



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE PEZONERAS, CONVENCIONALES Y TRIANGULARES VENTILADAS SOBRE PARÁMETROS DE CALIDAD DE LECHE, TIEMPO DE ORDEÑO Y DAÑO DEL PEZÓN EN CARCHI

AUTOR

José Ignacio Hidalgo Suárez

AÑO

2020



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE PEZONERAS, CONVENCIONALES Y TRIANGULARES VENTILADAS SOBRE PARÁMETROS DE CALIDAD DE LECHE, TIEMPO DE ORDEÑO Y DAÑO DEL PEZÓN EN CARCHI

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos para optar por el título de Médico Veterinario Zootecnista

Profesor Guía

MVZ. Cristian Fernando Cárdenas Aguilera

Autor

José Ignacio Hidalgo Suárez

Año

2020

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, "Evaluación de dos tipos de pezoneras, convencionales y triangulares ventiladas sobre parámetros de calidad de leche, tiempo de ordeño y daño del pezón en Carchi, a través de reuniones periódicas con el estudiante José Ignacio Hidalgo Suárez, en el semestre 2020-10, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



MVZ. Cristian Fernando Cárdenas Aguilera

C.I.: 1718185778

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber dirigido el trabajo, “Evaluación de dos tipos de pezoneras, convencionales y triangulares ventiladas sobre parámetros de calidad de leche, tiempo de ordeño y daño del pezón en Carchi, del estudiante José Ignacio Hidalgo Suárez, en el semestre 2020-10, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de titulación”.

María José Amores.

Ing. María José Amores Villacrés

CC 1711857134

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”



---

José Ignacio Hidalgo Suárez

C.I.: 0401837893

## **AGRADECIMIENTO**

Primero agradezco a Dios por darme la vida, guiarme y protegerme siempre.

A mis padres por ser mi mayor ejemplo de lucha. Agradezco mis hermanos por todo el apoyo y consejos que me han brindado siempre.

A Valentina por ser mi apoyo en mi proceso de formación, brindándome su amor.

A mis amigos de clase Milton, Julio, Luis, Fabricio, Patricia por brindarme una amistad sincera.

A mi tutor Cristian Cadenas por formar parte de este proyecto, por ser un excelente profesor y transmitirme sus conocimientos y enseñanzas, a mis maestros Joar, Martin, Graciela, David, Santiago, María José por haber estado durante mi proceso de formación como profesional.

A los doctores Andrés y Kevin por todo el apoyo, los consejos y la amistad brindada durante este tiempo.

## **DEDICATORIA**

A Dios por hacer posible que pueda lograr un objetivo más de mi vida.

A mis padres José y Clara por ser mi pilar fundamental, por transmitirme ese amor y dedicación por el campo.

A mis hermanos Álvaro y Victoria por todos sus consejos y enseñanzas. A mi primo Dennis por su apoyo incondicional como un hermano más.

A mis sobrinos Paula, José, Álvaro y Jorge por ser la alegría de la familia.

A mis amigos Daniel, Andrés, Gandy, Cristian, David, Kevin, Esteban, más que amigos hermanos.

A los agricultores y ganaderos que laboran día a día el campo en la provincia del Carchi.

## RESUMEN

Los cambios inducidos por la máquina de ordeño sobre el pezón alteran la salud de la ubre. Este estudio tuvo como objetivo comparar dos tipos de pezoneras convencionales (PC) y triangulares ventiladas (PTV) sobre parámetros de calidad de leche, tiempo de ordeño (TO) y daño del pezón. Se utilizaron en promedio 71 bovinos de biotipo lechero de un total de 110 animales, seleccionados bajo criterios de inclusión y exclusión. Fueron elaborados protocolos para la rutina de ordeño y toma de muestras, se empezó con la evaluación durante 30 días con PC y 30 días con PTV con un tiempo intermedio de 5 días. Se evaluó el daño en la punta del pezón de acuerdo a una escala, el análisis U de Mann-Whitney presentó diferencias significativas (*p*-valor 0,005), siendo mayor el daño con PC sobre PTV. Para la formación del anillo en la base y congestión, el análisis Chi-cuadrado determinó que hubo más casos de pezones con anillo y congestionados con las PC sobre las PTV (*p*-valor 0,000). En el conteo de células somáticas (CS) se determinó mediante la prueba t, que no existe diferencia entre PC Y PTV (*p*-valor 0,659), pero los resultados de la empresa receptora de leche, indicaron que si hubo reducción de 26,17 % CSx1000/ml con el uso de PTV. El análisis Chi-cuadrado (*p*-valor 0,02) determinó que, si existe diferencia significativa con menos casos de mastitis subclínica de 1,64 % con PC frente a 0, 83% con PTV. El tiempo de ordeño de todo el rejo fue el mismo para los dos tratamientos, por lo cual no hay diferencias en el TO por la mañana (t student; *p*-valor 0,936), pero si en la tarde; para el TO individual no se observó diferencia tanto en la mañana como en la tarde. Para el volumen de litros ordeñados la prueba t (*p*-valor 0,113) demuestra que no existe diferencia entre PC y PTV. Finalmente se puede concluir que las PTV demostraron mejores resultados en los parámetros relacionados a salud de la ubre.

**Palabras clave:** Pezonera, Mastitis Bovina, Daño del pezón, Células somáticas, Tiempo de ordeño.

## ABSTRACT

The changes induced by the milking machine on the nipple affect the health of the udder. The aim of this study was to compare two types of milk liners, conventional (PC) and ventilated triangular (PTV) on milk quality parameters, milking time (TO) and nipple damage. An average of 71 dairy biotype cattle from a total of 110 animals, selected under inclusion and exclusion criteria, were used. Protocols for the milking and sampling routine were developed, the evaluation was started for 30 days with PC and 30 days with PTV with an intermediate time of 5 days. Damage to the tip of the nipple was evaluated according to a scale, the Mann-Whitney U analysis showed significant differences (p-value 0.005), the damage being greater with PC over PTV. For the formation of the ring at the base and congestion, the Chi-square analysis determined that there were more cases of ring nipples and congested with the PC over the PTV (p-value 0.000). In the somatic cell count (CS) it was determined by the t-test, that there is no difference between PC and PTV (p-value 0.659), but the results of the milk receiving company, indicated that if there was a reduction of 26.17 % CSx1000 / ml with the use of PTV. Chi-square analysis (p-value 0.02) determined that if there is a significant difference with fewer cases of subclinical mastitis of 1.64% with PC versus 0.83% with PTV. The milking time of the entire group of animals was the same for the two treatments, so there is no difference in the TO in the morning (t student; p-value 0.936), but there was a difference in the afternoon; for the individual TO no difference was observed both in the morning and in the afternoon. For the volume of milked liters the t test (p-value 0.113) shows that there is no difference between PC and PTV. Finally, it can be concluded that the PTV showed better results in the parameters related to udder health.

**Key words:** Liner, Bovine, Mastitis, Nipple damage, Somatic cells, Milking duration.

# ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivo General .....	2
1.2 Objetivos Específicos .....	2
1.3 Hipótesis .....	3
1.3.1 Hipótesis investigativa .....	3
1.3.2 Hipótesis estadísticas .....	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 Partes y funcionamiento del sistema ordeño mecánico .....	4
2.1.1 Bomba de vacío .....	4
2.1.2 Regulador de vacío .....	5
2.1.3 Vacuómetro .....	6
2.1.4 Pulsadores .....	7
2.1.5 Pezoneras y casquillos .....	7
2.1.6 Colector .....	8
2.1.7 Tiempos de duración del ordeño .....	9
2.2 Estructura anatómica del pezón .....	10
2.2.1 Anatomía del pezón .....	10
2.2.2 Relación entre la máquina de ordeño y daño del pezón .....	11
2.3 Fisiología de la lactancia .....	13
2.3.1 Galactopoyesis .....	13
2.3.2 Efecto de caída de la leche .....	13
2.4 Mastitis bovina y células somáticas .....	15
2.4.1 Relación entre la máquina de ordeño y presentación de mastitis .....	15
2.4.2 Recuento de células somáticas (CCS) .....	16
2.4.3 Variaciones en el recuento de células somáticas .....	17
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....	19
3.1 Ubicación y descripción del sitio de estudio .....	19
3.2 Población y muestra .....	20
3.3 Materiales .....	21

3.3.1	De campo .....	21
3.3.2	De laboratorio .....	23
3.3.3	De oficina.....	23
3.4	Variables analizadas .....	23
3.5	Metodología .....	24
3.5.1	Selección de los animales .....	24
3.5.2	Estandarización de protocolos utilizados en el experimento .....	25
3.5.3	Manejo del experimento .....	27
3.5.4	Protocolos utilizados para evaluación en ambos tratamientos. ....	28
3.5.5	Registro y tabulación de datos.....	33
3.5.6	Análisis y evaluación de variables .....	33
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>35</b>
4.1	Resultados y Discusión .....	35
4.1.1	Datos productivos de los animales utilizados para el estudio.....	35
4.1.2	Resultados sobre el daño del pezón.....	36
4.1.3	Resultados de CMT y mastitis de los dos tipos de pezoneras.....	40
4.1.4	Resultados acerca del conteo de células somáticas .....	43
4.1.5	Análisis estadístico sobre el tiempo de ordeño del total de animales en producción .....	46
4.1.6	Análisis estadístico sobre el tiempo de ordeño por animal .....	50
4.2	Limitantes.....	57
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>58</b>
5.1	Conclusiones.....	58
5.2	Recomendaciones.....	59
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>60</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>65</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tiempo requerido en los diferentes apartados del procedimiento de ordeño (segundos).</i> .....	10
Tabla 2 <i>Relación de CMT con los recuentos de células somáticas.</i> .....	17
Tabla 3 <i>Lista de materiales e insumos usados para el estudio.</i> .....	22
Tabla 4 <i>Lista de equipos usados para el estudio.</i> .....	22
Tabla 5 <i>VARIABLES del estudio de las pezoneras.</i> .....	23
Tabla 6 <i>Criterios de inclusión y exclusión.</i> .....	24
Tabla 7 <i>Protocolos utilizados durante el estudio</i> .....	25
Tabla 8 <i>Interpretación de resultados CMT.</i> .....	30
Tabla 9 <i>Datos productivos de los animales en estudio.</i> .....	35
Tabla 10 <i>Datos del número animales en relación al número de partos.</i> .....	36
Tabla 11 <i>Porcentaje de pezones dañados en la punta de acuerdo a escala.</i> ..	37
Tabla 12 <i>Análisis U de Mann-Whitney para los dos grupos en relación al daño de la punta del pezón mediante el programa estadístico SPSS.</i> .....	38
Tabla 13 <i>Porcentaje de pezones que presentan o no un anillo en la base después del ordeño.</i> .....	38
Tabla 14 <i>Análisis chi-cuadrado para la presencia o ausencia de un anillo en la base del pezón mediante el programa estadístico SPSS.</i> .....	39
Tabla 15 <i>Porcentaje de pezones que presentan coloración normal o congestionado después del ordeño.</i> .....	40
Tabla 16 <i>Análisis chi-cuadrado para la coloración del pezón mediante el programa estadístico SPSS.</i> .....	40
Tabla 17 <i>Resultados de mastitis por pezón mediante la prueba CMT por muestreo en los dos tipos de pezoneras en estudio.</i> .....	41
Tabla 18 <i>Resultados de mastitis total por pezón mediante la prueba CMT en los dos tipos de pezoneras en estudio.</i> .....	42
Tabla 19 <i>Análisis chi-cuadrado para mastitis mediante el programa estadístico SPSS.</i> .....	42
Tabla 20 <i>Conteo de células somáticas por ml en los dos grupos de pezoneras.</i> .....	43

Tabla 21 <i>Análisis de medidas de tendencia central sobre el conteo de células somáticas en los dos estudios.</i> .....	44
Tabla 22 <i>Prueba t para la igualdad de medias en células somáticas.</i> .....	45
Tabla 23 <i>Tiempo de ordeño en la mañana y tarde del total de animales en producción.</i> .....	47
Tabla 24 <i>Análisis de medidas de tendencia central sobre el tiempo de ordeño en la mañana del total de animales en producción.</i> .....	48
Tabla 25 <i>Análisis de medidas de tendencia central sobre el tiempo de ordeño en la tarde del total de animales en producción.</i> .....	49
Tabla 26 <i>Prueba t para la igualdad de medias sobre el tiempo de ordeño en la mañana y tarde del total de animales en producción.</i> .....	50
Tabla 27 <i>Tiempo de ordeño promedio de los 5 muestreos en la mañana y tarde por animal en producción.</i> .....	51
Tabla 28 <i>Análisis de medidas de tendencia central sobre el tiempo de ordeño en la mañana por animal en producción.</i> .....	52
Tabla 29 <i>Análisis de medidas de tendencia central sobre el tiempo de ordeño en la tarde por animal en producción.</i> .....	53
Tabla 30 <i>Prueba t para la igualdad de medias sobre el tiempo de ordeño en la mañana y tarde por animal en producción.</i> .....	54
Tabla 31 <i>Número de animales y volumen de litros ordeñados con los dos tipos de pezoneras.</i> .....	55
Tabla 32 <i>Análisis de medidas de tendencia central sobre el total de litros producidos con los dos tipos de pezoneras.</i> .....	56
Tabla 33 <i>Prueba t para la igualdad de medias sobre el total de litros producidos con los dos tipos de pezoneras.</i> .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Bomba de vacío. ....	5
<i>Figura 2.</i> Regulador de vacío. ....	6
<i>Figura 3.</i> Vacuómetro. ....	6
<i>Figura 4.</i> Pulsador. ....	7
<i>Figura 5.</i> Pezoneras y casquillos. ....	8
<i>Figura 6.</i> Colector. ....	9
<i>Figura 7.</i> Clasificación del daño en la punta del pezón. ....	12
<i>Figura 8.</i> Reflejo de eyección de la leche. ....	14
<i>Figura 9.</i> Procedimiento CMT. ....	29
<i>Figura 10.</i> Escala para evaluar el daño en la punta del pezón. ....	31
<i>Figura 11.</i> A, pezón normal; B, pezón congestionado. ....	32
<i>Figura 12.</i> A, pezón normal; B, pezón con formación del anillo en la base. ....	32
<i>Figura 13.</i> Células somáticas por ml con los dos tipos de pezonera. ....	43
<i>Figura 14.</i> Resultados Células somáticas (x1000/ml) ALPIECUADOR S.A. del año 2019. ....	46
<i>Figura 15.</i> Tiempo de ordeño en la mañana y tarde del total de los animales con los dos tipos de pezoneras. ....	47
<i>Figura 16.</i> Tiempo de ordeño individual en la mañana y tarde con los dos tipos de pezoneras. ....	51
<i>Figura 17.</i> Total, de litros producidos con los dos tipos de pezoneras. ....	55

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Los orígenes de los ordeños de vacas tienen lugar en torno a los 400 años antes de Cristo en Egipto, en ese entonces se introducían pajas de trigo duro en el canal del pezón para favorecer la secreción de leche al exterior, las primeras máquinas de ordeño aparecen en el año 1860 que ejercen presión negativa sobre el pezón lo que se conoce como vacío, estas máquinas son herramientas esenciales para ahorrar trabajo en las explotaciones lecheras (Calvet et al., 2016a).

El sistema de ordeño mecánico tiene como función extraer leche de la glándula mamaria en el menor tiempo posible, evitando ocasionar daños en los pezones al aplicar el vacío a intervalos regulares, para ello hay que causar la apertura del canal del pezón aplicando en el esfínter una presión mayor a la que se ejerce para mantener cerrado el canal (Gonzales, 2018).

Los cambios que se presentan en el diámetro del canal del pezón inducidos por la máquina de ordeño han sido evaluados mediante ultrasonido, indicando que existe una remodelación casi constante del canal en vacas ordeñadas tres veces al día y que no hay cambios significativos en cuanto al diámetro del canal, a futuro se cree que es importante evaluar la relación entre las características del pezón, hiperqueratosis y riesgo de mastitis. (Melvin, Heuwieser, Virkler, Nydam, & Wieland, 2019).

Estudios han sido realizados con el propósito de preservar la salud de la ubre en el ganado vacuno, utilizando nuevos tipos de pezoneras con diferentes sistemas de vacío, por ejemplo, en Bélgica se utilizaron 20 granjas con 1500 animales para demostrar los beneficios de las pezoneras triangulares ventiladas, las cuales redujeron las células somáticas y, por ende, la mastitis clínica, además de mejorar la condición del pezón (Maris, 2013).

En el Ecuador se realizó un estudio de factibilidad de mercado para la importación de pezoneras triangulares ventiladas en la provincia de Pichincha, para esto se realizaron encuestas a varios productores y ganaderos de la zona obteniendo como resultado, que los ganaderos están de acuerdo en adquirir este tipo de pezoneras siempre y cuando se le asegure calidad, innovación, rentabilidad y que ayuden a resolver problemas en la ganadería reduciendo células somáticas y casos de mastitis (Alarcón, 2018).

