esta leche se encuentra contaminada con restos de heces fecales, agua contaminada o alimento contaminado, lo que puede hacer que el sabor y olor de la leche sea desagradable.

Los coliformes son bacilos aerobios o anaerobios facultativos, Gram negativos, que no forman esporas. La mayoría de los géneros bacterianos de este grupo pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* (*Escherichia*, *Klebsiella* y *Serratia*), además del género *Aeromonas*, que pertenece a la familia *Aeromonadaceae* (Martin *et al.*, 2016). El microorganismo coliforme más conocido es *Escherichia coli* y su presencia es indicador de mala higiene en el manejo del ordeño, pueden

ser contaminantes ambientales, estar presentes en las manos del ordeñador o causando mastitis (Abegewi *et al.*, 2022).

En el conteo de *Staphylococcus aureus*, se obtuvieron resultados que oscilan entre 110 a 10,259 UFC/mL de leche de vaca, por lo que esta leche sobrepasa los límites permisibles, que son 10 UFC/ml en leche de vaca, según la NOM-243-SSA1-2010, indicando que, en estos ranchos hay vacas con mastitis subclínica liberando a esta bacteria.

S. aureus es uno de los principales patógenos implicados en la mastitis bovina, coloniza los tejidos mamarios y se internaliza en las células epiteliales mamarias, provocando una infección intracelular, este tipo de bacterias intracelulares a menudo causan mastitis subclínica y crónica debido a su resistencia a los antibióticos y su capacidad para evadir la fagocitosis; además, la leche que producen las vacas que padecen mastitis por *S. aureus* se asocia con una disminución de la producción y cambios en la composición proteica (Chen *et al.*, 2021). En este trabajo, destaca lo encontrado en el rancho número seis, en donde el conteo de esta bacteria dio un resultado de 10250 UFC/mL; esto a pesar de que ese rancho tuvo una baja prevalencia de mastitis.

En cuanto a el conteo de mohos y levaduras, se obtuvieron resultados que oscilan entre los 50 y 650 UFC/mL de leche de vaca, por lo tanto, significa que los resultados del rancho 1 y 3 superan los límites permisibles, basados en la NOM-243-SSA1-2010, aunque la norma específica que es el límite permisible en el queso fresco, debido a que en la leche fresca este parámetro no se considera muy relevante.

Diferentes hongos han sido reportados como causantes de mastitis micótica, y algunos en glándulas sanas, en México se han aislado diversas especies de *Candida* en casos de mastitis clínica y subclínica. Las levaduras se consideran patógenos oportunistas que colonizan la ubre de las vacas y el uso y abuso de medicamentos antibacterianos, el tratamiento con soluciones antibióticas contaminadas, así como jeringas u otros materiales que entren en contacto con la glándula mamaria pueden favorecer la colonización de la ubre (Segundo Zaragoza *et al.*, 2011)

6.5 Factores asociados a la presencia de mastitis subclínica

Se sabe que hay varios factores de riesgo que desempeñan un papel muy importante en la presencia de mastitis bovina, incluidos los patógenos, el huésped y los factores ambientales. Todos estos factores deben ser tomados en consideración en los programas de control de mastitis (Cheng y Han, 2020). En las unidades de producción de doble propósito que se visitaron, se observó en general un bajo nivel de sanidad de las instalaciones, aunado a deficiencias en la higiene durante el ordeño y almacenamiento de la leche.

Algunas características de los ranchos y de manejo relacionado al ordeño que han sido identificados como factores de riesgo para la presentación de mastitis subclínica, se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Características y manejo relacionado al ordeño que han sido identificados como factores de riesgo para la presentación de mastitis subclínica en unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.

Instalaciones:	Porcentaje:
Piso de concreto y techo de lámina galvanizada	66.6
Piso de tierra con techo de palma	33.3
Corrales de material de herrería y concreto	50
Corrales de madera y alambre	50
Acceso al agua potable	50
Ordeñadoras mecánicas	50
Limpieza diaria del área de ordeño	83.3
Lavado de manos adecuado antes del ordeño	66.6
Desinfección con antisépticos aprobados de máquinas de ordeño y recipientes (cubetas, perolas o tanques de plástico).	0
Secado de la ubre con trapo o toallas previo al ordeño	0
Despunte de los pezones previo	0
Uso de sellador o presellador	0

Algunos de estos factores relacionados a las instalaciones, le facilitan a los productores mantener la limpieza de sus instalaciones y de los animales de manera adecuada, para así evitar la proliferación de bacterias que pudiesen afectar la calidad de la leche o causar mastitis.

