



# UNIVERSIDAD DEL MAR

## DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACION DEL EFECTO DE LA MASTITIS SUBCLÍNICA EN LA CÁLIDAD Y  
PRODUCCIÓN LÁCTEA DE VACAS DE DOBLE PROPÓSITO

### TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y SANIDAD ANIMAL**

### PRESENTA

Ing. Agr. Maribel Reyes Jiménez

### DIRECTOR

Dr. José Guadalupe Gamboa Alvarado

### CO-DIRECTOR

Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano

Puerto Escondido, Oaxaca, México

Noviembre, 2019

## DEDICATORIA

*Con Fe en Dios por las fuerzas que infunde en mí, la destreza que me da, y las personas, y apoyo que me envía.*

*Con amor y admiración a mi esposo Esteban Alejandro Gopar Escamilla, que con su apoyo incondicional, enseñanzas en regaños, paciencia en su mirada, y amor en su espera, me ha ayudado a concluir este proyecto.*

*A mi amada madre la señora Maribel Jiménez Martínez que con sus llamadas logra reconfortar mi espíritu.*

*Con cariño especial a mis hermanas Thelma, Julieta y Mary Carmen, y a las pequeñas sobrinas Sofía, Abril y Alexita, porque me motiva saber que cuento con su apoyo.*

*Y en especial a la memoria del Sr. Abraham Carmelo Reyes, mi padre, que con su amor y consejos aun latentes en mi mente, me motiva para cumplir lo prometido.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad del Mar por todas las facilidades otorgadas y permitirme la realización de este proyecto en mi vida.

Al Consejo Nacional de Educación y Tecnología (CONACYT), porque sin su colaboración no habría podido llevar a cabo este proyecto.

Con cariño a la señora Maura Escamilla Silva, por permitirme realizar este proyecto en su rancho “La flor” y brindarme su apoyo.

Al Dr. José Guadalupe Gamboa Alvarado, por todo el apoyo, el tiempo y los consejos dados, las presiones aplicadas para mejoras, por los conocimientos brindados y la confianza otorgada y en especial por esa amabilidad hacia mi persona.

Al Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano por apoyarme en lo que se me complicaba, por los consejos brindados y su paciencia que colaboró para la finalización de este proyecto.

A la Dra. Mónica Marcela Galicia Jiménez que, con su colaboración e ideas aportadas, su apoyo y consejos, le dio ese detalle de mejora a este proyecto.

Al Dr. Serafín Jacobo López Garrido que contribuyó a mi formación académica, mostrándome un enfoque útil a la producción animal.

Al Dr. Marco Antonio Camacho Escobar por los consejos brindados y la contribución a mi formación académica.

Al Dr. Jaime Arroyo Ledezma por sus comentarios en seminarios que contribuían a que mejorara.

Al Dr. Noé Ruiz García por su muy estimada paciencia que tuvo con todos nosotros.

Con especial cariño a Gaby Bielma “la reina” y Silvia Santos “Benigna” por la amistad brindada, consejos y apoyo mutuo durante este tiempo, que hicieron esta experiencia agradable.

Al amigo Ricardo Cruz, que soportó a mi lado las largas horas en el laboratorio, aunque sea con su sonrisa forzada, y al compañero Julio que me apoyó con los análisis en laboratorio.

A Jesús Crespo “el flaco” y Abraham Santos “el gordo” por la amistad brindada y la permisividad de poder molestarlos.

A los señores Enrique Barradas, Cirino Barradas y al joven Francisco Gopar que apoyaron al manejo del ganado y en la recolección de datos, facilitando y haciendo más ameno el trabajo.

A todos los que de alguna u otra forma contribuyeron a la realización de este proyecto, muchas gracias.

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la mastitis subclínica en la producción y calidad láctea de ganado bovino doble propósito, se utilizaron 17 vacas en condiciones similares de alimentación, manejo y doble ordeño de tipo mecánico. Se realizó diagnóstico semanal de mastitis subclínica, pesaje de la producción láctea y análisis fisicoquímico en ambos turnos de ordeño, también se realizó análisis microbiológico y aislamiento bacteriano para la identificación del microorganismo patógeno causante de la mastitis subclínica. Se utilizó un diseño completamente al azar con fuente de variación: la etapa de lactancia (inicial: 1 a 90 días; intermedia: 91 a 180 días; final: de 180 a 270 días); para las variables: producción láctea, pH, acidez titulable, densidad, grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, sólidos sales y sólidos totales se evaluaron con análisis de varianza y comparación de medias a través del estadístico de prueba Tukey ( $P < 0.05$ ), para la frecuencia de mastitis subclínica, número de cuartos mamarios afectados por mastitis y estabilidad térmica se utilizó el estadístico de prueba Ji cuadrada. La incidencia de mastitis subclínica durante la lactancia fue de 33.64% con alta prevalencia de *Staphylococcus aureus* y se identificó 75% como leche inestable a la prueba de alcohol. Los análisis revelaron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en las variables: producción, pH, acidez titulable, densidad, grasa, proteína, lactosa, sólidos sales, sólidos no grasos y sólidos totales por efecto de la mastitis subclínica, de igual forma, por etapa de lactancia y turno de ordeño, en las variables: producción, grasa, sólidos sales y sólidos totales. Se concluye alta incidencia de mastitis subclínica en etapas finales de la lactancia siendo el principal agente patógeno *Staphylococcus aureus*, con efecto negativo en la producción y en la calidad láctea.

**Palabras clave:** Acidez, componentes lácteos, estabilidad térmica, etapa de lactancia, leche, *Staphylococcus aureus*.

## ABSTRACT

To evaluate the effect of subclinical mastitis on the production and milk quality of dual-purpose cattle, 17 cows were used under similar conditions of feeding, handling, and mechanical double milking. Weekly diagnosis of subclinical mastitis, weighing of milk production, and physicochemical analysis were performed in both milking shifts. Microbiological analysis and bacterial isolation were also performed for the identification of pathogenic microorganisms causing subclinical mastitis. A completely randomized design was used with a source of variation: the lactation stage (initial: 1 to 90 days; intermediate: 91 to 180 days; final: 180 to 270 days); For the variables of milk production, pH, titratable acidity, density, fat, protein, lactose, non-fatty solids, solid salts, and total solids were evaluated with analysis of variance and comparison of means through the Tukey test statistic ( $P < 0.05$ ). For the frequency of subclinical mastitis, number of mammary quarters affected by mastitis, and thermal stability, the Ji square test statistic was used. The incidence of subclinical mastitis during breastfeeding was 33.64% with a high prevalence of *Staphylococcus aureus* and 75% was identified as unstable milk for alcohol testing. The analyses revealed a significant difference ( $P < 0.05$ ) in the variables of production, pH, titratable acidity, density, fat, protein, lactose, solid salts, non-fatty solids, and total solids due to subclinical mastitis. Results were similar with respect to lactation stage and milking shift, in the variables of production, fat, solid salts, and total solids. A high incidence of subclinical mastitis was found in the final stages of breastfeeding, the main pathogen being *Staphylococcus aureus*, which had a negative effect on production and milk quality.

**Key words:** Acidity, dairy components, thermal stability, lactation stage, milk, *Staphylococcus aureus*

## CONTENIDO

INDICE DE TABLAS .....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1 Producción de leche en México.....	3
2.2 Composición de la leche bovina.....	5
2.2.1 Factores que afectan la composición de la leche.....	6
Intrínsecos .....	6
Extrínsecos .....	7
2.3 Calidad de la leche cruda .....	7
2.4 Importancia de la mastitis en la producción de leche bovina.....	9
2.4.1 Métodos de diagnóstico para la mastitis.....	10
2.4.2 Clasificación de la mastitis .....	11
2.4.2.1 Mastitis Subclínica .....	12
2.4.3 Microorganismos asociados a la mastitis bovina .....	13
2.5 Efecto de la mastitis en la calidad láctea bovina .....	17
2.6 Tratamiento de la mastitis bovina.....	18
3. HIPOTESIS .....	20
4. OBJETIVO GENERAL.....	20
4.1 Objetivos específicos .....	20
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
5.1 Ubicación geográfica y ambiente .....	21
5.2 Manejo general del ganado.....	21
5.2.1 Sistema de producción.....	21
5.2.2 Alimentación.....	22
5.3 Unidades experimentales .....	22
5.4 Análisis de la leche.....	22
5.5 Variables evaluadas .....	23
5.5.1 Producción de leche.....	23
5.5.2 Diagnóstico de mastitis .....	25

5.5.3 Análisis químico de la leche .....	26
5.5.3.1 Estabilidad térmica de la leche.....	26
5.5.3.2 Acidez por titulación .....	27
5.5.3.3 pH de la leche .....	27
5.5.3.4 Análisis de componentes .....	28
5.5.4 Análisis microbiológico .....	28
5.5.4.1 Pruebas presuntivas .....	28
5.6 Diseño experimental y análisis estadístico .....	30
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
6.1 Frecuencia de mastitis subclínica.....	31
6.2 Pruebas microbiológicas .....	33
6.2.1 Conteo de células somáticas .....	34
6.4 Producción y propiedades fisicoquímicas de la leche .....	38
6.4.1 Producción de leche.....	38
6.4.3 pH .....	40
6.4.4 Acidez titulable .....	41
6.4.5 Grasa .....	42
6.4.6 Sólidos no grasos (SNG) .....	44
6.4.7 Densidad.....	45
6.4.8 Proteína .....	46
6.4.9 Lactosa .....	48
6.4.10 Sólidos más sales .....	49
6.4.11 Sólidos totales.....	50
6.4.12 Correlación de los componentes y las propiedades físicas de la leche bovina .....	51
6.5 Antibiograma .....	54
7. CONCLUSIONES .....	56
8. RECOMENDACIONES.....	58
9. REFERENCIAS .....	59

## INDICE DE TABLAS

Tabla I. Composición general de la leche bovina .....	5
Tabla II. Parámetros de calidad fisicoquímicos de la leche bovina.....	8
Tabla III. Métodos químicos de diagnóstico de mastitis bovina. ....	10
Tabla IV. Métodos biológicos de diagnóstico de mastitis bovina. ....	11
Tabla V. Tipos de mastitis clínica bovina.....	11
Tabla VI. Microorganismos asociados a la mastitis .....	13
Tabla VII. Principal efecto de la lactancia y de la mastitis en los principales parámetros lácteos .....	16
Tabla VIII. Ejemplo de registro de pesaje de leche, para estimación de producción láctea. ....	24
Tabla IX. Incidencia (%) de mastitis subclínica por número de cuartos mamarios en cada etapa de lactancia. ....	31
Tabla X. Relación entre Draminski 1Q® y Conteo de Células somáticas.....	35
Tabla XI. Producción láctea promedio por ordeño con respecto a la etapa de lactancia y turno de ordeño en ganado bovino doble propósito. ....	38
Tabla XII. Efecto de la mastitis subclínica en la producción láctea de ganado bovino doble propósito.....	39
Tabla XIII. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre el pH ( $\bar{X} \pm EE$ ) lácteo por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito. ....	41
Tabla XIV. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre la acidez láctea ( $\bar{X} \pm EE$ ) por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito.....	42
Tabla XV. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre la grasa láctea ( $\bar{X} \pm EE$ ) por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito.....	43
Tabla XVI. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre los sólidos no grasos ( $\bar{X} \pm EE$ ) por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito. ....	44
Tabla XVII. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre la densidad ( $\bar{X} \pm EE$ ) por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito. ....	46



Tabla XVIII. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre la proteína ( $\bar{X} \pm EE$ ) de la leche por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito. ....	47
Tabla XIX. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre la lactosa ( $\bar{X} \pm EE$ ) de la leche por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito. ....	48
Tabla XX. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre los sólidos sales ( $\bar{X} \pm EE$ ) de la leche por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito. ....	49
Tabla XXI. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre los sólidos totales ( $\bar{X} \pm EE$ ) de la leche por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito. ....	50
Tabla XXII. Correlación de los componentes y propiedades físicas de la leche con respecto al efecto de la mastitis subclínica en vacas de doble propósito. ....	53
Tabla XXIII. Efecto del ajo, extracto de neem y miel en cultivos de microorganismos causales de la mastitis subclínica en ganado bovino doble propósito. ....	55

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Factores que afectan la calidad de leche. ....	6
Figura 2. Producción láctea. ....	23
Figura 3. Prueba de alcohol en leche. ....	26
Figura 4. Titulación con NaOH en muestra de leche. ....	27
Figura 5. Análisis composicional de leche. ....	28
Figura 6. Realización del antibiograma.....	30
Figura 8. Identificación de microorganismos encontrados en Cultivo Sal Manitol .....	34
Figura 9. Porcentaje de leche positiva a la prueba de alcohol de ambos turnos de ordeño .....	36

## 1. INTRODUCCIÓN

México se coloca en la octava posición dentro de la producción internacional de leche, con un rendimiento de 11, 807,556 L y crecimiento anual de 1.7% (SIAP 2018), sin embargo, la producción láctea bovina con 17% se posiciona en el tercer lugar en cuanto a la producción pecuaria nacional (CANILEC 2017).

No obstante, según Loera & Banda (2017) México es uno de los países con menor productividad de leche por vaca, con apenas 1.8 ton/cabeza/año y caracterizándose por tener un sistema de producción de leche muy heterogéneo desde el punto vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico además de las diferencias climáticas y culturales.

En donde las entidades que contribuyen con la mitad de la producción nacional, pertenecen a la región árida y semiárida y son los estados de Jalisco con 19.5 %, Coahuila 11.5 %, Durango 10.2 % y Chihuahua 9.3 %; en contraste con el estado de Oaxaca que se encuentra en la región tropical y que solo aporta 1.2 % de la producción nacional (CANILEC 2017).

La mayoría de los sistemas del trópico se fundamentan en ganado doble propósito (Bautista *et al.* 2017), de acuerdo a lo publicado por SAGARPA (2016), la producción nacional proviene 63% de ganado especializado y 37 % de ganado de doble propósito.

Al considerar que la región tropical ocupa aproximadamente 37% de la superficie nacional (Del Castillo 2011), es necesario desarrollar estrategias que permitan hacer más eficiente la producción, la alimentación y la aplicación de prácticas sanitarias durante el ordeño; además de la prevención y control de enfermedades (Bautista *et al.* 2017).

Puesto que en la industria láctea, el déficit en calidad, se basa en las características fisicoquímicas y sensoriales de la leche (Juárez *et al.* 2015), las cuales son afectadas desde la producción primaria por deficiencia de tecnología y condiciones sanitarias inadecuadas (Cahue *et al.* 2017). Ésta falta de calidad en la producción láctea ocasiona problemas en el bienestar animal y la salud pública (Mera *et al.* 2017).

Tal es el caso de la mastitis bovina, una de las enfermedades de mayor incidencia en ganado lechero, que provoca pérdidas en producción y mayores costos en la industria láctea (Mendoza *et al.* 2017, Sharma *et al.* 2010). Provocando incremento en la concentración de células somáticas y la disminución del rendimiento lácteo (Gonçalves *et al.* 2018). Es por ello que el monitoreo de la glándula mamaria es imprescindible en el hato, debido a que los cambios en la composición de la leche, dependen del grado de inflamación y de los agentes etiológicos (Kester *et al.* 2015).

Es fundamental la realización de diagnóstico y prevención de las mastitis subclínica además, de conocer su efecto en la composición y rendimiento de leche en bovinos doble propósito, con la finalidad de reducir pérdidas productivas y económicas; es por ello que, el objetivo de esta investigación fue el evaluar el efecto de la mastitis subclínica en la calidad y producción de leche en ganado bovino doble propósito.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 Producción de leche en México**

Dentro de la dieta de los mexicanos, la leche y los lácteos se posicionan en el cuarto producto al que se le dedica mayor gasto, a pesar de la desigualdad en los patrones de consumo y la economía de la familia (Rodríguez & Armenta 2018). A pesar de este hecho, la producción nacional de leche sólo abastece 40% del consumo total en México, y el déficit es cubierto mediante importaciones. Durante el 2016 las importaciones cubrieron el 58% de la demanda nacional, principalmente de Estados Unidos de Norteamérica seguido de Nueva Zelanda (CANILEC 2017).

Lo anterior implica que la producción nacional de leche en México es insuficiente para abastecer la demanda interna (Loera & Banda 2017), debido a que del 27 % del gasto de los hogares mexicanos en alimentación, solo 11 % es destinado para la compra de leche y derivados, con una tendencia dinámica en derivados como la mantequilla, crema y queso (CANILEC 2017).

La baja productividad y las diferencias de volúmenes de producción, entre los Estados, obedece a distintos factores como son: el sistema de producción y a la zona ecológica (Loera & Banda, 2017. Cuevas *et al.* 2016); aunque la producción láctea se desarrolla en todo el territorio mexicano, se identifica con el aporte a la producción nacional de leche el ganado especializado con 63% y del ganado de doble propósito con 37% (Cahue *et al.* 2017).

El sistema doble propósito se caracteriza por que el productor se dedica a producir leche y carne; además de basarse en pastoreo. Por lo general las vacas crían directamente al becerro y éste es necesario para estimular la bajada de la leche cuando

se realiza la ordeña manual (Robledo, 2016). Por otra parte, en algunas unidades de producción, el ordeño mecánico se lleva acabo con equipos portátiles que con frecuencia tienen inadecuada capacidad y son deficientes (Ávila *et al.* 2002).

En la actualidad, los sistemas de producción de bovinos doble propósito muestran bajo nivel tecnológico, debido a limitaciones de los sistemas en: alimentación y reproducción ya que sólo hacen uso de la tecnología en 29 % y 28 % respectivamente, y en el área de manejo llega hasta 56 % (Cuevas *et al.* 2018; Rangel, 2016).

En México, el sistema de doble propósito se desarrolla principalmente en las regiones tropicales (Rangel, 2016), que abarca estados como Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Yucatán, Tamaulipas, Michoacán (Loera & Banda 2017, Cervantes *et al.* 1990) representando más del 27.7 % del territorio nacional (Cuevas *et al.* 2018).

De acuerdo con estudios realizados por Martínez *et al.* (2015), en distintos sistemas de producción evaluados en estas regiones, 50 % están dirigidos a sistemas de bovinos doble propósito.