Este estudio fue realizado con el objetivo de buscar una forma para mejorar la salud de la ubre en el ganado bovino manejado en sistemas de ordeño mecánico, comparando dos tipos de pezoneras convencionales y triangulares ventiladas, evaluando parámetros de calidad de leche, tiempo de ordeño y daño del pezón en una hacienda ganadera productora de leche en la provincia del Carchi.

## **1.1 Objetivo General**

Evaluar dos tipos de pezoneras convencionales y triangulares ventiladas, sobre parámetros de calidad de la leche, tiempo de ordeño y daño del pezón, que están relacionados con la salud de la ubre en ganado bovino ordeñado mecánicamente en la Hacienda “San Ignacio” ubicada en el cantón Montúfar- Provincia del Carchi.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la línea base para evaluar parámetros de calidad de leche, mediante una tabulación retrospectiva de registros sobre células somáticas emitidos por la empresa procesadora de productos lácteos, para dar inicio a la ejecución del proyecto.
- Analizar los efectos de las pezoneras convencionales en comparación con las triangulares ventiladas, sobre parámetros de calidad de leche, tiempo de ordeño y daño del pezón.

- Evaluar los efectos de ambas pezoneras, mediante el análisis de los resultados obtenidos, para determinar su eficacia en la disminución de presentación de mastitis en el ganado lechero.

## **1.3 Hipótesis**

### **1.3.1 Hipótesis investigativa**

*H*: Las pezoneras convencionales vs triangulares ventiladas que se utilizan en ordeños mecánicos influyen sobre la presentación de mastitis, tiempo de ordeño y daño del pezón.

### **1.3.2 Hipótesis estadísticas**

*H*<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa en cuanto a la presentación de mastitis, tiempo de ordeño y daño del pezón con el uso de pezoneras convencionales vs triangulares ventiladas.

*H*<sub>1</sub>: Si existe diferencia significativa en cuanto a la presentación de mastitis, tiempo de ordeño y daño del con el uso de pezoneras convencionales vs triangulares ventiladas.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Partes y funcionamiento del sistema ordeño mecánico**

Las máquinas de ordeño actualmente constituyen herramientas esenciales para ahorrar trabajo en explotaciones lecheras, contribuyendo al progreso de la industria láctea moderna de todo el mundo, en los últimos años se ha logrado mejorar los equipos de ordeño al igual que su uso y mantenimiento, logrando, por un lado, obtener mayores volúmenes de leche y por otro, mejorar la calidad sanitaria de leche que se produce (Calvet et al., 2016a).

#### **2.1.1 Bomba de vacío**

En el sistema de ordeño la bomba de vacío se encarga de extraer aire, formando un vacío que permite la succión de la leche (figura 1), la eficacia de la bomba está determinada por su capacidad y es expresada en litros de aire por minuto (l/min) a 50 kPa de presión, para mantener el vacío constante la bomba tiene que extraer el aire durante el ordeño a la misma velocidad que entra (Ponce, 2010).

Existen algunos factores que pueden modificar el caudal de una bomba que son: dimensiones, velocidad de rotación y nivel de vacío, si el nivel de vacío aumenta el caudal de la bomba disminuye, una elevación del vacío de 2 kPa proporciona una reducción del caudal del orden de un 2,5%, cuando la presión atmosférica disminuye, el caudal de la bomba disminuye (Escribano, 2015).

La altitud sobre el nivel del mar a la que se encuentra ubicado el equipo de ordeño, se considera para la corrección y regulación de la presión de vacío que está fijada en 50 kPa según la normativa ISO 5707 (Callejo, 2013).

Los metros sobre el nivel del mar con respecto a la ubicación del ordeño es un factor muy importante a tomar en cuenta para la corrección en cuanto a la

regulación del vacío, debido a que por cada 100 metros de altura la bomba de vacío pierde 1% de su potencia, por ejemplo si un equipo de ordeño ubicado a 2800 m.s.n.m está trabajando con una bomba de 1500 litros de vacío esta pierde un 28% de su potencia, por lo tanto, la capacidad real de esa bomba sería de 1080 litros de vacío (Castillo, 2019).



*Figura 1.* Bomba de vacío. Tomado de Hacienda “San Ignacio”, Carchi – Ecuador.

### **2.1.2 Regulador de vacío**

La válvula que permite la entrada de aire atmosférico (a presión positiva) con el objetivo de mantener un nivel de vacío constante durante el ordeño se denomina regulador de vacío (ver figura 2), es decir, si una bomba tiene una capacidad de 1300 l/min el regulador debe dejar ingresar la misma cantidad al sistema, en caso de que el consumo de todos los componentes el ordeño sea 500 l/min el regulador debe dejar entrar la diferencia 800 l/min (Calvet et al., 2016a).

El regulador y el caudal de la bomba de vacío deben estar calibrados para que el vacío de trabajo medido en la unidad final se mantenga  $\pm 2$  kPa del vacío nominal durante el ordeño, por ello es recomendable que el regulador tenga una capacidad mayor o igual a la capacidad de la bomba de vacío (Sánchez, 2016).



*Figura 2.* Regulador de vacío. Tomado de Hacienda “San Ignacio”, Carchi – Ecuador.

### **2.1.3 Vacuómetro**

El vacuómetro es un instrumento que mide el nivel de vacío en el sistema de ordeño, por lo general suele ser analógico (figura 3), aunque también puede ser digital, el nivel de vacío lo mide en el lugar donde se lo sitúa, por lo tanto, debe situarse en un lugar visible durante el ordeño para comprobar constantemente el nivel de vacío (Espadas, 2010).



*Figura 3.* Vacuómetro. Tomado de Hacienda “San Ignacio”, Carchi – Ecuador.

#### 2.1.4 Pulsadores

El pulsador funciona como una válvula permitiendo la entrada de aire y vacío de manera alterna entre la pezonera y plataforma de lavado (figura 4), el vacío ejerce la acción de succión sobre el pezón mientras que el aire atmosférico actúa como masaje recuperando el estado normal, una alternancia adecuada entre los dos permite tener una extracción correcta de la leche y mantener la salud del pezón, la frecuencia de pulsaciones recomendada es 60 por minuto (Calvet et al., 2016a).



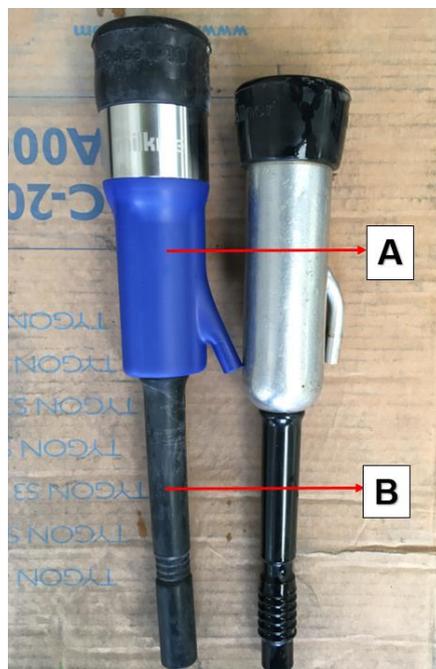
*Figura 4.* Pulsador. Tomado de Hacienda “San Ignacio”, Carchi – Ecuador.

#### 2.1.5 Pezoneras y casquillos

La pezonera es la parte flexible de la unidad de ordeño y la única pieza que entra en contacto con los pezones del animal (figura 5), su función es imitar en lo posible la boca del ternero para proporcionar un masaje y succionar la leche, pueden ser de caucho o silicona, sus partes más importantes son: embocadura y cuerpo (Redondo, 2003).

Los casquillos son parte rígida que mantiene la pezonera en una posición correcta, pueden ser metálicos o de plástico (figura 5), el espacio entre el casquillo y la pezonera forma la cámara de pulsación donde tienen lugar los

cambios de presión durante las fases de pulsación, controladas por el pulsador (Calvet et al., 2016a).



*Nota:* A casquillos, B pezoneras.

*Figura 5.* Pezoneras y casquillos. Tomado de Hacienda “San Ignacio”, Carchi – Ecuador.

### 2.1.6 Colector

El colector es el punto de unión entre las cuatro pezoneras en donde se descarga la leche ordeñada por cada pezón (figura 6), el colector sostiene las líneas de distribución de pulsación hacia cada pezonera, las partes principales son la válvula de cierre que interfiere el paso del vacío por presión y un orificio de entrada de aire (Astiz, 2016).



*Figura 6.* Colector. Tomado de Hacienda “San Ignacio”, Carchi – Ecuador.

### **2.1.7 Tiempos de duración del ordeño**

La duración del ordeño aproximadamente debe ser de 5 minutos para vacas productoras de entre 9 a 11 litro y por cada 4,5 litros adicionales este tiempo se incrementa 1 minuto, un flujo máximo en rebaños de alta producción es de mínimo 4 litros/vaca/minuto (Calvet et al., 2016b).

El tiempo promedio del 80% de las vacas productoras de leche en una sesión de ordeño normalmente corresponde a menos de 8 minutos por animal, el procedimiento de ordeño siempre debe ser el mismo, respetando los tiempos establecidos para cada paso (Tabla 1), esta sistemática debe ser igual para cada ordeñador y sesión de ordeño (VanBaale, Matthew Smith, John Armstrong, Dennis Harner, 2004).

Tabla 1

*Tiempo requerido en los diferentes apartados del procedimiento de ordeño (segundos).*

Actividad	Procedimiento		
	Mínimo	Completo	Completo con 10 segundos de contacto
Despuntar	4-6	4-6	10
Prebaño	-	6-8	6-8
Limpieza y secado	6-8	6-8	6-8
Unión de la unidad de ordeño	8-10	8-10	8-10
Total	18-24	24-32	30-36

Adaptada de VanBaale, Matthew Smith, John Armstrong, Dennis Harner, 2004.

La colocación de las pezoneras debe garantizar la mínima entrada de aire durante el proceso, un ajuste y alienación adecuados reducen al mínimo la cantidad de pezoneras que resbalan, en cuanto a la retirada de las pezoneras se debe realizar una vez que la vaca este completamente ordeñada, dejar un exceso de leche causar problemas en la salud de la glándula mamaria y, por ende, problemas económicos, por lo contrario, tardar mucho en la retirada de las pezoneras ocasiona efectos negativos sobre los pezones (sobre ordeño) (Calvet et al., 2016b).

## **2.2 Estructura anatómica del pezón**

### **2.2.1 Anatomía del pezón**

La glándula mamaria del bovino se compone de cuatro pezones bien desarrollados de forma cilíndrica y con una longitud de 7 a 8 centímetros, cada uno con cavidades individuales que sin comunicación entre sí, el pezón presenta un simple conducto galactóforo ampliado hacia dorsal en un seno que se conoce como cisterna de leche, este conducto en su parte inferior es estrecho y está

cerrado por tejido de musculatura lisa y elástico formando una estructura conocida como esfínter (Sisson & Grossman, 2009).

En el lugar de unión del canal del pezón con la cisterna del mismo, existen pliegues que se proyectan y forman una estructura denominada Roseta de Füssenberg, en el microscopio electrónico se puede observar una forma hexagonal de las células y gran cantidad de microvellosidades (Andrews, Blowey, Boyd, & Eddy, 2004) .

El conducto galactóforo se compone por epitelio escamoso estratificado en la parte distal mientras que en la parte interior cambia a cuboidal, las capas de la pared del pezón son cinco que mencionadas de afuera hacia dentro serian: piel, capa fibrosa externa, capa intermedia, capa fibrosa interna y mucosa (Dyce, Sack, & Wensing, 2012).

En el músculo liso se encuentran alfa-adrenoreceptores que contraen el sistema muscular y causan el cierre del canal, además están los beta-adrenoreceptores que provocan la relajación del pezón y apertura del canal, la proporción es diferente de acuerdo a cada individuo por lo que influye en la ordeño (Romero, Muelas, Díaz, & Such, 2004).

### **2.2.2 Relación entre la máquina de ordeño y daño del pezón**

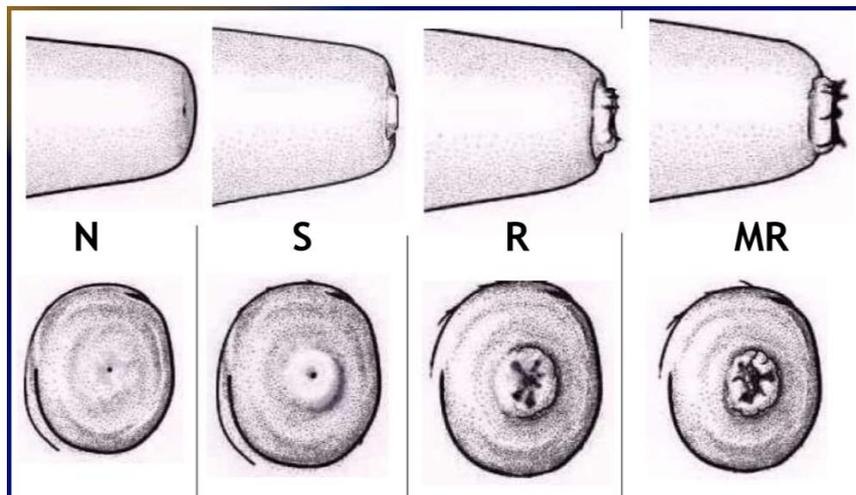
La penetrabilidad del canal del pezón es un aspecto muy importante de la salud de las ubres y, por tanto, afecta las estrategias de gestión de la salud en las granjas lecheras, la morfología del pezón varía entre razas y entre vacas de una misma raza y además está influenciada por el procedimiento de ordeño (Bobić et al., 2014).

El ordeño automático puede inducir cambios en las dimensiones de los pezones, así como en el tejido de los pezones, como congestión e hiperqueratosis, la magnitud del cambio en el canal del canal está influenciado por la configuración

de la máquina de ordeño, tiempo de funcionamiento de la máquina, nivel de vacío aplicado y tipo de revestimiento de la pezonera (Guarín & Ruegg, 2016).

La queratina aprisiona las bacterias que han penetrado en el canal del pezón durante el ordeño, la queratina es evacuada regularmente durante el ordeño y la tasa de regeneración va en función de la tasa de evacuación, en caso de una mala pulsación, la tasa de pérdida natural de queratina descende en un 25% produciéndose un incremento de la población bacteriana y posteriormente infección, además los defectos en los niveles de pulsación y sobre ordeño pueden ocasionar congestión, edema e hiperqueratosis en el pezón (Calvet et al., 2016b).

Se clasifica el daño en la punta del pezón con la escala que se observa en la figura 7.



*Nota:* N, normal; S, suave; R, anillo rugoso; MR, anillo muy rugoso.

*Figura 7.* Clasificación del daño en la punta del pezón. Tomado de Pol, 2006.

## **2.3 Fisiología de la lactancia**

### **2.3.1 Galactopoyesis**

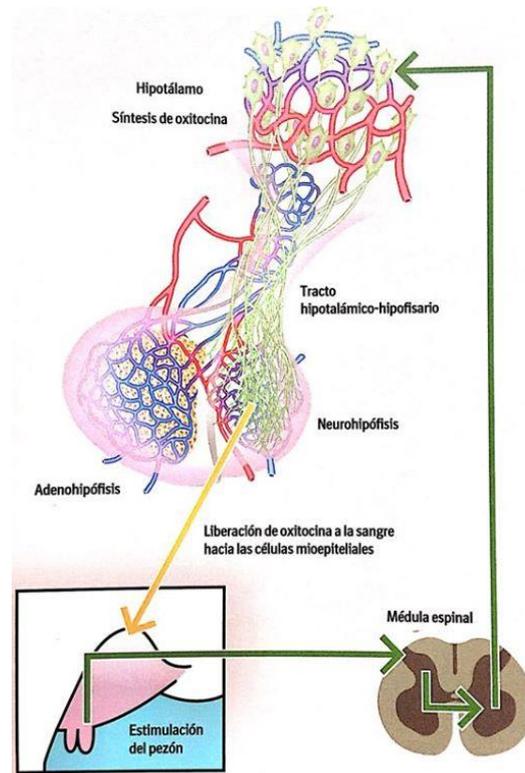
La hormona del crecimiento somatotropina (STH) es la que proporciona en la vaca un estímulo hormonal para que se produzca la galactopoyesis, la liberación de esta hormona depende de varios péptidos hipotalámicos como el factor liberador de la somatotropina (STRH) y el factor liberador de la tiroxina (TRH) que alcanzan el sistema porta, la STH induce al hígado a sintetizar somatomedinas o IGF (insulin-like growth factor o factor de crecimiento insulínico) responsable de algunos efectos como aumento de la actividad sintética de células secretoras (Andrews et al., 2004).