El 100% de los productores tienen conocimiento de lo que son las pruebas de diagnóstico para la mastitis, pero nunca había realizado una en su unidad de producción; y el 50% respondió que para identificar animales con mastitis, solamente se guiaba de las características aparentes de la ubre, como son enrojecimiento, dolor al tacto, leche amarilla y más densa de lo normal, además de que ordeñaban al final esas vacas y separaban la leche, el 33.3% respondió que no había notado ni por apariencia física la presencia de mastitis y por consecuencia no realizaba ningún tratamiento ni actividad, y el 16.6 % restante,

respondió guiarse por la apariencia física de la leche y la ubre y menciono dar un tratamiento con un producto comercial con penicilina como ingrediente activo.

Mediante la observación y cuestionamiento a los productores, se logró identificar algunos de los posibles factores de riesgo para la presencia de mastitis subclínica, por ejemplo, tipo de ordeño, la falta de agua y limpieza de las instalaciones, el lavado de manos, el lavado, secado y sellado de la ubre, el no aplicar pruebas de diagnóstico y deficiente manejo de los casos activos.

Aunque hay que resaltar que el número de productores encuestados es muy pequeño, por lo que estos resultados deben tomarse con las debidas reservas y solamente nos sugieren algunas de las correcciones que se podrían hacer para disminuir los casos de mastitis en esos ranchos. No se realizó análisis de correlación entre estos factores y el número de células somáticas, pero estos factores también han sido reportados como factores de riesgo para mastitis en otras investigaciones en la región (Robles, 2019) y en otros lugares (Cheng y Han, 2020). Todas las encuestas se acompañaron de observaciones en campo para constatar que en efecto se realizaran las acciones que los productores contestaron.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

La prevalencia de mastitis subclínica en las unidades de producción de ganado de doble propósito en Loma Bonita, Oaxaca es variable (de baja a mediana) y está influenciada por factores como la época de lluvias, el tamaño del hato y el manejo higiénico durante el ordeño.

Las características nutricionales de la leche producida en las unidades de producción analizadas, se encuentra dentro de los parámetros normales de la leche de vaca, en todos sus componentes, excepto en la cantidad de grasa que estuvo en promedio por abajo de lo ideal.

En las unidades de producción estudiadas, existe la presencia de bacterias con alto grado de patogenicidad para los animales y que representan un riesgo para los consumidores, en cantidades que rebasan los límites permisibles estipulados en la reglamentación nacional.

El incremento en el número de células somáticas en la leche de los animales analizados, se relaciona negativamente con la disminución de lactosa, proteína y grasa, es decir, que afecta negativamente la calidad nutricional de la misma.

De acuerdo con los resultados, las hipótesis planteadas al inicio de este estudio se aceptan parcialmente, ya que la leche producida en unidades de ganado de doble propósito de Loma Bonita, Oaxaca, no tiene un alto contenido de células somáticas, pero sí de algunas bacterias; además de ser cierto que la cantidad de lactosa, proteína, grasa y sólidos totales fue menor en leche con una alta cantidad de células somáticas.

7.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar mejoras en todos los puntos del manejo de los animales y el ordeño, principalmente la higiene de ordeñadores, ubres y recipientes.

Es necesario mejorar, dentro de lo posible, las instalaciones del lugar donde se ordeñan los animales, concretamente disponibilidad de agua limpia y piso de concreto con buen drenaje.

Se recomienda dar asesorías de buenas prácticas de ordeño y de diagnóstico de mastitis subclínica a productores y ordeñadores.

Es necesario mejorar el manejo nutricional de los animales para tener un incremento en la grasa de la leche.

8. LITERATURA CITADA

- Abegewi U.A., Esemu S.N., Ndip R.N., Ndip L.M. 2022. Prevalence and risk factors of coliform associated mastitis and antibiotic resistance of coliforms from lactating dairy cows in North West Cameroon. Public Library of Science. 17(7): e0268247 DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268247>
- 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.
- Agudelo-Gómez D.A., Bedoya-Mejía O. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. Revista Lasallista de Investigación. 2(1):38-42.
- Alais C. 2001. Ciencia de la leche. México: Editorial Continental. 230-231 pp.
- Alessio D.R.M., Neto A.T., Velho J.P., Pereira I.B., Miquelluti D.J., Knob D.A., Da Silva C.G. 2016. Multivariate analysis of lactose content in milk of Holstein and Jersey cows. Semina: Ciências Agrárias. 37:2641–2652.
- Antanaitis, R., Juozaitienė, V., Jonike, V., Baumgartner, W., Paulauskas, A. 2021. Milk Lactose as a Biomarker of Subclinical Mastitis in Dairy Cows. Animals. 10;11(6):1736.
- Argaw, A. (2016). Review on epidemiology of clinical and subclinical mastitis on dairy cows. Food Science and Quality Management 52(6):56-65.
- Auldish, M.J.; Hubble, I.B. 1998 Effects of mastitis on raw milk and dairy products Aust. J. International Journal of Dairy Technology. 53(1): 28-36.
- Ávila T.S. 1995. Producción intensiva de ganado lechero. 5a. Ed. Ateneo. Buenos Aires. Baucells J. México. 123p

