



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**INCIDENCIA Y PREVALENCIA DE MASTITIS SUBCLINICA EN VACAS
LECHERAS EN EL SABINAL DE LIBRES, PUEBLA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

MARIO SAUL AGUILAR MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. EDGAR VALENCIA FRANCO

CODIRECTOR DE TESIS

MARTIN CARMONA VICTORIA

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2024.



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**INCIDENCIA Y PREVALENCIA DE MASTITIS SUBCLINICA EN VACAS
LECHERAS EN EL SABINAL DE LIBRES, PUEBLA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

MARIO SAUL AGUILAR MARTINEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. EDGAR VALENCIA FRANCO

CODIRECTOR DE TESIS

DR. MARTIN CARMONA VICTORIA

ASESORES

DR. NUMA POMPILIO CASTRO GONZALEZ

DR. MARCOS PEREZ SATO

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2024.

La presente tesis titulada: **INCIDENCIA Y PREVALENCIA DE MASTITIS SUBCLINICA EN VACAS LECHERAS EN EL SABINAL DE LIBRES, PUEBLA** y realizada por Mario Saul Aguilar Martínez, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

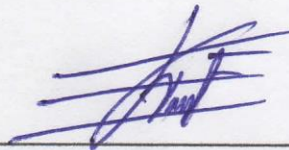
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: Dr. Edgar Valencia Franco



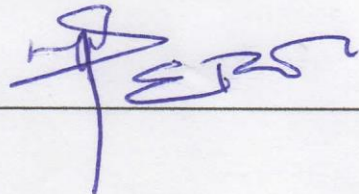
Codirector: Dr. Martin Carmona Victoria



Asesor: Dr. Numa Pompilio Castro González



Asesor: Dr. Marcos Pérez Sato



Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2024.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: Producción Pecuaria Integral y de la Línea de Investigación: Producción Pecuaria de Rumiantes y No Rumiantes. Dicho trabajo fue financiado con recursos propios de Mario Saul Aguilar Martínez, estudiante de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias.

DEDICATORIA

Dedico el siguiente trabajo a las siguientes personas:

Mis padres. Con todo el amor a mis padres que siempre vieron por mí y me dieron ánimos y su apoyo en estos años.

Mis hermanos. A todos mis hermanos que son un pilar muy importante en mi vida, les agradezco por sus consejos y haberme acompañado en todas las adversidades de la vida, son una inspiración para cumplir todos mis objetivos.

Mis amigos. Por apoyarme durante la carrera y hacer de esta experiencia una gran aventura llena de buenos y malos momentos juntos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco con un enorme cariño

A mis asesores:

Dr. Edgar Valencia Franco

Por brindarme la oportunidad de trabajar en esta investigación y sus enseñanzas, ser un gran director y haberme guiado.

Dr. Martin Carmona Victoria

Por ser un buen maestro, por enseñarme con paciencia y humildad, y todo su tiempo dedicado a este trabajo, tengo presente todo su apoyo, es una gran persona y un gran amigo, gracias por todo.

Dr. Numa Pompilio Castro González

Por compartir y enseñarme su experiencia de muchos años de investigación, por sus sabios consejos que sirvieron de guía, y su asesoramiento.

Dr. Marcos Pérez Sato

Por su apoyo incondicional, orientarme y ser un gran profesor.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Por el apoyo brindado para que pudiera trabajar dentro de sus instalaciones.

ÍNDICE GENERAL

| Contenido | Página |
|---|--------|
| ÍNDICE DE CUADROS | iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | iv |
| RESUMEN | v |
| ABSTRACT | vi |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. OBJETIVOS | 3 |
| III. HIPÓTESIS | 4 |
| IV. REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| 4.1 Ganadería en México..... | 5 |
| 4.2 Panorama de la producción lechera en México | 5 |
| 4.3 Impacto económico de la mastitis | 6 |
| 4.4 Clasificación de la mastitis | 7 |
| 4.5 Etiología..... | 7 |
| 4.6 Agentes causales de la mastitis | 7 |
| 4.7 Mastitis clínica | 8 |
| 4.8 Mastitis subclínica | 8 |
| 4.9 Glándula mamaria bovina | 9 |
| 4.10 Prevención y tratamiento | 10 |
| V. MATERIALES Y MÉTODOS | 11 |
| 5.1 Localización..... | 11 |
| 5.2 Diseño experimental | 11 |

| | |
|--|-----------|
| 5.3 Variables evaluadas..... | 11 |
| 5.3.1 Prevalencia de mastitis subclínica (%) mediante la prueba California | 11 |
| 5.3.2 Conteo de células somáticas mediante la Prueba de Wisconsin | 12 |
| 5.3.3 Prevalencia de cuartos enfermos de la glándula mamaria | 12 |
| 5.3.4 Efecto del número de parto sobre la prevalencia de mastitis subclínica | 12 |
| 5.3.5 Efecto Días de producción láctea sobre la prevalencia de mastitis subclínica | 12 |
| 5.4 Pruebas de detección de mastitis subclínica | 12 |
| 5.4.1 Prueba de california..... | 12 |
| 5.4.2 Prueba de Wisconsin Conteo de células somáticas..... | 13 |
| 5.5 Análisis Estadístico | 13 |
| VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 14 |
| 6.1 Prevalencia de mastitis subclínica (%) mediante la prueba de California..... | 14 |
| 6.2 Prevalencia de cuartos enfermos de la glándula mamaria | 14 |
| 6.3 Conteo de células somáticas mediante la prueba de Wisconsin..... | 15 |
| 6.4 Efecto del número de parto sobre la prevalencia de mastitis subclínica | 16 |
| 6.5 Efecto días de producción láctea sobre la prevalencia de mastitis subclínica..... | 17 |
| VII. CONCLUSIÓN | 18 |
| VIII. LITERATURA CITADA | 19 |
| IX. ANEXOS | 23 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Contenido | Página |
|---|---------------|
| Cuadro 1. Prevalencia de mastitis subclínica (%) mediante la prueba de California..... | 14 |
| Cuadro 2. Prevalencia de cuartos enfermos de la glándula mamaria..... | 15 |
| Cuadro 3. Conteo de células somáticas mediante la prueba de Wisconsin..... | 15 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Contenido | Página |
|--|---------------|
| Figura 1. Producción láctea en sistemas especializados en México..... | 6 |
| Figura 2. Glándula mamaria bovina..... | 9 |
| Figura 3. Efecto del número de parto sobre la prevalencia de mastitis subclínica..... | 16 |
| Figura 4. Efecto días de producción láctea sobre la prevalencia de mastitis subclínica..... | 17 |