A pesar que para el Estado de Oaxaca la ganadería bovina es de gran importancia, los productores del sistema de doble propósito tienen unidades con bajos parámetros de producción (Durán *et al.* 2018) y de características físico-químicas e higiénicas variables en la producción láctea (Juárez *et al.* 2016).

Otro aspecto importante es que la demanda de leche ha crecido en la población oaxaqueña, de modo que la producción del estado solo cubre 24 % (Sánchez *et al.* 2017). Esto es debido a las características agroecológicas, socioeconómicas y políticas en el

estado de Oaxaca el sistema de producción bovina de doble propósito presenta problemas de producción, que se refleja en ganancias mínimas de peso diario de 500 g y producción de 5 L de leche (SEDAPA 2016).

No obstante, existe potencial natural en regiones como la costa, el istmo (bajo mixe), el Papaloapan, los valles centrales y algunas microcuencas de la mixteca que permitirían el incremento de producción y el dinamismo del sector (Sánchez *et al.* 2017). Sin embargo, según estudios de Cisneros *et al.* (2009) 44 % de los productores de la Costa de Oaxaca, tienen como sistema el doble propósito, y la mayoría utiliza la leche para la elaboración de queso fresco, además de que solo 1.8 % realizan pruebas para la detección de mastitis.

## 2.2 Composición de la leche bovina

Tabla I. Composición general de la leche bovina	
Componente	Porcentaje en leche
Grasa	3.67
Sólidos no grasos	9.02
Lactosa	4.78
Proteína	3.61
Caseína	2.63
Minerales	0.72
Elaborado con información de Jandal (1996), Agudelo & Bedolla (2005).	

La Tabla I, indica la composición láctea promedio, considerando que la leche bovina es el producto de la secreción normal de la glándula mamaria de hembras, y su composición no es estable, debido a diferentes factores que afectan a la hembra bovina (Agudelo & Bedolla 2005).

## 2.2.1 Factores que afectan la composición de la leche

### Intrínsecos

Especie, raza y genética: la composición de la leche varía ampliamente entre especies lecheras, y entre las razas de una misma especie; sin embargo, tratar de cambiar la composición de la leche genéticamente es un proceso lento (Pérez, 2011). Tal es el caso de la grasa, que es el constituyente más variable de la leche mientras que la lactosa y los minerales son los menos variables, esto en parte al polimorfismo genético de las proteínas de la leche (Salvador & Martínez 2007).

Lactancia: por lo general se entiende que la leche alcanza un pico máximo de producción entre 30 d a 80 d de haber comenzado a producir leche (Ponce, 2009), y por ende, existe variación en sus componentes según transcurra el tiempo.

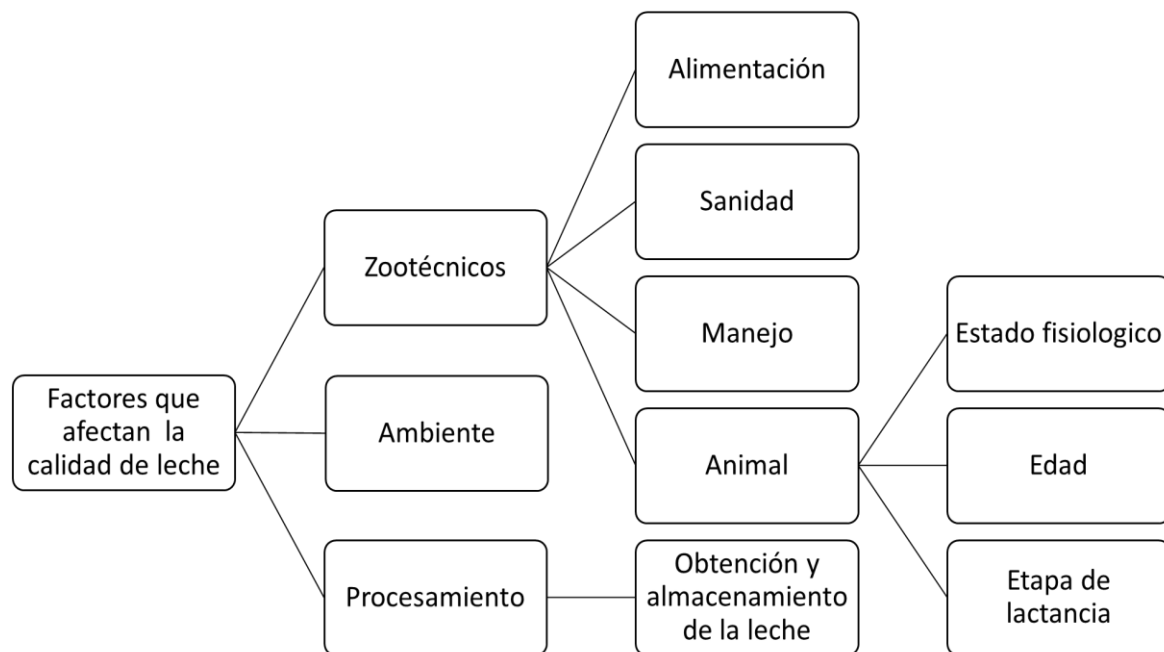


Figura 1. Factores que afectan la calidad de leche.

Elaborado con información de González *et al.* (2010).



## **Extrínsecos**

Medio ambiente y alimentación: existe una relación entre la época del año, y la variación del clima, con el tipo de alimento que reciben los bovinos (Salvador *et al.* 2016, Pérez 2011) y consecuentemente, con la composición láctea.

Enfermedades: a pesar que cualquier enfermedad puede traer consecuencias en la producción de leche (Pérez, 2011), la mastitis tiene un impacto negativo en la composición química de la leche; reduciendo calcio, fosforo, proteína y grasa e incrementa la concentración de cloruros y sodio además del residuo de los antibióticos utilizados en el tratamiento de esta infección (Wattiaux, 2005).

### **2.3 Calidad de la leche cruda**

Según Tornadijo *et al.* (1998) puntualizan que la calidad láctea, está en función a la ausencia absoluta de sustancias perjudiciales y baja carga microbiana, con capacidad de acidificación, caracteres organolépticos normales (olor, color, sabor), escaso contenido de células somáticas y con adecuada composición química para su consumo o transformación.

La calidad higiénica y sanitaria de la leche cruda define los parámetros de inocuidad, salubridad y durabilidad de la leche pasteurizada, y de todos los derivados lácteos (Gavira, 2007). Sin embargo, en la producción de leche interactúan diversos factores zootécnicos, del medio ambiente y sistema de procesamiento (Figura 1) que alteran la composición de la leche (Zambrano & Pinho 2008) y todos se encuentran relacionados (Magariños, 2000).

No obstante, la influencia por varios factores ambientales e individuales de las vacas, incluido el estado de salud (Bobbo *et al.* 2017), las características más relevantes evaluadas para definir una leche de calidad son: la densidad, el índice crioscópico, determinación de caseína en leche, el índice de refracción, determinación de acidez, la materia grasa, los sólidos no grasos, determinación de proteínas por micro Kjeldahl, determinación de lactosa, el número de leucocitos, los microorganismos patógenos y la presencia de sustancias inhibidoras (González *et al.* 2010, NOM-155-SCFI-2012).

A pesar de la situación en la que se encuentra la industria de leche en México, se debe buscar mejorar la calidad e inocuidad de la leche y sus derivados, además, se deben buscar alternativas que posibiliten ventajas al productor (Trejo *et al.* 2016). Es por ello que están establecidos parámetros a nivel nacional los cuales sirven de referencia de calidad, los cuales están establecidos en la NOM-155-SCFI-2012 y presentada en la Tabla II.

Tabla II. Parámetros de calidad fisicoquímicos de la leche bovina

<b>Variable</b>	<b>Referencia nacional</b>
Grasa g/L	32 mínimo
Densidad g/L	1029 mínimo
Sólidos no grasos g/L	83 mínimo
Proteína g/L	31 mínimo
Lactosa g/L	43-50
Crioscópico C	-0.530 a -0.560
Acidez titulable, g/L	1.3 a 1.6
Conteo bacterial, cfu/mL	$< 1.0 \times 10^5$
Conteo total coliformes	$< 7.5 \times 10^2$

NOM-155-SCFI-2012.

Es imprescindible partir de animales sanos, genéticamente aptos, bajo apropiadas condiciones de alimentación y manejo, buenas prácticas de higiene, control y tratamiento de mastitis y otras patologías; con el objetivo de asegurar al consumidor un producto inocuo, íntegro y legítimo (Cogollo *et al.* 2016).

## **2.4 Importancia de la mastitis en la producción de leche bovina**

Un factor determinante que afecta la calidad láctea bovina, es la mastitis, reacción inflamatoria de la glándula mamaria con etiología infecciosa o de origen traumático y tóxico (Mendoza *et al.* 2017), responsable de alteraciones físicas y químicas de la leche y del tejido mamario (Gonzales & Rubio 2015, Ruiz *et al.* 2016); además, de ser una de las enfermedades infecciosas endémicas que afecta las vacas y otras especies lecheras, su impacto es en la producción y bienestar animal, así como en la calidad de la leche producida (Bedolla, 2007).

También es la enfermedad del ganado lechero que mayores pérdidas económicas causa al productor, y a la industria procesadora, debido a que provoca disminución de la secreción láctea y deterioro de la leche (Neder *et al.* 2014). La etiología, estrategias de prevención y control de mastitis están íntimamente ligadas a las condiciones de alojamiento, manejo, rutina de ordeño, y políticas de tratamientos aplicados en el hato (Cotrino, 2009).

### 2.4.1 Métodos de diagnóstico para la mastitis

Para asegurar que la ubre de la vaca no presenta problemas es necesario una supervisión constante, durante la lactancia y durante el periodo seco. De acuerdo con Zambrano & Pinho (2008) el examen general de la glándula mamaria, realizado a través de la inspección y palpación, debe estar acompañado de la evaluación de leche, usando pruebas físicas; tales como: escudilla de ordeño, paño negro y taza probadora que son fáciles de realizar en campo, sin embargo, solo identifican la mastitis clínica (Gonzales & Rubio 2015), además de pruebas químicas y bacteriológicas; no obstante, para detección más precisa debe considerarse en conjunto diferentes pruebas (Aytekin *et al.* 2018). Las Tablas III y IV presentan los principales métodos químicos y biológicos, respectivamente, de diagnóstico de mastitis bovina.

Tabla III. Métodos químicos de diagnóstico de mastitis bovina.

PRUEBAS QUIMICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Conductividad eléctrica.	Detección de mastitis subclínica fase inicial. Mide lesión por el incremento de iones Na y Cl. Eficiencia de 97% de diagnósticos correctos	Se presenta alta concentración de Cloruros al final del periodo de lactancia. Descubre 50 % de leches infectadas
Papel indicador.	Basado en el pH, sospechosa $\geq 7$	Variación de pH por temperatura.

Fuente: Reyes & Arguello (2015), Gonzales & Rubio (2015), Bedolla (2007), Gonzáles *et al.* (2010), Naseemunnisa *et al.* (2017).

Tabla IV. Métodos biológicos de diagnóstico de mastitis bovina.

PRUEBAS BIOLOGICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Prueba de california	Valoración del recuento de células somáticas a groso modo. Sensibilidad del 97 y especificidad de 93 %.	Interpretación de resultados respecto al individuo que realice la prueba. Posibles falsos positivos en inicio y final de lactancia
Diagnostico bacteriológico	Identificación de microorganismos específicos.	Fidelidad en resultados dependiendo de los cuidados sanitarios en la toma de muestras y manipulación.
Conteo de células somáticas	Concentración de leucocitos en leche	Solo son estimaciones

Fuente: Gonzales & Rubio (2015), Reyes & Arguello (2015).

## 2.4.2 Clasificación de la mastitis

Tabla V. Tipos de mastitis clínica bovina

MASTITIS CLÍNICA	SUBTIPOS
Dolor, edema, presencia de coágulos, grumos y cambios de coloración en la leche; en casos severos, se observa aumento de temperatura, fiebre, toxemia o shock de otros signos vitales, decaimiento, depresión, pérdida de apetito, y baja en la producción.	<u>Mastitis clínica-sub aguda</u> : Alteración menor en leche, leve inflamación del cuarto, posible reducción de la producción de leche.
	<u>Mastitis clínica aguda</u> : repentino enrojecimiento, inflamación y endurecimiento del cuarto afectado.
	<u>Mastitis clínica híper aguda</u> : expresión más severa y rápida de los síntomas de la clínica aguda, posible shock, fibrosis en la ubre, infecciones sistémicas, pérdida de coordinación de muscular, extremidades frías, y reducción del reflejo pupilar, entre otros.
	<u>Mastitis clínica crónica</u> : endurecimiento de la glándula y cisterna, edema tisular, intermitente aparición de leche acuosa con grumos o coágulos.

Sharma *et al.* (2010).

La mastitis se clasifica en clínica y subclínica, dependiendo del grado de inflamación que tenga la ubre, lesiones que presente, así como las implicaciones sistemáticas (Fernández *et al.* 2012). Sin embargo, en la mastitis clínica los signos son visibles, esta subdivisión se basa de acuerdo a la intensidad o gravedad de los casos (Gonzales & Rubio, 2015), como se presenta en la Tabla V.

#### **2.4.2.1 Mastitis Subclínica**

Los signos de la mastitis subclínica permanecen presentes dentro del tejido de la glándula mamaria, sin anormalidad aparente en la ubre o en la leche (Sharif *et al.* 2017); es por ello, que el diagnóstico del tipo subclínico suele ser más problemático ya que depende de indicadores de inflamación, provocando que esta leche contenga elevado número de células somáticas (Sharma *et al.* 2010).

La presencia de patógenos que provocan mastitis, incrementa el nivel de leucocitos, de iones, altera el pH, hay presencia de enzimas hidrolíticas, sustancias oxidativas, cambio en la conductividad eléctrica, disminuye el contenido de lactosa, proteína y grasa; lo cual son indicios de infección de la ubre (Sharif *et al.* 2017).

Las pérdidas económicas debido a la mastitis se producen, tanto en animales que presentan enfermedad clínica y subclínica, existen debido a la reducción en la producción de leche (Gonzales & Rubio, 2015).

Económicamente la mastitis subclínica es mucho más importante que la mastitis clínica, por varios motivos: su prevalencia se manifiesta con 20 a 50 veces más casos, su carácter inadvertido como fuente de contagio desconocido, respuesta por cuarto infectado, considerándole que 70 % - 80 % de las pérdidas se le atribuye a esta mastitis

(Mera *et al.* 2017). Al ser la mastitis una enfermedad polifactorial, depende de la vaca, el manejo, el ambiente, la etapa de lactancia y del tipo de patógeno (Acosta *et al.* 2017; Alfonso 2008).

### 2.4.3 Microorganismos asociados a la mastitis bovina

Tabla VI. Microorganismos asociados a la mastitis

<b>Microorganismos contagiosos</b>	<b>Microorganismos ambientales</b>	<b>Otros Patógenos</b>
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Coagulasa-negative</i>
<i>Streptococcus agalactiae</i>	<i>Kleibsiella spp</i>	<i>Staphylococci (CNS)</i>
<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	<i>Citrobacter spp</i>	
<i>Mycoplasma spp.</i>	<i>Bacillus spp.</i>	
<i>Corynebacterium spo.</i>	<i>Serratia spp</i>	
	<i>Enterobacter spp</i>	
	<i>Proteus spp.</i>	
	<i>Streptococcus uberis</i>	
	<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	
	<i>Streptococcus spp.</i>	
	<i>Enterococcus faecalis</i>	
	<i>Enterococcus faecium</i>	
	<i>Aerococcus spp.</i>	
	<i>Pseudomonas spp</i>	
	<i>Arccanobacterium pyogenes</i>	
	<i>Nocardia spp.</i>	
	<i>Yeast spp</i>	
	<i>Prototheca spp.</i>	

Tomado de Bogni *et al.* (2011).

Los microorganismos que pueden producir mastitis sobreviven en diferentes nichos ecológicos, difieren en su mecanismo de transmisión e infección, así como en la facilidad con la cual pueden ser controladas (Corbellini, 2002). Los microorganismos son clasificados en patógenos contagiosos y patógenos ambientales (Ramya *et al.* 2017), la

Tabla VI muestra un listado de los principales microorganismos que provocan mastitis en la vaca.

Dentro de esta clasificación los microorganismos contagiosos más comunes son *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* y *Streptococcus dysgalactiae*; mientras, los considerados patógenos del ambiente son *Escherichia coli*, *Enterobacter* spp. y *Streptococcus uberis* (Ramya *et al.* 2017).

En el trópico húmedo de México, en un estudio en el estado de Veracruz, se demostró que 100 % de los animales analizados presentan mastitis subclínica, con infecciones mixtas y moderadas a altas; de los patógenos identificados, las frecuencias en ordeño manual se indentifico *S. agalactiae* y durante el ordeño mecánico *S. aureus*. (Cervantes *et al.* 2017).

En otra investigación en el trópico seco en la costa de Guerrero, se determinó que la raza que presento mayor afectación por parte de *S. aureus* fue la craza de los bovinos  $\frac{1}{4}$  Cebú y  $\frac{3}{4}$  suizo con 26.67%, a diferencia de la craza  $\frac{1}{4}$  Cebú y  $\frac{3}{4}$  Holstein quienes presentaron una menor proporción de 6.67% (Muñoz *et al.* 2012).

Por otra parte Calderón & Rodríguez (2008), reportaron que cerca del 50 % de los cultivos bacteriológicos de muestras de leche procedentes de la glándula mamaria positivos a mastitis, se aislaron microorganismos patógenos con medios selectivos para *S. aureus*, y *S. coagulasa*; mientras que la proporción de los microorganismos ambientales solo fue 27%. Dichos autores concluyeron que los microorganismos contagiosos han sido propagados por malas prácticas ganaderas. Castillo *et al.* (2009) en Mérida, capital del estado de Yucatán, señalan la presencia de colonias sospechosas de *Salmonella* spp. y



*S. aureus*. Teniendo un índice de mastitis de 1.81, lo cual indica un elevado conteo de células somáticas.

Teniendo en cuenta que la mastitis es un proceso patológico que se desencadena por múltiples factores en el ganado bovino, entre los que destacan las malas prácticas de higiene (Albino *et al.* 2017) lo cual provoca pérdidas en la producción (Mera *et al.* 2017); alteraciones físico-químicas de la leche lo que resulta en desecho del producto, por lo que existe una estrecha relación entre el rendimiento, la calidad de la leche y las prácticas de ganado lechero (Juárez *et al.* 2016).