### **2.3.2 Efecto de caída de la leche**

La leche debe salir de los alveolos y esto se realiza debido a un reflejo de naturaleza hormonal y nerviosa en el cual participan reflejos condicionados a partir de información que captan los órganos de los sentidos como: visualización del ternero, ruidos, olores de la sala de ordeño y masaje de la ubre como se observa en la figura 8 (Recee, 2004).

Las células secretoras de los alveolos están en constante producción de leche que se acumula en los espacios alveolares, esto incrementa la presión de los alveolos y es una señal para disminuir la producción, por ello se recomienda ordeñar dos a tres veces vacas de alta producción, con el objetivo de reducir la presión y elevar la producción (Sacristan, 2002).

Existen terminaciones nerviosas cutáneas en el pezón que son estimuladas y la señal nerviosa viaja por vías aferentes, a través de la medula espinal, alcanzando en el hipotálamo los núcleos paraventricular y supraóptico sobre cuyas neuronas se produce oxitocina, que luego es transportada hasta la neurohipófisis y se produce la descarga de oxitocina desde las terminaciones nerviosas de la eminencia media (Cunningham, 2009).



*Figura 8.* Reflejo de eyección de la leche. Tomado de Calvet et al., 2016a.

Existen terminaciones nerviosas cutáneas en el pezón que son estimuladas y la señal nerviosa viaja por vías aferentes, a través de la médula espinal, alcanzando en el hipotálamo los núcleos paraventricular y supraóptico sobre cuyas neuronas se produce oxitocina, que luego es transportada hasta la neurohipófisis y se produce la descarga de oxitocina desde las terminaciones nerviosas de la eminencia media (Cunningham, 2009).

La oxitocina se libera a la circulación sanguínea segundos después de llegar el impulso al hipotálamo para alcanzar los receptores de las células mioepiteliales, el complejo hormona-receptor aumenta la producción de AMPc para lograr las contracciones en las células mioepiteliales que rodean los alveolos, de la misma manera se relajan los conductos mayores y cisterna de la glándula y del pezón para alojar más leche, la presión intramamaria aumenta y durante el ordeño en el esfínter se vence la resistencia para la salida de leche (Reece, 2004).

La liberación de oxitocina tan solo dura unos minutos y es importante comenzar de inmediato el ordeño una vez que tenga lugar la bajada de leche, si la vaca durante el proceso de ordeño sufre algún tipo de estrés, se paraliza la secreción de oxitocina por la producción de catecolaminas, ocasionando una reducción de la afinidad de los receptores de las células mioepiteliales a la oxitocina (Calvet et al., 2016a).

## **2.4 Mastitis bovina y células somáticas**

La mastitis es una respuesta inflamatoria que inicia como consecuencia de la acción de un agente patógeno o acción de sus toxinas al invadir la glándula mamaria, las bacterias y sus componentes generan lesiones en el epitelio, además interactúan con las células presentes en la leche específicamente con los macrófagos, la mayoría de bacterias entran por el canal del pezón e infectan la ubre a excepción de *Mycoplasma bovis* que ingresa por vía sistémica (Rebhun, 2007).

### **2.4.1 Relación entre la máquina de ordeño y presentación de mastitis**

Los altos niveles de vacío, sobreordeño y pezoneras en mal estado en el extremo están asociados con hiperqueratosis siendo un factor de riesgo para mastitis clínica, cuando hay un exceso de queratina en el canal del pezón, se impide el cierre normal del canal pudiendo quedar abierto un tercio de su longitud entre ordeños, en ocasiones esta callosidad puede desprenderse generando heridas, donde pueden asentarse bacterias como estafilococos (Norstebo et al., 2019).

En las vacas la salud de la ubre depende en parte de la higiene adecuada del ordeño y de la contaminación del oficio del pezón que puede ocurrir fácilmente a través de bacterias que se encuentran en la superficie del pezón o en la superficie del contacto de la máquina de ordeño, por lo tanto la limpieza del equipo de ordeño una vez concluido el ordeño y la limpieza del pezón antes del ordeño son esenciales (Jacobs & Siegford, 2012).

La pezonera es el único componente del sistema de ordeño mecánico que entra en contacto con la ubre ya que transmite a los pezones un efecto de succión, los gérmenes pueden adherirse fácilmente a la superficie agrietada de una pezonera gastada, facilitando la transmisión de infecciones entre animales, un diseño incorrecto puede tener el mismo efecto, las pezoneras tienen un tiempo de vida útil de acuerdo al número de vacas y de ordeños (Calvet et al., 2016b).

#### **2.4.2 Recuento de células somáticas (CCS)**

La presencia de células somáticas en leche de vaca es uno de los mecanismos de protección que tiene la glándula mamaria para luchar frente a microorganismos patógenos, las principales células son polimorfonucleares neutrófilos, macrófagos, linfocitos B y T, la proporción de estas células varía de acuerdo a la etapa de lactancia de la vaca (Fox, 2013).

En leche los niveles de células somáticas se relacionan con salud de la ubre y con procesos de inflamación independientemente de la causa, el problema con mayor importancia que altera el recuento de células somáticas es precisamente infecciones en la glándula mamaria, es por esta razón que el CCS es un sistema de evaluación estándar para calidad de leche (Harmon, 2001).

Existen métodos directos para conteo de células somáticas como Coulter-counter, Fossomatic y Autoanalyzer, además existen métodos indirectos como el Test de California o CMT (tabla 2) que contiene un reactivo tensoactivo provocando una reacción con el ADN contenido en las células somáticas y un indicador de pH, su análisis se basa en un precipitado cuya densidad es proporcional a la intensidad de la inflamación (Cebrián, Pastor, Ramos, & Ferrer, 2011).

Tabla 2

*Relación de CMT con los recuentos de células somáticas.*

Resultado de CMT	Recuento aproximado de células somáticas
Negativo	0-200.000
Trazas	150.000-500.000
+1	500.000-1.000.000
+2	1.000.000-5.000.000
+3	>5.000.000

Adaptado de Cebrián et al.,2011.

### **2.4.3 Variaciones en el recuento de células somáticas**

El recuento celular varía en función de los días en leche de la vaca, en el momento de máxima producción en una vaca sana, el recuento celular es menor debido al efecto dilución, en cambio al final de la lactación disminuye el volumen de leche por lo tanto la dilución se reduce y se incrementa el recuento celular, de igual manera el recuento celular aumenta con el número de lactancias generalmente a partir de la cuarta lactancia (Calvet et al., 2016a).

Los cambios inducidos por el ordeño en las dimensiones del canal del pezón están relacionados con infecciones intramamarias, la leche de los cuartos con canales del pezón más anchos post ordeño tiene un mayor número de células somáticas en comparación con leche de cuartos con canales del pezón más delgados (Zwertvaegher et al., 2013).

La época del año tiene un efecto indirecto en el recuento de células somáticas, en meses de verano la producción desciende debido al estrés por calor y aumenta el recuento celular, el mismo efecto de aumento en el recuento celular ocurre en la etapa del estro, cuando las vacas consumen menos alimento y como consecuencia producen menos leche (Calvet et al., 2016a).

Interacciones entre el ganadero y la vaca pueden variar los niveles de estrés en el rebaño y, por tanto, se podría afectar la salud de las ubres junto con factores de manejo y alojamiento, un mayor porcentaje de interacciones positivas por parte de los ordeñadores en la sala, está asociado con un número más bajo de células somáticas en comparación con interacciones negativas (Ivemeyer et al., 2018).

En el Ecuador en base a los requisitos físico-químicos y microbiológicos de la leche cruda, según la Norma NTE INEN 9:2012 el límite máximo aceptable del recuento de células somáticas es de 700.000 cel/ml (INEN, 2008).

## **CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 Ubicación y descripción del sitio de estudio**

El predio elegido para realizar el estudio es la hacienda “San Ignacio” con ubicación en la comunidad de Monteverde de la parroquia San José, cantón Montúfar, formando parte de la provincia del Carchi-Ecuador, tiene las siguientes coordenadas  $-77.802456$ ,  $0^{\circ}33'49.8''$  latitud norte y  $77^{\circ}48'08.8''$  latitud oeste (Anexo 1) (Google Maps, 2017).

Los límites geográficos del predio, al norte se encuentra el camino principal vía Monteverde, al sur se encuentra la propiedad del Sr. Carlos Solano, al este la propiedad del Sr. Byron Enríquez, al oeste la propiedad del Sr. Edwin Torres, con respecto a cuencas hidrográficas una acequia proveniente del río Chiles atraviesa toda la propiedad.

La propiedad está ubicada a una altura de 2840 msnm, la temperatura es templada y varía durante todo el año entre los  $6$  y  $16^{\circ}$  C y rara vez avanza a más de  $21^{\circ}$ C, la precipitación máxima es alrededor de 1008.5 mm durante las épocas de invierno mientras que en verano 686,1 mm, dando un promedio de 890 mm (Morales, 2018).

El terreno cuenta con una extensión de 50 hectáreas con un tipo de suelo franco arenoso, la topografía es irregular un 30% plano y 70% laderas, el principal objetivo del predio es la producción de leche y cría de terneras para remplazo y venta, además un 20% de extensión se utiliza para cultivos de papa, la propiedad tiene dos estanques que sirven como reservorios de agua, infraestructura para ordeño, almacenamiento y viviendas (Anexo 1).

En el predio se maneja sistema de pastoreo rotacional para los animales, la mezcla forrajera es de gramíneas y leguminosas, las gramíneas son pasto

neozelandés (*Lolium x boucheanum*), llantén forrajero (*Plantago lanceolata*), y leguminosas como trébol blanco (*Trifolium repens*).

La rotación de los potreros se realiza cada 30-35 días, se maneja un sistema de fertilización con abono químico y orgánico, en épocas de verano los potreros se riegan por aspersión, el agua para consumo de los animales y lavado de los corrales proviene de la acequia, el agua pasa por un proceso de purificación antes de proveer a los animales, el agua para lavado interno (tuberías, pezoneras y tanque frío) del ordeño es potable.

En la propiedad se maneja un sistema de ordeño mecánico en forma de espina de pescado con 12 puestos y 6 juegos de pezoneras, se realizan dos ordeños al día, el primero a las 4:00 y el segundo a las 14:00. La bomba de ordeño modelo PV 1500 InterPuls® tiene una potencia de 5 HP y 1500 litros de vacío, que se encontró calibrada con un vacío de 48 kPa.

### **3.2 Población y muestra**

En la propiedad se encontraron un total de 110 animales de los cuales 70 animales en promedio están en producción, 20 son terneras de 0 a 6 meses, 20 vacas secas incluidas vacas y vaconas en maternidad. Las vaconas mayores a 6 meses de edad son trasladadas a otro predio para su crianza hasta alcanzar el peso adulto y concepción, 15 días antes del parto estas vacas de primer parto son trasladadas nuevamente al predio para continuar con su parto y lactancia.

Para el experimento se tomó en cuenta el total de animales que estuvieron en producción seleccionados bajo criterios de inclusión y exclusión (ver tabla 6). Las unidades experimentales fueron en promedio 70 vacas de biotipo lechero *Bos taurus* de las razas Holstein neozelandés, Jersey, Holstein Rojo y Montbeliarde, Línea Pizán; y cruces entre las mismas. El total de producción de litros diarios es de 1200-1400 diarios y 19,5 litros como promedio aproximado por vaca.

Los parámetros reproductivos del predio son: edad al primer servicio 19-24 meses, 40-60 días a primer servicio post-parto, 60-100 días abiertos, intervalo entre partos 360-375 días, 1.5 servicios por concepción, 5 % de descartes al año.

Los animales presentan curvas de lactancia de 305 días en promedio y con rangos de células somáticas (CCS) que van desde 190.000 a 240.000 CCS, el control de mastitis mediante CMT se realiza una vez al mes, la mayoría de casos son de mastitis subclínica.

El balanceado que se utiliza para las vacas en producción tiene 14% de proteína, grasa cruda 4%, fibra cruda 15%, ceniza 8%, humedad 13%, la cantidad administrada a cada vaca lactante va de 1-2 kg dependiendo de la producción de cada animal en el ordeño de la mañana y tarde.

Muestras para laboratorio: Se tomó 6 muestras del tanque frío para el conteo de células somáticas, 3 por cada tipo de pezonera en estudio, con un intervalo de 10 días para ser enviadas posteriormente a un laboratorio particular. Además, se tomó muestras para detección de mastitis mediante CMT, estas se realizaron pasando un día en el ordeño de la tarde con los dos tipos de pezoneras.

### **3.3 Materiales**

#### **3.3.1 De campo**

La lista de materiales e insumos utilizados en el estudio se observan en la tabla 3. Los equipos usados durante el estudio se muestran en la tabla 4.

Tabla 3

*Lista de materiales e insumos usados para el estudio.*

Descripción	Cantidad
Paletas para CMT color blancas	2
Reactivo CMT frascos (litros)	30
Recipiente dispensador de reactivo CMT 300 ml	1
Recipiente con fondo oscuro	1
Recipientes para selladores	2
Líquido sellante (canecas 20 litros)	2
Rollo papel secante	2
Guantes de látex (cajas 100 unidades)	2
Overol	1
Botas (pares)	2
Cronómetro	1
Registros	4
Esferos	2
Cámara fotográfica	1

Tabla 4

*Lista de equipos usados para el estudio.*

Descripción	Cantidad
Bomba de vacío InterPuls® Modelo PV 1500	1
Pezioneras convencionales	6 juegos
Pezioneras triangulares ventiladas Impulse Air	6 juegos
Colector Orbiter 250	6
Pulsadores Neumáticos InterPuls®	6
Manguera para leche (metros)	15
Manguera doble pulsación (metros)	18
Juego tubo corto negro	6
Gancho manguera ordeño	18
Calibrador de vacío DVG-T InterPuls®	1

### 3.3.2 De laboratorio

Frasco de orina estéril para toma de muestra de leche, cucharón, marcador y cinta adhesiva, guantes de latex, cofia, cooler para transporte de muestras.

### 3.3.3 De oficina

Computadora y programa estadístico IBM SPSS25®.

## 3.4 Variables analizadas

Las variables analizadas en este estudio se pueden observar en la tabla 5.

Tabla 5

*Variables del estudio de las pezoneras.*

Variables	Tipo de variable	Definición	Indicador	Unidad de medida	Instrumento
Tipo de pezonera	Cualitativa Independiente Nominal			N/A	Medición directa
Daño del pezón	Cualitativa Dependiente Nominal	Daño del pezón	Daño de acuerdo a cambios en la coloración y punta del pezón	Escala (Pol, 2006)	Medición directa
Presencia de Mastitis	Cualitativa Dependiente Ordinal	Medición indirecta de células somáticas	Medición con escala	Escala de mastitis (ver Anexo 16)	Paleta para análisis de muestras y reactivo CMT
Células somáticas en tina	Cuantitativa Dependiente Ordinal	Linfocitos que incluyen macrófagos, neutrófilos y células epiteliales de descamación	Cuantificación de células somáticas	Células somáticas	Medición en laboratorio Método: LVX-MAL-101
Tiempo de duración del Ordeño	Cuantitativa Dependiente Numérica	Tiempo de cada animal en ser ordeñado	En cada ordeño	Minutos y segundos	Cronómetro

Nota: En la tabla se muestran las variables a ser evaluadas en el estudio, N/A: no aplica.

### 3.5 Metodología

El trabajo fue llevado a cabo en 4 etapas 1) Selección de los animales, 2) Estandarización de protocolos utilizados en el experimento, 3) Evaluación de las pezoneras convencionales, 4) Evaluación de las pezoneras triangulares ventiladas.

#### 3.5.1 Selección de los animales

Por medio de criterios de inclusión y exclusión (ver tabla 6), se tomó en cuenta dos aspectos el primero es que los animales se encuentren en lactancia, a excepción de las vacas que estén en etapa de calostro y el segundo es que los animales se encuentren en rejo. Se juntaron y consolidaron a estos animales durante el periodo del 1 de agosto al 6 de octubre del 2019 para la evaluación.

La hacienda contaba con 110 animales en total de los cuales se juntaron y consolidaron a 72 animales en promedio para la evaluación con las pezoneras convencionales entre el 6 de agosto y el 4 de septiembre, para la segunda evaluación con las pezoneras triangulares ventiladas se utilizaron 70 animales en promedio durante el periodo del 9 de septiembre al 8 de octubre (ver Anexo 14).

Tabla 6

*Criterios de inclusión y exclusión.*

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Vacas que se encuentren en etapa de lactancia	Vacas que se encuentren en etapa de calostro
Vacas que se encuentren en rejo	Vacas que no se encuentren en rejo

Se menciona la media del número de animales en cada evaluación debido a que existieron variaciones durante el estudio, como, por ejemplo, algunos animales

fueron secados para ingresar al periodo de descanso preparto y otros animales nuevos ingresaron a la etapa de lactancia.