RESUMEN

La mastitis es una enfermedad multifactorial que afecta a las vacas lecheras, provocada principalmente por mal manejo en el ordeño y contaminación por microorganismos, lo que provoca una disminución en la producción de leche en pequeñas y grandes unidades de producción. La mastitis subclínica es un problema a nivel mundial por las pérdidas económicas que provoca, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar la incidencia y prevalencia de mastitis subclínica mediante la prueba de California y conteo de células somáticas con el método de Wisconsin en vacas lecheras en el Sabinal de Libres, Puebla donde se evaluó la prevalencia de mastitis subclínica en época seca y de lluvias, se muestrearon 60 vacas de la raza Holstein *Bos taurus taurus*. Se utilizó el método de análisis descriptivo mediante cuadros y gráficas para las variables: Prevalencia de mastitis subclínica mediante prueba California en época seca y época de lluvias, Efecto días de producción sobre la prevalencia de mastitis subclínica, Efecto del número de parto sobre la prevalencia de mastitis subclínica, las medias de Conteo de células somáticas y Prevalencia de cuartos enfermos de la glándula mamaria se calcularon utilizando una prueba de T-Student. Donde la prevalencia de mastitis subclínica fue del 26.6 % en época seca y 38.3 % en época de lluvias. Se obtuvieron los resultados de prevalencia de cuartos enfermos de la glándula mamaria teniendo 7.5% en época seca y 23.3 % en época de lluvias obteniendo diferencias significativas. Los conteos de células somáticas tuvieron diferencias significativas entre época, con 44 % de casos positivos en la época de lluvias. La prevalencia fue mayor en vacas con 2 y 3 partos y en las que tenían de 91 a 180 días de producción láctea, estos factores influyen en la incidencia de la prevalencia de mastitis subclínica en ganado lechero especializado.

Palabras clave: *Bos taurus taurus*, células somáticas, prevalencia.

ABSTRACT

Mastitis is a multifactorial disease that affects dairy cows, caused mainly by poor milking management and contamination by microorganisms, which causes a decrease in milk production in small and large production units. Subclinical mastitis is a worldwide problem due to the economic losses it causes. The objective of this work was to determine the incidence and prevalence of subclinical mastitis using the California test and somatic cell count with the Wisconsin method in dairy cows in Sabinal de Libres, Puebla, where the prevalence of subclinical mastitis was evaluated in the dry and rainy seasons. 60 cows of the Holstein *Bos taurus taurus* breed were sampled. The descriptive analysis method was used using tables and graphs for the variables: Prevalence of subclinical mastitis using the California test in the dry season and the rainy season, Effect of production days on the prevalence of subclinical mastitis, Effect of parity number on the prevalence of subclinical mastitis, the means of somatic cell count and prevalence of diseased quarters of the mammary gland were calculated using a TStudent test. Where the prevalence of subclinical mastitis was 26.6% in the dry season and 38.3% in the rainy season. The results of the prevalence of diseased quarters of the mammary gland were obtained having 7.5% in the dry season and 23.3% in the rainy season, obtaining significant differences. The somatic cell counts had significant differences between seasons, with 44% of positive cases in the rainy season. The prevalence was higher in cows with 2 and 3 calvings and in those with 91 to 180 days of milk production, these factors influence the incidence of the prevalence of subclinical mastitis in specialized dairy cattle.

Keywords: *Bos taurus taurus*, somatic cells, prevalence.

I. INTRODUCCIÓN

La producción láctea y su distribución por el mundo es importante en la alimentación debido a que brinda nutrientes necesarios para la población (Pineda-Burgos *et al.*, 2024). En México la producción de leche de vaca se sitúa como la tercera actividad en la industria de alimentos, depende de algunas condiciones para su óptima producción, entre ellas se encuentran las condiciones climáticas de cada región, así como el nivel tecnológico y socioeconómico del productor (SE, 2012). Sin embargo, un problema recurrente a nivel global y que reporta numerosas pérdidas económicas es la mastitis, debido a que esta enfermedad reduce la producción en cuencas lecheras, lo cual repercute en el ingreso de los productores (DANE, 2014).

En México no pasa desapercibido y se da el caso en ganado lechero especializado, que resulta el más afectado (Gerlach *et al.*, 2009). Así como también en vacas doble propósito (Pech *et al.*, 2007). La prevalencia es por medio de factores externos, mientras que la incidencia es por la presencia de patógenos que interactúan en el medio donde habita el ganado y por los microorganismos que protegen a la ubre (Pérez-Morales *et al.*, 2022).

La raza del ganado bovino es otro factor de gran importancia, la raza Holstein se ha reportado que es la más propensa a presentar mastitis a diferencia de las demás razas bovinas (Ramírez *et al.*, 2011). Desde hace décadas y actualmente se han ocupado pruebas en campo y laboratorio para la detección de mastitis clínica o subclínica, en campo se ha utilizado la Prueba de California al momento de diagnosticar la mastitis subclínica en hatos bovinos lecheros (Pérez-Morales *et al.*, 2022). No brinda un resultado numérico, esta prueba indica un nivel alto o bajo de acuerdo con cinco lecturas para interpretar esta prueba, lo que indica que cualquier resultado más elevado resulta ser positivo (Bedolla *et al.*, 2007).

Otra prueba para la detección de mastitis subclínica es la prueba de Wisconsin (WMT), para su uso en laboratorio, ayuda a calcular el número de células somáticas mediante la toma de

muestras de leche o en tanques de enfriamiento para su posterior análisis con esta prueba y ocupando la misma tinción que se utiliza en la prueba de California, los resultados se basan cuantitativamente por la viscosidad. El resultado se interpreta mediante una escala graduada en mililitros de acuerdo con el número de células somáticas, para esto se utiliza una tabla diseñada para esta prueba (Bedolla *et al.*, 2007).

Sin embargo, la mastitis, al ser de gran relevancia suele complicarse su diagnóstico antes de que manifieste la sintomatología o en el caso subclínico. Por lo cual las atenciones posteriores para disminuir la infección son nulas debido a que la mastitis ya avanza. Por lo cual es importante tener herramientas que nos ayuden a realizar la detección de esta infección intramamaria en vacas lecheras (Addis *et al.*, 2016).

El objetivo de este trabajo fue determinar la prevalencia e incidencia mediante las pruebas de California y de Wisconsin para detectar la presencia de mastitis subclínica en la comunidad de Nuevo México (Sabinal) de Libres, Puebla.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar la incidencia y prevalencia de mastitis subclínica mediante la prueba de california y conteo de células somáticas con el método de Wisconsin en vacas lecheras en la comunidad de Nuevo México (Sabinal) de Libres, Puebla.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar el método de la prueba de California vs Wisconsin en la detección de mastitis subclínica.
- Comparar la incidencia y prevalencia de mastitis subclínica de acuerdo con la época de año.