Tabla VII. Principal efecto de la lactancia y de la mastitis en los principales parámetros lácteos

Etapas	LACTANCIA			MASTITIS
	Etapas	Etapas	Etapas	
Producción	La lactancia en vacas en pastoreo tropical se distribuye linealmente con un pico de producción poco pronunciado en la segunda etapa			Disminución significativa.
pH	Al inicio es bajo pH 6 (calostro).	Variable, dentro del rango en leche fresca (6.5 a 6.7)	Mayor variabilidad (<7.4)	Aumenta (6.9 a 7.5)
Acidez	La acidez disminuye conforme avanza el periodo de lactancia, la leche normal tiene una acidez de 1.3g/L a 1.7g/L (expresado en ácido láctico).			Disminución significativa.
Estabilidad Térmica	Cuando existe una alta concentración de Calcio y el pH es inferior a 6.7 el Ca y citrato forman un complejo estable, lo cual hace la leche más estable			Es inestable al aumentar el pH
Grasa	Disminución gradual (2 meses, la molécula de grasa del calostro es más grande).	Estabilización (mayor variabilidad por efecto de la alimentación).	Disminución (mayor variabilidad por efecto de la alimentación).	Disminución significativa.
Proteína	Disminución abrupta después de calostro.	Tiende a aumentar conforme a la lactancia a la estabilización.	Disminución	Disminución significativa.
Lactosa	N/E	N/E	N/E	Disminución significativa.
Sólidos	Se correlacionan positivamente con el nivel de producción.	Se correlacionan positivamente con el nivel de producción.	Se correlacionan positivamente con el nivel de producción.	Disminución significativa.

N/E: No encontrado. Elaborado con información de Calderón *et al.* (2014), Cervantes *et al.* (2013), Manchado *et al.* (2017), Juárez *et al.* (2016), Mora *et al.* (2015), Negri (2005), Osorio & Segura (2005), Rodríguez *et al.* (2015) y Velásquez & Vega (2012).

## 2.5 Efecto de la mastitis en la calidad láctea bovina

En la Tabla VII se muestran algunas alteraciones, por efecto natural de la lactancia, en comparación con el efecto que ocasiona la mastitis en los principales aspectos fisicoquímicos de la leche. Kester *et al.* (2015), mencionan que el efecto negativo en la densidad láctea, puede deberse a la disminución de lactosa y los sólidos no grasos, consecuencia de la reducción de la actividad sintética del tejido alveolar (Calderón *et al.* 2011).

De los principales efectos de la mastitis es que reduce entre 4 % y 30 % la producción de leche, incluso haciendo que se descarte 7 % de los cuartos afectados (Acosta *et al.* 2017), la reducción en la producción es evidente en los primeros 5 d de la infección (Kester *et al.* 2015).

La leche tiene alteraciones significativas por la mastitis, lo que ocasiona una disminución del valor nutritivo, además de adquirir un sabor salado debido al aumento de sodio y cloro (Gonzales *et al.* 2010); sin embargo, Naseemunnisa *et al.* (2017) mencionan que la edad avanzada y las vacas en etapas finales a la lactancia, son más propensas a la mastitis subclínica bovina (Velásquez & Vega, 2012); de igual manera, encontraron relación entre el incremento en la edad de la vaca o tamaño de rebaño, con la tendencia a mastitis subclínica bovina.

La prevalencia de la mastitis subclínica en los hatos lecheros es mayor que la de la mastitis clínica, motivo que limita la producción láctea (Castillo *et al.* 2009). No obstante, Cervantes *et al.* (2013), señalan que al cotejar los parámetros de calidad de leche en México, esta tiene excelente rendimiento industrial, pero con deficiente sanidad y probable adulteración. Situación similar a lo que ocurre en Colombia, en donde

Calderón *et al.* (2014), observaron cambios significativos en la composición láctea por efecto de la mastitis subclínica; sin embargo, aun entre los parámetros establecidos en cuanto a los componentes.

La prueba realizada en los centros de acopio de leche cruda, para su aceptación es la prueba de alcohol, que indica la estabilidad proteica de la leche, aun es controversial, ya que este parámetro está influenciado por diversos factores. Manchado *et al.* (2017), destacaron una relación positiva entre la estabilidad medida con prueba de alcohol, el tiempo de coagulación, pH y la concentración de lactosa; así como asociación negativa de estabilidad de leche con acidez y el conteo bacteriano.

Del mismo modo Negri (2005), resalta que el pH y la acidez desarrollada son dos medidas no estrictamente asociadas; a pesar de ello, resultados de prueba de alcohol positivos en leche sin acidez desarrollada, han aparecido y leche de buena calidad ha sido rechazada.

## **2.6 Tratamiento de la mastitis bovina**

De acuerdo a diferentes trabajos en donde se hicieron programas de control de mastitis basados en la identificación del patógeno causal, se determinó que es el principal factor de éxito para la aplicación de terapia antimicrobiana específica (Cervantes *et al.* 2017, Acosta *et al.* 2017). Por su parte Tegegne & Tesfaye (2017) encontraron gran porcentaje de contaminación bacteriana por no hacer adecuadamente las prácticas de sanidad, ni llevarse a cabo algún tipo de pasteurización a la leche.

El control de la mastitis durante la producción de leche, es un proceso obligatorio e indispensable (Reinoso 2012); al ser la mastitis una enfermedad más frecuente y costosa en el ganado bovino (Acosta *et al.* 2017) en la cual se debe de tomar en cuenta realizar un diagnóstico previo, aplicar el tratamiento lo más pronto posible y con basados en evidencia científica (Pyörälä 2016).

El tratamiento antibiótico por vía intramamaria, es efectivo en reducir la mastitis por cuarto mamario; sin embargo, puede presentar problemas por la presencia de residuos de antibióticos en leche (Contreras 2009), y la eliminación de esos residuos es importante para el tratamiento de la mastitis (Pyörälä 2016).

Según el estudio realizado por Canales & Perla (2017), los factores que pueden influenciar la resistencia desarrollada a los tratamientos antimicrobianos por las bacterias, son el uso indiscriminado de los antibióticos, su administración sin prescripción médica y sin un diagnóstico previo. Como ejemplo está la amplia resistencia de los estafilococos especialmente de *Staphylococcus aureus* a la penicilina (Pyörälä 2016), aunque también existe resistencia a la ampicilina, estreptomina y eritromicina (Bonifaz & Conlago 2016, Flores *et al.* 2018).

Sin embargo, Pyörälä (2016) menciona que el tratamiento para la mastitis subclínica con antimicrobianos no es económico, y tampoco tiene efecto en la incidencia de este tipo de infección. No obstante, el uso de tratamientos alternativos como el uso de aceites o extractos vegetales como: extracto o aceite de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss), ajo (*Allium sativum*) y oregano (*Origanum vulgare*), y otras sustancias biológicas como la miel son posibles de utilizar en el tratamiento de la mastitis subclínica (Gomes & Henriques 2016 Acosta *et al.* 2017, Arteaga *et al.* 2017, Graterol *et al.* 2017, Carpio 2018).

### **3. HIPOTESIS**

La mastitis subclínica incide sobre la variación de los componentes, producción y características fisicoquímicas de leche del ganado bovino de doble propósito.

### **4. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la mastitis subclínica en los componentes (grasa, sólidos no grasos, sólidos más sales, sólidos totales, lactosa y proteína) y características fisicoquímicas (densidad, pH, acidez por titulación grado dornic y estabilidad térmica) de la leche bovina y en la producción de vacas de doble propósito.

#### **4.1 Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de la mastitis subclínica en los componentes de la leche (grasa, sólidos no grasos, sólidos más sales, sólidos totales, lactosa y proteína) respecto a cada etapa de lactancia.
- Evaluar el efecto de la mastitis subclínica en las características fisicoquímicas de la leche (densidad, pH, acidez por titulación grado dornic y estabilidad térmica) respecto a cada etapa de lactancia.
- Comparar la variación de componentes lácteos y características fisicoquímicas entre las dos ordeñas, (matutina y vespertina) con respecto a la producción en vacas de doble propósito.
- Identificar el agente causal de la mastitis subclínica en vacas de doble propósito.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Ubicación geográfica y ambiente**

La investigación experimental de campo se realizó en el rancho “La Flor” que se encuentra en San José Manialtepec, Villa de Tututepec, Oaxaca, México, con las siguientes coordenadas: 15° 97' 97" latitud norte y 97° 23' 46" longitud oeste (INEGI 2018). De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por García (2004), el clima predominante en la zona es cálido húmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual de 24 C a 26 C y precipitación pluvial media anual de 731.9 mm a 20,454 mm, la localidad se encuentra a 20 m de altitud.

La medición de la producción, el análisis de estabilidad térmica de la leche y el análisis de acidez titulable se realizó en el rancho, en el cual durante el experimento la temperatura promedio en la ordeña de la mañana fue de 23.2 C y 78.3 % de humedad relativa, en la ordeña de la tarde el promedio fue de 31.65 C y 54 % de humedad relativa.

Los análisis de composición láctea y la medición de pH, se realizaron en ambiente controlado de 23 C con 65 % de humedad relativa, en el Laboratorio de Tecnologías de Productos Pecuarios, Universidad del Mar, de igual forma, el análisis microbiológico de las muestras de leche como el antibiograma, se realizaron en el Laboratorio de Genética, Universidad del Mar, ambos localizados en el Campus Puerto Escondido, ubicado en la ciudad de Puerto Escondido, Oaxaca, México.

### **5.2 Manejo general del ganado**

#### **5.2.1 Sistema de producción**

Con un sistema de producción doble propósito, el Rancho “La Flor” se caracteriza por tener dos ordeñas por día, ordeño mecánico y con crianza artificial de becerros.

### **5.2.2 Alimentación**

Las vacas en producción pastan bajo un sistema de pastoreo rotacional de gramíneas tropicales; con suministro de sales minerales no comerciales en polvo constituida por: fosfato monoamónico 26 %, sulfato de potasio 20 %, sulfato de magnesio 19.5 %, maíz molido 15.75 %, melaza, 7 %, pasta de soya 5 %, sal común 3 %, ácido fosfórico 3 % y microelementos 0.75%; además, como suplemento energético melaza con ácido fosfórico al 5 %.

### **5.3 Unidades experimentales**

Se utilizaron como unidades experimentales 17 bovinos hembras cruce de razas Cebú x Holstein con más de dos partos, seleccionadas de acuerdo a la fecha de parto, todos los animales tuvieron las mismas condiciones de manejo y alimentación.

### **5.4 Análisis de la leche**

Se tomaron muestras de leche individuales de las 17 hembras bovinas en experimentación durante su lactancia, periodo que inició en el mes de noviembre del 2017 y terminó en agosto del 2018. Sin embargo, al presentar mastitis subclínica, en alguno de los cuartos mamarios, se tomaba una muestra independiente por cada cuarto mamario infectado.

Las muestras obtenidas se mantuvieron a temperatura de 18 C a 22 C para la realización de los análisis; sin embargo, para el transporte al laboratorio se mantuvieron a temperatura de 3 C a 5 C.

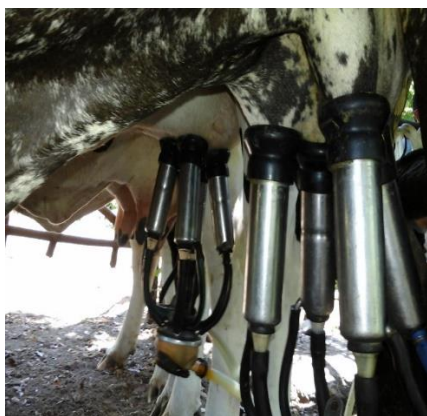


## 5.5 Variables evaluadas

Las variables fisicoquímicas evaluadas fueron: producción láctea, estabilidad térmica, acidez titulable (grado dornic), pH, densidad, grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, sólidos (sales y minerales), sólidos totales, además de obtener la producción total de leche.

### 5.5.1 Producción de leche

La producción láctea diaria por vaca se obtuvo mediante el pesaje semanal de la leche obtenida después de cada ordeño (mañana y tarde), para esto se utilizó una báscula de reloj de 20 kg, con precisión de 25 g, marca HM.(Figura 2).



a) Ordeño mecánico.



b) Pesaje de producción de leche por vaca.

Figura 2. Producción láctea.

Tabla VIII. Ejemplo de registro de pesaje de leche, para estimación de producción láctea.

Fecha de pesaje	Peso mañana (kg)	Peso tarde (kg)	Total (kg)	Días de lactancia (d)	Producción del periodo de pesaje (kg)	Producción acumulada (kg)
12-nov-17	Parto					
22-nov-17	5.10	2.5	7.60	10	76	76
29-nov-17	6.35	3.0	9.35	17	59	135
07-dic-17	7.10	4.5	11.60	25	73	209
14-dic-17	7.60	3.8	11.40	32	81	289
20-dic-17	7.50	4.8	12.30	38	83	372
26-dic-17	6.50	5.1	11.60	44	84	456
05-ene-18	7.90	4.42	12.33	54	84	539
10-ene-18	5.60	6.77	12.38	59	86	626
17-ene-18	6.47	4.3	10.78	66	81	707
24-ene-18	8.0	4.4	12.40	73	81	788
31-ene-18	5.4	4.8	10.20	80	79	867
08-feb-18	6.1	3.7	9.80	88	70	937
14-feb-18	5.0	4.95	9.95	94	69	1,006
20-feb-18	6.3	4.4	10.70	100	72	1,079
27-feb-18	5.0	3.4	8.40	107	67	1,145
06-mar-18	5.2	3.7	8.90	114	61	1,206
13-mar-18	5.15	2.5	7.65	121	58	1,264
20-mar-18	3.9	2.75	6.65	128	50	1,314
30-mar-18	4.82	2.65	7.48	138	49	1,363
03-abr-18	4.37	2.45	6.83	142	50	1,413
10-abr-18	4.4	3.1	7.50	149	50	1,464
17-abr-18	5.65	2.55	8.20	156	55	1,519
24-abr-18	4.45	3.15	7.60	163	55	1,574
01-may-18	4.75	2.8	7.55	170	53	1,627
08-may-18	5.1	3.5	8.60	177	57	1,683
15-may-18	4.5	3.25	7.75	184	57	1,741
22-may-18	4.45	3.75	8.20	191	56	1,796
29-may-18	4.45	2.7	7.15	198	54	1,850
05-jun-18	5.15	3.05	8.20	205	54	1,904
12-jun-18	4.1	3.15	7.25	212	54	1,958
19-jun-18	5.4	3.25	8.65	219	56	2,014
26-jun-18	5.15	3.3	8.45	226	60	2,073
03-jul-18	5.7	3.3	9.00	233	61	2,135
10-jul-18	5.4	2.75	8.15	240	60	2,195
17-jul-18	5.3	3.05	8.35	247	58	2,252
24-jul-18	5.0	3.0	8.00	254	57	2,310
31-jul-18	4.55	3.9	8.45	261	58	2,367
07-ago-18	4.4	2.4	6.80	268	53	2,420

Basado en el método de estimación que propone Mellado (2012).

Para estimar la producción total de leche por lactancia de las vacas, se utilizó el método que propone Mellado (2012), utilizando un formato que se ejemplifica en la Tabla VIII, para el cual se requirió el pesaje frecuente.

En el ejemplo de la Tabla VIII, el primer pesaje ocurre 10 d después del parto, el cálculo realizado fue multiplicar la producción de leche por los días transcurridos ( $7.6 \times 10$ ) al realizarse el segundo pesaje se calculó el promedio entre el primero y segundo pesaje, este promedio obtenido se multiplicó por el número de días transcurridos entre pesajes, este proceso fue repetido hasta el final de la lactancia de cada una de las vacas.

### **5.5.2 Diagnóstico de mastitis**

Para diagnosticar la presencia de mastitis subclínica de cada uno de los cuartos mamarios, se realizó la prueba de mastitis por medio de la conductividad eléctrica (Fernández *et al.* 2012), utilizando un medidor portátil DRAMINSKI® detector de mastitis 1Q, cada cuarto mamario se registró de la siguiente manera:

1. Cuarto derecho delantero: DD
2. Cuarto derecho trasero: DT
3. Cuarto izquierdo delantero: ID
4. Cuarto izquierdo trasero: IT

El detector de mastitis mide los cambios de la resistencia eléctrica de la leche a través de los llamados unidades DRAMINSKI® (Reyes & Arguello 2015, Morales & Ruiz 2017), de acuerdo a los resultados obtenidos por el detector de mastitis, se interpreta de la siguiente forma:

- > a 300 unidades= sin mastitis.
- 250 a 300 unidades= una fase intermedia entre mastitis subclínica y un buen estado de salud en el cuarto probado.
- < a 250 unidades= mastitis subclínica.

### 5.5.3 Análisis químico de la leche

#### 5.5.3.1 Estabilidad térmica de la leche

Se realizó la prueba de alcohol en leche en campo para obtener la estabilidad térmica según el método descrito por Hupertz *et al.* (2004), mezclando muestras de leche de 2 mL con volumen igual de etanol de 75 %, en tubos de ensayo de 6 mL de capacidad, se agitaban de forma inmediata y se observó si había presencia de coágulos (Figura 3).



Figura 3. Prueba de alcohol en leche.

### 5.5.3.2 Acidez por titulación

Se realizó según la NOM-155-SCFI-2012, por titulación con NaOH 0.1 N usando 5 gotas de fenolftaleína al 1 % en solución alcohólica como indicador, se esperó hasta la aparición de un color rosa pálido, y el resultado se expresó en grados Dornic. Se utilizó una bureta automática (Figura 4).



Figura 4. Titulación con NaOH en muestra de leche.

### 5.5.3.3 pH de la leche

Se evaluó el pH de la leche de cada una de las muestras por medio de un potenciómetro marca HANNA® foodcare HI 99161 como se muestra en la Figura 5. Se realizó antes de cada muestreo un proceso de calibración del equipo sumergiendo el electrodo en soluciones buffer de pH 7 y pH 4, según la indicación del mismo.