- Ávila, S., Gutiérrez, A.J., Sánchez, J.I., Canizal, E. Comparación del estado de salud de la ubre y la calidad sanitaria de la leche de vacas ordeñadas manual o mecánicamente. *Veterinaria México*. 2002;33(4):387-94.
- Badui, D. S. 2012. La ciencia de los alimentos en la práctica. Editorial Pearson Educación. México. 328 p.
- Bedolla CC. 2007. Métodos de detección de la mastitis bovina. *Revista Electrónica de Veterinaria* 8 (9): 2-17. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/infecciosas/bovinos_1_eche/12-mastitis.pdf. Consultado el: 03 de marzo de 2023.
- Bedolla, C.C; Ponce de León, M.E.R. 2008. Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. *Revista Electronica de Veterinaria*. 9(4):1-26. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63611952010.pdf> Consultado el: 03 de marzo de 2023.
- Berglund, I., Pettersson G., Östensson K., Svennersten-Sjaunja K. 2007. Quarter milking for improved detection of increased SCC. *Reproduction in Domestic Animals*. 42(4):427-432. doi: 10.1111/j.1439-0531.2006.00803.x.
- Bulteh, 2000. Ekomilk Bond ultrasonic milk analyzer. Disponible en: <https://bulteh.com/ekomilk-bond-ultrasonic-milk-analyzer.html> . Consultado el 10 de septiembre del 2022. Ekomilk Bond ultrasonic milk analyzer.

- Calderón, A., Martínez, N., Cardona, J. 2009. Determinación de factores de protección para mastitis bovina en fincas administradas bajo el sistema doble propósito en el municipio de Montería. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*. 12:61-68.
- Clark, S. 2016. Sensory evaluation of milk. Chapter 5 in: *Achieving Sustainable Production of Milk Volume 1*. Edited by Nico Van Belzen. Burleigh Dodds Science Publishing. 1(5):159-181.
- Chen Y, Ma Y, Ji Q, Yang X, Feng X, Yao R, Cheng X, Li T, Wang Y, Wang Z. Intracellular *Staphylococcus aureus* Infection decreases milk protein synthesis by preventing amino acid uptake in bovine mammary epithelial cells. *Frontiers Veterinary Science*. 2021 Nov 16;8. DOI: <https://doi.org/10.3389%2Ffvets.2021.756375>
- Cheng, W., Han, S. 2020. Bovine mastitis: risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments - A review. *Asian-Australas Journal Animal Science*. 33(11):1699-1713. DOI: 10.5713/ajas.20.0156
- Cinar, M., Serbester, U., Ceyhan, A., Gorgulu, M., 2015. Effect of somatic cell count on milk yield and composition of first and second lactation dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*. 14:105–108.
- Constable, P.; Hinchcliff, K.W.; Done, S.; Gruenberg, W. 2016. *Veterinary medicine: a text book of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses*. 11ed. Saunders, Philadelphia, PA, USA. 1,918 p.
- Costa G.M., Mesquita A.A., Rocha C.M.B.M., Bruhn F.R.P., Andrade R.S., Custódio D.A.C., Braz M.S., Pinto S.M. 2019. Risk factors for high bulk milk

- somatic cell counts in dairy herds from Campos das Vertentes region, Minas Gerais Stat se-control study. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 39(8):606-613.
- Coulon JB, Gasqui P, Barnouin J, Ollier A, Pradel P, Pomiès D. 2002. Effect of mastitis and related-germ on milk yield and composition during naturally occurring udder infections in dairy cows. *Animal Research*. 51:383-393.
- Dalgleish, D.G. 2011. On the structural models of bovine casein micelles: review and possible improvements. *Soft Matter* 7:2265–2272.
- De los Reyes G. C. G. Molina, S. B. Vázquez, R. C. 2010. Calidad de la leche cruda. Primer foro sobre ganadería lechera de la zona alta de Veracruz. Primer Foro sobre Ganadería Lechera de la Zona Alta de Veracruz. Disponible en: https://www.uv.mx/apps/agronomia/foro_lechero/Bienvenida_files/CALIDADDELALECHECRUDA.pdf Consultado el: 03 de marzo de 2023.
- Echeverri, Z. J. J., Jaramillo, M. G., Restrepo, B. L. F. 2010. Evaluación corporativa de dos metodologías de diagnóstico de mastitis en un hato lechero del departamento de Antioquia. *Revista Lasallista de Investigación*. 7(1)49-57.
- Fagundes, H., Pompeu, L.D., Corassin, C.H., Oliveira, C.A.F. 2011. Microbiological analysis and somatic cell counts in raw milk from farms of São Paulo State, Brazil. *African Journal Microbiology Research*. 5:3542-3545.