III. HIPÓTESIS

Los factores climáticos y de manejo podrían incidir en la prevalencia de la mastitis subclínica.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Ganadería en México

La producción ganadera redituable deriva de diversos factores, los cuales son manejo, bienestar animal, una excelente suplementación alimenticia en la dieta de las vacas, condiciones climáticas del lugar y en las instalaciones (FAO, 2023). En el sector primario del territorio nacional, la ganadería está en los primeros lugares dentro de las actividades que más se realizan. A nivel global esta actividad está en el séptimo lugar en cuanto a la productividad de proteína animal, se encarga de producir el 82.1 % de los productos de origen animal para el consumo de los mexicanos (Pineda-Burgos *et al.*, 2024). Dentro de la importancia económica, la leche es de los productos pecuarios más requeridos, solo después de la carne de vacuno y la de pollo. Se contempla que la venta de leche de forma nacional e internacional se incremente durante los siguientes años (SAGARPA, 2018).

El producto lácteo de origen animal provee nutrimentos esenciales, los cuales ayudan a mejorar el metabolismo, entre estos nutrientes se encuentran la lactosa y caseína, tienen la capacidad de mejorar la asimilación de calcio. Los dos tipos de proteínas que contiene la leche son la caseína insoluble 80 % y el suero soluble 20 % (FAO, 2023). El inventario nacional de vacas de doble propósito de México en el 2022 fue de 36,339,884 cabezas de ganado, y en base a esto, en producción cárnica fueron 33,356,369 y en producción lechera 2,678,557 (SIAP, 2022).

En el 2022 México fue el decimoquinto productor lechero, proporcionando el 2 % de la productividad mundial. Los litros de leche producidos fueron 13 110 millones 517 mil litros y en el 2023 aumentó el 1.8 % (SIAP, 2023). Se estima que el consumo de leche en el 2022 fueron 16 651 millones de litros (SIAP, 2022). El consumo per cápita fue de 124.3 litros (SIAP, 2023).

4.2 Panorama de la producción lechera en México

En México la producción lechera está ubicada mayormente en las regiones templada y semiárida, donde hay sistemas que se clasifican de acuerdo con el nivel de tecnología y uso adecuado de los bienes de producción, estos sistemas son de lechería especializada, familiar y de doble propósito. La lechería especializada se sitúa en la parte norte del territorio nacional, se encarga de la mayor producción láctea, estos sistemas son altamente

tecnificados, con alto nivel de mecanización en cuanto a producción forrajera, en la ordeña y cuidado de la leche (Manjarrez *et al.*, 2012).

Otro sistema es la lechería de doble propósito ubicada en regiones tropicales, se distingue en su producción, debido a que es estacional. En cuanto a la alimentación es mediante el pastoreo de praderas y pastizales inducidos, al ganado también se les da subproductos agrícolas para una alimentación más completa, y mediante estas prácticas los costos de alimentación se reducen (Avilés *et al.*, 2024).

La lechería familiar en el centro de México comúnmente se trabaja en pequeños lotes donde administran unidades de producción en menor escala, suelen trabajar con un número reducido de vacas, con o sin terrenos de siembra. Los pequeños hatos tienden a tener vacas criollas, de raza Holstein o de descendencia suiza, la alimentación se suplementa pastoreando en praderas, o con subproductos agrícolas y alimento comercial (Bernal *et al.*, 2007).



Figura 1. Producción láctea en sistemas especializados en México.

Fuente: Pineda-Burgos *et al.* (2024).

4.3 Impacto económico de la mastitis

A nivel mundial la mastitis se ha reportado como la enfermedad más costosa en vacas lecheras, resulta que llega a perjudicar a más de la mitad del hato, lo cual hace que se desechen las vacas afectadas al no poder recuperar el nivel de producción y generando el 70 % de los gastos médicos y esto marca pérdidas para los ganaderos, y se prevé que seguirá creciendo cada año (Bedolla y Ponce, 2008). En cuanto a la calidad, esta enfermedad

produce cambios en el contenido de la leche, esto reduciendo su contenido en proteína, grasa, calcio, fosforo y aumenta los niveles de cloro y sodio, esto disminuyendo la calidad (Rosero *et al.*, 2022).

4.4 Clasificación de la mastitis

La mastitis bovina es una infección que provoca inflamación en la glándula mamaria, normalmente se conoce mediante dos formas, las cuales varían en cuestión de desarrollo ya que ambas se originan de distinta forma, pero provocando daños tanto internos como externos, en este caso son la manera clínica y subclínica, en el primer caso que sería la clínica, esta suele distinguirse por medio de la observación, porque presenta molestias a la vaca, cambios en la ubre y en la secreción láctea. En el caso de la mastitis subclínica tenemos más inconvenientes al no tener signos clínicos en la ubre y cambios en la leche, es perjudicial, la leche presenta un incremento en la cantidad de células somáticas (Muñoz *et al.*, 2012).

4.5 Etiología

Actualmente se tienen reportes de más de 140 microorganismos que provocan la infección intramamaria (Fernández *et al.*, 2012). Dichos microorganismos que provocan una infección en la glándula mamaria se han clasificado en patógenos de tipo contagioso y ambiental, de acuerdo a su interacción epidemiológica con la afección y a su nivel de generar infección oportunista, transeúnte o persistente. Esto también va relacionado del reservorio primario y el ambiente al que está expuesta la glándula mamaria afectada (Bedolla y Ponce, 2008).

4.6 Agentes causales de la mastitis

La mayoría de los microorganismos causantes de mastitis bovina son *Staphylococcus aureus* 25 %, *Staphylococcus coagulasa negativo* 20 %, *Escherichia coli* 11 %, *Streptococcus agalactiae* 9 %, *Streptococcus uberis* 9 %. Estos microorganismos se introducen en el canal del pezón, lo cual hace que se inflame y se eleve la cantidad de leucocitos, siendo primero los polimorfonucleares (PMN), seguido de los macrófagos, linfocitos y células epiteliales, todo este conjunto de células conocidas como Células Somáticas (CS) (Pineda-Burgos *et al.*, 2024).

4.7 Mastitis clínica

La mastitis clínica es una enfermedad que afecta la glándula mamaria y la leche que alberga la vaca, esta es observable (Fernández *et al.*, 2012). Los síntomas más comunes que podemos observar es mediante cuartos mamarios inflamados o con enrojecimiento, aumento en la temperatura rectal, letargo, anorexia, dolor en la ubre y en algunos casos la muerte del animal, el rendimiento lácteo de las vacas disminuye, incrementa el número de bacterias presentes en la leche, los cuartos enfermos presentan inflamación y signos de enfermedad, por lo cual su diagnóstico es de mastitis clínica, y suele ser de dos formas, la aguda y la crónica (Bedolla y Ponce, 2008).