#### 5.5.3.4 Análisis de componentes

Se evaluaron las muestras con tres repeticiones, a través de un Analizador de leche Lactichcek® P&P Milk Analyzer, basado en espectroscopia ultrasónica (Figura 5), el cual proporciona datos de componentes de la leche:

- Grasa.
- Lactosa.
- Proteína.
- Densidad.
- Sólidos no grasos.
- Sólidos más sales.
- Sólidos totales.



a) Medición de pH.



b) Analizador de componentes de la leche LACTICHECK.

Figura 5. Análisis composicional de leche.

#### 5.5.4 Análisis microbiológico

##### 5.5.4.1 Pruebas presuntivas

Se utilizaron muestras de leche provenientes de los cuartos mamarios de las 17 vacas del experimento. Según los antecedentes registrados en zonas tropicales de

México (Muñoz *et al.* 2012, Cervantes *et al.* 2017) los medios de cultivo como pruebas presuntivas utilizados fueron:

- Agar Sal Manitol: Utilizado para el aislamiento selectivo de Estafilococos y para detección de *Staphylococcus aureus*.
- Agar EMB (Eosina azul de metileno): medio ligeramente selectivo y de diferenciación para el aislamiento para bacilos gram negativos entéricos (Enterobacteriace y diversos bacilos gram negativos).

La técnica de inoculación que se utilizo es siembra en estría (obtención de colonias aisladas: al verter sobre la placa Petri el medio de cultivo fundido para su solidificación) (Bonilla & Pajares, 2016).

Para el aislamiento y detección de *Staphylococcus aureus* se utilizó Agar Sal Manitol y las pruebas bioquímicas de rutina (Tinción de Gram, catalasa, coagulasa, TSI, hemólisis, oxidasa, NaCl 10 % y 15 %, temperatura 15 C y 45 C).

#### **5.5.5 Antibiograma**

Posteriormente y de forma anexa a la identificación microbiana causal de la mastitis subclínica, se realizó un antibiograma para medir la sensibilidad de las cepas bacterianas a un tratamiento antibiótico comercial (Oxitetraciclina) y tres tratamientos alternativos y de bajo costo (concentrado de ajo, miel al 50 % y extracto de neem).

Se hizo selección de placas de Petri, en donde hubo crecimiento microbiano, para una segunda siembra en superficie uniformizando el inóculo. Después se utilizó la técnica de antibiograma de discos (Bernal & Guzmán 1984), donde se introdujo el tratamiento control para confiabilidad de la muestra.



Figura 6. Realización del antibiograma

### 5.6 Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado en el presente estudio fue completamente al azar teniendo como fuente de variación la etapa o tercio de la lactancia; siendo estas: etapa inicial: 1 día a 90 días; etapa intermedia: 91 días a 180 días y etapa final: de 180 días a 270 días.

La información obtenida fue procesada con el programa Statistical Analysis System. (SAS 2003); con los comandos PROC FREQ para ausencia o presencia de mastitis subclínica por etapa de lactancia y número de cuartos afectados, además de la variable estabilidad térmica con el estadístico de prueba ji cuadrada. Las variables de producción láctea y fisicoquímicas se analizaron con análisis de varianza con los comandos PROC GLM y la comparación de medias a través del estadístico de prueba Tukey ( $P < 0.05$ ).

Se realizó análisis de correlación y regresión lineal simple para determinar el grado de relación entre variables de producción, componentes y propiedades físicas de la leche para cada etapa de la lactancia, considerando además el turno de ordeño.



## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Frecuencia de mastitis subclínica

La incidencia de cuartos con mastitis subclínica se incrementó conforme avanzaba la lactancia, presentándose valores menores en los primeros días de la lactancia y valores mayores en los días finales de la misma (Tabla IX). Similar a lo obtenido por Naseemunnisa *et al.* (2017) que a mayor tiempo en lactancia, las vacas son más propensas a mastitis; sin embargo, mayor presencia de mastitis subclínica por cuarto mamario indica deficientes prácticas higiene antes del ordeño, ya que al realizarlas evitan que las vacas sean desechadas y aumenta su vida productiva (Bautista *et al.* 2017).

Tabla IX. Incidencia (%) de mastitis subclínica por número de cuartos mamarios en cada etapa de lactancia.

Número de cuartos	ETAPA DE LACTANCIA		
	Inicial	Intermedia	Final
1	9.62 <sup>a</sup>	26.91 <sup>b</sup>	26.67 <sup>b</sup>
2	11.06 <sup>a</sup>	19.28 <sup>b</sup>	24.44 <sup>b</sup>
3	4.81 <sup>a</sup>	17.04 <sup>b</sup>	21.67 <sup>b</sup>
4	3.85 <sup>a</sup>	16.14 <sup>b</sup>	17.22 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> =Proporciones en hilera con distinta literal difieren estadísticamente (P<0.05).

No obstante, hubo diferencia significativa (P>0.05) entre la etapa inicial 19.23 % de presencia de mastitis con respecto a la segunda etapa 39.01 % y tercera etapa 43.33 % (Figura 7). Las segunda y tercer etapas, tuvieron mayor porcentaje de cuartos mamarios afectados, son resultados similares a los obtenidos por Velásquez & Vega (2012), 38.2 % y 40.3 %. Se ha reportado que aumenta la concentración de células

somáticas al final de la lactancia con mayor efecto en vacas multíparas (De Haas *et al.* 2002), indicando que a mayor tiempo en lactancia las vacas son más propensas a desarrollar mastitis (Naseemunnisa *et al.* 2017); además, con mayor disponibilidad de contagio en la última etapa de la lactancia (Ramírez, 2015) la cual coincide con la época de lluvias, que al incrementar la humedad ambiental, se vuelve un factor de riesgo para el contagio de la enfermedad (Florio *et al.* 2015).

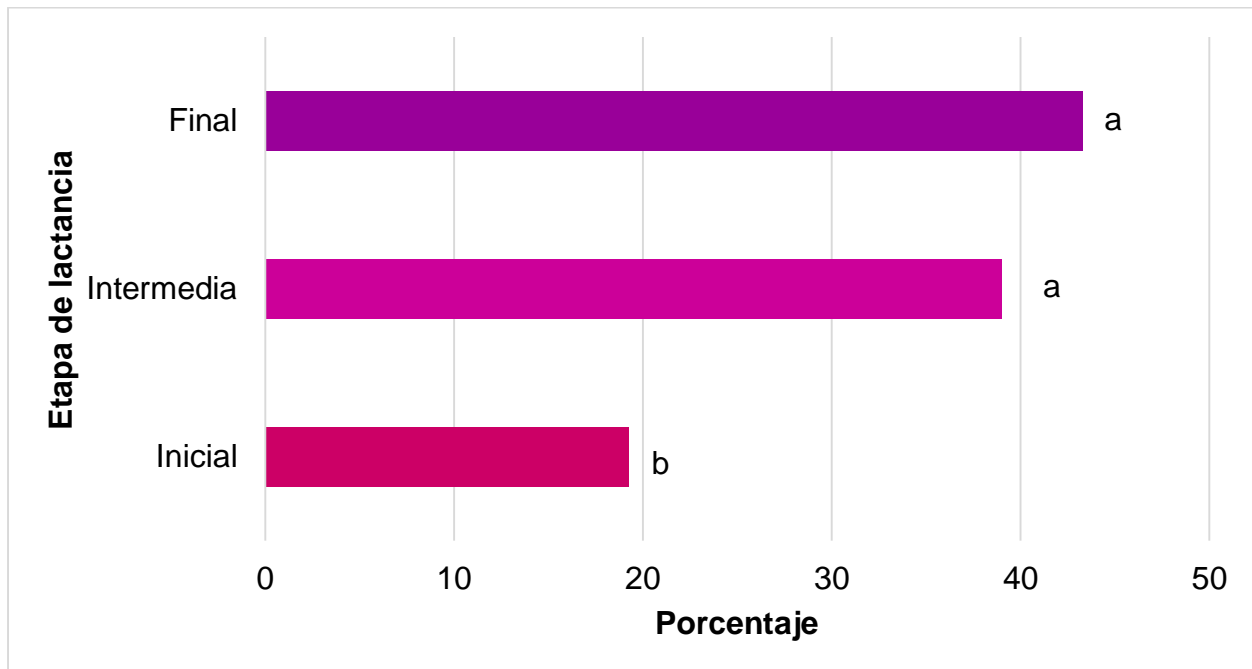


Figura 7. Porcentaje de presencia de mastitis en cada etapa de lactancia.

El porcentaje general de incidencia de mastitis durante la lactancia fue de 33.86 %; comparándolo con trabajos realizados en Latinoamérica, fue similar a 33.64 % en Perú a través del método Draminski en vacas de raza Pardo Suizo (Condori 2017); y mayor a lo obtenido por Álvarez & Antín (2017) en Argentina con animales de cruce con predominancia de raza Holandés con 20.34 %, sin embargo, el experimento se diseñó

con un muestreo mensual que pudo haber limitado el análisis estadístico. En cambio el porcentaje fue menor a lo obtenido por Aguilar *et al.* (2014) en México con 35.64 % en explotaciones de ordeño mecánico, 39.5 % en periodo primavera-verano (Ramirez *et al.* 2011), y 43.4 % en Colombia en ordeño manual; indicando que las deficientes prácticas de manejo e higiene inciden sobre la presencia de la mastitis subclínica, independientemente del tipo de ordeño.

## **6.2 Pruebas microbiológicas**

En pruebas presuntivas, se obtuvo 79 % de crecimiento de microorganismos en el medio de cultivo Agar sal manitol para identificación de Gram positivas, de igual forma en medios de cultivo Agar EMB para microorganismos Gram negativas, se obtuvo 87 % de crecimiento de microorganismos denominados entéricos y clasificados como de origen ambiental de acuerdo a la clasificación realizada por Bongi *et al.* (2011). A partir de resultados obtenidos en vacas mestizas Holstein x Cebú, ambos porcentajes se consideran altos, considerando tanto organismos contagiosos como ambientales responsables de la mastitis subclínica (Yera & Ramírez 2016).

En tanto, en el aislamiento para la identificación de microorganismos del tipo contagioso, 34.3 % *Staphylococcus aureus* subsp *aureus* y 22.9 % fue *Staphylococcus aureus* (Figura 8) menor a lo obtenido en el trópico húmedo de México por Cervantes *et al.* (2017), en ganado doble propósito y ordeño mecánico, identificando a *Staphylococcus aureus* como uno de los microorganismos contagiosos (Heikkilä *et al.* 2018) y presente en vacas del trópico de México en lactancia avanzada (Muñoz *et al.* 2012). Cabe señalar, que Bautista *et al.* (2015), sugieren la presencia de un complejo de *Staphylococcus*

causantes de mastitis bovina que sirven de reservorio y transferencias de genes de virulencia.

De igual forma *Staphylococcus* coagulasa-negativa con un porcentaje de 11.4 % similar a la proporción encontrada por Alfonso *et al.* (2017) en Cuba, en animales de craza Holstein con Cebú, considerándose como uno de los microorganismos de alta prevalencia y patógeno emergente en la mastitis bovina (Bogni *et al.* 2011).

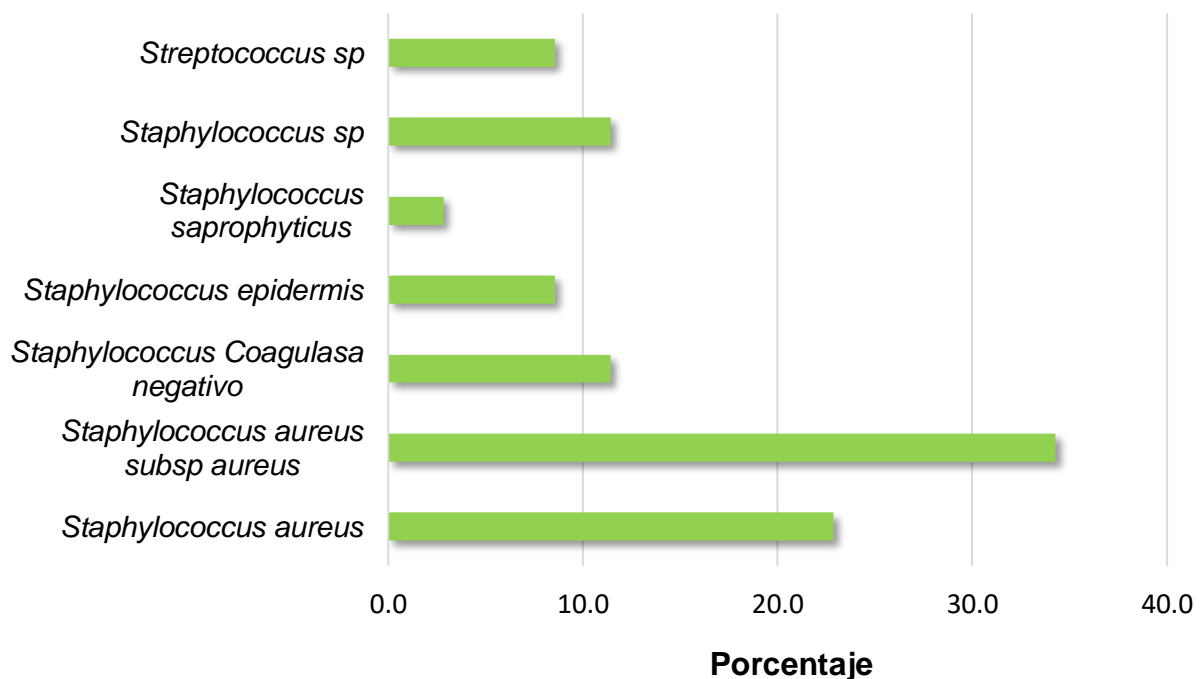


Figura 8. Identificación de microorganismos encontrados en Cultivo Sal Manitol.

### 6.2.1 Conteo de células somáticas

En esta investigación se realizó el conteo de células somáticas (CCS), para corroborar relación entre los resultados obtenidos por el detector de mastitis bovina

Draminski 1Q®, con respecto a los conteos celulares en leche. Mora *et al.* (2016) mencionan amplias diferencias en CCS a nivel individual.

Al realizarse el CCS, con respecto a lo descrito por Wolter *et al.* (2004), en donde indica que más de 200,000 células/mL, se refiere a una leche mastítica o anormal, se observó que a mayor porcentaje de mastitis subclínica, según el Draminski 1Q, se contabilizó mayor concentración de CCS/mL (Tabla X). Conforme a lo evaluado por Álvarez & Ávila (2016) quienes encontraron relación entre el CCS y la prueba de California Mastitis Test (CMT) en cabras con mastitis subclínica. En una investigación en cabras lecheras, la presencia de patógenos elevó los CCS y los CMT pero no la Conductividad Eléctrica (CE), indicando baja correlación entre la medición de CCS y CE (Suarez *et al.* 2014). El hacer el recuento de células somáticas indica directamente la susceptibilidad de la infección; sin embargo, la medición de la CE en la leche da un enfoque alternativo y práctico (Lien *et al.* 2016), por lo que realizar este análisis proporciona mayor confiabilidad a la investigación.

Tabla X. Relación entre Draminski 1Q® y Conteo de Células somáticas.

Mastitis (%) según Draminski 1Q	μ CCS Células/mL
100	329,076
75	312,456
50	180,604
25	144,649

### 6.3 Estabilidad térmica

Al realizarse la prueba de alcohol como análisis para determinar la estabilidad térmica de la leche, se obtuvo 56.36 % de leche inestable a alcohol en el turno de la

mañana durante toda la lactancia (Figura 9), no hubo diferencia significativa ( $P>0.05$ ) en la primera (57.69 %) y segunda etapa de lactancia (57.40 %); sin embargo, hubo diferencia estadística ( $P<0.05$ ) con respecto a la tercera etapa (45 %).

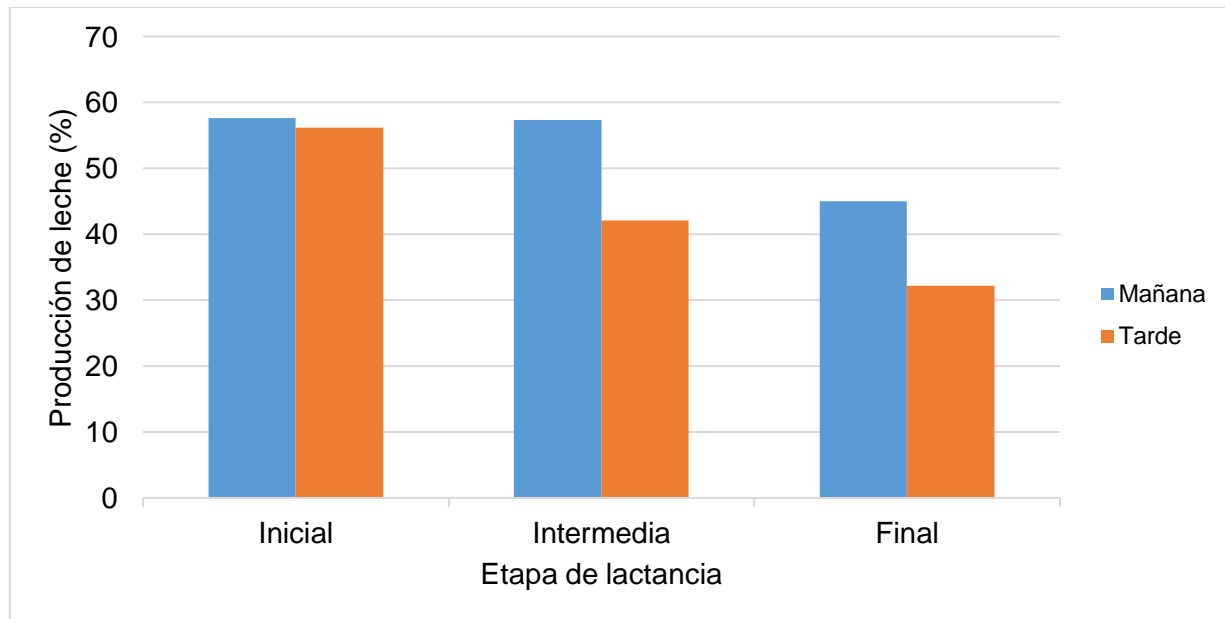


Figura 9. Porcentaje de leche positiva a la prueba de alcohol de ambos turnos de ordeño en ganado bovino doble propósito.