### 3.5.2 Estandarización de protocolos utilizados en el experimento

Tabla 7

*Protocolos utilizados durante el estudio*

Protocolo	Tiempo empleado	Responsable
Calibración del equipo de ordeño	15 minutos	Técnico de la empresa Interpuls®
Proceso de ordeño	1 hora y 30 minutos	Estudiante y trabajadores
Diagnóstico de mastitis	1 hora y 30 minutos	Estudiante y trabajadores
Tiempo de ordeño	1 hora y 30 minutos	Estudiante y trabajadores
Daño del pezón	1 hora y 30 minutos	Estudiante
Toma de muestras para conteo de células somáticas	10 minutos	Estudiante

#### 3.5.2.1 Calibración de equipo de ordeño

Para empezar el estudio, fue necesaria la estandarización de algunos protocolos durante 5 días (ver tabla 7), uno de ellos es para revisión y calibración de la máquina de ordeño, que en algunos de los casos puede encontrarse con fallas y ocasionar problemas a la hora del ordeño, con el fin de que la máquina de ordeño se encuentre en perfectas condiciones se utilizó el siguiente protocolo (ver Anexo 2).

### 3.5.2.2 Proceso de ordeño

Este procedimiento es importante para garantizar que las actividades se repitan durante el experimento y permita la recolección de datos confiables. La rutina de ordeño permite inocuidad del producto obtenido y que el procedimiento no afecte la salud de la ubre por sobre ordeño o sub ordeño. Este procedimiento fue aplicado a diario por lo que fue necesario capacitar al personal durante una semana previo al inicio del experimento (ver Anexo 8). El proceso utilizado se describe a continuación:

1. El personal encargado del ordeño debe tener la vestimenta adecuada y limpia como mandiles, overoles, botas de caucho y guantes.
2. Si los pezones se encuentran muy sucios con heces o barro lavar con agua limpia para tratar de retirar la mayor cantidad de materia orgánica y permitir que los desinfectantes hagan efecto.
3. Realizar un predipping o desinfección de pezones antes del ordeño con el objetivo de minimizar el número de gérmenes patógenos intramamarios que se localizan en las puntas de los pezones, para esto se utiliza yodo y el modo de aplicación es por inmersión con la ayuda de un vaso aplicador sin retorno, la cantidad estimada de es de 10 ml por vaca.
4. Realizar un despuntado de cada pezón en un recipiente de fondo oscuro para identificar leches anormales (mastitis, sangre), por lo menos se debe observar 3 chorros.
5. Secar los pezones usando papel absorbente con el objetivo de eliminar la suciedad y humedad, se debe utilizar un pedazo de papel individual por vaca.
6. La colocación de las pezoneras se debe realizar evitando causar estrés al animal, el tiempo recomendado va de 60-120 segundos para tener una adecuada curva de leche, es por esto que el personal debe estar capacitado.
7. Se debe retirar la pezonera cuando la vaca se encuentra totalmente ordeñada, esto es de acuerdo al volumen producido, se debe visualizar el colector ya que este es transparente para confirmar que ya no hay salida

de leche, si deja a la pezonera por mucho tiempo se produce un sobre ordeño y por ende daño del pezón.

8. Realizar un postdipping o desinfección de los pezones después del ordeño, con el objetivo de eliminar la película de leche que queda en la piel de los pezones, proteger la piel de los pezones, impedir la penetración de bacterias por el orificio del pezón, esto se realiza por inmersión con un vaso aplicador (Calvet et al., 2016a).

En cuanto al ingreso de los animales a la sala de ordeño, estos ingresarán del corral de espera 1 en grupos de 6 cuando el alimento concentrado y sal se hayan colocado en los comederos, es muy importante identificar a las vacas que se encuentren en tratamiento con fármacos que tengan tiempo de retiro en leche para ser ordeñadas al final, una vez que terminan el ordeño salen al corral de espera número 2 para esperar al resto de los animales y poder dirigirse al potrero (ver anexo 7).

### **3.5.3 Manejo del experimento**

Se manejaron los mismos protocolos con los dos tipos de pezoneras, el estudio empezó con 72 animales en promedio para la evaluación de las pezoneras convencionales entre el 6 de agosto y el 4 de septiembre. Una vez que se realizó la evaluación durante 30 días de las pezoneras convencionales con las que la hacienda “San Ignacio” contaba, se procedió al cambio e instalación de las nuevas pezoneras triangulares ventiladas esto a cargo del técnico enviado por la empresa distribuidora de dichas pezoneras (ver Anexo 9).

Se calibró la máquina de ordeño a 49 kPa, aumentando 1 kPa, anteriormente el ordeño funcionaba con 48 kPa con las pezoneras convencionales, debido a que estas pezoneras necesitan más vacío por su principal característica que es tener 4 orificios de vacío uno por cada pezonera, además se tapó el orificio de vacío que existe en el colector con masilla para soldadura para evitar caídas del vacío (ver Anexo 9).

Antes de iniciar con la segunda fase del estudio, hubo un periodo de adaptación de 5 días para que los animales se acostumbren a las nuevas pezoneras triangulares ventiladas, porque estas pezoneras realizan un masaje más suave sobre el pezón comparado con el masaje que realizan las pezoneras convencionales. Para la segunda evaluación con las pezoneras triangulares ventiladas se utilizaron 70 animales en promedio durante el periodo del 9 de septiembre al 8 de octubre.

### **3.5.4 Protocolos utilizados para evaluación en ambos tratamientos.**

#### **3.5.4.1 Protocolo para el diagnóstico de mastitis mediante California Mastitis Test (CMT)**

El diagnóstico de mastitis se realizó mediante la prueba California Mastitis Test (CMT) (Calvet et al., 2016b) (ver figura 9). Para la interpretación de los resultados del CMT fue utilizada la tabla 8 donde se muestran los niveles de mastitis y el conteo de células somáticas correspondientes al nivel de daño detectado con la prueba. Estos resultados fueron cotejados posteriormente con los reportes de la planta recolectora de leche. La toma de muestras para el CMT se hizo pasando un día, en un solo ordeño y todos los datos fueron registrados en el formato del anexo 3.

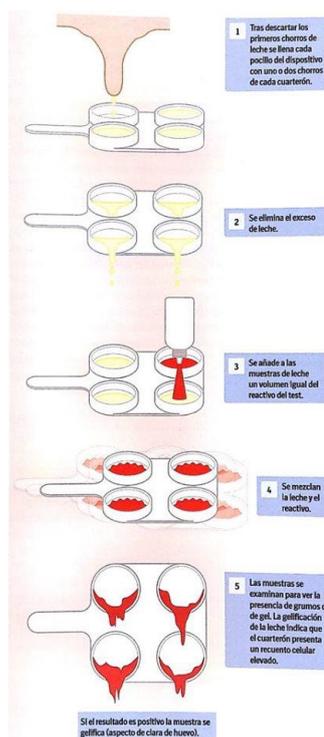


Figura 9. Procedimiento CMT. Tomado de Calvet et al., 2016a.

El procedimiento utilizado para la prueba CMT se describe a continuación:

1. El operario debe desinfectarse las manos con alcohol y utilizar guantes de látex.
2. Después del pre sellado y secado de los pezones, se elimina los primeros chorros de leche y se llena cada uno de los pocillos de la paleta con uno o dos chorros de cada cuarto.
3. Se elimina el exceso de leche.
4. Se añade a las muestras de leche un volumen igual del reactivo del test, por lo general 2 ml de leche y dos ml de reactivo en cada pocillo.
5. Se mezclan la leche y el reactivo.
6. Las muestras se examinan para ver la presencia de grumos o de gel, la leche que aumenta la viscosidad formando un gel indica que el cuarto presenta un recuento celular elevado, para la interpretación de resultados se utilizó la tabla 8.
7. Registrar los datos en una ficha de registro.

Tabla 8

*Interpretación de resultados CMT.*

Resultado	Reacción	Paleta CMT	Cel/ml
Negativo	La mezcla no cambia y se mantiene líquida de color azul.		<200.000
1	Mezcla viscosa que no se adhiere al fondo de color azul oscuro.		500.000- 1.000.000
2	Mezcla viscosa adherida al fondo de color azul violeta.		1.000.000- 5.000.000
3	Mezcla muy viscosa, formando un solo grumo e color violeta.		>5.000.000

Modificado de Pomaquero, 2016; Tomado de Hacienda "San Ignacio", Carchi – Ecuador.

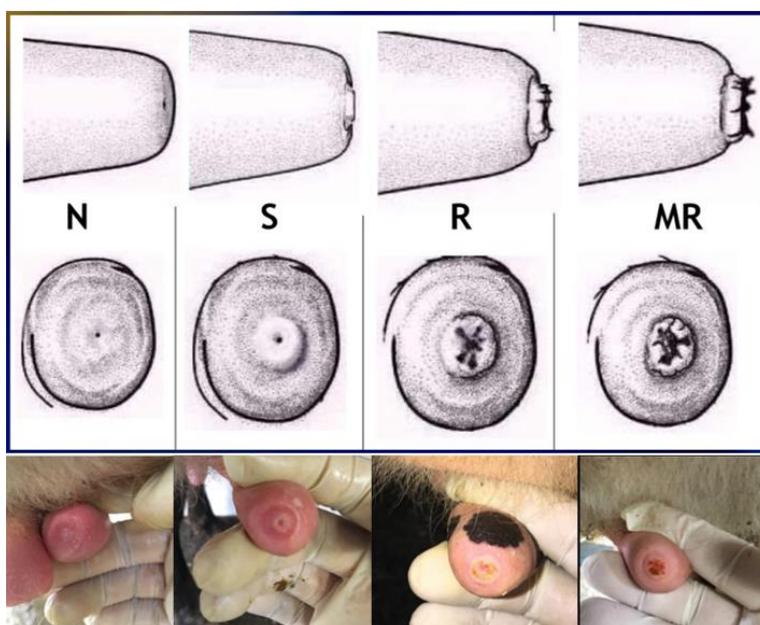
### 3.5.4.2 Protocolo para determinar el tiempo de ordeño

Se midió el tiempo de ordeño total para el grupo de animales, en minutos y segundos, se utilizó un cronometro simple o reloj para registrar el momento de inicio y fin del ordeño de todos los animales, se registraron los datos en una ficha de registro. Además, se utilizaron 12 animales para tomar el tiempo de manera individual, estos animales se encontraban en el segundo tercio de lactancia, raza Holstein Neozelandés, con edades de entre 4 a 6 años y 19 litros como promedio

de producción diaria. Los datos fueron recolectados por 5 días con las pezoneras convencionales y 5 días más con las pezoneras triangulares ventiladas, para la evaluación se trabajó con la media de los 5 días (ver Anexo 4). Es necesario mencionar que el tiempo de ordeño no se tomó en cuenta los días en los que se realizó la prueba de CMT.

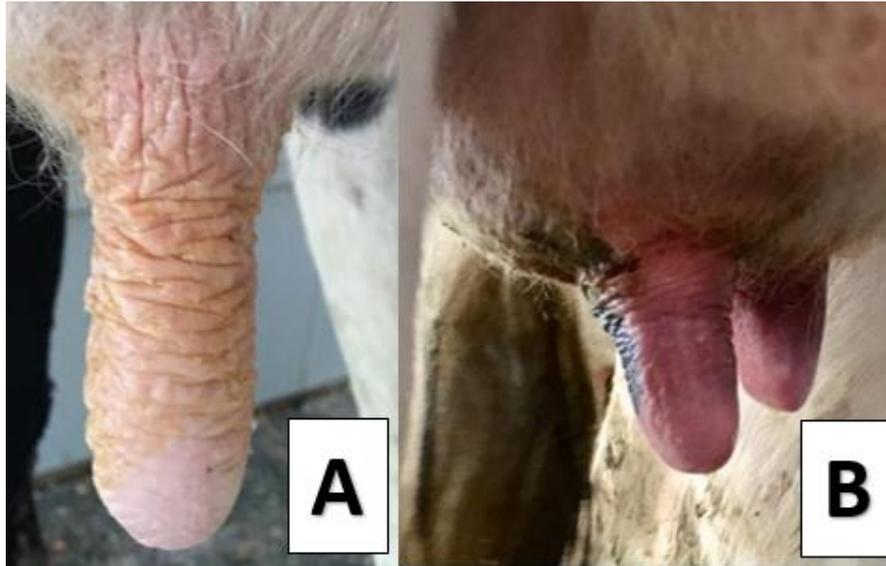
### 3.5.4.3 Protocolo para determinar el daño del pezón

Para determinar el daño del pezón después de retirar la pezonera, se tomaron en cuenta 3 aspectos: 1) el daño en la punta valorado mediante una escala (ver figura 10); 2) el color del pezón que se puede clasificar en 2 categorías: normal (color rosado) y congestionado (coloración violeta -cianótico- debido a sobre ordeño) como se puede observar en la figura 11; y, 3) la formación de un anillo en la base (ver figura 12). Todo este procedimiento se realizó una vez por semana desde el primer lunes que inició el experimento, y, se registraron las observaciones en un formato similar al Anexo 5.

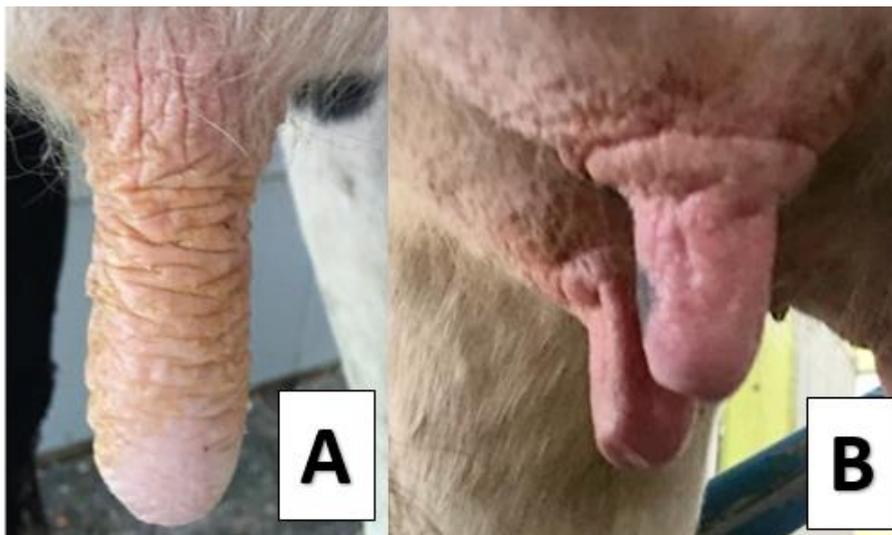


*Nota:* N, normal; S, suave; R, anillo rugoso; MR, anillo muy rugoso.

*Figura 10.* Escala para evaluar el daño en la punta del pezón. Adaptado de Pol, 2006; Tomado de Hacienda “San Ignacio”.



*Figura 11. A, pezón normal; B, pezón congestionado. Tomado de: Hacienda “San Ignacio”, Carchi – Ecuador.*



*Figura 12. A, pezón normal; B, pezón con formación del anillo en la base. Tomado de: Hacienda “San Ignacio”.*

Se realizó un análisis retrospectivo sobre el recuento de células somáticas de enero a julio del 2019 para determinar una línea base antes de empezar el estudio (ver Anexo 24). Los resultados fueron emitidos por la empresa procesadora de productos lácteos una vez por mes, durante el estudio se tomaron 6 muestras más del tanque frío (ver anexo 11), 3 por cada tipo de pezonera con un intervalo de 10 días cada una, posteriormente se enviaron a un

laboratorio particular, todos estos resultados de células somáticas fueron registrados en una ficha igual al formato del Anexo 6 y el proceso para la toma de muestras se puede observar a continuación:

#### **Protocolo para toma de muestras en tina**

1. Utilizar un frasco esterilizado para muestras de orina, envase debe tener una capacidad mínima de 50ml.
2. Utilizar un cucharon limpio, seco y estéril, el cual se ser de acuerdo al tamaño de la muestra, se debe introducir dos veces volcando el contenido dentro del mismo tarro.
3. Se debe extraer la leche con la ayuda de un cucharon, este debe ser introducido a unos 15-20 cm como mínimo bajo el nivel en que se encuentre la leche.
4. Devolver la leche que está en el cucharon en el recipiente para muestra tratando de evitar derrames.
5. Cerrar herméticamente el frasco de la muestra e identificarlo según la información que el laboratorio solicite.
6. Las muestras deben ser colocadas dentro de un cooler refrigerado e inmediatamente trasladar al laboratorio.
7. Evitar corrientes de aire y evitar hablar en la toma de muestras (AGROCALIDAD, 2015).