Las causas que normalmente esta relacionadas con la presencia de esta enfermedad se encuentran mediante las malas prácticas de ordeño, donde la higiene es poco habitual y las bacterias están en el ambiente, también por no aplicar el sellador de pezones posterior al ordeño, por no realizar el lavado de ubres y darle periódicamente mantenimiento al equipo o material, lo cual hace que se propaguen los microorganismos, entre otras causas son la edad de la vaca y la época del año, normalmente en la época de lluvias es donde más vulnerable están las ubres si no se realiza la limpieza del establo (Rosero *et al.*, 2022).

4.8 Mastitis subclínica

Este tipo de mastitis no se manifiesta por medio de cambios físicos observables en las ubres o leche, sin embargo, genera reducción de leche en las vacas, solo se puede detectar a través de técnicas en laboratorio que registran los cambios físicos y químicos, así como cambios en el número de células o en el caso de tener microorganismos patógenos. Los microorganismos que normalmente provocan esta infección son los *Staphylococcus coagulasa negativo*, *Streptococcus dysgalactiae* y *Staphylococcus aureus*, estos patógenos son muy resistentes al antibiótico, lo cual afecta su control, lo que va a facilitar la estadía de estos microorganismos en la ubre y el contagio a otras vacas del establo mediante el ordeño (DANE, 2014).

Las células somáticas son parte de la microbiota de la ubre, llegan a mezclarse con la leche proveniente de la sangre y el tejido glandular, la función primordial de estas células es para indicarnos el estado de los cuartos mamarios cuando la vaca está en lactancia, debido

a que estas células forman parte del contenido de la leche, también es parte importante en cuanto a la calidad de la misma (González *et al.*, 2016). La leche de una glándula mamaria sana vendrá con un contenido bajo de células somáticas, este tipo de microorganismos de la ubre se compone por: macrófagos 60 %, linfocitos 25 % y neutrófilos o leucocitos polimorfonucleares 15 %, siendo estas últimas el 99% que contendrá la leche de una ubre enferma y el 1 % restante serán células que provienen de tejidos de la ubre (González *et al.*, 2016).

4.9 Glándula mamaria bovina

La ubre está formada por cuatro cuartos, cada uno de los cuartos está conformado por un cuerpo glandular y el pezón que brindan secreción láctea para los becerros, cuenta con un sistema de conductos, estas son la cisterna del pezón y cisterna de la glándula, incluyendo canales lácteos y los alveolos, cada parte realiza una función distinta. Antes del ordeño el 60% de la leche está situada en la porción alveolar, mediante la hormona oxitocina es como se libera esta leche almacenada (Wolter *et al.*, 2002).

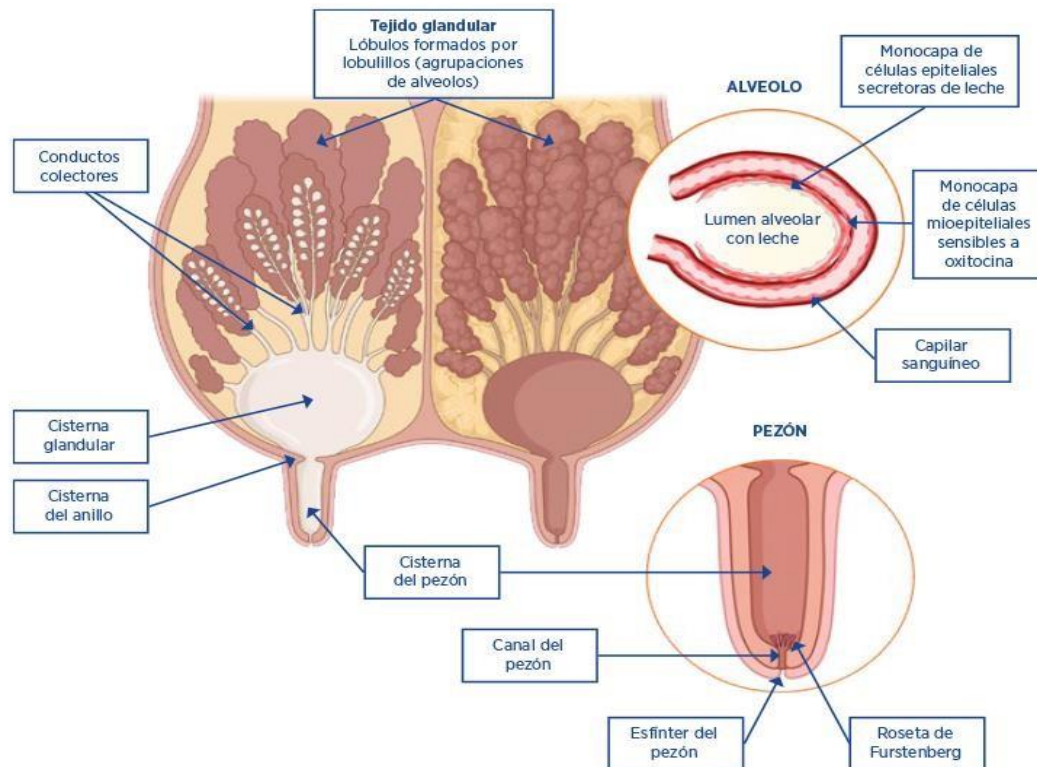


Figura 2. Glándula mamaria bovina

Fuente: Noya (2022).

4.10 Prevención y tratamiento

Para prevenir correctamente la mastitis se debe realizar una buena higiene en el lugar donde se encuentre el ganado, hay ciertas partes que deben ser prioridad para prevenir esta enfermedad, la primera es mediante el control de patógenos contagiosos que se basa en buenas prácticas de ordeño, como lo son el desinfectar las ubres antes y después de ordeñar, utilizar la terapia de la vaca seca, monitorear que el equipo de ordeña está en buenas condiciones y realizar su mantenimiento frecuentemente, desechar animales con infección crónica, contar con un calendario de vacunación y suministrar una buena dieta al ganado, para poder reducir la proliferación de los patógenos que provocan esta infección, el método más convencional para lidiar con la mastitis es a través de la infusión intramamaria con un fármaco especial, anterior a esto se deberá realizar un drenado parcial de los cuartos afectados, para obtener un mejor resultado con el tratamiento (Mera *et al.*, 2017).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización

El presente trabajo se realizó en la comunidad de Nuevo México (El Sabinal) perteneciente al municipio de Libres, Puebla, se localiza en Latitud Norte 19° 27' y Longitud Oeste 97° 37', a una altitud de 2339 msnm, con un clima seco o semiseco, las temperaturas oscilan entre los 4 °C o 23 °C, la precipitación de 372 mm, las temperaturas pueden llegar a ser muy frías en diciembre, con lluvias en verano. Se trabajo en la época seca del 10-12 de mayo y en la época de lluvias del 20-22 de julio.