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2022. Portal lácteo. Disponible en: <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/calidad-y-evaluacion/es/> Consultado el: 11/09/2022.
- FAO/OMS (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud) 2009. Codex Alimentarius: Producción de alimentos de origen animal. Roma, Italia. 2da edición, pp 187 -190.
- Fernández-Bolaños, O. F., Trujillo Graffe, J. E., Peña Cabrera, J. J., Cerquera Gallego, J., Granja Salcedo, Y. T. 2012. Mastitis bovina: generalidades y métodos de diagnóstico. Sitio Argentino de Producción Animal. Revista electrónica de Veterinaria (REDVET) 13 (11):1-20. Disponible en: https://www.produccionanimal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/infecciosas/bovinos_leche/78-mastitis.pdf. Consultado el: 03 de diciembre de 2022.
- Ferraro, L., Scaramelli, A., Troya, H. 1999. Prevalencia de la mastitis subclínica bovina en Venezuela y evaluación de la prueba de mastitis de California (CMT) como prueba diagnóstica. Revista Científica. 9(2):81-90.
- Freitas, R., Nero, L.A., Carvalho, A.F. 2009. Technical note: Enumeration of mesophilic aerobes in milk: evaluation of standard official protocols and Petrifilm aerobic count plates. Journal of Dairy Science. 92(7):3069-3073.
- Forsbäck, L., Lindmark-Mansson, H., Andrén, A., Akerstedt, M., Andrée, L., Svennersten-Sjaunja, K. 2010. Day-to-day variation in milk yield and milk composition at the udder-quarter level. Journal of Dairy Science 93(8):3569-3577.

- Fox, P.F., Uniacke-Lowe, T., Mcsweeney, P.L.H., O'mahony, J.A. 2015. Production and Utilization of Milk. In: Dairy chemistry and biochemistry. Second Edition. Springer International Publishing, Switzerland 1-19 pp
- Goulding, D., Fox, P., O'Mahony, J. 2020. Milk proteins: An overview. In: Hemme T., Otte J. (eds.): Milk Proteins. 3rd Ed. Cambridge, US, Academic Press: 21–98.
- Graber, H.U., Casey, M.G., Naskova, J., Steiner, A., Schaeren, W. 2007. Development of a highly sensitive and specific assay to detect *Staphylococcus aureus* in bovine mastitic milk. *Journal of Dairy Science* 90:4661–4669.
- Graulet, B., B. Martin, C. Agabriel, and C.L. Girard. 2013. Vitamins in milk. In: Y.W. Park., G.F.W. Haenlein, editors, Milk and dairy products in human nutrition: Production, composition, and health. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, United Kingdom. p. 200–219.
- Guerreiro, P.K. 2005. Microbiological milk quality in function of prophylactic techniques of production management. *Ciencias Agrotecnicas*. 29:216-222.
- Guerreiro, P.K., M.R.F. Machado, G.C. Braga, E. Gasparino., A.S.M. Franzener, 2005. Milk microbiological quality according to prophylactic techniques in production management. *Ciencias Agrotecnicas*. 29:216-222.
- Halasa, T., Huijps, K., Osteras, O., Hogeveen, H. 2007. Economics effects of bovine mastitis and mastitis management: A review. *Veterinary Quarterly*. 29 (1):18-31.