#### **3.5.5 Registro y tabulación de datos**

Los datos fueron consignados de forma periódica por medio de registros para mastitis, tiempo de ordeño, daño del pezón y células somáticas, la tabulación fue desarrollada por medio del Programa Microsoft Office Excel 2017® .

#### **3.5.6 Análisis y evaluación de variables**

El análisis estadístico sobre los resultados fue realizado por medio del programa IBM SPSS25®. Se realizó estadística descriptiva y la prueba Test-T para la

estadística inferencial en las variables tiempo de ordeño y células somáticas. En cuanto a las variables no paramétricas, se trabajó con la prueba U de Mann-Whitney para daño en la punta del pezón y Chi-cuadrado para presencia de anillo en la base del pezón, congestión del pezón y mastitis, con el objetivo de determinar si existe o no diferencia significativa entre los dos grupos en estudio.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados y Discusión

#### 4.1.1 Datos productivos de los animales utilizados para el estudio

En la tabla 9 se puede observar las edades del total de animales que se utilizaron para el estudio tomando en cuenta los registros del predio, se trabajó con 71 animales en promedio, la edad estuvo entre 3 a 10 años siendo la media de edad 5 años.

El número de partos del total de animales que se utilizaron para realizar el estudio tomando como referencia los registros (ver tabla 9), siendo 1 parto como mínimo y 7 partos como máximo dando una media de 3 partos por animal. Además, en la tabla 10 se puede observar el número de animales relacionado con el número de partos.

En la tabla 9 se muestra el volumen de litros de leche producidos por el total de animales en estudio, con un promedio de 71 animales en evaluación se obtuvo como mínimo 11 litros, máximo 38 litros y una media de 19,51 litros por animal al día.

Tabla 9

*Datos productivos de los animales en estudio.*

	N	Mínimo	Máximo	Media
Edad de los animales	71	3	10	5,08
Número de partos	71	1	7	3,03
Promedio producción de litros por día	71	11	28	19,51

Tabla 10

*Datos del número animales en relación al número de partos*

Número de partos	Número de animales
1	16
2	21
3	7
4	12
5	7
6	7
7	2

#### 4.1.2 Resultados sobre el daño del pezón

En la tabla 11 se muestran los porcentajes del daño en la punta del pezón clasificados con base en la escala mencionada anteriormente en la figura 10, en el muestreo 1 con las pezoneras convencionales se obtuvo un porcentaje de 6,94 % (5) de pezones tipo N, 47,22 % (34) de tipo S, 36,11 % (26) de tipo R y 9,72 % (7) de tipo MR, para el último muestreo con las mismas pezoneras tenemos N 0 % (0), S 35,62 % (26), R 45,20 % (33) y MR 19,18 % (14) debido que según la tabla 10 se encontraron en estudio 16 animales en primer parto que presentaron cambios.

En cuanto a las pezoneras triangulares ventiladas como se puede observar en la tabla 11, en el primer muestreo se obtuvo 0 % (0) de pezones en escala N, 30,98 % (22) en escala S, 46,48 % (33) en R y 22,53% (16) en escala R, estos por porcentajes aumentaron debido a que en este estudio se encontraban en su mayoría los mismos animales de la anterior evaluación con las pezoneras convencionales.

Se puede observar que para el cuarto y último muestreo con las pezoneras triangulares ventiladas los porcentajes en S 36,51 % (23) y R 47,61 % (30) aumentaron, pero se redujo en MR 15,87 % (10), obteniendo como resultado una

reducción en cuanto al porcentaje de puntas de pezones dañados en escala MR, en comparación con las pezoneras convencionales. Estos resultados se relacionan con lo establecido por Maris (2013), quien reporta una reducción del 31 % al 7 % en cuanto al porcentaje de puntas del pezón dañadas con la utilización de las pezoneras triangulares ventiladas, pero no menciona el número de parto de los animales y una escala para valorar el daño.

Tabla 11

*Porcentaje de pezones dañados en la punta de acuerdo a escala.*

Muestreo	N	%	S	%	R	%	MR	%	Total animales	
1	PC	5	6,94	34	47,22	26	36,11	7	9,72	72
	PTV	0	0	22	30,98	33	46,48	16	22,53	71
2	PC	5	6,94	28	38,89	28	38,89	11	15,28	72
	PTV	0	0	23	35,93	30	46,87	11	17,19	64
3	PC	2	2,81	31	43,66	29	40,84	9	12,67	71
	PTV	0	0	23	36,51	29	46,03	11	17,46	63
4	PC	0	0	26	35,62	33	45,20	14	19,18	73
	PTV	0	0	23	36,51	30	47,61	10	15,87	63

Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas; N: Pezón Normal; S: Suave; R: Rugoso, MR: Muy rugoso.

En la tabla 12 se puede observar que si existe diferencia significativa ( $p$ -valor  $<0.05$ ) entre las pezoneras convencionales vs triangulares ventiladas sobre el daño de pezón, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula. Guarín y otros, evaluaron 3696 pezones en 9 granjas lecheras de Wisconsin con pezoneras convencionales, de los cuales el 75,3% (2.782) calificaron N, 19,6 % (724) calificaron S, 4,3 % (158) calificaron R y 0,8 % (29) calificaron MR, además asocian los pezones con daño en la punta muy áspera o con ápices más anchos con un recuento elevado de células somáticas y mayor incidencia de mastitis subclínica (Guarín, Paixão, & Ruegg, 2017).

Tabla 12

*Análisis U de Mann-Whitney para los dos grupos en relación al daño de la punta del pezón mediante el programa estadístico SPSS.*

	Estado del daño del pezón
U de Mann-Whitney	32763,50
Sig. asintótica(bilateral)	0,005

Nota: Significancia asintótica bilateral: p-valor.

El porcentaje de pezones que presentan la formación de un anillo en la base (ver figura 12) después de retirar las pezoneras una vez culminado el ordeño se muestra en la tabla 13. En la primera evaluación con las pezoneras convencionales, el porcentaje de pezones con la formación del anillo estuvo entre 13,89-17,80 % (10-13) de los animales en los cuatro muestreos, mientras que en la segunda evaluación con las pezoneras triangulares ventiladas el porcentaje de pezones con la formación de un anillo en la base estuvo entre 1,41-4,76 % (1-3) de los animales.

Tabla 13

*Porcentaje de pezones que presentan o no un anillo en la base después del ordeño.*

Muestreo		NP	%	SP	%	Total Animales
1	PC	62	86,11	10	13,89	72
	PTV	70	98,59	1	1,41	71
2	PC	63	87,50	9	12,5	72
	PTV	61	95,31	3	4,69	64
3	PC	59	83,09	12	16,90	71
	PTV	60	95,23	3	4,76	63
4	PC	60	82,19	13	17,80	73
	PTV	61	96,86	2	3,17	63

NOTA: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas; NP: No presenta; SP: Si presenta.

Existe diferencia significativa ( $p$ -valor <0,05) entre los dos tipos de pezoneras en cuanto a la formación de un anillo (tabla 14), por ende, se rechaza la hipótesis nula.

En una granja de Alemania se observaron mensualmente 2.019 pezones en 135 vacas ordeñadas con pezoneras convencionales de las cuales el 33,8 % (683) presentaron la formación de un anillo en la base y el 66,2 % (1336) resultaron normales (Zoche-Golob et al., 2015). En una granja en Italia con 55 vacas raza Holstein en producción, se evaluaron las pezoneras convencionales vs triangulares ventiladas obteniendo como resultado que el 59% de los animales presentaban un anillo en la base del pezón con las pezoneras convencionales, mientras que con las triangulares ventiladas el porcentaje de pezones con anillo en la base se redujo a 31% (Difalco, Gambina, & Licitra, 2011).

Tabla 14

*Análisis Chi-cuadrado para la presencia o ausencia de un anillo en la base del pezón mediante el programa estadístico SPSS.*

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	21,968	1	,000
N de casos válidos	549		

Nota: Significancia asintótica bilateral: p-valor.

En la tabla 15 se indica el porcentaje de pezones que presentan una coloración normal o congestionada (ver Figura 11) después de retirar las pezoneras una vez culminado el ordeño. En la primera evaluación con las pezoneras convencionales, el porcentaje de pezones congestionados estuvo entre 4,11-9,72 % (3-7) en los cuatro muestreos, mientras que en la segunda evaluación con las pezoneras triangulares ventiladas el porcentaje de pezones congestionados fue 0% (0). Estos resultados concuerdan con la observación de Cossa en una granja de Italia, en la cual no se observaron pezones congestionados con la utilización de las pezoneras triangulares ventiladas (Cossa, 2019); mantener los niveles adecuados de vacío en el sistema de ordeño reducen en un 20 % la congestión del pezón de acuerdo a lo mencionado por Penry y otros (Penry et al., 2017).

Tabla 15

*Porcentaje de pezones que presentan coloración normal o congestionado después del ordeño.*

Muestreo		N	%	C	%	Total Animales
1	PC	65	90,28	7	9,72	72
	PTV	71	100	0	0	71
2	PC	67	93,06	5	6,94	72
	PTV	64	100	0	0	64
3	PC	66	92,96	5	7,04	71
	PTV	63	100	0	0	63
4	PC	70	95,89	3	4,11	73
	PTV	63	100	0	0	63

Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas; N: Normal; C: Congestionado.

Existe diferencia significativa ( $p$ -valor <0,05) entre los dos tipos de pezoneras de para la coloración y congestión del pezón después del ordeño, por lo cual se rechaza la hipótesis nula en este estudio como se puede observar en los resultados de la tabla 16.

Tabla 16

*Análisis Chi-cuadrado para la coloración del pezón mediante el programa estadístico SPSS.*

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	18,810	1	,000
N de casos válidos	549		

Nota: Significancia asintótica bilateral: p-valor.

#### **4.1.3 Resultados de CMT y mastitis de los dos tipos de pezoneras**

En la tabla 17 se puede observar el número y porcentaje de pezones que presentan diferentes grados de mastitis, pezones dañados y pezones sanos de acuerdo al CMT realizado en cada muestreo, además se identificó el cuarto afectado como se muestra en el anexo 10.

Tabla 17

*Resultados de mastitis por pezón mediante la prueba CMT por muestreo en los dos tipos de pezoneras en estudio.*

Muestreo		N	%	G1	%	G2	%	G3	%	CD	%	TP
1	PC	280	97,22	5	1,74	2	0,69	0	0,00	1	0,35	288
	PTV	274	96,48	5	1,76	3	1,06	0	0,00	2	0,70	284
2	PC	279	96,88	7	2,43	1	0,35	0	0,00	1	0,35	288
	PTV	277	97,54	5	1,76	0	0,00	0	0,00	2	0,70	284
3	PC	280	97,22	7	2,43	0	0,00	0	0,00	1	0,35	288
	PTV	277	97,54	4	1,41	1	0,35	0	0,00	2	0,70	284
4	PC	280	97,22	6	2,08	1	0,35	0	0,00	1	0,35	288
	PTV	279	98,24	1	0,35	2	0,70	0	0,00	2	0,70	284
5	PC	283	98,26	4	1,39	0	0,00	0	0,00	1	0,35	288
	PTV	279	98,24	3	1,06	0	0,00	0	0,00	2	0,70	284
6	PC	283	98,26	4	1,39	0	0,00	0	0,00	1	0,35	288
	PTV	252	98,44	1	0,39	1	0,39	0	0,00	2	0,78	256
7	PC	283	98,26	4	1,39	0	0,00	0	0,00	1	0,35	288
	PTV	248	98,41	2	0,79	0	0,00	0	0,00	2	0,79	252
8	PC	281	97,57	5	1,74	1	0,35	0	0,00	1	0,35	288
	PTV	249	98,81	0	0,00	1	0,40	0	0,00	2	0,79	252
9	PC	275	96,83	5	1,76	3	1,06	0	0,00	1	0,35	284
	PTV	246	97,62	1	0,40	2	0,79	1	0,40	2	0,79	252
10	PC	276	97,18	3	1,06	4	1,41	0	0,00	1	0,35	284
	PTV	248	98,41	2	0,79	0	0,00	0	0,00	2	0,79	252
11	PC	284	98,61	3	1,04	0	0,00	0	0,00	1	0,35	288
	PTV	246	97,62	2	0,79	2	0,79	0	0,00	2	0,79	252
12	PC	282	97,92	4	1,39	1	0,35	0	0,00	1	0,35	288
	PTV	245	97,22	3	1,19	2	0,79	0	0,00	2	0,79	252
13	PC	284	97,26	4	1,37	2	0,68	1	0,34	1	0,34	292
	PTV	247	98,02	2	0,79	1	0,40	0	0,00	2	0,79	252
14	PC	283	96,92	4	1,37	4	1,37	0	0,00	1	0,34	292
	PTV	246	97,62	1	0,40	3	1,19	0	0,00	2	0,79	252
15	PC	288	97,30	6	2,03	0	0,00	0	0,00	2	0,68	296
	PTV	247	98,02	1	0,40	2	0,79	0	0,00	2	0,79	252

Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas; N: Negativo; G1: Grado 1 Mastitis Subclínica; G2: Grado 2 Mastitis Subclínica; G3: Grado 3 Mastitis Clínica; CD: Cuarto Dañado; TP: Total pezones en cada muestreo.

En la tabla 18 se puede observar el total de pezones negativos y positivos a diferentes grados de mastitis al igual que los pezones dañados en los dos estudios, con la utilización de las pezoneras convencionales se evaluaron un total de 4328 pezones de los cuales el 97,52 % (4221) de los pezones resultados negativos a mastitis, el 1,64 % (71) presentaron mastitis de grado 1 (+), el 0,43

% (19) presentaron mastitis de grado 2 (++), el 0,02 % (1) presentaron mastitis de grado 3 (+++), el 0,37 % (16) eran cuartos dañados o no funcionales.

Para la segunda evaluación con las pezoneras triangulares ventiladas se evaluaron un total de 3944 pezones y como se indica en la tabla 18, el 97,87 % (3860) de los pezones resultaron negativos a mastitis, el 0,83 % (33) presentaron mastitis de grado 1 (+), el 0,50 % (20) presentaron mastitis de grado 2 (++), el 0,02 % (1) presentaron mastitis de grado 3 (+++), el 0,76 % (30) eran cuartos dañados o no funcionales. Estos resultados se relacionan con los de Maris (2013) quien menciona una reducción de 4,8 % por trimestre en el número de casos de mastitis, en granjas que utilizaron pezoneras triangulares ventiladas.

Tabla 18

*Resultados de mastitis total por pezón mediante la prueba CMT en los dos tipos de pezoneras en estudio.*

	N	%	G1	%	G2	%	G3	%	CD	%	TP
PC	4221	97,52	71	1,64	19	0,43	1	0,02	16	0,37	4328
PTV	3860	97,87	33	0,83	20	0,50	1	0,02	30	0,76	3944

Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas; N: Negativo; G1: Grado 1 Mastitis Subclínica; G2: Grado 2 Mastitis Subclínica; G3: Grado 3 Mastitis Clínica; CD: Cuarto Dañado; TP: Total pezones.

Si existe diferencia significativa entre los dos tipos de pezoneras en cuanto a los casos de mastitis de acuerdo al (*p-valor* <0,05) como se menciona en la tabla 19, por ende, se rechaza la hipótesis nula. No hubo variación en cuanto al total de litros producidos en el hato, debido a que no hubo diferencia significativa en cuanto a mastitis clínica.

Tabla 19

*Análisis chi-cuadrado para mastitis mediante el programa estadístico SPSS.*

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	16,508 <sup>a</sup>	4	,002
N de casos válidos	8272		

Nota: Significancia asintótica bilateral: p-valor.