5.2 Diseño experimental

Se realizo un análisis descriptivo de las variables de la Prueba de California, de la Prueba de Wisconsin, prevalencia de cuartos enfermos de la glándula mamaria, efecto de partos y efecto días de producción, se estimaron porcentajes y los resultados se representaron en cuadros y gráficos utilizando el software SPSS (versión 27.0).

Se trabajo con 60 vacas de la raza Holstein, alojadas en grupos de 20 vacas en corrales de 50 x 10 m² provistos de comederos y bebederos, el piso era de concreto y no contaban con material de cama, la ordeña mecánica con ordeñadora de bomba de vacío con pulsadores. La alimentación es a base de alimento comercial, rastrojo, y ensilado.

5.3 Variables evaluadas

5.3.1 Prevalencia de mastitis subclínica (%) mediante la prueba California

Los datos se registraron de acuerdo con la interpretación de cinco lecturas posibles que arrojo la prueba por cada vaca.

La prevalencia se calculó de acuerdo con la siguiente formula descrita por Rosero *et al.*, 2022:

$$\text{Prevalencia (P)} = \frac{\# \text{ casos} \times 100}{\text{Total de la poblacion}}$$

5.3.2 Conteo de células somáticas mediante la Prueba de Wisconsin

Posterior a la prueba de California se tomó una muestra de leche de cada vaca en frascos clínicos con el número de cada vaca, se realizó la prueba de Wisconsin, posterior a esto se realizó la lectura de los tubos Falcón siguiendo la escala graduada y los resultados se registraron.

5.3.3 Prevalencia de cuartos enfermos de la glándula mamaria

En cada época se realizó la prueba California y se registró el total de cuartos afectados.

5.3.4 Efecto del número de parto sobre la prevalencia de mastitis subclínica

De acuerdo con los registros del establo, los partos se registraron en una base de datos con la numeración e indicando a que establo pertenece cada vaca, con esto se dividieron en grupos de acuerdo con el número de lactaciones, con esta variable se determinó la prevalencia de acuerdo con los partos.

5.3.5 Efecto Días de producción láctea sobre la prevalencia de mastitis subclínica

Estos se calcularon de acuerdo con la fecha de parto a los días en que se realizó la primera prueba de California y la prueba de Wisconsin en la época seca y en la época de lluvias.

5.4 Pruebas de detección de mastitis subclínica

5.4.1 Prueba de california

Siguiendo la metodología de (Pérez-Morales *et al.*, 2022) primero se realiza una limpieza en el orificio del pezón, se lleva a cabo el despunte, se descartan los primeros dos chorros de leche, esta prueba es cualitativa, posterior al despunte ocupamos los siguientes chorros de leche en la paleta y se le agrega 2.5 mL de reactivo de california (aril alquil sulfonato de sodio), en cada orificio mezclando con 2.5 mL de leche de cada ubre, procedemos a mover de manera contraria a las manecillas del reloj hasta que se mezclen estos ingredientes.

Para esta prueba se tienen 5 lecturas las cuales nos indican el grado de mastitis subclínica, para esta prueba se tomó el grado trazas como positivo, las lecturas se interpretan mediante la formación de un gel sobre la base de la paleta, las 5 lecturas son: negativo en donde no se presenta algún cambio, trazas donde hay un pequeño precipitado sobre la base de la paleta, grado 1 donde incrementa el precipitado, pero aún no se forma gel, grado 2 aquí el

precipitado se vuelve denso sobre la base de la paleta y el grado 3 donde incrementa el estado denso del gel y este está adherido a la paleta (Pérez-Morales *et al.*, 2022).

5.4.2 Prueba de Wisconsin Conteo de células somáticas

El conteo de células somáticas será individual por medio de la prueba de Wisconsin modificada. Se utilizó la metodología descrita por Avalos *et al.*, (2022), se utilizaron tubos Falcon de plástico de 15 ml con un pequeño orificio de 3.15 mm colocado lateralmente y tapones de hule con un orificio central de 1.10 mm, también se utilizara reactivo de california mezclado en una proporción de 1:1 con agua destilada, en cada tubo se mezclara 3 ml de leche con 3 ml de reactivo, se tapan con los tapones de hule, y se colocan en una gradilla que sujetara los tubos para después ser agitados manualmente por 10 segundos y posteriormente se dejan reposar por 15 segundos, y al finalizar serán invertidos por 15 segundos, luego se realiza la lectura de los mL restantes en los tubos Falcon, considerando concentraciones de 225000 células somáticas, como muestras positivas de acuerdo con la escala graduada.

5.5 Análisis Estadístico

Para las variables Prevalencia de mastitis subclínica mediante la prueba de California, registro de partos y días de lactancia se analizaron mediante análisis descriptivo en cuadros y gráficos. En base a las variables registradas para la prevalencia de cuartos enfermos de la glándula mamaria y conteo de células somáticas se utilizó una prueba “T-Student” para los resultados en los cuadros y se realizó comparaciones entre las variables descritas.

$H_0: \mu_d = \mu_1 - \mu_2 = 0$ vs $H_a: \mu_d = \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Bajo el siguiente modelo estadístico

$$\frac{\bar{d} - \mu_d}{\bar{d}} \sim t \text{ student } (\alpha / 2, n - 1 \text{ gl}), S$$

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Prevalencia de mastitis subclínica (%) mediante la prueba de California

El cuadro 1 indica los resultados obtenidos de acuerdo a las cinco lecturas para interpretar los resultados para cada época, entre otras patologías. Se realizó un análisis descriptivo de las variables recabadas y se estimaron porcentajes.

Cuadro 1. Prevalencia de mastitis subclínica (%) mediante la prueba de California.

| Prueba de california | E. seca | E. de lluvias |
|----------------------|---------|---------------|
| Trazas | 26.6 | 38.3 |
| Grado 1° | 0 | 0 |
| Grado 2° | 0 | 0 |
| Grado 2° | 0 | 0 |
| Mastitis clínica | 1.6 | 0 |
| Fibrosis | 1.6 | 1.6 |
| Negativos | 70 | 60 |

De acuerdo con la prueba de California durante la época seca la prevalencia fue de 26.6 %, mientras que en la época de lluvias fue de 38.3 %, teniendo menor prevalencia que el trabajo de Pinelli-Saavedra *et al.* (2021) con 50.70 % en ganado de doble propósito en condiciones de pastoreo en la región central de Sonora, México, otro estudio reportado por Pérez-Morales *et al.* (2022) encontró una prevalencia de 64.9 % en verano y 65.71 % en invierno, siendo aun menores que lo reportado por Santivañez *et al.* (2013) con 72.25 %, los resultados de este trabajo tuvieron diferencias con estos autores debido a las condiciones climáticas y de manejo.