- Harmon R.J. 1994. Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts. *Journal of Dairy Science*. 77(7):2103-2112. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77153-8
- Haug, A., Høstmark, A.T., Harstad, O.M. 2007. Bovine milk in human nutrition - A review. *Lipids in Health and Disease*. 6:25:1-16. DOI: 10.1186/1476-511X-6-25
- Heer, E. G. 2007. *Microbiología de la leche*. Catedra de la tecnología de la leche. Facultad de ciencias veterinarias. Universidad Nacional de Litoral. Santa Fe, Argentina. Disponible en: <https://docplayer.es/4014054-Facultad-de-ciencias-veterinarias-unl-catedra-de-tecnologia-de-la-leche-microbiologia-de-la-leche-ano-2007-dr-geronimo-e-heer.html>. Consultado el: 3 de febrero del 2023.
- Howe, R. A., Brown, N. M., Spencer, R. C. 1996. The new threats of gram positive pathogens: re-emergence of things past. *Journal of Clinical Pathology*. 49(6):444-449.
- Kanafani, Z. A., Fowler, V. G. 2006. Staphylococcus aureus infections: new challenges from an old pathogen. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. 24(3):182-193.
- Khate K. Yadav B.R. 2010. Incidence of mastitis in Sahiwal cattle and Murrah buffaloes of a closed organized herd. *Indian Journal of Animal Sciences*. 80(5):467-469.
- Khan, M., Khan, A. 2006. Basic facts of mastitis in dairy animals: A review. *Pakistan Veterinary Journal*. 26(4):204-208.

- Kitchen, B. J. 1981. Bovine mastitis: Milk compositional changes and related diagnostic tests. *Journal Dairy Research*. 48(1):167-168.
- Kukovics, S., Németh, T. 2013. Milk major and minor proteins, polymorphisms and non-protein nitrogen, in: Park YW, Haenlein GFW (eds). *Milk and dairy products in human nutrition*. Wiley Blackwell, London, 80-110 pp.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118534168.ch5>
- Krishnamoorthy, P., Suresh, K.P., Jayamma, K.S., Shome, B.R., Patil, S.S., Amachawadi, R.G. 2021a. An understanding of the global status of major bacterial pathogens of milk concerning bovine mastitis: A systematic review and meta-analysis (Scientometrics). *Pathogens*. 10(5):545 doi: <https://doi.org/10.3390/pathogens10050545>
- Krishnamoorthy P, Goudar AL, Suresh KP, Roy P. 2021b. 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. doi: 10.1016/j.rvsc.2021.04.021.
- León-Galván, M., Corona, B.J.E., Arana, L.A.A., Posadas, V.M., Aguayo, D.D., Pelaez, C. C., Ortega, M.E.A., Chavez, G.A.J., 2015. Molecular detection and sensitivity to antibiotics and bacteriocins of pathogens isolated from bovine mastitis in family dairy herds of central Mexico. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. 2015:615153. doi: 10.1155/2015/615153.
- Li, N., Richoux, R., Boutinaud, M., Martin, P., Gagnaire, V. 2014. Role of somatic cells on dairy processes and products: A review. *Dairy Science Technology*. 94(6):517-538. doi: 10.1007/s13594-014-0176-3.

- Liconsa, S.E. 2009. Manual de Normas de Calidad de Insumos y Productos. Disponible en: http://www.liconsa.gob.mx/wp-content/uploads/2012/02/manual_de_normas_de_calidad.pdf Consultado el: 06 de marzo de 2023.
- Martin, N.H., Trmčić, A., Hsieh, T., Boor, K.J., Wiedmann, M. 2016. The evolving role of coliforms as indicators of unhygienic processing conditions in dairy foods. *Frontiers in Microbiology*. 7:1549. doi: 10.3389/fmicb.2016.01549
- Magariños, H. 2000. Producción higiénica de la leche cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. Organización de los Estados Americanos, Mixco GTZ, Guatemala. Disponible en: <http://portal.oas.org/LinkClick.aspx?fileticket=wlyuTwR3IEc%3D> Consultado el: 06 de marzo de 2023.
- Manrique, V.D., González, S.M.E. 2017. Short chain fatty acids (butyric acid) and intestinal diseases. *Nutrición hospitalaria*. 34(4):58-61.
- Månsson, H.L. 2008. Fatty acids in bovine milk fat. *Food and nutrition research*. 52(1):1821.
- Martínez, L. R., Tepal, C. J. A., Hernández, A. L., Escobar, R. M. C., Amaro, G. R., Blanco, O. M. A. 2011. Mejoramiento de la calidad higiénico sanitaria de la leche de vaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Cuajimalpa, México. 63 p.
- Martínez-Vasallo, A., Ribot-Enríquez, A., Villoch-Cambas, A., Montes de Oca, N., Remón-Díaz, D., Ponce-Ceballo, P. 2017. Calidad e inocuidad de la leche cruda en las condiciones actuales de Cuba. *Revista de Salud Animal*. 39 (1):51-61. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-

[570X2017000100007&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2017000100007&lng=es&tlng=es). Consultado el: 03 de febrero de 2023

McNamara, J., McSweeney, P.L.H. 2022. Encyclopedia of Dairy Sciences. Second ed. Academic Press. Oxford, United Kingdom. Pp. 4878.