#### 4.1.4 Resultados acerca del conteo de células somáticas

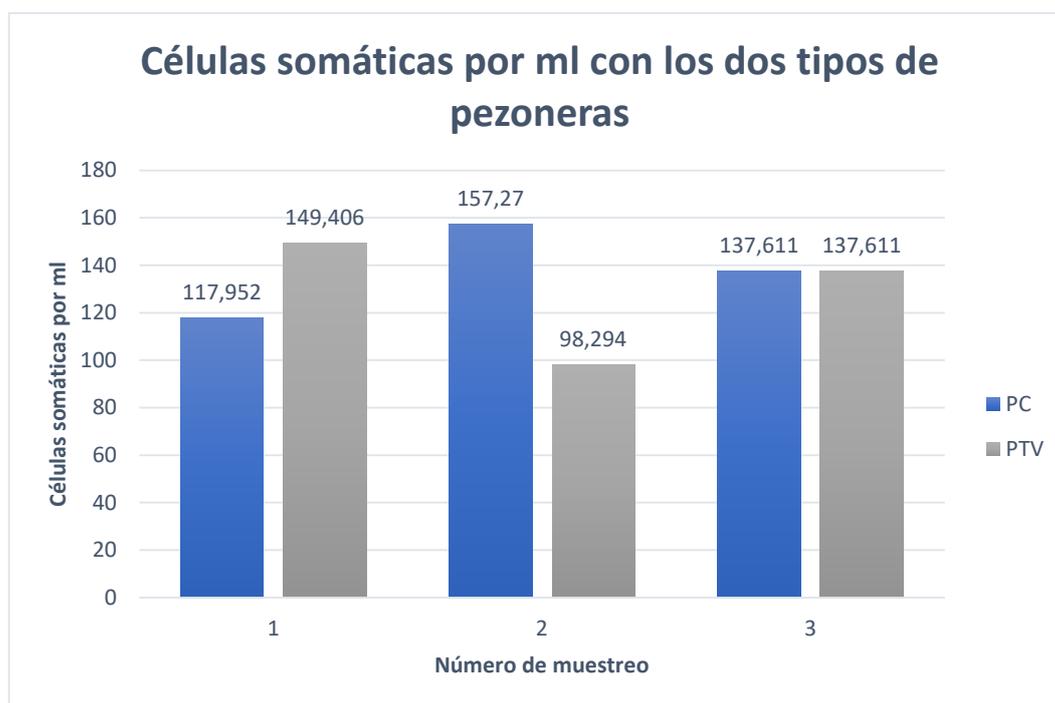
Se puede observar en la tabla 20 los resultados de cada muestreo con los dos tipos de pezoneras (ver figura 13), acerca del conteo de células somáticas por ml de todo el tanque frío (como se menciona anteriormente en el proceso para toma de muestras en tina) emitidos por el laboratorio como se puede observar en el anexo 12.

Tabla 20

*Conteo de células somáticas por ml en los dos grupos de pezoneras.*

Muestreo	PC	PTV
1	117,952	149,406
2	157,270	98,294
3	137,611	137,611

Nota: 1,2, 3: Número de muestreo; PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.



Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.

*Figura 13. Células somáticas por ml con los dos tipos de pezonera.*

En la tabla 21 se puede observar las medidas de tendencia central de células somáticas con los dos tipos de pezoneras, obteniendo una media de 137.611 cel/ml con las pezoneras convencionales y una media de 128.437 cel/ml con las pezoneras triangulares ventiladas. En el primer muestreo con las pezoneras triangulares ventiladas se observa un aumento en el conteo de células somáticas, este aumento se debió a que los animales estaban acostumbrándose al nuevo tipo de pezoneras (ver figura 13).

Tabla 21

*Análisis de medidas de tendencia central sobre el conteo de células somáticas en los dos estudios.*

		PC (cel/ml)	PTV (cel/ml)
Media		137,611	128,437
Error estándar de la media		11,35	15,45
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	88,77	61,95
	Límite superior	186,44	194,91
Mediana		137,61	137,61
Varianza		386,47	716,23
Desviación estándar		19,65	26,76
Mínimo		117,95	98,29
Máximo		157,27	149,40
Rango		39,31	51,11

Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.

De acuerdo con los valores de la tabla 21 existe una diferencia de 9.174 cel/ml, pero de acuerdo con la prueba t (ver tabla 22), cuando no se asumen varianzas iguales ( $p\text{-valor} > 0.05$ ), se acepta la hipótesis nula en la cual no existe diferencia entre los dos tipos de pezoneras en cuanto al conteo de células somáticas;

Tabla 22

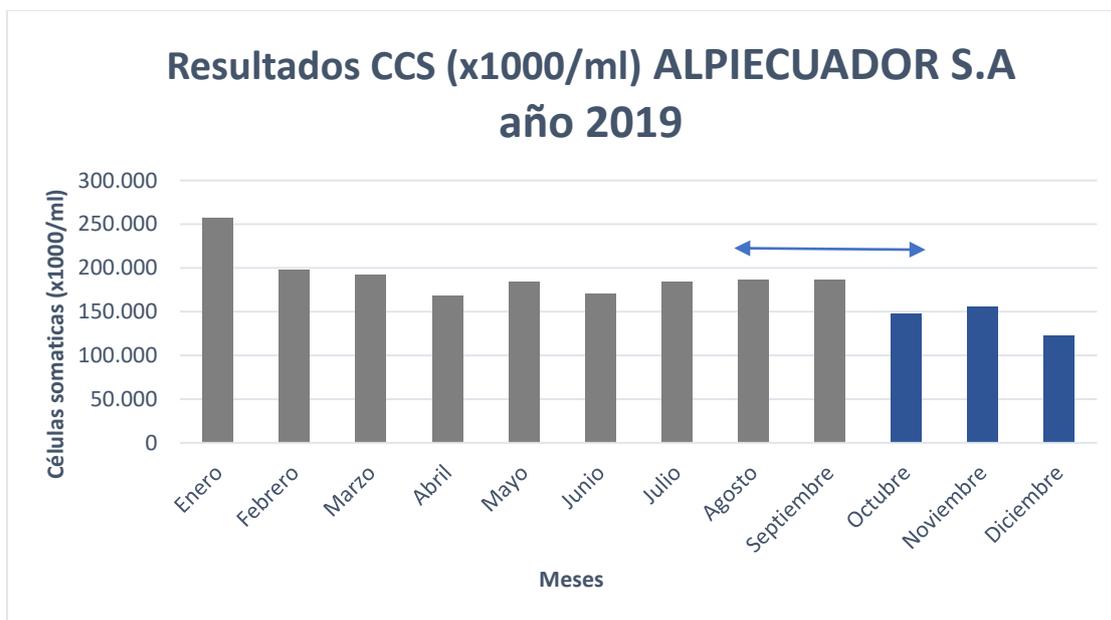
*Prueba t para la igualdad de medias en células somáticas.*

	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	,479	4	,657	9,174	19,172	-44,056	62,404
No se asumen varianzas iguales	,479	3.7	,659	9,174	19,172	-45,987	64,335

Nota: Significancia asintótica bilateral: p-valor.

Los resultados emitidos mensualmente por la empresa a la cual la hacienda provee la leche (ver Anexo 13 y 14), muestran que en el periodo de enero a septiembre con la utilización de las pezoneras convencionales hubo un promedio de 191.889 cel/ml (ver Figura 14), la hacienda se quedó con las pezoneras triangulares ventiladas una vez culminado el estudio, por lo tanto, en los meses de octubre a diciembre con las pezoneras triangulares ventiladas los niveles fueron de 141.667 cel/ml, teniendo como diferencia 50.222 cel/ml, dando un porcentaje de reducción del 26,17 %; estos resultados se asemejan a los mencionados con Machado que observó una reducción de 300.000 a 150.000 cel/ml en una granja con 2500 animales en Estados Unidos (Machado, 2018); Maris que con el uso de pezoneras triangulares ventiladas, las células somáticas bajaron 10.000 cel/ml en 20 granjas de Bélgica con un total de 1500 animales (Maris, 2013); de la misma manera Kuhn menciona valores de 74.000 cel/ml con las pezoneras triangulares ventiladas en Alemania (Kuhn, 2012).

En una granja de Italia de igual forma se evaluaron los dos tipos de pezoneras con 55 vacas raza Holstein, obtenido como resultado un conteo de células somáticas de 169.289 cel/ml con las pezoneras convencionales, mientras que con las pezoneras triangulares ventiladas este valor se redujo a 164.000 cel/ml (Difalco et al., 2011).



Nota: Color gris: Pezoneras convencionales; Color azul: Pezoneras triangulares ventiladas;  
 Flecha: Meses en los que se realizó el estudio.

*Figura 14.* Resultados Células somáticas (x1000/ml) ALPIECUADOR S.A. del año 2019.

#### 4.1.5 Análisis estadístico sobre el tiempo de ordeño del total de animales en producción

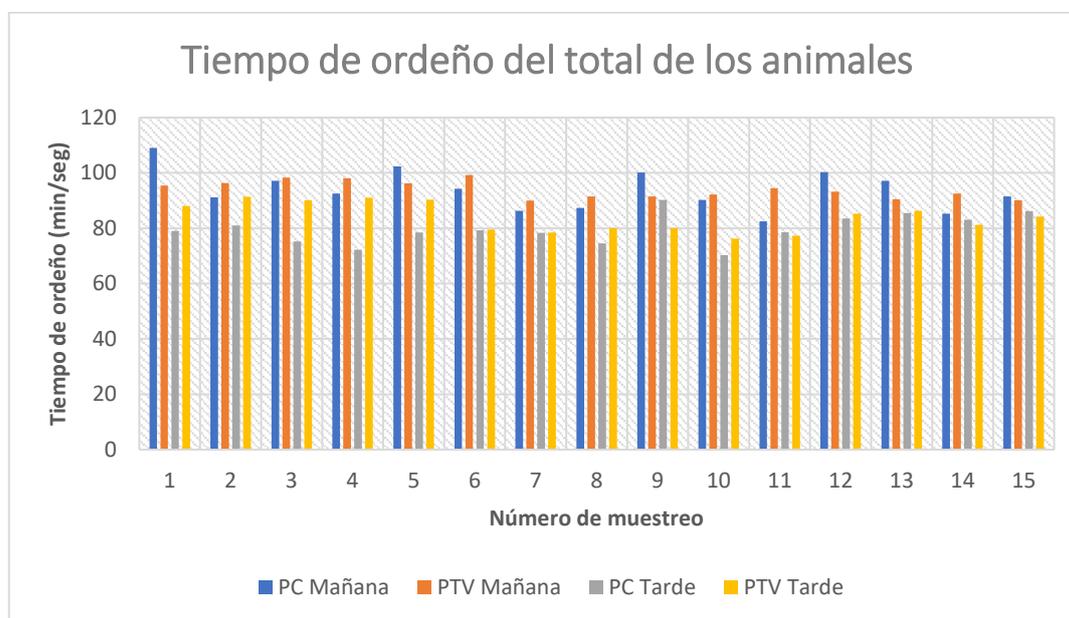
En la tabla 23 se puede observar el tiempo de ordeño en la mañana y tarde del total de animales en producción, se cronometra el tiempo en minutos y segundos, además se registró el número total de animales que estaban en ordeño, los datos fueron recolectados de 15 días con las pezoneras convencionales y 15 días más con las pezoneras triangulares ventiladas (ver figura 15).

Tabla 23

*Tiempo de ordeño (minutos) en la mañana y tarde del total de animales en producción.*

Animales en ordeño	PC		Animales en ordeño	PTV	
	Ordeño mañana	Ordeño tarde		Ordeño mañana	Ordeño tarde
72	109,10	79,03	73	95,44	88,09
72	91,12	81,06	73	96,39	91,44
72	97,12	75,19	73	98,37	90,11
72	92,60	72,22	73	98,06	91,05
72	102,4	78,50	73	96,24	90,38
72	94,30	79,32	73	99,24	79,55
72	86,29	78,33	66	90,03	78,42
72	87,40	74,56	66	91,46	80,06
72	100,12	90,22	66	91,45	80,11
72	90,23	70,28	66	92,22	76,23
71	82,51	78,58	69	94,49	77,36
73	100,24	83,49	69	93,22	85,31
73	97,11	85,45	69	90,48	86,34
72	85,33	83,12	69	92,56	81,23
74	91,45	86,23	69	90,14	84,28

Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.



Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.

**Figura 15.** Tiempo de ordeño en la mañana y tarde del total de los animales con los dos tipos de pezoneras.

Se puede observar en la tabla 24 las medidas de tendencia central del tiempo de ordeño en la mañana del total de animales con los dos tipos de pezoneras, obteniendo una media de 93,82 minutos con las pezoneras convencionales y una media de 93,99 minutos con las pezoneras triangulares ventiladas, teniendo como resultado una diferencia de 17 segundos.

Tabla 24

*Análisis de medidas de tendencia central sobre el tiempo de ordeño en la mañana del total de animales en producción.*

	PC (min)	PTV (min)
Media	93,82	93,99
Error estándar de la media	1,87	0,81
95% de intervalo de confianza para la media		
Límite inferior	89,81	92,25
Límite superior	97,83	95,72
Mediana	92,60	93,22
Varianza	52,51	9,85
Desviación estándar	7,25	3,14
Mínimo	82,51	90,03
Máximo	109,10	99,24
Rango	26,59	9,21

Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.

Las medidas de tendencia central del tiempo de ordeño en la tarde del total de animales con los dos tipos de pezoneras se muestran en la tabla 25, obteniendo una media de 79,71 minutos con las pezoneras convencionales y una media de 84,00 minutos con las pezoneras triangulares ventiladas, teniendo como resultado una diferencia de 4,29 minutos.

Tabla 25

*Análisis de medidas de tendencia central sobre el tiempo de ordeño en la tarde del total de animales en producción.*

	PC (min)	PTV (min)
Media	79,71	84,00
Error estándar de la media	1,40	1,38
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	76,71
	Límite superior	82,71
Mediana	79,03	84,28
Varianza	29,35	28,63
Desviación estándar	5,42	5,35
Mínimo	70,28	76,23
Máximo	90,22	91,44
Rango	19,94	15,21

Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.

En la tabla 26 se observa que no existe diferencia significativa ( $p\text{-valor} > 0,05$ ) en la prueba t cuando no se asumen varianzas iguales, para los dos tipos de pezoneras en el tiempo de ordeño en la mañana del total de animales en producción. Para el tiempo de ordeño en la tarde del total de animales en producción, se observan diferencias estadísticas ( $p\text{-valor} < 0,038$ ) por lo tanto se rechaza la hipótesis nula. Es necesario mencionar que el ordeño en la tarde dura menos tiempo que en la mañana, debido a que el volumen de leche producido por animal disminuye, por lo tanto, se ordeñan más rápido que en la mañana.

Tabla 26

*Prueba t para la igualdad de medias sobre el tiempo de ordeño en la mañana y tarde del total de animales en producción.*

		t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
							Inferior	Superior
Mañana	Se asumen varianzas iguales	-0,081	28	0,936	-0,164	2,039	-4,341	4,012
	No se asumen varianzas iguales	-0,081	19,07	0,936	-0,164	2,039	-4,431	4,101
Tarde	Se asumen varianzas iguales	-2,183	28	0,038	-4,292	1,966	-8,319	-0,264
	No se asumen varianzas iguales	-2,183	27,99	0,038	-4,292	1,966	-8,319	-0,264

Nota: Significancia asintótica bilateral: p-valor.

#### 4.1.6 Análisis estadístico sobre el tiempo de ordeño por animal

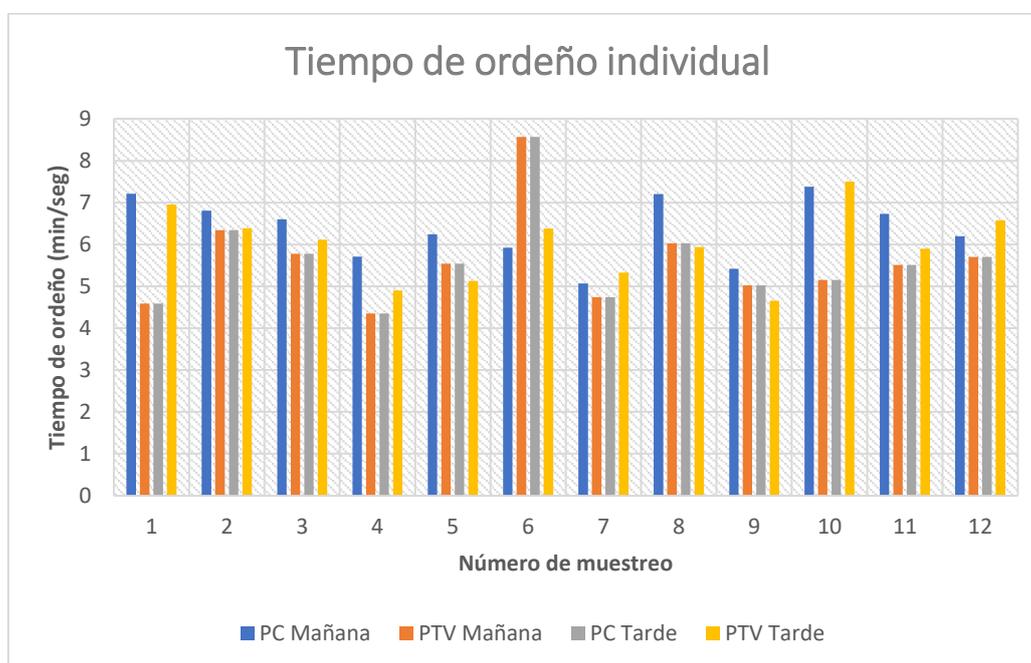
En la tabla 27 se muestra el tiempo de ordeño en la mañana y tarde por animal en producción, se cronometró el tiempo en minutos y segundos de 12 animales que presentaban similares características en cuanto a raza, edad, días en lactancia y promedio de producción, los datos fueron recolectados por 5 días con las pezoneras convencionales y 5 días más con las pezoneras triangulares ventiladas, para la evaluación se trabajó con la media de los 5 días (ver figura 16).