6.2 Prevalencia de cuartos enfermos de la glándula mamaria

En el cuadro 2, se muestra la prevalencia de cuartos enfermos de la glándula mamaria mediante la prueba de California, se realizó un registro del total de cuartos enfermos por época, se calcularon medias y se utilizó una prueba de T-Student para las diferencias significativas.

Cuadro 2. Prevalencia de cuartos enfermos de la glándula mamaria.

| Muestreo | Media |
|----------------------|--------------|
| E. seca | 7.5 |
| E. de lluvias | 23.3 |
| Pr > t | 0.0016 |

Pr > |t| = valores menores a 0.05 indican diferencias significativas.

Durante el experimento se muestrearon un total de 240 cuartos mamarios para ambas épocas, siendo trazas el grado positivo para los muestreos, teniendo prevalencias de 7.5 % época seca y 23.3 % época de lluvias, la prevalencia de la época de lluvias fue mayor con lo reportado por Trujillo *et al.* (2011) con 19.9 %, siendo un porcentaje menor con el estudio en Tarímbaro, Michoacán, reportada por Pastor *et al.* (2008) donde la prevalencia fue de 43.14 % los resultados obtenidos tuvieron una gran diferencia en comparación con Pinzón *et al.* (2009) que realizó dos muestreos con prevalencia del 50 % de los cuartos muestreados y el trabajo de Pech *et al.* (2007) con 53 %.

6.3 Conteo de células somáticas mediante la prueba de Wisconsin

El cuadro 3 indica el conteo de células somáticas de cada época donde se realizó un conteo por vaca, se calcularon medias y se realizó una prueba de T-Student para determinar si hay diferencias significativas.

Cuadro 3. Conteo de células somáticas mediante la prueba de Wisconsin.

| Muestreo | Media |
|-------------------------|--------------|
| Época seca | 152000 |
| Época de lluvias | 173000 |
| Pr > t | 0.0057 |

Pr > |t| = valores menores a 0.05 indican diferencias significativas.

Se tomo una muestra por cada vaca, con un total de 60 muestras para cada época del año. Teniendo diferencias significativas entre épocas, en la época seca los conteos fueron bajos,

que contrasta con la época de lluvias donde incrementaron donde fueron 24 vacas positivas siendo el 44 %, la mastitis subclínica registrada por la prueba de Wisconsin fue de gran diferencia con lo que reporta Núñez *et al.* (2008) con 61.8 %, y en pequeña proporción diferencio de García *et al.* (2018) con 50 %.

6.4 Efecto del número de parto sobre la prevalencia de mastitis subclínica

En la figura 3, se muestra el efecto de parto sobre la prevalencia de mastitis subclínica obtenida mediante el análisis descriptivo. Se agrupó las vacas de acuerdo con el número de parto y la prueba de California nos indicó el número de vacas positivas. Las vacas con más incidencia de mastitis subclínica fueron las del grupo de 3 partos 35 %, seguido del grupo de 2 partos 26.6 %, siendo valores superiores a lo que describió Ramírez *et al.* (2011) donde los porcentajes fueron del 17.2 en vacas de 2 partos y 18.1 en vacas de 3 partos.

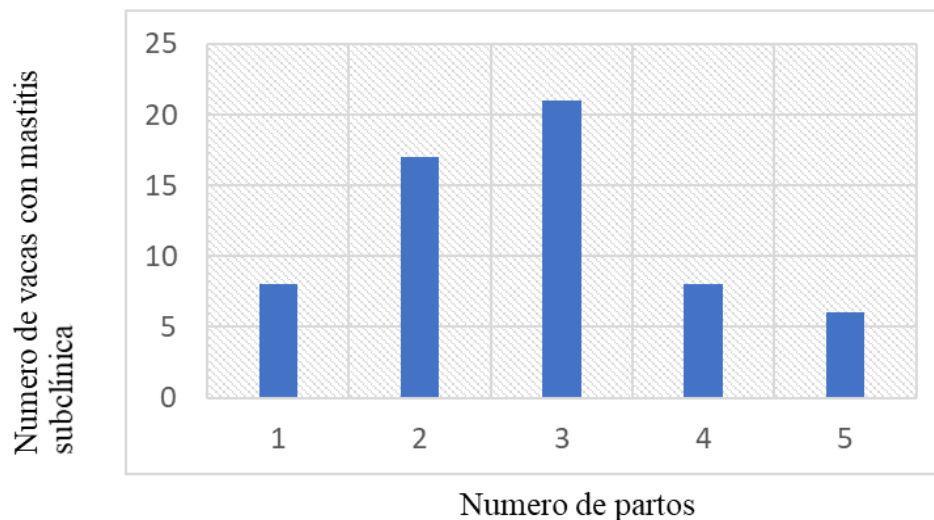


Figura 3. Efecto del número de parto sobre la prevalencia de mastitis subclínica.

6.5 Efecto días de producción láctea sobre la prevalencia de mastitis subclínica.

En la Figura 4, se muestra el efecto de días de producción láctea sobre la prevalencia de mastitis subclínica, mediante análisis descriptivo y el registro de días de producción en la primer y segunda prueba de California, se agruparon las vacas de acuerdo a los días de producción láctea, indicando también el número de vacas positivas. La prevalencia fue mayor en el segundo grupo de vacas con 91-180 días de producción, coincidiendo con el trabajo de Sánchez (2015) que reporto que en el grupo de vacas que estaban en el segundo tercio de lactación con 100- 200 días tuvieron mayor incidencia de mastitis subclínica, así como el trabajo de Santivañez *et al.*, (2013) que indico que hay mayor frecuencia de casos de mastitis subclínica en el grupo de 101-244 días de lactación.