Medina, C; Montalvo, D. 2003. El uso de la prueba de conductividad eléctrica y su relación con la prueba de California para Mastitis. Memorias de congreso Nacional de control de Mastitis. Aguascalientes, Aguascalientes. 5: 29-31.

Mera, R., Muñoz, E., Artieda, J., Ortíz, P., González, R., Vega, V. 2017. Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche. Revista Electrónica de Veterinaria. 18(11):1-16. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63653574004>. Consultado el: 3 de febrero de 2023.

Miranda-Morales, R.E., Rojas-Trejo, V., Segura-Candelas, R., Carrillo-Casas, E.M., Sánchez-Gonzalez, M.G., Castor, R.S., Trigo-Tavera, F.J. 2008. Prevalence of pathogens associated with bovine mastitis in bulk tank milk in Mexico. Annals of the New York Academy Sciences. 1149:300-302. doi: 10.1196/annals.1428.012.

Moreno, A.A., Mira, H.J., Posada, A. S. 2017. Tópicos en mastitis bovina: desde la etiología hasta algunas terapias alternativas. Corporación Universitaria Lasallista.6(1):42-58.

Muehlhoff, E., Bennett, A., McMahon, D. 2013. Milk and Dairy Products in Human Nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations; Rome,

Italy, pp. 207-242. Disponible: <https://www.fao.org/3/i3396e/i3396e.pdf>.

Consultado el: 4 de diciembre de 2022.

Nagasawa, Y., Kiku, Y., Sugawara, K., Tanabe, F., Hayashi, T. 2018. Exfoliation rate of mammary epithelial cells in milk on bovine mastitis caused by *Staphylococcus aureus* is associated with bacterial load. *Animal Science Journal*, 89(1):259-266. doi: 10.1111/asj.12886.

Navarro, D., Sebald, S. E., Celis, R. S. 2006. Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores. Instituto de investigación agropecuaria. Centro regional de investigación Remehue. Boletín INIA N° 148. Chile. 165 p.

Noordhuizen, J.P. 2022. Hazard analysis and critical control points, Total Quality Management and Dairy Herd Health. En: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 3rd Edition, edited by John W. Fuquay. Elsevier Ltd. 1: 252 – 258. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.10082-0>.

Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0 Consultado el: 06 de marzo de 2023.

Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012. Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Disponible en:

<https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4692/seeco/seeco.htm>

Consultado el: 06 de marzo de 2023.

Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, formula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. Disponible en: <https://dof.gob.mx/normasOficiales/4156/salud2a/salud2a.htm> Consultado el: 06 de marzo de 2023.

Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. Disponible en: <https://dof.gob.mx/normasOficiales/4156/salud2a/salud2a.htm> Consultado el: 06 de marzo de 2023.

Olivares-Pérez, J., Kholif, A. E., Rojas-Hernández, S., Elghandour, M. M. M. Y., Salem, A. Z. M., Bastida, A. Z., DiLorenzo, N. 2015. Prevalence of bovine subclinical mastitis, its etiology and diagnosis of antibiotic resistance of dairy farms in four municipalities of a tropical region of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 47(8):1497–1504

Park, Y.W. 2009. Introduction: Overview of bioactive components in milk and dairy products. En: *Bioactive Components in Milk and Dairy Products*. Park, Y.W., editor. Wiley- Blackwell; Ames, Iowa: Oxford, UK: 3–14 pp.

PED (Plan Estatal de Desarrollo) 2016. Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022. Gobierno del Estado de Oaxaca. Disponible en: [https://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/planes/Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022.pdf](https://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/planes/Plan_Estatal_de_Developmento_2016-2022.pdf) Consultado el: 4 de diciembre del 2022.

- Pereira, P.C., 2014. Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*, 30:619-627.
- Pereyra, E. A., Dallard, B. E., Calvinho, L. F. 2014. Aspectos de la respuesta inmune innata en las infecciones intramamarias causadas por *Staphylococcus aureus* en bovinos. *Revista argentina de microbiología*, 46(4):363-375. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-75412014000500014&lng=es&tlng=es. Consultado el: 4 de diciembre de 2022.
- Quigley L, O'Sullivan O, Stanton C, Beresford TP, Ross RP, Fitzgerald GF, Cotter PD. 2013. The complex microbiota of raw milk. *Federation of European Microbiological Societies, microbiology reviews*. 37(5), 664-698. doi: 10.1111/1574-6976.12030.
- Ramírez, N.F., Keefe, G., Dohoo, I., Sánchez, J., Arroyave, O., Cerón, J., Jaramillo, M., Palacio, L.G. 2014. Herd- and cow-level risk factors associated with subclinical mastitis in dairy farms from the High Plains of the northern Antioquia, Colombia. *Journal of Dairy Science*. 97(7):4141-50.
- Ramón, D. 2003. *Leche que no debes beber: el lado oscuro del alimento más sobrevalorado*. Madrid, España. Mándala ediciones. 278 p.
- Rizzoli, R. 2014. Dairy products, yogurts, and bone health. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 99(Suppl 5): 1256S-1262S. doi: 10.3945/ajcn.113.073056.
- Robles, R.J.L. 2019. Prevalencia de mastitis subclínica bovina y factores asociados en unidades productivas de la localidad de Arroyo Metate, Loma