Tabla 27

*Tiempo de ordeño (minutos) promedio de los 5 muestreos en la mañana y tarde por animal en producción.*

	Mañana Media		Tarde Media	
	PC	PTV	PC	PTV
142	7,21	4,59	4,59	6,95
Adri	6,81	6,34	6,34	6,39
Alexandra	6,60	5,78	5,78	6,11
Andrea	5,71	4,35	4,35	4,90
Carolina	6,24	5,54	5,54	5,13
Josefa	5,92	8,57	8,57	6,38
Juli	5,07	4,74	4,74	5,33
Luciana	7,20	6,03	6,03	5,94
Mishell	5,42	5,02	5,02	4,66
Nina	7,38	5,15	5,15	7,50
Rosa	6,73	5,51	5,51	5,90
Tormenta	6,20	5,70	5,70	6,58

Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.



Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.

*Figura 16. Tiempo de ordeño individual en la mañana y tarde con los dos tipos de pezoneras.*

En la tabla 28 se observan las medidas de tendencia central del tiempo de ordeño en la mañana por animal con los dos tipos de pezoneras, obteniendo una media de 6,37 minutos con las pezoneras convencionales y una media de 6,96 minutos con las pezoneras triangulares ventiladas, teniendo como resultado una diferencia de 69 segundos.

Tabla 28

*Análisis de medidas de tendencia central sobre el tiempo de ordeño en la mañana por animal en producción.*

		PC (min)	PTV (min)
	Media	6,37	6,96
	Error estándar de la media	0,21	0,27
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,9023	6,3601
	Límite superior	6,8460	7,5732
	Mediana	6,4200	7,2550
	Varianza	0,552	0,911
	Desviación estándar	0,74265	0,95462
	Mínimo	5,07	5,55
	Máximo	7,38	8,09
	Rango	2,31	2,54

Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.

En la tabla 29 se puede observar las medidas de tendencia central del tiempo de ordeño en la tarde por animal con los dos tipos de pezoneras, obteniendo una media de 5,61 minutos con las pezoneras convencionales y una media de 5,98 minutos con las pezoneras triangulares ventiladas, teniendo como resultado una diferencia de 37 segundos. Estos resultados se asemejan a los recomendados por Calvet en donde menciona que la duración del ordeño de una vaca es de 5 minutos/vaca si la producción se encuentra entre 9 a 11 litros, aumentando un minuto por cada 4,5 litros más de producción, es decir una vaca en producción con un promedio de 19 litros debería tardarse entre 6 y 7 minutos (Calvet et al., 2016a).

Tabla 29

*Análisis de medidas de tendencia central sobre el tiempo de ordeño en la tarde por animal en producción.*

		PC (min)	PTV (min)
	Media	5,61	5.98
	Error estándar de la media	0,31	0,24
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,9070	5,4384
	Límite superior	6,3130	6,5233
	Mediana	5,5250	6,0250
	Varianza	1,224	0,729
	Desviación estándar	1,10649	0,85377
	Mínimo	4,35	4,66
	Máximo	8,57	7,50
	Rango	4,22	2,84

Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.

En la tabla 30 se observan los resultados para el tiempo individual medido en los dos ordeños (mañana y tarde); no existen diferencias significativas para la prueba t cuando no se asumen varianzas iguales, ( $p\text{-valor} > 0,05$ ), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que no existe diferencia significativa entre los dos tipos de pezoneras en cuanto al tiempo de ordeño por animal en producción.

Tabla 30

*Prueba t para la igualdad de medias sobre el tiempo de ordeño en la mañana y tarde por animal en producción.*

		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
							Inferior	Superior
M	Se asumen	-1,69	22,00	0,104	-0,592	0,349	-1,317	0,132
a	varianzas							
ñ	iguales							
a	No se asumen	-1,69	20,745	0,105	-0,592	0,349	-1,319	0,134
n	varianzas							
a	iguales							
T	Se asumen	-0,919	22,00	0,368	-0,371	0,403	-1,208	0,466
a	varianzas							
r	iguales							
d	No se asumen	-0,919	20,67	0,369	-0,371	0,403	-1,211	0,469
e	varianzas							
	iguales							

Nota: Significancia asintótica bilateral: p-valor.

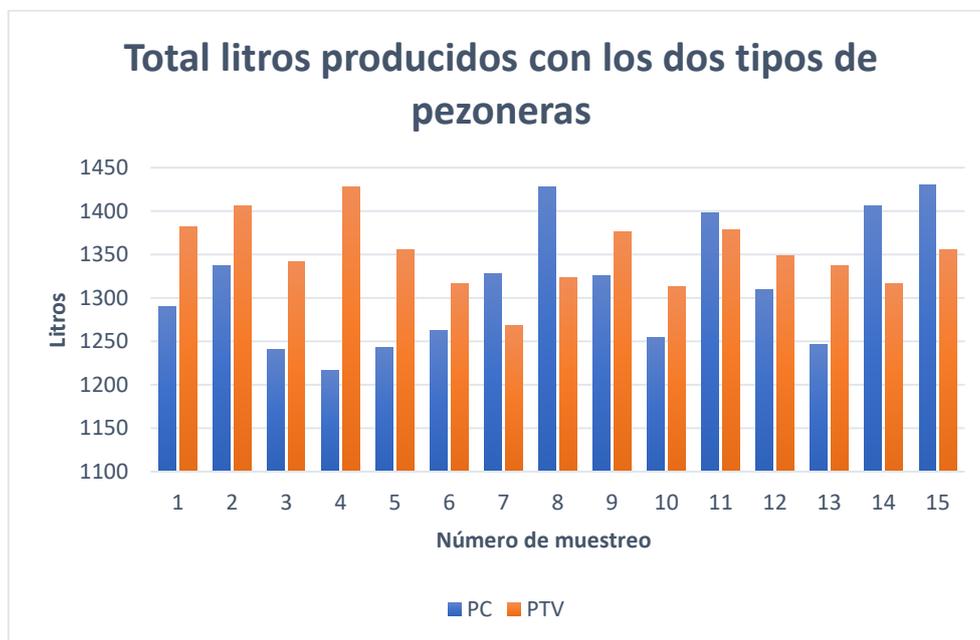
En la tabla 31 se puede observar el número de animales en producción y el total de litros producidos al día en los dos ordeños con los dos tipos de pezoneras. En el primer estudio con las pezoneras convencionales, durante 15 muestreos se trabajó con un promedio de 72 animales que produjeron 1314,26 litros promedio, mientras que en el segundo estudio con las pezoneras triangulares ventiladas se trabajó con un promedio de 69,8 animales que produjeron 1349,8 litros promedio (ver figura 17).

Tabla 31

*Número de animales y volumen de litros ordeñados con los dos tipos de pezoneras.*

PC		PTV	
Animales en ordeño	Total litros	Animales en ordeño	Total litros
72	1290	73	1382
72	1337	73	1406
72	1240	73	1342
72	1216	73	1428
72	1243	73	1356
72	1262	73	1317
72	1328	66	1268
72	1428	66	1323
72	1326	66	1376
72	1254	66	1313
71	1398	69	1378
73	1310	69	1349
73	1246	69	1337
72	1406	69	1316
74	1430	69	1356

Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.



Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.

*Figura 17. Total, de litros producidos con los dos tipos de pezoneras*

En la tabla 32 se observan las medidas de tendencia central del total de litros producidos diariamente con los dos tipos de pezoneras en todo el estudio. Con las pezoneras convencionales se obtuvo una media de 1314,27 litros mientras que con las pezoneras triangulares ventiladas la media fue 1349,80 litros, entre ambos grupos existió una diferencia de 35,53 litros, esta variación dependió del número de animales que conformaron cada grupo de estudio.

Tabla 32

*Análisis de medidas de tendencia central sobre el total de litros producidos con los dos tipos de pezoneras.*

		PC (litros)	PTV (litros)
	Media	1314,27	1349,80
	Error estándar de la media	18,83	10,48
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1273,87	1327,32
	Límite superior	1354,66	1372,28
	Mediana	1310,00	1349,00
	Varianza	5320,07	1648,31
	Desviación estándar	72,94	40,60
	Mínimo	1216,00	1268,00
	Máximo	1430,00	1428,00
	Rango	214,00	160,00

Nota: PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas.

En la tabla 33 se muestra la prueba t cuando no se asumen varianzas iguales, el *p-valor* es igual a 0,113 por lo tanto es mayor que 0,05 y se acepta la hipótesis nula, indicando que no existe diferencia significativa entre los dos tipos de pezoneras en cuanto al total de litros producidos en la hacienda.

Tabla 33

*Prueba t para la igualdad de medias sobre el total de litros producidos con los dos tipos de pezoneras.*

	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	- 1,64	28	0,110	-35,53	21,55	-79,68	8,61
No se asumen varianzas iguales	- 1,64	21,91	0,113	-35,533	21,55	-80,24	9,17

Nota: Significancia asintótica bilateral: *p-valor*.

## 4.2 Limitantes

La condición climática fue una de las principales limitantes para este estudio especialmente la lluvia y el frío en el mes de agosto que empezó el estudio, esta condición climática afectó a los animales en producción aumentando los casos de mastitis, estrés, aumento en el recuento de células somáticas, disminución de producción de leche y su vez el tiempo de ordeño, además de otras enfermedades como panadizo (Olde Riekerink, Barkema, & Stryhn, 2007).

El uso de las pezoneras triangulares ventiladas está limitado a las características de la bomba de vacío porque la presión que necesitan es mayor, por lo tanto, se debe verificar la capacidad de vacío de la bomba de acuerdo con la cantidad de juegos de pezoneras con las que vaya a trabajar el equipo para un correcto funcionamiento.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

Una vez culminado este estudio, se puede concluir que las pezoneras triangulares ventiladas demostraron mejores resultados frente a las pezoneras convencionales en los parámetros relacionados con la salud de la ubre y conteo de células somáticas, siendo esto un beneficio para el sector ganadero dedicado a la producción lechera que maneje sistemas de ordeño mecánico.

Las células somáticas disminuyeron con el uso de las pezoneras triangulares ventiladas en comparación con las pezoneras convencionales, según los informes mensuales emitidos por la empresa procesadora de productos lácteos durante el año 2019, lo que representó una bonificación económica de acuerdo a la empresa por cada litro de leche entregado.

El uso de las pezoneras triangulares ventiladas mantuvieron la salud del pezón, por sus principales características de efecto de vacío y la forma de la pezonera, reduciendo la formación de anillos en la base y pezones congestionados en comparación con las pezoneras convencionales, aun cuando el tiempo de ordeño entre los dos tipos de pezoneras no varió.

Las pezoneras triangulares ventiladas realizan un masaje de succión más suave que las convencionales sobre el pezón, por lo tanto, el número de casos de mastitis subclínica disminuyó en comparación con las pezoneras convencionales.

## 5.2 Recomendaciones

Evaluar los dos tipos de pezoneras con un sistema de ordeño mecánico que cuente con retiradores automáticos de pezoneras para tener una mayor precisión en cuanto al tiempo de ordeño por animal.

Evaluar los dos tipos de pezoneras tomando en cuenta una de las principales limitantes que es la condición climática.

Evaluar la calidad de la leche: proteína, sólidos y el beneficio costo del uso de las pezoneras sobre el precio pagado por litro de leche.

Tomar en cuenta un periodo de dos semanas como mínimo para que los animales se acostumbren al cambio de pezoneras convencionales a triangulares ventiladas, puesto que las nuevas pezoneras ejercen menor presión sobre el pezón y los animales no expulsan completamente la leche ya que estaban acostumbrados a un masaje con mayor presión.

Se recomienda tomar en cuenta las características de la bomba de vacío antes de la implementación de pezoneras triangulares ventiladas para un correcto desempeño.

Evaluar los dos tipos de pezoneras en otras especies productoras de leche que se manejen en sistemas de ordeños mecánicos como búfalos, cabras y ovejas.

## REFERENCIAS

- AGROCALIDAD. (2015). Instructivo para “Toma de Muestras de Leche Cruda.” *Laboratorio de Control de Calidad de La Leche*, (4), 1–17. Retrieved from <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/laboratorios/control-calidad-leche/instructivo-toma-de-muestra-leche-cruda-laboratorios-agrocalidad.pdf>
- Andrews, A., Blowey, R., Boyd, H., & Eddy, R. (2004). *Bovine Medicine. Diseases and Husbandry of Cattle*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Astiz, S. (2016). *Solomamitis*. Retrieved from <https://www.solomamitis.com/page/maquina-de-ordeno#equipo1>
- Bobić, T., Mijić, P., Vučković, G., Gregić, M., Baban, M., & Gantner, V. (2014). Morphological and milkability breed differences of dairy cows. *Mljekarstvo: Časopis Za Unaprjeđenje Proizvodnje i Prerade Mlijeka*, 64(2), 71-78.
- Callejo, A. (2013). *Maquinaria de ordeño*. Retrieved from <http://www.revistafrisona.com/Portals/0/articulos/n157/A15704.pdf?ver=2013-04-03-151122-857>
- Calvet, E., Cerviño, M., Echeverría, J., Jimenés, L., Rosich, A., Arias, R., & Palomino, A. (2016a). *Guía del asesor en calidad de leche Sentando las bases prácticas*. Barcelona-España: SERVET.
- Calvet, E., Cerviño, M., Echeverría, J., Jimenés, L., Rosich, A., Arias, R., & Palomino, A. (2016b). *Guía del asesor en calidad de leche Alcanzando objetivos*. Barcelona-España: SERVET.
- Castillo, Á. (2019). *Comunicación personal*.
- Cebrián, L., Pastor, J., Ramos, J., & Ferrer, L. (2011). *La exploración clínica del ganado vacuno*. Zaragoza-España: SERVET.
- Cossa, S. (2019). *Impulse Air Milk Liners - The most advanced Milk Liners*. Retrieved from [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=122&v=nBZBObsCVkk&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?time_continue=122&v=nBZBObsCVkk&feature=emb_logo)
- Cunningham, J. (2009). *Fisiología Veterinaria*. Madrid-España: ELSEVIER.
- Difalco, A., Gambina, M., & Licitra, G. (2011). *ROUND SHAPED LINERS VS. TRIANGULAR SHAPED LINER AND THEIR EFFECT ON THE TEAT END*

- CONDITION IN A DAIRY HERD LOCATED IN SOUTHEASTERN SICILY.*
- Dyce, K. M., Sack, W. O., & Wensing, C. J. G. (2012). *Anatomía Veterinaria*. México: El Manual Moderno.
- Escribano, A. (2015). *Lechería*. Retrieved from <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/funcionamiento-evaluacion-maquinas-ordeno-t26155.htm>
- Espadas, M. (2010). *El equipo de ordeño*. Retrieved from [http://m.remugants.cat/mobi/8/upload/ma\\_quina\\_de\\_munyir.pdf](http://m.remugants.cat/mobi/8/upload/ma_quina_de_munyir.pdf)
- Fox, L. (2013). *Can Milk Somatic Cell get too low? A question to be Revised*. National Mastitis Council. California: San Diego.
- Gonzales, K. (2018). *Zootecnia y Veterinaria*. Retrieved from <https://zoovetesmpasion.com/ganaderia/ordeno-mecanico/>
- Google Maps. (2017). Google Maps. Retrieved June 4, 2019, from <https://www.google.com/maps/@0.564087,-77.8032558,450m/data=!3m1!1e3>
- Guarín, J. F., Paixão, M. G., & Ruegg, P. L. (2017). Association of anatomical characteristics of teats with quarter-level somatic cell count. *Journal of Dairy Science*, *100*(1), 643–652. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11459>
- Guarín, J. F., & Ruegg, P. L. (2016). <em>Short communication:</em> Pre- and postmilking anatomical characteristics of teats and their associations with risk of clinical mastitis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *99*(10), 8323–8329. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10093>
- Harmon, R. J. (2001). Somatic Cell Counts: A primer. Annual proceedings. NMC.
- INEN. (2008). INTERNET ARCHIVE. Retrieved from <https://archive.org/details/ec.nte.0009.2008/page/n3/mode/2up>
- Ivemeyer, S., Simantke, C., Ebinghaus, A., Poulsen, P. H., Sorensen, J. T., Rousing, T., ... Knierim, U. (2018). Herd-level associations between human&#x2013;animal relationship, management, fecal cortisol metabolites, and udder health of organic dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *101*(8), 7361–7374. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13912>
- Jacobs, J. A., & Siegford, J. M. (2012). <em>Invited review:</em> The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and