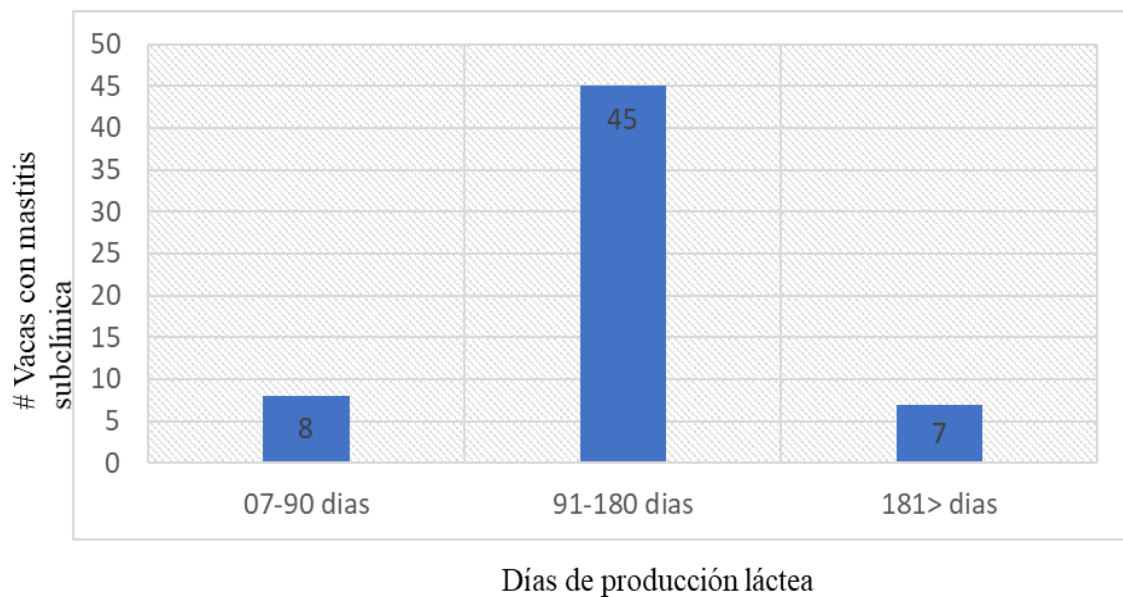


Figura 4. Efecto días de producción láctea sobre la prevalencia de mastitis subclínica.

VII. CONCLUSIÓN

La prevalencia de la mastitis subclínica fue mayor en la época de lluvias, así mismo fue mayor la prevalencia en los días de producción láctea en el grupo de vacas de 91-180 días y en los grupos de vacas de 2 y 3 partos

VIII. LITERATURA CITADA

- Addis M. F.; Tedde V.; Puggioni G. M. G.; Pisanu S.; Casula. A.; Locatelli C.; Uzzau S. 2016. Evaluation of milk cathelicidin for detection of bovine mastitis. *Journal of Dairy Science* 99(10): 8250-8258.
- Ávalos C. R.; Palomares R. G.; Díaz A. E.; Medina-Córdova N. 2022. Prevalencia de mastitis subclínica y determinación de los factores de riesgo en cabras ordeñadas de forma manual y mecanizada, en rebaños de Comondú, Baja California Sur, México. *Acta universitaria* (32) 1-10.
- Avilés R. R.; Barrón O. G.; Gutiérrez Ch. A. J.; Ruiz A. M. 2024. Principales sistemas de producción de leche en México: recopilación actual de parámetros productivos, reproductivos y de manejo. *Ciencias Veterinarias Y Producción Animal* 1(2): 32–47.
- Bedolla C. C.; de León M. P. 2008. Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria* 9(4): 1-26.
- Bedolla C. C.; Castañeda V. H.; Wolter W. 2007. Methods of detection of the bovine mastitis *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria* 8(9): 1-17.
- Bernal M. L.; Rojas G. M.; Vázquez F. C.; Espinoza O. A.; Estrada F. J.; Castelán O. O. 2007. Determinación de la calidad físico-química de la leche cruda producida en sistemas campesinos en dos regiones del estado de México. *Vet Méx* 38(4):395–407.
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). 2014. La Mastitis Bovina, enfermedad infecciosa de gran impacto en la producción lechera. *Boletín Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria* (26):1-7.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2023. Contribución de los alimentos de origen animal terrestre a dietas saludables para mejorar la nutrición y la salud. En línea: <https://doi.org/10.4060/cc3912en> Consultado: 10/09/2024
- Fernández B. O. F.; Trujillo G. J. E.; Peña C. J. J.; Cerquera G. J.; Granja S. Y. 2012. Mastitis bovina: generalidades y métodos de diagnóstico. *Revista electrónica de Veterinaria* 13(11): 1-20.

- García-Sánchez F.; Sánchez-Santana 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.
- Gerlach B. F. A.; Ayala A. F.; Denogean B. F. G.; Moreno M. S.; Gerlach B. L. E. 2009. Incidencia y costo de la mastitis en un establo del municipio de Santa Ana, Sonora. *Rev Mex Agroneg* 24(8): 789-796.
- Gonzalez L.; Franco M.; Monroy D. 2016. Contenido de células somáticas en leche producida en el Valle de Tulancingo, Hidalgo. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* (1):1 584-589.
- Manjarrez L. A. M.; Díaz Z. S.; Salazar G. F.; Valladares C. B.; Gutiérrez C. A. D. C.; Barbabosa P. A.; Velázquez O. V. 2012. Identificación de biotipos de *Staphylococcus aureus* en vacas lecheras de producción familiar con mastitis subclínica en la región centro-este del Estado de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias* 3(2): 265-274.
- Mera A. R.; Muñoz E. M.; Artieda R. J. R.; Ortiz T. P.; González S. R.; Vega F. V. 2017. Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche. *Revi Elect Vet* 8(11): 1-16.
- Muñoz S. J.; Hernández A. L.; Arrieta B. E.; Camacho D. L. M.; Hernández V. D. 2012. Aislamiento bacteriano en bovinos de doble propósito con mastitis subclínica, en la costa de Guerrero, México. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria* 13(7): 1-11.
- Noya C. C. 2022. Claves de la fisiología mamaria y el ordeño en vacas lecheras. En línea: <https://rumiantes.com/revista-ruminews/?year=ruminews-2022> Consultado: 04/09/2024
- Núñez C.; Morales S. E.; Martínez M. J. J.; Hernández L. 2008. Detección de mastitis bovina subclínica por micoplasmosis mediante ELISA indirecta y aislamiento. *Veterinaria México* 39(2): 161-171.
- Pastor G. F. J. I.; Bedolla C. J. L. 2008. Determinación de la prevalencia de mastitis bovina en el municipio de Tarímbaro, Michoacán, mediante la prueba de California. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria* 10(10): 1-34.
- Pech V.C.; Carbajal M.; Montes R. 2007. Impacto económico de la mastitis subclínica en hatos bovinos de doble propósito de la Zona Centro del Estado de Yucatán. *Agroecosistemas tropicales y subtropicales* 7(2): 127-131.