De la misma forma, se obtuvo promedio de 43.54 % de leche positiva a alcohol durante toda la lactancia en el turno de la tarde, mostrando mayor variabilidad con diferencia significativa ( $P<0.05$ ) entre etapas de la lactancia. Sin embargo, Molina *et al.* (2001) no encontró relación entre la prueba de alcohol y la termoestabilidad, indicando que esta prueba de calidad es deficiente, debido a que, los factores que afectan la estabilidad térmica de la leche son: el pH, rol de la fase sérica y carga proteica en la leche; además de la variación estacional y etapa de lactancia (Horne, 2016).

La estabilidad de la leche tiende a cambiar de acuerdo al efecto del pH. A mayor porcentaje de estabilidad de la leche a alcohol, se presentan valores bajos de acidez

láctea (Manchado *et al.* 2017); sin embargo, denota diferencia con respecto al valor de la concentración de proteína y lactosa, además del pH; el efecto de este último es en la micela de caseína. Lo anterior es debido que al tender a la alcalinidad (pH 7.0 -7.5), aumenta el tamaño de la micela y disminuye la acidificación (pH 5.5) debido a la contracción de la micela protéica (Sinaga *et al.* 2017).

No obstante, la inestabilidad de la leche a la prueba de alcohol puede deberse a la estabilidad de la proteína que precipita al alcohol, sin ser una leche ácida. Según Fagnani *et al.* (2017), la inestabilidad de la leche aumenta al disminuir los valores de lactosa y al aumento de minerales, debido a que la lactosa es un componente clave para el equilibrio osmótico de la leche; es por ello que para mantener la osmolaridad de la leche, con baja concentración de lactosa, se compensa con iones potasio. Este mecanismo tiende a ser común en leche con mastitis. En cambio, conforme a lo que mencionan Pinto *et al.* (1978), existen variaciones estacionales en los minerales, en donde destaca mayor concentración en el contenido de calcio y fosforo. Y con el aumento de calcio iónico, disminuyen las fuerzas de repulsión entre las caseínas, favoreciendo la coagulación (Manchado *et al.* 2017).

La estabilidad de la leche al alcohol, puede deberse a diversos factores que están relacionados entre sí, con respecto a los datos obtenidos en esta investigación, se encontró similitud a lo informado por Tsioulpas *et al.* (2007) en donde hubo menor estabilidad al alcohol en etapas tempranas de la lactancia, atribuyéndole esta condición a una alta concentración de calcio iónico y de sodio.

Observando que en el último tercio de lactancia, del presente estudio, mayor porcentaje de leche estable a la prueba de alcohol y mayor incidencia de mastitis

subclínica, estos resultados coinciden con los obtenidos por Rodrigues *et al.* (2018) quienes no encontraron efecto de mastitis subclínica sobre la estabilidad de la leche a la prueba de alcohol.

Sin embargo, Gabbi *et al.* (2013) indican que la menor frecuencia de inestabilidad de la leche, se asocia al uso intensivo de ensilado, premezcla de vitaminas, minerales y concentrado comercial a la dietas de los animales; además de los factores nutricionales (Barchiesi *et al.* 2007), los factores genéticos pueden estar relacionados (Zanela *et al.* 2006).

## 6.4 Producción y propiedades fisicoquímicas de la leche

### 6.4.1 Producción de leche

Tabla XI. Producción láctea promedio por ordeño con respecto a la etapa de lactancia y turno de ordeño en ganado bovino doble propósito.

TURNO	ETAPA			General
	Inicial	Intermedia	Final	
Matutino	5.46±0.06 <sup>a</sup>	3.62±0.04 <sup>b</sup>	2.98±0.04 <sup>c</sup>	4.06±0.04
Vespertino	3.65±0.04 <sup>a</sup>	2.52±0.03 <sup>b</sup>	2.13±0.02 <sup>c</sup>	2.80±0.02
Media de la etapa	9.11±0.10	6.14±0.07	5.11±0.42	6.86±0.06
Probabilidad	0.0001	0.0001	0.0001	

<sup>a, b, c</sup>= Promedios en hilera con distinta literal difieren estadísticamente (P<0.05).

Probabilidad= Diferencia significativa de la producción entre turnos de ordeño por cada etapa.

La Tabla XI muestra que existe diferencia significativa (P<0.05) para producción de leche entre etapa de la lactancia y entre turnos de ordeño, observándose reducción de producción conforme aumenta el número de días de la lactancia, siendo ésta de 33.70 % de la primera a la segunda etapa, 17.68 % de la segunda a la tercera etapa en el ordeño matutino; 30.96 % de la primera a la segunda etapa y 15.48 % de la segunda a la



tercera etapa en el ordeño vespertino. En relación al turno de ordeño, la reducción en la producción matutina con respecto a la producción vespertina fue de 33.15 %, 30.39 % y 28.52 % en la primera etapa, segunda etapa y tercera etapa respectivamente.

El promedio fue 6.86 kg de leche/diario/vaca, mayor en comparación con otros trabajos realizados en México, que reportan 5.39 kg (Cervantes *et al.* 2014) en una lechería tropical de Veracruz; pero menor a 9.15 kg de leche/día/vaca, lo cual fue obtenido en bovinos de doble propósito de raza Gyr de un sistema silvopastoril intensivo (Estrada *et al.* 2018), de igual forma, es menor a lo reportado de 8.5 kg/día/vaca en bovinos doble propósito con ordeño mecánico y adición de concentrado alimenticio, criados en clima subtropical húmedo de México (Calderón *et al.* 2016).

Se obtuvo un promedio general de 6.86 L mayor al promedio 3.62 L presentado por Cuevas *et al.* (2018) en bovinos doble propósito. No se encontraron diferencias significativas en la producción de vacas afectadas con mastitis subclínica, con respecto a vacas sanas de la primera etapa de lactancia, tomando en cuenta que en el primer tercio de lactancia la presencia de mastitis fue menor a la segunda y tercera etapa (Tabla XII).

Tabla XII. Efecto de la mastitis subclínica en la producción láctea de ganado bovino doble propósito

MASTITIS	ETAPA			General
	Inicial	Intermedia	Final	
No	4.57±0.05 <sup>a</sup>	3.25±0.04 <sup>b</sup>	2.70±0.04 <sup>c</sup>	3.50±0.04
Si	4.52±0.11 <sup>a</sup>	2.80±0.05 <sup>b</sup>	2.41±0.04 <sup>c</sup>	3.24±0.20
Probabilidad	0.663	0.0001	0.0001	

<sup>a, b, c</sup>= Promedios en hilera con distinta literal difieren estadísticamente (P<0.05).

Probabilidad = Diferencia significativa entre la producción de vacas con presencia y ausencia de mastitis por cada etapa.

Sin embargo, se obtuvo 13.85 % menor producción en vacas que presentaron mastitis en la segunda etapa y 10.74 % menor producción en la tercera etapa de la lactancia (Tabla XII). Siendo mayor el descenso en comparación con 9.9 % de reducción de producción láctea en la estimación realizada por Guimarães *et al.* (2017) con registros de granjas en condiciones tropicales; en otros trabajos, destaca relación negativa de forma constante entre la producción y el rango de mastitis subclínica en vacas de dos o más partos (Pedraza *et al.* 2000).

#### **6.4.3 pH**

El pH de la leche es variable durante la lactancia, de acuerdo a diversos factores y se encuentra entre 6.50 a 6.80 (Schlimme & Buchheim 2002; Negri 2005); no obstante, se obtuvo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) del pH entre cada una de las etapas de lactancia (Tabla XIII), siendo menor en la segunda etapa para cada turno de ordeño. No hubo diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) del pH entre turno de ordeño a excepción de la primera etapa. Existen mínimas diferencias comparado a 6.66 reportado por Vallejo *et al.* (2018) en bovinos de doble propósito en ordeño mecánico, en donde concluyeron que el tipo de ordeño afecta el pH de la leche.

Con respecto al efecto de la mastitis en el pH de la leche en la Tabla XIII, hubo diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) aunque todavía dentro del rango establecido como leche fresca de 6.5 a 6.8 (Negri 2005); siendo mínima la diferencia de pH de leche que proviene de cuartos mamarios infectados, con respecto a leche proveniente de vacas sanas; con un promedio general de 6.70 menor a lo reportado por Arteaga *et al.* (2016) donde la leche proveniente de cuartos mamarios infectados obtuvo un pH de 6.72.

Tabla XIII. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre el pH ( $\bar{X} \pm EE$ ) lácteo por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito.

Etapa	TURNO DE ORDEÑO			MASTITIS SUBCLÍNICA		
	MATUTINO	VESPERTINO	Prob.	SI	NO	Prob.
1	6.63±0.01 <sup>a</sup>	6.60±0.01 <sup>a</sup>	0.0006	6.70±0.01 <sup>a</sup>	6.60±0.01 <sup>a</sup>	0.0001
2	6.57±0.01 <sup>b</sup>	6.57±0.01 <sup>b</sup>	0.8138	6.58±0.01 <sup>b</sup>	6.56±0.01 <sup>b</sup>	0.0173
3	6.73±0.01 <sup>c</sup>	6.73±0.01 <sup>c</sup>	0.7529	6.80±0.01 <sup>c</sup>	6.70±0.01 <sup>c</sup>	0.0001
General	6.64±0.01	6.63±0.01		6.70±0.03	6.62±0.02	

<sup>a, b, c</sup>= Promedios en columna con distinta literal difieren estadísticamente (P<0.05).

Prob= Probabilidad; diferencia significativa del pH entre turno de ordeño y presencia mastitis.

Etapa= Etapa de la lactancia (1= Inicial, 2= Intermedia, 3= Final).

#### 6.4.4 Acidez titulable

En lo que respecta a la acidez titulable expresada en ácido láctico g/L, según la NOM-155-SCFI-2012, la leche varía de 1.3 g/L a 1.7 g/L, en el presente estudio se muestra diferencia estadística significativa (P<0.05) entre turno de ordeño (Tabla XIV). Conforme a lo descrito por Negri (2005), la acidez titulable disminuye conforme avanza la lactancia. Por el contrario, según los resultados de Arteaga *et al.* (2017) señalan que la acidez titulable varía con la etapa de lactancia, incrementado a medida que avanza el ciclo. En los datos obtenidos en la presente investigación, la disminución ocurre en el segundo tercio de lactancia. No obstante, aun los resultados son aceptables considerando los parámetros establecidos en la Norma Oficial Mexicana. Los resultados obtenidos están por debajo de la acidez promedio reportada por Mayorga *et al.* (2015), en donde, le atribuye efecto de raza (Pardo Suizo), los mayores valores de acidez, en comparación a la leche obtenida de vacas de la raza Holstein. En cambio, Oliszewski *et al.* (2016), mencionan mayores valores de acidez titulable, en estaciones más calurosas,

indicando mayor contaminación. Por consiguiente, cabe señalar que en este estudio, la última etapa de lactancia, coincidió en la estación verano.

En la Tabla XIV, se observan diferencias estadísticas significativas ( $P<0.05$ ) en la acidez de la leche producida de vacas sanas con respecto a vacas infectadas con mastitis subclínica; siendo más baja en estas últimas, confirmando lo que menciona Negri (2005) que en leches mastíticas el valor de la acidez es menor.

Tabla XIV. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre la acidez láctea ( $\bar{X}\pm EE$ ) por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito.

Etapa	TURNO DE ORDEÑO			MASTITIS SUBCLÍNICA		
	MATUTINO	VESPERTINO	Prob.	SI	NO	Prob.
1	1.65 $\pm$ 0.016 <sup>a</sup>	1.58 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.0004	1.41 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	1.66 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.0001
2	1.45 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	1.41 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.0051	1.35 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	1.48 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.0001
3	1.62 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>	1.57 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.0127	1.50 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	1.70 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	0.0001
General	1.57 $\pm$ 0.01	1.52 $\pm$ 0.01		1.42 $\pm$ 0.05	1.61 $\pm$ 0.01	

<sup>a, b, c</sup>= Promedios en columna con diferente literal difieren estadísticamente ( $P<0.05$ ).

Prob= Probabilidad, diferencia significativa de la acidez láctea entre turno de ordeño y presencia mastitis.

Etapa= Etapa de la lactancia (1= inicial, 2= intermedia, 3= final).

#### 6.4.5 Grasa

En la Tabla XV, se observan diferencias significativas ( $P<0.05$ ) en el contenido de grasa láctea entre etapas, mostrando descenso del ordeño matutino de la primer etapa a la segunda de 19.49 % y de 7.96 % de la segunda a la tercer etapa; de igual forma, en el turno vespertino hay descenso de 18.92 % de la primer etapa a la segunda y de 10.45 % de la segunda a la última etapa de la lactancia. Estos resultados indican que los días en la lactancia no solo afectan la producción láctea si no también el porcentaje de grasa en

la leche (Shlimme & Buchheim 2002). De la misma forma, la frecuencia de ordeños afecta el porcentaje de grasa en la leche, habiendo un incremento en la concentración de grasa en el turno vespertino de 29.73 %, 30.23 % y 28.29 % en primera, segunda y tercera etapa de la lactancia respectivamente, con respecto al turno matutino. Estos resultados difieren con lo señalado por Andrade *et al.* (2016), quienes reportan que la frecuencia de ordeño no afecta el rendimiento de grasa láctea.

En el presente estudio, el porcentaje promedio de grasa es mayor a lo obtenido por Cervantes *et al.* (2014) en el trópico húmedo de México con genotipo y condiciones de ordeño similar al presente estudio; dichos investigadores obtuvieron 3.5 % de promedio de grasa, y con mayor diferencia a lo reportado por Hart *et al.* (2013) en vacas multíparas en doble ordeño, con promedio de 4.13 %.

Tabla XV. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre la grasa láctea ( $\bar{X} \pm EE$ ) por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito.

Etapa	TURNO DE ORDEÑO			MASTITIS SUBCLÍNICA		
	MATUTINO	VESPERTINO	Prob.	SI	NO	Prob.
1	3.90±0.08 <sup>a</sup>	5.55±0.08 <sup>a</sup>	0.0001	3.80±0.14 <sup>a</sup>	4.94±0.07 <sup>a</sup>	0.0001
2	3.14±0.04 <sup>b</sup>	4.5±0.05 <sup>b</sup>	0.0001	3.0±0.06 <sup>b</sup>	4.33±0.04 <sup>b</sup>	0.0001
3	2.89±0.06 <sup>c</sup>	4.03±0.06 <sup>c</sup>	0.0001	2.80±0.06 <sup>c</sup>	4.0±0.05 <sup>c</sup>	0.0001
General	3.33±0.04	4.72±0.04		3.20±0.09	3.94±0.05	

<sup>a, b, c</sup>= Promedios en columna con diferente literal difieren estadísticamente (P<0.05).

Prob= Probabilidad, diferencia significativa de la grasa entre turno de ordeño y presencia mastitis.

Etapa= Etapa de la lactancia (1= inicial, 2= intermedia, 3= final).

Aunado a esto, otro aspecto a destacar, es que el porcentaje de grasa es mayor en la primera etapa, esto además de ser afectado por el inicio de lactancia, está relacionado con el mayor consumo de materiales fibrosos y forrajes en época seca, dando como consecuencia mayor contenido de éste componente (Martínez *et al.* 2015).

Corbellini (2002) señala que hay reducción de 10% de la grasa láctea en leche con mastitis, comparando los resultados de la Tabla XV, se presenta reducción mayor en las diferentes etapas de la lactancia: primera de 23.08 %, segunda de 30.72 % y tercera de 30 %; ello por efecto de mastitis subclínica. En un trabajo realizado por Calderón *et al.* (2011) con ganado doble propósito, para verificar el rendimiento de la leche, encontraron reducción de grasa en leche de 3.64 % en leche sin mastitis subclínica a 3.07 % en leche mastítica; sin embargo, dichos valores están aun dentro de los parámetros establecidos para el procesamiento de la leche.

#### 6.4.6 Sólidos no grasos (SNG)

Tabla XVI. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre los sólidos no grasos ( $\bar{X} \pm EE$ ) por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito.

Etapa	TURNO DE ORDEÑO			MASTITIS SUBCLÍNICA		
	MATUTINO	VESPERTINO	Prob.	SI	NO	Prob.
1	8.90±0.02 <sup>a</sup>	9.05±0.02 <sup>a</sup>	0.0001	8.43±0.04 <sup>a</sup>	9.11±0.02 <sup>a</sup>	0.0001
2	8.50±0.02 <sup>b</sup>	8.55±0.02 <sup>b</sup>	0.0267	8.25±0.03 <sup>b</sup>	8.70±0.02 <sup>b</sup>	0.0001
3	8.50±0.03 <sup>b</sup>	8.40±0.03 <sup>c</sup>	0.0732	8.06±0.03 <sup>c</sup>	8.74±0.03 <sup>b</sup>	0.0001
General	8.70±0.02	8.70±0.02		8.25±0.10	8.85±0.02	

<sup>a, b, c</sup>= Promedios en columna con diferente literal difieren estadísticamente (P<0.05).

Prob= Probabilidad, diferencia significativa de los sólidos no grasos entre turno de ordeño y presencia mastitis.

Etapa= Etapa de la lactancia (1= inicial, 2= intermedia, 3= final).

Según Gonzales *et al.* (2010), el porcentaje de SNG de diferentes razas bovinas se encuentra entre 8.86 a 9.40, en cuanto a los resultados del presente estudio, no existen diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre la segunda y tercer etapa en el turno matutino, al igual que entre turnos, en el último tercio de la lactancia. A comparación del turno vespertino que muestra diferencia estadística ( $P<0.05$ ) entre etapas con tendencia a la disminución (Tabla XVI). Sin embargo, solo hay un aumento de 1.66 % en el turno vespertino de la primer etapa con respecto al turno de la mañana. En relación al promedio es similar a lo que obtuvieron Cervantes *et al.* (2014).

Hay similitud en el descenso de los sólidos no grasos, en comparación con los resultados obtenidos por Rodríguez *et al.* (2015), en vacas raza Holstein y Normando, este comportamiento es constante y está relacionado con la lactosa y la proteína de la leche.

Con respecto al efecto de la mastitis subclínica, en el componente sólidos no grasos, existen diferencias estadísticas significativas ( $P<0.05$ ), reduciendo 7.46 % en la primera etapa, 5.17 % en la segunda y 7.78 % en la tercera (Tabla XVI).