- Bonita, Oaxaca (Tesis de Licenciatura). Universidad del Papaloapan. Loma Bonita, Oaxaca, México. 25-58 pp.
- Sánchez-Santana., García-Sánchez, F., T., López-Vigoa, O., Benítez-Álvarez, M. Á. (2018). Prevalencia de mastitis subclínica y microorganismos asociados a esta. *Pastos y Forrajes*, 41(1):35-40.
- Sarkar, S. 2015. Microbiological considerations: Pasteurized Milk. *International Journal of Dairy Science*. 10(5):206-218.
- Schiano, A.N., Harwood, W.S., Drake, M.A.. 2017. A 100-Year Review: Sensory analysis of milk. *Journal of Dairy Science*, 100(12):9966-9986. DOI:<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13031>
- Seegers, H., Fourichon, C., Beaudeau, F. 2003. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Veterinary research*, 34(5):475-491.
- Segundo, Z.C., Cervantes, O.R., Ducoing, W.A., De la Peña, M. A., Villa, T.L. 2011. Yeasts isolation from bovine mammary glands under different mastitis status in the Mexican High Plateau. *Revista Iberoamericana de Micología*. 28(2):79–82.
- Shin, H., Yoon, Y.S., Lee, Y., Kim, C., Oh, S.W. 2013. Dairy Product Intake Is Inversely Associated with Metabolic Syndrome in Korean Adults: Anseong and Ansan Cohort of the Korean Genome and epidemiology study endocrinology. *Journal of Korean Medical Science*. 1(28):1482-1488. DOI: [10.3346/jkms.2013.28.10.1482](https://doi.org/10.3346/jkms.2013.28.10.1482).
- SAS. Statistical Analysis System. 2008. Statistical Analysis System (SAS/STAT Program, Version 9.1). SAS Institute Inc., Cary, NC.

- Tanaka, K., Miyake, Y., Sasaki, S. 2010. Intake of dairy products and the prevalence of dental caries in young children. *Journal Dentistry*. 38(7):579-583. doi: 10.1016/j.jdent.2010.04.009.
- Vargas, T. 2006. Calidad e inocuidad de la leche y productos lácteos. Facultad de Ciencias Veterinarias. Departamento de Salud Pública. Venezuela. Disponible en: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/jornada_leche_III/calidad_de_la_leche_vargas.pdf . Consultado el: 06 de marzo de 2023.
- Velázquez, M. Meza E. 2005. Surgimiento y diseminación de *Staphylococcus aureus* meticilinoresistente. *Salud Pública Mexicana*. 47(5):381-387. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342005000500009&lng=es&tlng=es. Consultado el: 6 de marzo de 2023.
- Velázquez, S.F., Pino, R.J.M., Lagunes, R.C., Vanoye, F.F., Estrada, C.A.T. Juárez, L.F.I. 2018. Prevalencia de mastitis en hatos lecheros familiares del estado de Veracruz. *Avances de la Investigación sobre la Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Casanova-Lugo/publication/325807244_Avances_de_la_investigacion_sobre_produccion_animal_y_seguridad_alimentaria_en_Mexico/links/5b578a9e0f7e9bc79a609bc8/Avances-de-la-investigacion-sobre-produccion-animal-y-seguridad-alimentaria-en-Mexico.pdf Consultado el: 06 de marzo de 2023.