- Pérez-Morales R.; Padilla-Ramírez F.; González-Ríos H.; De-la-Cruz-Leyva M.; CastañedaVázquez H.; Hernández-Moreno M. 2022. Factores asociados a la prevalencia de mastitis subclínica en ganado bovino de doble propósito. *Abanico veterinario* (12): 1-16.
- Pineda-Burgos B. C.; Nájera J. C. C.; Rodríguez M. E.; López J. E. S.; Villamar M. V. 2024. El impacto económico de la mastitis bovina en México. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* 12(1):51-60.
- Pinelli-Saavedra A.; Pérez-Morales R.; González-Ríos H.; Amavizca-Nazar A. 2022. Prevalencia y relación de mastitis con niveles séricos de vitaminas E y A y estatus microbiológico en vacas criollas doble propósito, en época de verano. *Biotecnia* 24(1): 79-86.
- Pinzón T. A.; Moreno V. F. C.; Rodríguez M. G. 2009. Efectos de la mastitis subclínica en algunos hatos de la cuenca lechera del Alto Chicamocha (departamento de Boyacá). *Revista de Medicina Veterinaria* (17): 23-35.
- Ramírez V. N.; Arroyave H. O.; Cerón-Muñoz M.; Jaramillo M.; Cerón J.; Palacio L. G. 2011. Factores asociados a mastitis en vacas de la microcuenca lechera del altiplano norte de Antioquia, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria* (22): 31-42.
- Rosero E. M. I.; Montenegro D. J. O.; Abad R. J. R.; Ordoñez D. S. H. 2022. Mastitis bovina en el cantón Montufar–Carchi. Prevalencia, agente causal y factores de riesgo. *AXIOMA* (26): 5-10.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2018. En línea: <https://www.gob.mx/agricultura/colima/articulos/crece-la-produccion-de-lecheen-mexico-sagarpa>
[158944?idiom=es#:~:text=Las%20entidades%20con%20mayor%20producci%C3%B3n](https://www.gob.mx/agricultura/colima/articulos/crece-la-produccion-de-lecheen-mexico-sagarpa/158944?idiom=es#:~:text=Las%20entidades%20con%20mayor%20producci%C3%B3n)
Consultado: 01/08/2024
- Sánchez J. M. R. 2015. Prevalencia y factores predisponentes a mastitis subclínica en establos lecheros de la provincia de Trujillo. *CEDAMAZ* 5(1): 1-11.
- Santivañez B. C. S.; Gómez Q. O. E.; Cárdenas V. Ángel.; Escobedo E. M. H.; Cárdenas B.; Peña Sánchez. J. 2013. Prevalencia y factores asociados a la mastitis subclínica bovina en los Andes peruanos. *Revista Veterinaria Y Zootecnia* 7(2): 92–104.

SE (Secretaría de Economía. 2012). Análisis del Sector Lácteo en México. En

línea: https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf Consultado: 09/09/2024

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. En línea: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crece-la-produccion-lechera-pero-enfrenta-retosuno-principal-esta-en-la-normatividad-322012> Consultado: 22/09/2024

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. En línea: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/impulsan-agricultura-ganaderos-e-industria-fomento-al-consumo-de-leche-de-produccion-nacional?idiom=es> Consultado: 10/09/2024

Trujillo C. M.; Gallego A. F.; Ramírez N.; Baena L. G. P. 2011. Prevalence of mastitis in dairy herds in Eastern Antioquia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 24(1): 11-18.

Wolter W.; Kloppert, B.; Castañeda V. H.; Zschöck, M. 2002. La mastitis bovina. En línea: <https://jlupub.ub.uni-giessen.de/bitstream/jlupub/16640/1/p020003.pdf> Consultado: 03/09/2024

IX. ANEXOS



Anexo 1: toma de muestra.



Anexo 2: Prueba californiana



Anexo 3: Muestras de leche

| Wisconsin (Milímetros) | Conteo Celular Somatico | Wisconsin (Milímetros) | Conteo Celular Somatico |
|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 3 | 140.000 | 19 | 920.000 |
| 4 | 165.000 | 20 | 990.000 |
| 5 | 195.000 | 21 | 1.055.000 |
| 6 | 225.000 | 22 | 1.130.000 |
| 7 | 260.000 | 23 | 1.200.000 |
| 8 | 300.000 | 24 | 1.200.000 |
| 9 | 340.000 | 25 | 1.360.000 |
| 10 | 380.000 | 26 | 1.440.000 |
| 11 | 420.000 | 27 | 1.525.000 |
| 12 | 465.000 | 28 | 1.610.000 |
| 13 | 515.000 | 29 | 1.700.000 |
| 14 | 565.000 | 30 | 1.800.000 |
| 15 | 620.000 | 31 | 1.920.000 |
| 16 | 675.000 | 32 | 2.030.000 |
| 17 | 730.000 | 33 | 2.030.000 |
| 18 | 790.000 | 34 | 2.800.000 |
| 19 | 855.000 | 35 | 2.800.000 |

Adaptado de: Philpot, 2001

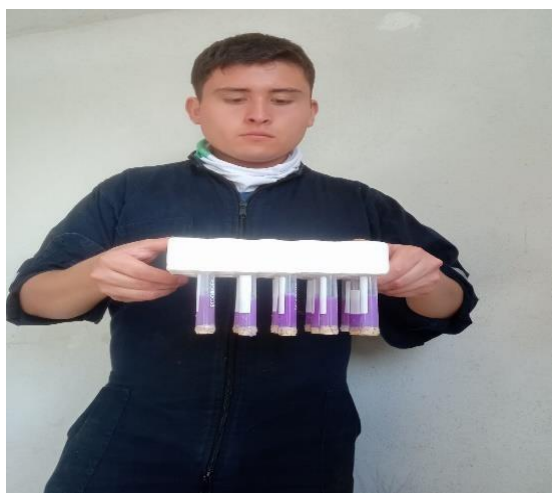
Anexo 4: Escala graduada



Anexo 5: Mezcla de reactivo con la leche.



Anexo 6: colocación de los tubos Falcon.



Anexo 7: Prueba de Wisconsin.



Anexo 8: Lectura de mL.



BUAP.

Oficio No. FCAyP/863/2024

Mario Saúl Aguilar Martínez
Egresado de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Con base en el dictamen emitido por el Dr. Edgar Valencia Franco (**Director de Tesis**), Dr. Martín Carmona Victoria (**CoDirector**), Dr. Numa Pompilio Castro González (**Asesor**) y Dr. Marcos Pérez Sato (**Asesor**) en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la elaboración digital de la tesis titulada:

**INCIDENCIA Y PREVALENCIA DE MASTITIS SUBCLÍNICA EN VACAS LECHERAS EN EL
SABINAL DE LIBRES, PUEBLA.**

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agronómica Y Zootecnia.

Sin otro particular por el momento me despido de Usted.

“Pensar bien, para vivir mejor”
San Juan Acateno, Teziutlán, Pue., a 03 de Diciembre de 2024.

Dr. Armando Ibáñez Martínez
Director de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias



c.c.p. - Archivo y Minutario
Dr. AIM/mlsm