#### **6.4.7 Densidad**

Se obtuvo un promedio general de 30.47 en la densidad de la leche del turno matutino, a diferencia de 30.69 en el turno vespertino. Mostrando diferencia estadística significativa ( $P<0.05$ ) en las dos primeras etapas de la lactancia con respecto al turno de ordeño, de igual forma, entre etapas correspondiente al turno vespertino. No mostró

diferencia estadística ( $P>0.05$ ) entre turnos de la tercera etapa y segunda etapa, similar a lo ocurrido al turno matutino de la tercera etapa.

Tabla XVII. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre la densidad ( $\bar{X}\pm EE$ ) por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito.

Etapa	TURNO DE ORDEÑO			MASTITIS SUBCLÍNICA		
	MATUTINO	VESPERTINO	Prob.	SI	NO	Prob.
1	31.45 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	31.96 $\pm$ 0.91 <sup>a</sup>	0.0001	29.80 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	32.16 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	0.0001
2	29.97 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	30.19 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	0.0399	29.11 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	30.70 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.0001
3	29.95 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	29.82 $\pm$ 0.10 <sup>c</sup>	0.4025	28.50 $\pm$ 0.10 <sup>c</sup>	30.98 $\pm$ 0.07 <sup>c</sup>	0.0001
General	30.47 $\pm$ 0.05	30.69 $\pm$ 0.06		29.14 $\pm$ 0.11	31.28 $\pm$ 0.06	

<sup>a, b, c</sup>=Promedios en columna con diferente literal difieren estadísticamente ( $P<0.05$ ).

Prob= Probabilidad, diferencia significativa de la densidad entre turno de ordeño y presencia mastitis.

Etapa= Etapa de la lactancia (1= inicial, 2= intermedia, 3= final).

Hubo disminución de la densidad láctea en vacas que presentaron mastitis subclínica (Tabla XVII), siendo ésta de 7.34 %, 5.18 % y 8.00 %, respectivamente, en las diferentes etapas de la lactancia. Disminuyó la concentración de compuestos químicos y físicos en comparación a la leche de vacas sin mastitis, mostrando diferencias significativas ( $P<0.05$ ) en la densidad al igual a lo reportado por Calderón *et al.* (2014).

#### 6.4.8 Proteína

Al no encontrar diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) en el porcentaje de proteína de la leche, se puede considerar que ésta no se ve afectada por la frecuencia de ordeño en las últimas dos etapas de la lactancia: aunque, éste componente se mantiene constante con mínimas variaciones en la primer y última etapa (Pérez & Pérez 1984). No obstante,



se obtuvieron diferencias estadísticas entre turno de la primera etapa, así como entre las etapas del turno vespertino de ordeño, siendo de 5.3 % de la primera etapa a la segunda (Tabla XVIII).

Con respecto al promedio, la diferencia obtenida en el presente estudio, es mínima comparada a lo obtenido por Hart *et al.* (2013); 3.30 % de proteína en vacas multíparas por efecto de doble ordeño; sin embargo, difiere con Tamami *et al.* (2018), quienes reportan aumento en la concentración de la proteína conforme avanza la lactancia.

De igual forma existe una disminución porcentual de la proteína láctea en la primera etapa de 6.43 %, en la segunda etapa 5.2 % y en la tercer etapa de 8.18 %, que se ve afectada por mastitis subclínica en comparación a la proteína de leche proveniente de vacas sanas, con diferencias significativas ( $P>0.05$ ), tal como se muestra en la Tabla XVIII. La disminución de proteína en leche, existente por efecto de la mastitis subclínica no es constante, debido a que la mastitis subclínica reduce caseína pero aumenta albumina y globulina (Calderón *et al.* 2011; Aranguren *et al.* 2009).

Tabla XVIII. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre la proteína ( $\bar{X} \pm EE$ ) de la leche por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito.

Etapa	TURNO DE ORDEÑO			MASTITIS SUBCLÍNICA		
	MATUTINO	VESPERTINO	Prob.	SI	NO	Prob.
1	3.35±0.009 <sup>a</sup>	3.40±0.009 <sup>a</sup>	0.0001	3.20±0.01 <sup>a</sup>	3.42±0.006 <sup>a</sup>	0.0001
2	3.20±0.008 <sup>b</sup>	3.22±0.008 <sup>b</sup>	0.0674	3.10±0.01 <sup>b</sup>	3.27±0.005 <sup>b</sup>	0.0001
3	3.19±0.01 <sup>b</sup>	3.18±0.01 <sup>c</sup>	0.3709	3.03±0.01 <sup>c</sup>	3.30±0.008 <sup>c</sup>	0.0001
General	3.25±0.005	3.27±0.006		3.11±0.01	3.34±0.006	

<sup>a, b, c</sup>= Promedios en columna con diferente literal difieren estadísticamente ( $P<0.05$ ).

Prob= Probabilidad, diferencia significativa de la proteína entre turno de ordeño y presencia mastitis.

Etapa= Etapa de la lactancia (1= inicial, 2= intermedia, 3= final).

### 6.4.9 Lactosa

Tabla XIX. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre la lactosa ( $\bar{X} \pm EE$ ) de la leche por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito.

Etapa	TURNO DE ORDEÑO			MASTITIS SUBCLÍNICA		
	MATUTINO	VESPERTINO	Prob.	SI	NO	Prob.
1	4.71 $\pm$ 0.013 <sup>a</sup>	4.80 $\pm$ 0.013 <sup>a</sup>	0.0001	4.50 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	4.82 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.0001
2	4.49 $\pm$ 0.012 <sup>b</sup>	4.65 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>	0.1884	4.51 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup>	4.60 $\pm$ 0.009 <sup>b</sup>	0.5293
3	4.49 $\pm$ 0.015 <sup>b</sup>	4.54 $\pm$ 0.07 <sup>c</sup>	0.5092	4.30 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	4.70 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>	0.0001
General	4.57 $\pm$ 0.008	4.66 $\pm$ 0.05		4.44 $\pm$ 0.08	4.70 $\pm$ 0.03	

a, b, c= Promedios en columna con diferente literal difieren estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Prob= Probabilidad, diferencia significativa de la lactosa entre turno de ordeño y presencia mastitis.

Etapa= Etapa de la lactancia (1= inicial, 2= intermedia, 3= final).

La lactosa es el carbohidrato de la leche (Tabla XIX), habiendo de este componente una reducción en el turno vespertino de 3.12 % de la primera etapa a la segunda etapa de lactancia y de 2.37 % de la segunda al tercer tercio de la lactancia, con diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ); siendo menor a 4.70 % promedio en vacas de cruce Cebú con Holstein en el Trópico de México (Cervantes *et al.* 2014). Sin embargo, no muestra diferencias significativas entre turnos en la segunda y tercer etapa, similar a lo obtenido por Einsenberg *et al.* (2016), donde la lactosa no fue diferente entre la leche de la mañana y leche de la tarde. Rodríguez *et al.* (2015) indicaron que el patrón racial determina la variación de la lactosa en cada uno de los periodos de la lactancia, al evaluar vacas de raza Holstein y Normando.

Respecto al efecto de la mastitis en el porcentaje de lactosa de la leche bovina, solo existieron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) en la primer etapa 6.64 % y en la tercer etapa 8.51%, en contraste con los resultados en búfalas, donde la lactosa no presentó

diferencias significativas entre los ciclos de lactancia (Arteaga *et al.* 2017), la relación con respecto a niveles altos de células somáticas; según Hailey & Pryce (2017), la lactosa se reduce por el hecho de que es interrumpida su función como determinante de la velocidad de secreción de agua.

#### 6.4.10 Sólidos más sales

En la leche, algunos componentes salinos se encuentran en diferentes estados de solubilización, y de unión a otros componentes estando en equilibrio dinámico (Schlimme & Buchheim 2002). La Tabla XX muestra que existe mayor concentración de sólidos más sales en el turno vespertino; en la primera etapa 12.33 %, en la segunda etapa de 10.67 % y en la tercera etapa de 8.8 %. No obstante existe una reducción conforme avanzan los días en la lactancia, siendo significativa la diferencia en el turno vespertino con 10.75 % de la primer etapa a la segunda y de 4.07 % de la segunda a la tercer etapa de la lactancia.

Tabla XX. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre los sólidos sales ( $\bar{X} \pm EE$ ) de la leche por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito.

Etapa	TURNO DE ORDEÑO			MASTITIS SUBCLÍNICA		
	MATUTINO	VESPERTINO	Prob.	SI	NO	Prob.
1	12.80 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	14.60 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	0.0001	12.24 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup>	14.04 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	0.0001
2	11.64 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	13.03 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.0001	11.24 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	13.02 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	0.0001
3	11.40 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	12.50 $\pm$ 0.08 <sup>c</sup>	0.0001	10.82 $\pm$ 0.09 <sup>c</sup>	12.80 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	0.0001
General	11.96 $\pm$ 0.05	11.95 $\pm$ 0.05		11.43 $\pm$ 0.35	13.28 $\pm$ 0.06	

<sup>a, b, c</sup>= Promedios en columna con distinta literal difieren estadísticamente (P<0.05).

Prob= Probabilidad, diferencia significativa de los sólidos sales entre turno de ordeño y presencia mastitis.

Etapa= Etapa de la lactancia (1= inicial, 2= intermedia, 3= final).

Se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) en la concentración de sales de la leche proveniente cuartos mamarios infectados con respecto a los sanos, de 12.82 %, 13.67 % y 15.47 %, respectivamente, en cada una de las etapas de la lactancia; no obstante, es mayor la disminución de sales en la tercer etapa, al incrementarse los casos de mastitis subclínica.

#### 6.4.11 Sólidos totales

El comportamiento de los sólidos totales, indica mayor concentración de componentes en la leche producida en el turno de la tarde de 12.48 %, 10.60 % y 8.8 % en cada una de las etapas de la lactancia respectivamente. Y va disminuyendo de forma gradual conforme avanza el número de días en lactancia (Tabla XXI). Respecto al promedio, en ambos turnos de ordeño, es mayor a 3.0 % de sólidos totales obtenidos en raza Holstein y menor a 3.83% de raza Cebú en condiciones del trópico (Ponce 2009).

Tabla XXI. Efecto del turno de ordeño y mastitis subclínica sobre los sólidos totales ( $\bar{X}\pm EE$ ) de la leche por etapa de la lactancia en ganado bovino doble propósito.

Et	TURNO DE ORDEÑO			MASTITIS SUBCLÍNICA		
	MATUTINO	VESPERTINO	Prob.	SI	NO	Prob.
1	12.77 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	14.59 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	0.0001	12.20 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup>	14.04 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	0.0001
2	11.64 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	13.02 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	0.0001	11.24 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	13.01 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	0.0001
3	11.40 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	12.50 $\pm$ 0.08 <sup>c</sup>	0.0001	10.80 $\pm$ 0.09 <sup>c</sup>	12.80 $\pm$ 0.70 <sup>b</sup>	0.0001
General	13.40 $\pm$ 0.05	13.40 $\pm$ 0.05		11.41 $\pm$ 0.12	13.28 $\pm$ 0.28	

<sup>a, b, c</sup>= Promedios en columna con diferente literal difieren estadísticamente ( $P<0.05$ ).

Prob= Probabilidad, diferencia significativa de los sólidos totales entre turno de ordeño y presencia mastitis.

Etapas= Etapa de la lactancia (1= inicial, 2= intermedia, 3= final).

El porcentaje de disminución de sólidos totales en la primer etapa fue de 13.11 %, y fue aumentado conforme avanzó el periodo de lactancia, 13.61 % en la segunda y 15.63 % en la tercer etapa. Esto difiere a lo evaluado en leche de búfala por Arteaga *et al.* (2017), quienes refieren que por efecto de la lactancia existe una disminución del volumen producido, y por ende, un aumento en lo sólidos de la leche.

#### **6.4.12 Correlación de los componentes y las propiedades físicas de la leche bovina**

Los componentes de la leche y sus propiedades fisicoquímicas tienen una estrecha relación; sin embargo, hay algunas correlaciones entre componentes más estables. No obstante, la composición de la leche también puede influir en la susceptibilidad a las afecciones mamarias (Einserberg *et al.* 2016).

En cuanto a la correlación entre las variables evaluadas, con respecto al efecto de mastitis subclínica (Tabla XXII), se observa que la proteína y la densidad tienen relación significativa ( $P < 0.05$ ) con todos los componentes de la leche; sin embargo, no están correlacionadas con la variable producción. De la misma forma, grasa, lactosa, sólidos sáles y sólidos totales, no tienen relación significativa ( $P > 0.05$ ) con producción y pH, pero si con las demás variables. A diferencia de los sólidos no grasos que no tienen relación significativa con pH y lactosa.

Toffani *et al.* (2015), registraron correlaciones significativas ( $P < 0.05$ ) entre acidez titulable con grasa, proteína y pH; similar a los resultados de la presente investigación. De igual forma, Jurado *et al.* (2019) establecen correlación entre producción con proteína y sólidos no grasos.

La nula correlación entre lactosa y pH difiere a lo obtenido por Ostan *et al.* (2015), quienes reportan que existe una correlación positiva, posiblemente por la poca variación de la lactosa durante la lactancia, por efecto de la mastitis subclínica; sin embargo, se tuvo una correlación positiva entre sólidos totales y lactosa, grasa y proteína, teniendo en cuenta que son conformadores de los mismos (Saborio 2011). En comparación, Cinar *et al.* (2015) reportan correlación negativa entre sólidos totales y lactosa.

Otro aspecto a resaltar es la correlación negativa significativa ( $P < 0.05$ ) entre pH y acidez titulable, a pesar que ambas medidas no están estrictamente asociadas, en caso de elevado recuento de bacterias, ocurre lo contrario (Negri 2005).

Tabla XXII. Correlación de los componentes y propiedades físicas de la leche con respecto al efecto de la mastitis subclínica en vacas de doble propósito.

	PR	pH	AT	G	SNG	D	PT	L	SOS	ST
PR	1.00	-0.02 <sup>NS</sup>	0.09*	0.04 <sup>NS</sup>	0.03 <sup>NS</sup>	0.03 <sup>NS</sup>	0.03 <sup>NS</sup>	-0.02 <sup>NS</sup>	0.04 <sup>NS</sup>	0.03 <sup>NS</sup>
pH		1.00	-0.22*	0.03 <sup>NS</sup>	-0.21*	-0.20*	-0.21*	0.01 <sup>NS</sup>	-0.04 <sup>NS</sup>	-0.04 <sup>NS</sup>
AT			1.00	0.06*	0.54*	0.53*	0.54*	0.09*	0.22*	0.21*
G				1.00	0.58*	0.58*	0.58*	0.05 <sup>NS</sup>	0.96*	0.95*
SNG					1.00	0.99*	0.99*	0.10*	0.76*	0.76*
D						1.00	0.99*	0.10*	0.76*	0.76*
PT							1.00	0.10*	0.76*	0.76*
L								1.00	0.07*	0.07*
SOS									1.00	0.98*
ST										1.00

PR= Producción, pH=potencial de hidrogeno, AT=Acidez titulable, G= grasa, SNG=Sólidos no grasos, D= Densidad, PT= Proteína, L= Lactosa, SOS=Sólidos sales, ST=Sólidos totales.

\*Correlación significativa ( $P < 0.05$ ); NS Correlación No significativa ( $P > 0.05$ ).

## 6.5 Antibiograma

El antibiograma realizado muestra la sensibilidad de las cepas microbianas (Tabla XXIII) con diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la comparación del efecto de tratamientos alternativos con el antibiótico comercial; en donde las cepas mostraron mayor diámetro de inhibición, indicando sensibilidad a la oxitetraciclina, similar a los resultados obtenidos por Ruiz *et al.* (2012) en donde los aislamientos de *Staphylococcus aureus* mostraron sensibilidad superior al 80 % a los antibióticos empleados (gentamicina, tetraciclina, ciprofloxacina).

El diámetro de inhibición de la miel al 50 %, fue de 2.1 cm (Tabla XXIII), menor a 2.5 cm con una concentración al 100 % de miel, en medios de *Staphylococcus aureus* (Vayas 2017), atribuyendo los resultados, a las propiedades de los componentes de la miel; tales como: los alcaloides, terpenos, compuestos de agrupamiento láctico, azúcares reductores y saponinas.

Respecto al aceite de Neem se obtuvo un halo de inhibición de 0.94 cm, comparado a los resultados publicados por Graterol *et al.* (2018) quienes empleando aceite de Neem en diferentes porcentajes, no encontraron diferencias significativas en el efecto antimicrobiano al compararlo con una solución yodada.

El tratamiento con ajo no presentó respuesta alguna, estos resultados difieren a los publicados por Arteaga *et al.* (2015) y Moscoso (2011) quienes señalan eficientes efectos bactericidas del ajo en leche. De la misma forma, *C. Citrus*, *T. Minutos* y *Elionorus* sp. demostraron su efecto contra las bacterias relacionadas con la mastitis (Lambrecht *et*



a/ 2013), es por ello que identificar las interacciones de los microorganismos, permite dirigir nuevas alternativas preventivas o curativas.

Tabla XXIII. Efecto del ajo, extracto de neem y miel en cultivos de microorganismos causales de la mastitis subclínica en ganado bovino doble propósito.

Tratamiento	Media $\pm$ Error estándar	Coefficiente de variación
Ajo	0 $\pm$ 0 <sup>d</sup>	0
Extracto de Neem	0.94 $\pm$ .17 <sup>c</sup>	71.29
Miel	2.1 $\pm$ .33 <sup>b</sup>	61.16
Antibiótico	3.55 $\pm$ .08 <sup>a</sup>	9.2

a, b, c, d = Medias en columna con distinta literal difieren significativamente (P<0.05)

## 7. CONCLUSIONES

De acuerdo a la incidencia de mastitis subclínica encontrada en el sistema de doble ordeño mecánico en vacas de doble propósito, existe mayor prevalencia en las últimas etapas de la lactancia.

Las pruebas presuntivas para identificación bacteriana señalan prevalencia alta de microorganismos de origen entérico, sin embargo, los resultados obtenidos en las pruebas bioquímicas en medio de cultivo Sal manitol, destaca a *Staphylococcus aureus* como el principal patógeno causante de mastitis subclínica.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos, señalan que la producción, grasa, sólidos más sales y sólidos totales tienden a disminuir conforme avanza el periodo de lactancia, en contraste, con respecto al turno de ordeño la producción, disminuyen grasa, sólidos más sales y sólidos totales se incrementan por concentración.