- Visciano, P., Schirone, M. 2022. Assessment of Quality and Safety Criteria of Raw Milk Samples from Different Dairy Farms. *Microbiological Research*. 13(3):620–625. Doi: <https://doi.org/10.3390/microbiolres13030044>
- Weaver, C. 2010. Role of dairy beverages in the diet. *Physiology and Behavior*. 100(1):63-66. doi: 10.1016/j.physbeh.2010.01.020
- Wellenberg, G.J., Van der Poel, W.H., Van Oirschot, J.T. 2002. Viral infections and bovine mastitis: a review. *Veterinary Microbiology*. 88(1):27-45. doi: 10.1016/s0378-1135(02)00098-6.
- Weiss D, Weinfurtner M, Bruckmaier RM. 2004. Teat anatomy and its relationship with quarter and udder milk flow characteristics in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 87(10):3280-3289. Doi: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73464-5
- Williamson, J.; Callaway, T.; Rollin, E.; Ryman, V. 2022. Association of Milk Somatic Cell Count with Bacteriological Cure of Intramammary Infection—A Review. *Agriculture*. 12(1):1-18. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture12091437>
- Yuan, W., Karinami, L., Gray-Donald, K., Czermichow, S., Lambert, M., Paradis, G. 2013. Influence of dairy product consumption on children's blood pressure: Results from the QUALITY Cohort. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 113(7):936-941. doi: 10.1016/j.jand.2013.03.010.
- Zigo, F., Vasil M., Ondrašovicová, S., Výrostková, J., Bujok, J., and Pecka-Kielb, E. 2021. Maintaining Optimal Mammary Gland Health and Prevention of Mastitis. *Frontiers in Veterinary Science*. 8:607311. doi: 10.3389/fvets.2021.607311

9. ANEXO

UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN CAMPUS LOMA BONITA, OAXACA LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

ENCUESTA PARA IDENTIFICAR FACTORES ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE MASTITIS EN LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE DOBLE PROPOSITO EN LOMA BONITA, OAXACA.

FECHA: _____

ENCUESTADOR: _____

NOMBRE DEL PRODUCTOR Y EDAD:

NOMBRE DE LA UPP:

POBLACIÓN DONDE DE UBICA LA UPP:

PREGUNTAS

CARACTERISTICAS DE LA UPP

1. SUPERFICIE DE TERRENO ASOCIADO A LA UPP:

2. MARQUE LOS COMPONENTES CON LOS QUE CUENTA SU RANCHO

- CERCO PERIMETRAL
- CERCO ELECTRICO
- BEBEDEROS EN EL POTRERO
- CORRAL DE MANEJO
- CORRALES DE ENGORDA
- COMEDERO EN LOS CORRALES
- SALADEROS
- BEBEDEROS EN LOS CORRALES
- SALA DE ORDEÑO ESTABLECIDA
- PISO EN EL ÁREA DE ORDEÑA
- TECHO EN EL ÁREA DE ORDEÑA
- SOMBREADEROS
- ÁREA DE CUARENTENA
- EMBARCADERO
- ESTERCOLERO

3. RECIBIO ASESORIAS PARA CONTRUIR SUS INSTALACIONES:

4. SEÑALE MATERIALES CON LOS QUE ESTA CONSTRUIDO SUS INSTALACIONES

- CONCRETO
- TABIQUE
- LAMINA GALVANIZADA
- LAMINA DE ASBESTO
- MADERA
- PALMA
- HERRERIA
- PISO DE CONCRETO
- PISO DE TIERRA

5. SEÑALE LOS SERVICIOS CON LOS QUE CUENTA EL RANCHO

- DRENAJE
- LUZ ELECTRICA
- AGUA ENTUBADA
- VIAS DE ACCESO EN BUEN ESTADO

CARACTERISTICAS DE LOS ANIMALES

FIN ZOOTECNICO DEL RANCHO _____

RAZAS O CRUZAMIENTOS PRESENTES _____

MANEJO NUTRICIONAL
PRINCIPAL FUENTE DE ALIMENTACIÓN
PASTOREO EXCLUSIVO ___
USO DE ENSILADOS ___
USO DE SAL MINERAL ___
USO DE SAL COMÚN ___
MELAZA ___
HORMONAS ___
RESTOS DE COSECHA ___
MAÍZ PRODUCIDO ___
ALIMENTO COMERCIAL ___

MANEJO ASOCIADO A LA ORDEÑA
TIPO DE ORDEÑO _____
PROPOSITO DE LA LECHE _____
CUANTAS VACAS TIENEN BECERRO AMAMANTANDO _____
DEJA CUARTOS PARA EL BECERRO _____
FRECUENCIA DE LIMPIEZA DEL AREA DE ORDEÑO _____
LAVADO DE MANOS ANTES DE EMPEZAR _____
LAVADO DE MANOS ENTRE VACA Y VACA _____
LAVADO DE PEZONES PREVIO A LA ORDEÑA _____
SECADO DE PEZONES PREVIO A LA ORDEÑA _____
SELLADO DE PEZONES _____
CONOCE DE MASTITIS _____
SABE DE LA PRESENCIA DE MASTITIS EN EL ATO _____
MATERIAL DEL BALDE DONDE RECOGE LECHE _____
MATERIAL DEL RECIPIENTE DONDE SE ALMACENA LECHE _____