- welfare. *Journal of Dairy Science*, 95(5), 2227–2247. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4943>
- Kuhn, M. (2012). Recuento de células mejorado con nuevos revestimientos triangulares. *Bauernblatt*.
- Machado, T. (2018). *Impulse Air*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=ryocTQf-6GM>
- Maris. (2013). MilkRite. Retrieved from <https://www.agrilac.co/pezoneras-trianguulares-ventajas/>
- Melvin, J. M., Heuwieser, W., Virkler, P. D., Nydam, D. V., & Wieland, M. (2019). Machine milking–induced changes in teat canal dimensions as assessed by ultrasonography. *Journal of Dairy Science*, 102(3), 2657–2669. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14968>
- Morales, K. (2018). *Lactoinducción por medio de hormonas, en vacas holstein con problemas reproductivos en la hacienda “Los Arrayanes” ubicada en cantón Montufár provincia del Carchi*. Universidad de las Americas. (Trabajo de Titulación). Ecuador.
- Nørstebø, H., Rachah, A., Dalen, G., Østerås, O., Whist, A. C., Nødtvedt, A., & Reksen, O. (2019). Large-scale cross-sectional study of relationships between somatic cell count and milking-time test results in different milking systems. *Preventive Veterinary Medicine*, 165, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.02.007>
- Olde Riekerink, R. G. M., Barkema, H. W., & Stryhn, H. (2007). The Effect of Season on Somatic Cell Count and the Incidence of Clinical Mastitis. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 1704–1715. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-567>
- Penry, J. F., Upton, J., Mein, G. A., Rasmussen, M. D., Ohnstad, I., Thompson, P. D., & Reinemann, D. J. (2017). Estimating teat canal cross-sectional area to determine the effects of teat-end and mouthpiece chamber vacuum on teat congestion. *Journal of Dairy Science*, 100(1), 821–827. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11533>
- Pol, M. (2006). Maquina de ordeñar y score de pezones. Retrieved from [http://www.apocal.com.ar/wp-content/uploads/Score\\_pezones\\_Pol.pdf](http://www.apocal.com.ar/wp-content/uploads/Score_pezones_Pol.pdf)
- Pomaquero, M. (2016). *Estudio integral de la mastitis bovina para controlar su*

- incidencia en la comunidad de San Pedro de Iguazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Trabajo de Titulación). Ecuador.
- Ponce, L. (2010). Componentes de una instalación de ordeño mecánico. Retrieved from [http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/358/1/componentes\\_basicos\\_de\\_una\\_instalacion\\_de\\_ordeno\\_mecanico.pdf](http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/358/1/componentes_basicos_de_una_instalacion_de_ordeno_mecanico.pdf)
- Rebhun, W. (2007). *Enfermedades del ganado vacuno lechero*. Zaragoza-España: ACRIBIA, S.Aa.
- Recee, W. (2004). *Fisiología de los animales domésticos*. Zaragoza-España: Acribia.
- Redondo, P. (2003). Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Agrícola. Retrieved from [http://lan.inea.org:8010/web/zootecnia/Instalaciones/Visitas\\_virtuales/maq\\_ordeno.htm](http://lan.inea.org:8010/web/zootecnia/Instalaciones/Visitas_virtuales/maq_ordeno.htm)
- Romero, G., Muelas, R., Díaz, J., & Such, X. (2004). *Anatomía y morfología del pezón en ganado vacuno. En efectos del ordeño mecánico en el estado del pezón*.
- Sacristan, A. (2002). *Fisiología Veterinaria*. Buenos Aires-Argentina: McGRAW HILL.
- Sánchez, M. (2016). El ordeño y su rutina. Retrieved from [http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/16\\_20\\_02\\_tema\\_9chico2.pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/16_20_02_tema_9chico2.pdf)
- Sisson, S., & Grossman, J. D. (2009). *Anatomía de los animales domésticos*. Barcelona-España: ELSEVIER MASSON.
- VanBaale, Matthew Smith, John Armstrong, Dennis Harner, J. (2004). Making Decisions Regarding the Balance between Milk Quality, Udder Health, and Parlor Throughput. *The University of Arizona Cooperative Extension*. Retrieved from <https://extension.arizona.edu/pubs/making-decisions-regarding-balance-between-milk-quality-udder-health-parlor-throughput>
- Zoche-Golob, V., Haverkamp, H., Paduch, J.-H., Klocke, D., Zinke, C., Hoedemaker, M., ... Krömker, V. (2015). Longitudinal study of the effects of teat condition on the risk of new intramammary infections in dairy cows.

*Journal of Dairy Science*, 98(2), 910–917. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8446>

Zwertvaegher, I., De Vliegheer, S., Verbist, B., Van Nuffel, A., Baert, J., & Van Weyenberg, S. (2013). *Short communication:* Associations between teat dimensions and milking-induced changes in teat dimensions and quarter milk somatic cell counts in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(2), 1075–1080. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5636>

## **ANEXOS**

## **Anexo 1. Ubicación y extensión del predio tomado para el estudio.**



Fuente: (Google Maps, 2017).

## **Anexo 2. Protocolo para revisión de las máquinas de ordeño.**

### **Protocolo para revisión de las máquinas de ordeño.**

Antes de empezar el ordeño se debe tomar en cuenta 4 puntos importantes:

1. Comprobar que las pezoneras no se encuentren retorcidas.
2. Puntos de ordeño: revisar el grado de limpieza externa
3. Los orificios de admisión de aire deben estar limpios y sin obstrucciones
4. Las gomas de las pezoneras, tubos cortos y largos de leche y pulsación se debe comprobar que no tengan rupturas.

Los flujos de leche y tiempo de ordeño son muy importantes la duración del ordeño debe ser de aproximadamente de 5 minutos para vacas que producen de





## Anexo 6. Ficha de registro para células somáticas.

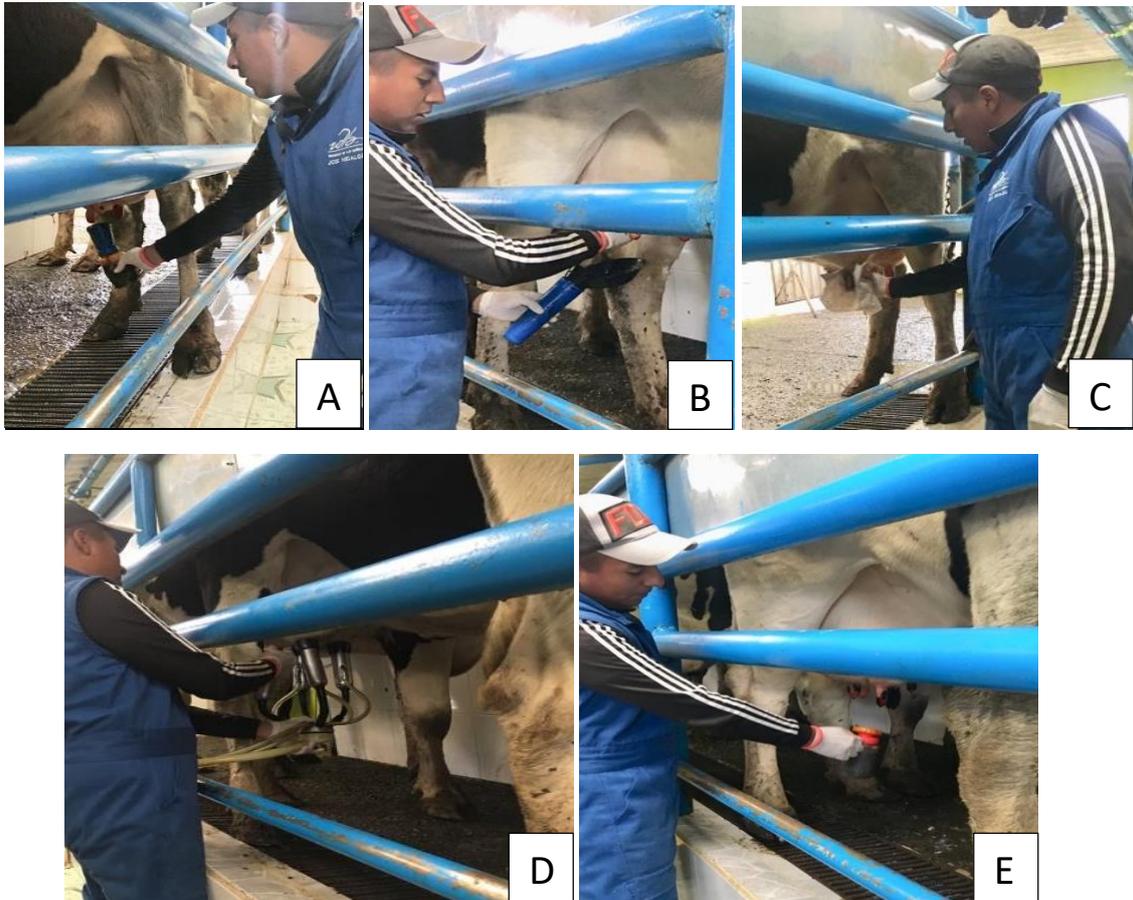
 <b>REGISTRO PARA CÉLULAS SOMÁTICAS</b>			
Fecha Toma muestra	Fecha envío de muestra	Encargado	Resultados

## Anexo 7. Animales en el corral de espera para el ordeño.



A) Animales en el corral de espera antes de ser ordeñados. B) Animales en la sala de ordeño.

## Anexo 8. Proceso de la rutina de ordeño.



A) Presellado. B) Despuntado y prueba de fondo oscuro. C) Secado. D) Colocación de la pezonera. E) Sellado.

## Anexo 9. Instalación de pezoneras triangulares ventiladas.



A) Pezoneras convencionales. B) Pezoneras triangulares ventiladas. C) Calibración de la máquina de ordeño. D) Instalación a cargo del técnico de la empresa.

## Anexo 10. Resultado de mastitis por pezón.

		AD					AI					PD					PI				
		N	G 1	G 2	G 3	C D	N	G 1	G 2	G 3	C D	N	G 1	G 2	G 3	C D	N	G 1	G 2	G 3	C D
1	PC	71	1	0	0	0	70	1	1	0	0	71	0	1	0	0	68	3	0	0	1
	PTV	70	0	1	0	0	68	3	0	0	0	68	1	2	0	0	68	1	0	0	2
2	PC	71	1	0	0	0	67	4	1	0	0	71	1	0	0	0	70	1	0	0	1
	PTV	70	1	0	0	0	68	3	0	0	0	70	1	0	0	0	69	0	0	0	2
3	PC	70	2	0	0	0	68	4	0	0	0	72	0	0	0	0	70	1	0	0	1
	PTV	71	0	0	0	0	68	2	1	0	0	70	1	0	0	0	68	1	0	0	2
4	PC	71	1	0	0	0	70	2	0	0	0	68	3	1	0	0	71	0	0	0	1
	PTV	71	0	0	0	0	70	0	1	0	0	69	1	1	0	0	69	0	0	0	2
5	PC	72	0	0	0	0	70	2	0	0	0	71	1	0	0	0	70	1	0	0	1
	PTV	71	0	0	0	0	70	1	0	0	0	69	2	0	0	0	69	0	0	0	2
6	PC	71	1	0	0	0	70	2	0	0	0	72	0	0	0	0	70	1	0	0	1
	PTV	64	0	0	0	0	63	0	1	0	0	63	1	0	0	0	62	0	0	0	2
7	PC	71	1	0	0	0	71	1	0	0	0	71	1	0	0	0	70	1	0	0	1
	PTV	63	0	0	0	0	63	0	0	0	0	61	2	0	0	0	61	0	0	0	2
8	PC	72	0	0	0	0	69	2	1	0	0	71	1	0	0	0	69	2	0	0	1
	PTV	63	0	0	0	0	63	0	0	0	0	62	0	1	0	0	61	0	0	0	2
9	PC	70	0	1	0	0	68	2	1	0	0	68	2	1	0	0	69	1	0	0	1
	PTV	62	0	0	1	0	62	0	1	0	0	61	1	1	0	0	61	0	0	0	2
10	PC	69	0	2	0	0	68	1	2	0	0	71	0	0	0	0	68	2	0	0	1
	PTV	63	0	0	0	0	63	0	0	0	0	61	2	0	0	0	61	0	0	0	2
11	PC	72	0	0	0	0	70	2	0	0	0	71	1	0	0	0	71	0	0	0	1
	PTV	63	0	0	0	0	62	1	0	0	0	60	1	2	0	0	61	0	0	0	2
12	PC	70	1	1	0	0	71	1	0	0	0	72	0	0	0	0	69	2	0	0	1
	PTV	62	0	1	0	0	62	1	0	0	0	61	1	1	0	0	60	1	0	0	2
13	PC	71	2	0	0	0	70	1	1	1	0	73	0	0	0	0	70	1	1	0	1
	PTV	62	1	0	0	0	63	0	0	0	0	61	1	1	0	0	61	0	0	0	2
14	PC	71	0	2	0	0	70	2	1	0	0	71	1	1	0	0	71	1	0	0	1
	PTV	62	1	0	0	0	61	0	2	0	0	62	0	1	0	0	61	0	0	0	2
15	PC	71	3	0	0	0	73	1	0	0	0	73	1	0	0	0	71	1	0	0	2
	PTV	63	0	0	0	0	61	1	1	0	0	62	0	1	0	0	61	0	0	0	2

NOTA: 1-15: Número de muestreo; PC: Pezoneras convencionales; PTV: Pezoneras triangulares ventiladas; AD: Cuarto anterior derecho; AI: Cuarto anterior izquierdo; PD: Cuarto posterior derecho; PI: Cuarto posterior izquierdo; N: Negativo; G1: Grado 1 Mastitis Subclínica; G2: Grado 2 Mastitis Subclínica; G3: Grado 3 Mastitis Clínica; CD: Cuarto Dañado.

## Anexo 11. Toma y envío de muestras al laboratorio para conteo de células somáticas.



A) Materiales. B) Lavado y desinfección de manos. C) Toma de muestra del tanque de enfriamiento. D) Rotulado de la muestra. E) Refrigeración y envío de muestra.

## Anexo 12. Resultados de células somáticas por el laboratorio.



Carlos Alvarado N50-09 y Los Álamos  
Telf: 2411-637 / 095003160 Fax: 2412-494  
e-mail: resultados@livex.com.ec Quito-Ecuador

### INFORME DE RESULTADOS

<b>CASO:</b>	T-2636	<b>MUESTRAS:</b>	Leche (1)
<b>CLIENTE:</b>	Victoria Hidalgo	<b>ESPECIE:</b>	Bovina
<b>PROPIETARIO:</b>	Victoria Hidalgo	<b>RAZA:</b>	No Informa
<b>DIRECCION DEL PROPIETARIO:</b>	Carchi, San Gabriel	<b>SEXO:</b>	H
<b>HACIENDA:</b>	San Ignacio	<b>EDAD:</b>	No Informa
<b>DIRECCION DEL PREDIO:</b>	Carchi, San Gabriel	<b>TELEFONO:</b>	0981460365
<b>MEDICO REMITENTE:</b>	José Hidalgo	<b>RESPONSABLE:</b>	Cristina Montalvo
<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA:</b>	26/09/2019	<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO:</b>	18 ° C – 25 ° C
<b>FECHA DE RECEPCION:</b>	27/09/2019		
<b>FECHA DE ANALISIS:</b>	27/09/2019		
<b>FECHA DE EMISION DEL INFORME:</b>	30/09/2019		

<b>Pruebas Solicitadas:</b> Recuento de células somáticas	<b>Tratamientos antes de la toma de muestra:</b> No Informa
---	--

### RESULTADOS

<b>Prueba:</b>	Recuento células somáticas	<b>Método:</b>	Recuento Células somáticas (LVX-MAL-101)
----------------	----------------------------	----------------	--

No	IDENTIFICACION	RESULTADO	
T-2636-1	H.S. I. N.6	98.294	Cel./ml

### INTERPRETACION:

Relación entre el contenido de células de la leche de tanque y el estado sanitario de los animales:

Contenido celular / ml	Valoración del estado sanitario	Porcentaje de vacas infectadas (%)	Acción a tomar
Menos de 200.000	Excelente	4 %	Vigilancia Permanente
De 200.000 a 500.000	Bueno Puede mejorar	11 %	Vigilancia, Análisis de laboratorio
De 500.000 a 700.000	Malo	19 %	Análisis de laboratorio, Medidas de higiene, tratamiento.
> 700.000	EN EMERGENCIA	45%	Análisis de laboratorio, Medidas de higiene, tratamiento.



**Anexo 14. Análisis retrospectivo del conteo de células somáticas de enero a julio del 2019.**

<b>ALPIECUADOR S.A PLANTA SAN GABRIEL</b>	
<b>Mes</b>	<b>CCS (x1000/ml)</b>
Enero	257.000
Febrero	198.000
Marzo	192.000
Abril	168.000
Mayo	184.000
Junio	170.000
Julio	184.000
Agosto	187.000
Septiembre	187.000
Octubre	147.000
Noviembre	155.000
Diciembre	123.000