Al no encontrarse correlación entre la prevalencia de mastitis subclínica durante las etapas de lactancia y el porcentaje de leche positiva al alcohol, se concluye que no hay efecto directo de la mastitis sobre la termoestabilidad de la leche. Sin embargo, la mastitis subclínica tiene efecto negativo en diversas variables, con alto porcentaje de disminución en grasa, proteína, lactosa y sólidos totales, no obstante, el pH muestra variación aun dentro de los parámetros establecidos, de igual forma ocurre con la acidez titulable; sin embargo, con menores valores en este último, ocasionando deficiente calidad composicional de la leche de ganado de doble propósito,

Con respecto al antibiograma realizado, las cepas microbianas mostraron mayor sensibilidad al antibiótico comercial, seguido de la miel y posteriormente el extracto de neem.

La calidad fisicoquímica y microbiológica de la leche del ganado de doble propósito en doble ordeño mecánico es deficiente, asociando estos resultados a prácticas de ordeños inadecuadas y deficientes prácticas de higiene en el ordeño.

## **8. RECOMENDACIONES**

Se sugiere la realización de investigaciones en el ganado bovino doble propósito de la Costa de Oaxaca, con el fin de obtener parámetros de la situación en la que se encuentran los sistemas productivos en temas de sanidad y manejo; para poder así, promover el bienestar y sanidad animal, así como coadyuvar a la mejora de la producción, la calidad de los productos pecuarios y principalmente en la inocuidad alimentaria.

Por los resultados obtenidos, se sugiere a productores de ganado doble propósito, el implemento de buenas prácticas pecuarias en: higiene y manejo en el ordeño; además de la realización periódica de diagnósticos de enfermedades en el hato, para poder así prevenir pérdidas en los sistemas productivos.

## 9. REFERENCIAS

- Acosta M. A., H. J. Mira & A. S. Posada. 2017. Tópicos en mastitis bovina: desde la etiología hasta algunas terapias alternativas. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*. 6 (1): 42-58.
- Agudelo G. D. A. & M. O. Bedoya. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de investigación*. 2 (1): 38-42.
- Aguilar A. A., P. J. Bañuelos, B. E. Pimienta, F. A. Aguilar & M. P. Torres. 2014. Prevalencia de mastitis subclínica en la región Ciénega del estado de Jalisco. *Abanico Veterinario*. 4 (1): 24-31.
- Albino R. L., J. L. Taraba, M. I. Marcondes, E. A. Ecklekamp & J. M. Bewley. 2017. Comparison of bacterial populations in bedding material, on teat ends, and milk of cows housed in compost bedded pack barns. *Animal Production Science*. 1-7.
- Alfonso D., J. Zanette, K. Ruiz, J. Peña, Y. Gonzales & M. Reinoso. 2017. Situación de la mastitis subclínica y evaluación de los procesos lecheros en vaquerías de la provincia Villa Clara, Cuba. *Revista Salud Animal*. 39 (3): 1-9.
- Alfonso I. D. 2008. Evaluación epizootiológica de la mastitis bovina en cuatro vaquerías. *Revista electrónica veterinaria*. 9 (7): 1-9.
- Álvarez M. L. & J. I. Antín. 2017 Curvas de lactancia e incidencia de mastitis subclínica en un tambo ubicado en el departamento capital de La Pampa. *Semiárida Revista de la facultad de Agronomía*. 27(1): 45-57.
- Álvarez I. M. & F. R. Ávila. 2016. Determinación de mastitis subclínica en Cabras lecheras estabuladas. *Jóvenes en la ciencia*. 4 (1). 53-56.
- Andrade R., Z. Caro & J. L. Porras. 2016. Efecto de la frecuencia de ordeño en la producción y comportamiento de vacas lecheras en la lactancia. *Revista Científica Universidad del Zulia Venezuela*. 26 (1): 33-40.
- Aranguren P. A. J., O. A. A. López, C. A. Mendoza & N. Delgado. 2009. Efecto de la mastitis clínica y subclínica sobre la concentración plasmática de metabolitos, proteínas totales y albumina en hembras bovinas. *Zootecnia Tropical*. 27 (1): 57-63.
- Arteaga F., E. Hurtado & H. Dueñas. 2016. Extractos de *Allium sativum* y *Organum vulgare* como reductores de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, causales de mastitis subclínica. *Revista Unellez de Ciencia y tecnología*. 34: 20-24.

- Arteaga M. R., I. L. Soto, J. A. Soto, L. M. Teherán & G. I. Vélez. 2017. Evaluación fisicoquímica de la leche de Búfala producida en el departamento de Córdoba. *Revista Ingeniería e Innovación*. 5 (2): 1-11.
- Ávila T. S., C. A. J. Gutiérrez, G. J. I. Sánchez & J. E. Canizal 2002. Comparación del estado de salud de la ubre y calidad sanitaria de la leche de vacas ordeñadas manual o mecánicamente. *Revista Veterinaria México*. 33 (4): 388-394.
- Aytekin I., E. Eydurán & I. Keskin. 2018. Detecting the relationship of california mastitis test (CMT) with electrical conductivity, composition and quality of the milk in Holstein-Friesian and Brown Swiss cattle breeds using cart analysis. *Fresenius Environmental Bulletin*. 27 (6): 4559-4565.
- Bautista G. U., J. J. Valdez, C. Tejeda, C. E. Ibarra, P. Mendoza, B. Ruiz. M. A. Oliva, L. Yamasaki. 2015. Resistencia a antibióticos en especies de *Staphylococcus* spp., en mastitis subclínica bovina. *Reproducción animal. Temas selectos sobre biotecnología de la reproducción animal. Divulgacion Universitaria*. 159 pp.
- Bautista M. Y., H. J.G. Herrera, G. J. A. Espinosa, C.F. E. Martínez, H. H. Vaquera, G. J. R. Barcena & A. Morales. 2017. Relación entre las prácticas tecnológicas de manejo, la producción y su asociación con las épocas del año en el sistema de doble propósito del trópico mexicano. *Nova Scientia*. 9 (19): 154-170.
- Bedolla C. C. 2007. Métodos de detección de la mastitis bovina. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 8 (9): 1-17.
- Bernal M. R. & M.U. Guzmán. 1984. El antibiograma de disco. Normalización de la técnica de Kirby Bauer. *BIOMEDIC*. 4 (3): 112-121.
- Bobbo T., P.L. Ruegg, G. Stocco, E. Fiore, M. Ganesella, M. Morgante, D. Pasotto, G. Bittante, & A. Cecchinato. 2017. Associations between pathogen-specific cases of subclinical mastitis and milk yield, quiality, protein composition, and cheese-making traits in dairy cows. *Journal Dairy Science*. 100: 4868-4883.
- Bogni C., L. Oiderno, C. Raspanti, J. Giraundo, A. Larriestra, E. Reinoso, M. Lasagno, M. Ferrari, E. Ducros, C. Frigerio, S. Bettera, M. Pellegrino, I. Frola, S. Dieser & C. Vissio. 2011. War against mastitis: Current concepts on controlling bovine mastitis pathogens. *Sciencie against microbial pathogens: communicating current research and technological advances*. 483-494.
- Bonifaz N. & F. Conlago 2016. Prevalencia e incidencia de mastitis bovina mediante la prueba de California Mastitis Test con identificación del agente etiológico, en Paquiestancia, Ecuador. *La granja: Revista de Ciencias de la Vida*. 24 (2): 43-52.
- Bonilla S. M. & Pajares M. S. 2016. Manual de prácticas de Microbiología básica. Material didáctico. División de Ciencias Naturales e Ingeniería.UAM. Cuajimalpa: 91 pp.

- Cahue O. A. G., F. R. Meléndez & M. J. M. Fomperosa. 2017. Un acercamiento a los factores de competitividad de la industria láctea. Memoria del XI Congreso de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad. México. 11 (1). 971-985.
- Calderón A. & V. C. Rodríguez. 2008. Prevalencia de mastitis bovina y su etiología infecciosa en sistemas especializados en producción de leche en el antiplano cundiboyacense (Colombia). Revista Colombiana Ciencias Pecuarias. 21: 582-589.
- Calderón R. A., M. M. Arteaga, R. V. Rodríguez, B. G. Arrieta & G. O. Vergara. 2014. Effect of subclinical mastitis on the physicochemical quality of bovine milk. 24 (5): 408-413.
- Calderón A., R. M. Arteaga, C. V Rodríguez., G.J. Arrieta, D. C. Bermúdez & P. V. Villareal. 2011. Efecto de la mastitis subclínica sobre el rendimiento en la fabricación del queso costeño. Biosalud. 10 (2): 16-27.
- Calderón C. R., R. R. C. Calderón, U. A. Ríos, B. M. Montaña, L. J. Lagunes & M. V. E. Vega 2016. Análisis productivo y reproductivo de vacas *Bos Taurus* x *Bos indicus* de Doble propósito en clima subtropical húmedo. Revista Científica, FVC-LUZ. 25 (4): 239-245.
- Canales H. M. E. & R. A. X. Perla 2017. Evaluación in vitro de la multirresistencia antimicrobiana de bacterias causantes de mastitis subclínica y mastitis clínica identificadas en vacas en ordeño manual en tres ganaderías del Municipio de Agua Caliente, Chalatenango. Tesis de licenciatura. Universidad del Salvador.
- Cámara Nacional de industriales de la leche. 2017. Estadísticas. Consultado el 20 de Noviembre del 2017. Disponible en línea en: <http://www.canilec.org.mx/estadisticas-consumo.html>
- Carpio E. A. C. 2018. Evaluación del efecto de tres concentraciones de miel de abeja en el tratamiento de mastitis subclínica bovina. Tesis Licenciatura. Universidad central de Ecuador.
- Castillo M., J. Suniaga, G. Rojas, J. Hernández, J. Camaño, A. Urbina & L. Tovar. 2009. Evaluación de prevalencia de mastitis subclínica en la zona alta del Estado de Merida. Agricultura andina. 16: 39-48.
- Cervantes E. F., V. A. Cesin & O. I. Mamani. 2013. La calidad estándar de la leche en el estado de Hidalgo, México. Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria. 4 (1): 75-86.
- Cervantes A. P., B. A. Hernández & M. B. Domínguez 2014. Características de la leche, variabilidad en los genotipos del trópico mexicano. Bovinos. Pecuário, la revista del productor. VERACRUZ. 3: 2-9.

- Cervantes A. P., B. A. Hernández, P. F. Montiel & M. B. Domínguez 2014. Variaciones en la producción y composición láctea en vacas de lechería tropical, en el estado de Veracruz, México. 13er Congreso Panamericano de la Leche. Querétaro, México.
- Cervantes P., S. Portela, A. Hernández, B. Domínguez, B. F. Gómez, C. J.A.S. Villagómez, & M. Barrientos. 2017. Aislamiento de patógenos causantes de mastitis subclínica en vacas del trópico húmedo en Veracruz, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*. 10: 103-109.
- Cervantes Z. Y., S. L. O. Cornejo, R. M. Lucero, J. M. R. Espinoza, E. V. Miranda & A. V. Pineda. 1990. Clasificación de Regiones Naturales de México, escala 1: 400000. En: *Clasificación de Regiones Naturales de México 2. Tomo II, Sección IV*, 10.2. Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Cinar M., U. Serbester, A. Ceyhan & M. Gorgulu. 2015. Effect of Somatic Cell Count on milk yield and composition on first and second lactation dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*. 14 (1): 3446.
- Cisneros S. P., P. Fajersson, R. E. Marín & C. A. Miguel. 2009. Potencial de conversión de la ganadería bovina convencional a sistema orgánico en la Costa de Oaxaca. *Agricultura Sostenible*. 5: 769-776.
- Cogollo C. Y., R. V. Rodríguez & R. A. Calderón. 2016. Evidencias moleculares de patógenos asociados a leches crudas en empresas ganaderas doble propósito en Córdoba Colombia. *Agronomía Colombiana*. 34 (1):1434-1436.
- Condori H. A. A. 2017. Prevalencia y factores de riesgos de mastitis subclínica en vacunos Brown Swiss del Distrito de Umachiri-Melgar. Puno Perú. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional del Antiplano.
- Contreras G. A. 2009. Alternativas en el manejo de la mastitis en novillas. Revisión de literatura. *Rev. MVZ Córdoba*. 14 (1): 1642-1653.
- Corbellini C. N. 2002. La mastitis bovina y su impacto sobre la calidad de la leche. Medellín: *Memorias III Seminario Internacional sobre competitividad en carne y leche*. COLANTA: 912-920.
- Cotrino. V. 2009. Estrategias de diagnóstico, control y prevención. *Revista Médica Veterinaria y Zootecnia*. 56: 327-331.
- Cuevas R. V., M. A. Loaiza, G. J. A. Espinoza, I. A. Vélez & F. M. D. Montoya. 2016. Tipología de las explotaciones ganaderas de bovinos doble propósito en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de ciencias pecuarias*. 7 (1): 69-83.



- Cuevas R. V., M. A. Loaiza, C. H. Astengo, G. T. Moreno, B. M. Borja, J. J. E. Reyes & G. D. González 2018. Análisis de la función de producción de leche en el sistema de bovinos doble propósito en Ahome, Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 9 (2): 376-386.
- De Haas Y., H. W. Barkema & R. F. Veerkamp 2002. The Effect of Pathogen-Specific Clinical Mastitis on the Lactation Curve for Somatic Cell Count. *Journal Dairy Science*. 85: 1314-1323.
- Del Castillo P. E. 2011. El trópico mexicano. Una potencia productiva. AAPAUNAM. Academia, Ciencia y Cultura. 3 (2): 117-118.
- Durán M. E., M. A. Ruiz & V. V. Sánchez 2018. Competitividad de la ganadería de doble propósito en la Costa de Oaxaca, México. Octava Época. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 22 (43): 77-88.
- Einsenberg. S. W. F., E. M. Boerhout, L. Ravesloot, A.J. J. M. Daemen, L. Benedictus, V. P. M: G. Rutten & A. P. Koets. 2016. Diurnal differences in milk composition and its influence on in vitro growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in bovine quarter milk. *Journal of Dairy Science*. 99 (7): 5690-5700.
- Estrada L. I. J. S. Esparza, P. B. Albarrán, A. G. Yong, A. A. A. Rayas & M. A. García. 2018. Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México. *CIENCIA ergo-sum*. Revista científica multidisciplinaria de prospectiva. 25 (3): 1-13.
- Fagnani R., J. P. A. Araújo & B. G. Botaro. 2017. Field findings about milk ethanol stability: a first report of interrelationship between  $\alpha$ -lactalbumin and lactose. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98 (7):2787-2792.
- Fernández B. O. F., G. J. E. Trujillo, C. J. J. Peña, G. J. Cerquera & S. Y. T. Granja 2012. Mastitis bovina: generalidades y métodos de diagnóstico. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 13 (11): 1-11.
- Flores F. A., C. P. Ortuño, E. I. R. Castañeda, E. B. Chávez & A. M. C. G. Flores. 2018. Resistencia a antibióticos de cepas toxígenicas de *Staphylococcus aureus* aislados en leche de vacas mastíticas, de la Comarca Lagunera. XXXV Reunión Nacional de Microbiología, Higiene y Toxicología de los Alimentos. XX Congreso Internacional de Inocuidad de Alimentos. Nuevo Vallarta, Nayarit.
- Florio L. P. J., M. Pineda, M. Polanco, J. Mendoza, N. Díaz & L. G. Florio. 2015. Estrategias de prevención y control de Mastitis como apoyo para preservar un rebaño bovino en Los Llanos Centrales, Venezuela. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*. 6: 598-616.

- Gabbi A. M., C. M. McManus, A. V. Silva, L.T. Marques, M.B. Zanela, M. P. Stumpf & V.Fischer. 2013. Typology and physical-chemical characterization of bovine milk produced with different productions strategies. *Agricultural Systems*. 122: 130-134.
- García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 6: 99.
- Gavira B. C. 2007. Calidad higiénica y sanitaria de la leche cruda. Fondo Editorial Biogénesis. Universidad de Antioquia. Consultado el 30 de Agosto del 2018: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/biogenesis/article/view/328079/20785048>
- Gonçalves J. L., C. Kamphuis, C. M. M. R. Martins, J. R. Barreiro, T. Tomazi, A. H. Gameiro, H. Hogeveen & M. V. Dos Santos. 2018. Bovine subclinical mastitis reduces milk yield and economic return. *Livestock Science* 210: 25-3.
- Gomes F & M. Henriques. 2016. Control of bovine mastitis: Old and recent therapeutic approaches. *Current Microbiology*. 72 (4): 377-382.
- González C. G. R., S. B. Molina & V. R. Coca 2010. Calidad de la leche cruda. Primer Foro sobre Ganadería Lechera de la Zona Alta de Veracruz. Consultado el 20 de Febrero del 2018: [https://www.uv.mx/apps/agronomia/foro\\_lechero/Bienvenida\\_files/CALIDADDELALECHECRUDA.pdf](https://www.uv.mx/apps/agronomia/foro_lechero/Bienvenida_files/CALIDADDELALECHECRUDA.pdf)
- González G. R. & F. E. Rubio 2015. Métodos y diagnósticos para la mastitis. Manejo de la mastitis bovina y programas de control. Cuadernos Científicos, GIRARZ. Ediciones astro Data S. A. Maracaibo, Venezuela: 49-58.
- Graterol C. I., A. A. L. Puertas, L. E. Martínez, M. M. Morillo, N. A. Nuviola & C. I. Miranda 2017. Uso del aceite de Neem como alternativa agroecológica en el control de mastitis subclínica en bovinos en el municipio Acosta, Estado Falcon. *Revista arbitrada. KOINONIA*. 2 (4): 180-193.
- Guimarães L. B.J., A. V. P. M. Brito, C. C. Lange, R. M. Silva, B. J. Ribeiro, C. L. Mendonça, F.M. J. Mendonça & N. G. Souza. 2017. Estimate of the economic impact of mastitis: A case study in Holstein dairy herd under tropical conditions. *Preventive Veterinary Medicine*. 142 (1): 460-501.
- Hart K. D., B. W. McBride, T. F. Duffield & T. J. DeVries 2013. Effect of milking frequency on the behavior and productivity of lactating dairy cows. *American Dairy Science Association*. 96: 6973-6985.
- Haile M. M. & J.E. Pryce. 2017. Geneti parameters for lactose and its correlation with other milk production traits and fitness traits in pasture-based production systems. *Journal of Dairy Science*. 100 (5): 3754-3766.

- Heikkilä, A. M., E. Liski, S. Pyörälä & S. Taponen. 2018. Pathogen-specific production losses in bovine mastitis. *Journal Dairy Science*. 101 (10): 9493-9504.
- Horne D. S. 2016. Ethanol Stability and Milk Composition. *Advanced Dairy Chemistry*: 225-246.
- Hupertz T., S. Grosman, P. F. Fox & A. L. Kelly 2004. Heat and ethanol stabilities of high-pressure-treated bovine milk. *Elsevier. International Dairy Journal*. 14 (2): 125-133.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2018. Catálogo de localidades. Consultado el 18 de Noviembre del 2017. Disponible en línea en: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=203340039>
- Jandal J. M. 1996. Comparative aspects of goat and sheep milk. *Animal Science Department, Tikrit University. Small Ruminant Research*. 22 (2): 177-185.
- Juárez B. J. M., D. P. Rivera, M. J. Rodríguez, S. C. E. Martínez, S. B. Hernández, R. E. Ramírez, U. J. G. Torruco & L. E. Herman. 2016. Caracterización de la leche y clasificación mediante análisis Clúster en sistemas de doble propósito. *Revista Mexicana de Ciencias pecuarias*. 7 (4): 525-537.
- Juárez B. J. M., M. J. Rodríguez, S. C. E. Martínez, S. B. Hernández, G. E. Paz., A. C. A. Gómez, R. P. Díaz & L. E. Herman 2015. Evaluación y clasificación de calidad de leches comerciales consumidas en Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 2 (6): 327-337.
- Jurado G. H., L. D. Muñoz, D. M. Quitiaquez, C. A. Fajardo & E. S. Insuasty. 2019. Evaluación de la calidad composicional, microbiológica y sanitaria de la leche cruda en el segundo tercio de lactancia en vacas lecheras. *Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 66 (1): 53-66
- Kester H. J., D. E. Sorter & J. S. Hogan. 2015. Activity and milk compositional changes following experimentally induced *Streptococcus uberis* bovine mastitis. *Journal of Dairy Science*. 98 (2): 999-1004.
- Loera J. & J. Banda. 2017. Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Revista Investigación Altoandin*. 19 (4): 419-426.
- Lien C.C., Y. N. Wan & C. H. Ting. 2016. Onlin detection of dairy cow subclinical mastitis using electrical conductivity índices of milk. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*. 9 (3); 201-207.
- Magariños H. 2000. Producción higiénica de la leche cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. Chile. Producción y servicios incorporados S. A. 2001: 93.

- Manchado S. C., V. Fischer, S. M. Tempel & C. S. Bosco. 2017. Seasonal variation, method of determination of bovine milk stability, and its relation with physical, chemical and sanitary characteristics of raw milk. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 46 (4): 340-347.
- Martínez C. J. C., C. M. Ríos, L. M. Castillo, C. J. C. Jiménez & R. J. Cotera. 2015. Sustentabilidad de agroecosistemas en regiones tropicales de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 18 (1): 113-120.
- Martínez V. A., C. A. Villoch, E. A. Ribot, N. Montes de O, A. Y.350. Riverón & C. P. Ponce. 2015. Calidad e inocuidad en la leche cruda de una cadena de producción de una provincia occidental de Cuba. *Rev. Salud Animal*.37 (2):79-85.
- Mayorga N., L. Guzman & I. Unchupaico. 2015. Evaluación de las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas de la leche producida en la estación experimental agropecuaria El Mantaro-Uncp. *Revista Científica Convicciones*. 1 (1): 85-90.
- Mellado B. M. 2012. Producción de leche en zonas templadas y tropicales. México. Trillas, Primera edición, Reimpresión: 350.
- Mendoza J, A., Y. A. Vera & L. C. Peña. 2017. Prevalencia de mastitis subclínica, microorganismos asociados y factores de riesgo identificados en hatos de la provincia de Pamplona, Norte de Santander. 64 (2): 11-24.
- Mera A. R., E. M. Muñoz, R. J. R Artieda, T. P. Ortiz., S. R. González & F. V. Vega. 2017. Mastitis bovina y repercusión en la calidad de la leche. *Revista electrónica Veterinaria*. 18 (11): 1-16.
- Mora M. G., B. Vargas, J. J. Romer & J. Camacho. 2015. Factores de riesgo para la incidencia de mastitis clínica en ganado lechero de Costa Rica. *Agro. Costarricense*. 39 (2): 1-14.
- Molina L.H., R. Gonzales, C. Brito, b. Carrillo & M. Pinto.2001.Correlation between heat stability and alcohol test of milks at a milk collection center. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 33 (2): 233-240.
- Morales C. J. W. & P. E. D. Ruiz. 2017. Efectividad del Nosodes Homeopático DH10 para el control de mastitis subclínica bovina. Managua Nicaragua. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Agraria.
- Muñoz S. J., A. L Hernández., B. E. Arrieta., D. L. M. Camacho & V. D. Hernández. 2012. Aislamiento bacteriano en bovinos de doble propósito con mastitis subclínicas, en la costa de Guerrero, México. 13 (7): 1-11.

- Naseemunnisa M., S. K. Mahmood & M. M. Silar 2017. Determination of bovine mastitis in cows by considering the different parameters like lactation, age, breed, quarters, herd, and season wise in Kurnool, A.P. IJSRSET. 3 (1): 351-355.
- Neder V. E., M. L. Signorini, A. Cuatrin, V. Giangre & L. F. Calvino. 2014. Prevalencia de bacterias patógenas de mastitis bovina en leche de tanque frío y evaluación de medios de cultivo para el recuento y la identificación de *Staphylococcus aureus*. Revista FAVE. Ciencias Veterinarias. 13 (1/2): 20-27.
- Negri L.N 2005. El pH y la acidez de la leche. Manual de referencias técnicas para el logro de leche de calidad. Segunda Edición. INTA. 155-161. Consultado el 18 de Diciembre del 2017. Disponible en: <http://www.aprocal.com.ar/wp-content/uploads/pH-y-acidez-en-leche2.pdf>.
- Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Consultado el 18 de Noviembre del 2017. Disponible en: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4692/seeco/seeco.htm>
- Oliszewski R., J.C. Cisint, & C. F. Medina. 2016. Caracterización composicional, físico-química y microbiológica de leche de vaca de la cuenca de trancas. Revista Argentina de Producción Animal. 36 (1): 31-39.
- Osorio A. M. M & C. J. C. Segura 2005. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas Bos taurus x Bos indicus en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 43 (1):127-137.
- Ostan M., I. Gogoasa, O. A. Rada, B. Baul, M. Fericean, M. Cazacu, M. Petcu & I. Cretescu. 2015. The effect of boiling on the pH, electrical conductivity and lactose content of cow milk. Research Journal Of Agricultural Science. 47 (2): 130-133
- Pedraza G. C., M. A. Mansilla, R. P. Fajardo & E. H. Agüero. 2000. Cambios en la producción y composición láctea por efecto del incremento de células somáticas en leche de vacas. Agricultura Técnica. 60 (3): 251-258.
- Pérez L. M. 2011. La producción de leche. El libro blanco de la leche y los productos lácteos. CANILEC. Primera Edición. 1: 150 pp.
- Pérez G. E. J. & Pérez G. E. J. P. 1984. Bioquímica y microbiología de la leche. Limusa. México, 202 pp.
- Pinto M., H. Molina, M. Rojas & L. E. Israel. 1978. Composición química de la leche y sus variaciones estacionales. Zona Sur de Chile. Sodio, Potasio, Calcio y Fosforo. Archivo de Medicina Veterinaria. 10 (1) 27-33.

- Ponce P. 2009. Composición láctea y sus interrelaciones: Expresión genética, nutricional, fisiológica y metabólica de la lactación en las condiciones del trópico. *Rev. Salud Animal*. 31 (2): 69-76.
- Pyörälä S. 2016. El tratamiento de la mastitis durante la lactancia. Departamento de medicina de la Producción animal. Pohjoinen: 1-6.
- Ramírez S. J. M. 2015. Prevalencia y factores predisponentes a mastitis subclínica en establos lecheros de la provincia de Trujillo. *Revista CEDAMAZ*. 5 (1):12-22.
- Ramírez V. N., H. O. Arroyave, M. M. Cerón, M. Jaramillo, J. Cerón & G. J. Palacio. 2011. Factores asociados a mastitis en vacas de la microcuenca lechera del antiplano norte de Antioquia, Colombia. *Revista Medicina Veterinaria*. 22: 31-42.
- Ramírez R. E. J., M. J. Rodríguez, M. I. R. Huerta, C. A. Cárdenas & B. J. M Juárez. 2019. Tropical milk production systems and milk quality: a review. *Tropical Animal Health and Production*. 51 (6): 1295-1305.
- Ramya P., S.Rajeshukumar, S. Sujatha & R. L. Venkateswara. 2017. Prevalence of *Staphylococcus aureus* in raw milk samples. *International Journal of Chemical Studies*. 5 (5): 1351-1353.
- Rangel Q. J. 2016. Innovación tecnológica y competitividad del bovino de doble propósito en el trópico mexicano. Tesis doctoral. INIFAP. Universidad de Córdoba.
- Reinoso R. M. R. 2012. Evaluación comparativa de los tratamientos: Farmacológico y alternativo por la aplicación de ozono para el control intramamario de la mastitis subclínica en bovinos. Tesis de licenciatura. Riobamba. Ecuador.
- Reyes S. E. A., Arguello S. J. S. 2015. Estudio comparativo entre los métodos diagnósticos para mastitis subclínicas, California Test y DRAMINSKI 4Q en vacas Jersey, Diríamba-Carazo, agosto-octubre 2015. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Agraria.
- Robledo P. R. 2016. El sector lácteo de doble propósito en el trópico mexicano dentro del contexto nacional. 21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. Mérida, Yucatán. AMECIDER-ITM: 1-23.
- Rodríguez R. V.C., R. A. F. Acosta & R. A. Calderón. 2015. Quality of raw milk in double porpose systems in Cordoba (Colombia), in maximun and minimun precipitation conditions. *Ciencia y Agricultura*. 12 (2): 51-58.
- Rodríguez S. J. M. & R. A. B. Armenta. 2018. Panorama sobre la producción y el consumo de leche y lácteos en México. *Hitos de Ciencias Económico Administrativas*. 24 (70): 518-534.

- Rodríguez C. E., G. F. Saavedra & D. F. Gómez. 2015. Efecto de la etapa de lactancia sobre calidad fisicoquímica de leche en vacas de raza Holstein y Normando. *Zootecnia Tropical*. 33 (1): 23-35.
- Rodrigues M. C.M. M., G. J. Leonel, A. B. Gomes, A. M. André & S. M. Veiga. 2018. Subclinical intramammary infection does not affect bovine milk ethanol stability. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. São Paulo. 55 (2): 1-9.
- Ruiz A. K., D. González & J. Peña. 2012. Situación de la mastitis bovina en Cuba. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 13 (12): 1-12.
- Ruiz G. A. K., R. J. Peña & D. D. Remón. 2016. Mastitis bovina en Cuba. Artículo de revisión. *Revista producción animal*. 28 (2/3): 39-50.
- Saborio M. A. 2011. Factores que influyen el porcentaje de sólidos totales de la leche. *ECAG Informa*. 56: 70-73.
- Sánchez B. M. P., M. N. P. Gutiérrez & A.I.J. Posada 2018. Prevalencia de mastitis bovina en el Cañón de Anaime, región lechera de Colombia, incluyendo etiología y resistencia antimicrobiana. *Revista de Investigaciones Veterinarias Perú*. 29 (1): 226-239.
- Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación 2016. Balanza comercial Agroalimentaria, enero-junio 2016. Consultado el 18 de Marzo del 2018. Disponible en línea en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255710/5TO\\_INFORME\\_2017\\_web.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255710/5TO_INFORME_2017_web.pdf)
- Salvador A. & G. Martínez. 2007. Factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra. Revisión bibliográfica. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV*. 48 (2): 61-76.
- Salvador A., G. Martínez, C. Alvarado, M. Hanh, F. Pariacote & A. J.F. Vázquez. 2016. Características fisicoquímicas y composición de la leche de cabras mestizas canarias en condiciones tropicales. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*- 57 (1): 53-60.
- Sánchez V. V., M.A. Ruiz, M. E. Duran, C. A. Gijón & N. M. C. Maciel. 2017. La cadena productiva de bovinos productores de leche bajo el enfoque competitivo del Clúster en la Región de los Valles Centrales de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 41: 708-719.
- SAS 2003. SAS User's Guide (release 9.0) Statistic SAS Inst. Inc., Cary. NC.

- Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Pesca y Acuacultura 2016. Plan Estratégico Sectorial Desarrollo Rural. Subsector Pecuario 2016-2022. Oaxaca. Consultado el 18 de Noviembre del 2017. Disponible en línea en: [http://www.coplade.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/2017/11/8.3\\_pecuario.pdf](http://www.coplade.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/2017/11/8.3_pecuario.pdf)
- Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera. 2018. Boletín de Leche. Consultado el 20 de Agosto del 2018: <http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Bolet%C3%ADn%20de%20Leche%20enero-marzo%202018.pdf>
- Schlimme E. & W. Buchheim. 2002. La leche y sus componentes. Propiedades químicas y físicas. 2a ed., Acribia. España, 117pp.
- Sharif A., M. Umer & T. Ahmad. 2017. Production of quality milk from dairy animals. Gomal University Journal of Research (GUJR). 33 (2):
- Sharma N., V. Pandey & N. A. Sudhan. 2010. Comparison of some indirect screening test for detection of subclinical mastitis in dairy cows. Bulgarian Journal of Veterinary Medicine. 13 (2): 98-103.
- Sinaga H., N. Bansal & B. Bhandari. 2017. Effectss of milk pH alteration on casein micelle size and gelation properties of milk. International Journal of Food Properties. 20 (1):179-197.
- Suarez V.H., G. M. Martínez, V. Gianre, L. Calvinho, A. Rachoski, M. Chávez, S. Salatin, S. Orozco, V. Sánchez & E. Bertoni. 2014. Relaciones entre el recuento de células somáticas, test de mastitis California, conductividad eléctrica y el diagnóstico de mastitis subclínica en cabras lecheras. Revista de Investigaciones Agropecuarias. 40 (2): 145-15.
- Tamami F. Z., H. Hafezian, G. R. Mianji, R. Abdullahpour & M. Gholizadeh. 2018. Effect of the temperatura-humidity index and lactation stage on milk production traits and somatic cell score of dairy cows in Iran. Songklanakarin. Journal Science Technology. 40 (2): 379-383.
- Tegegne B. & S. Tesfaye 2017. Bacteriological milk quality: posible hygienic factors and the role of Staphylococcus aureus in raw bovine milk in and around Gondar, Ethiopia. International Journal of Food Contamination.4 (1): 2-9.
- Toffani V., M. De Marchi, N. V. López & M. Cassandro. 2015. Effectiveness of mid – infrared spectroscopy for prediction on the contents of calcium and phosphorus, and titratable acidity of milk and their relationship with milk quality and coagulation properties. International Dairy Journal. 41: 68-73.



- Tornadizo M. E., A. I. Marra, F. M. C. García, B. Prieto & J. Carballo. 1998. La calidad de la leche destinada a la fabricación de queso: Calidad química. Ciencia y tecnología Alimentaria. 2 (2): 79-91.
- Trejo N., E. Trejo & J. Zúñiga. 2016. Análisis FODA del sector lácteo: un estudio de caso. Revista de Planeación y Control Microfinanciero. 2 (48): 8-22.
- Tsioulpas A., A. S. Grandison & M. J. Lewis. 2007. Changes in physical properties of bovine milk from the colostrum period to early lactation. Journal Dairy Science. 90 (11): 5012-5017.
- Vallejo T. C. A., O. R. G. Díaz, R. W. J. Morales, E. V. H. Godoy, V. N. E. Calderón & C. J. C. Cegido. 2018. Calidad físico-química e higiénico sanitaria de la leche en sistemas de producción doble propósito, Manabí-Ecuador. 5 (1): 35-44.
- Vayas M. B. L. 2017. Evaluación de métodos de sensibilidad en la efectividad antimicrobiana de la miel de abeja sobre cepa certificada de *Staphylococcus aureus*. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ciencias agropecuarias. Cevallos Ecuador.
- Velásquez C. V. & V. J. Vega. 2012. Calidad de la leche y mastitis subclínica en establos de la provincia de Huaura, Lima Perú. Revista de Investigaciones Veterinarias Perú. 23 (1): 65-71.
- Wattiaux M. A. 2005. Mastitis: la enfermedad y su transmisión. Instituto Bancroft. Universidad de Wisconsin-Madison para la investigación y Desarrollo Internacional de la industria lechera. Consultado el 20 de Febrero del 2018. Disponible en línea en: <http://bancroft.cals.wisc.edu/downloads/de/24.es.pdf>
- Wolter W., V.H., Castañeda, B. Kloppert & M. Zscheck. 2004. La Mastitis bovina. Instituto Estatal de Investigaciones de Hesse. Universidad de Guadalajara. 68 pp.
- Yera P. G. & W. Ramírez. 2016. La prevalencia de mastitis clínica en vacas mestizas Holstein x Cebú. Revista electrónica de Veterinaria. 17 (3): 1-7.
- Zambrano W. J. & M. J. A. Pinho. 2008. Evaluación de la glándula mamaria y composición química de la leche en vacas primíparas mestizas lecheras en el parto, hasta el quinto mes de lactación. Revista Científica, FVC-LUZ. 18 (5): 562-569.
- Zanela M.B., V. Fischer, M. E. R. Ribeiro, R. S. Barbosa, L. T. Marques, W. J. Stumpf & C. Zanela. 2006. Unstable nonacid milk and milk composition of Jersey cows on feed restriction. Revista Brasileira de Agrociencia. 13 (1): 91-97.