

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**  
**Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria**



**Estudio comparativo de dos métodos de  
Recuento de Células Somáticas en leche, en  
el fundo San Francisco, del distrito de  
Tumbadén, provincia de San Pablo,  
Cajamarca**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinario

Presentada por  
**Anali Yaquelín Pablo Paredes**

Asesor  
**Dr. Giuseppe Martín Reyna Cotrina**

**Cajamarca - Perú**

**2025**

**CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD**

1. **Investigador:** Anali Yaquelín Pablo Paredes  
DNI: 75614970  
Escuela Profesional: Medicina Veterinaria
2. **Asesor:** Dr. Giuseppe Martín Reyna Cotrina
3. **Facultad:** Ciencias Veterinarias
4. **Grado académico o título profesional:** Título Profesional
5. **Tipo de Investigación:** Tesis
6. **Título de Trabajo de Investigación:** "ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS MÉTODOS DE RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS EN LECHE, EN EL FUNDO SAN FRANCISCO, DISTRITO DE TUMBADÉN, PROVINCIA DE SAN PABLO, CAJAMARCA"
7. **Fecha de Evaluación:** 9 de junio del 2025
8. **Software Anti plagio:** Turnitin
9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 15 %
10. **Código Documento:** oid: 3117:465877941
11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** Aprobado



Universidad Nacional de Cajamarca  
Facultad de Ciencias Veterinarias

Dr. Wilder Quispe Urteaga  
Director de la Unidad de Investigación

Fecha Emisión: 10 de junio de 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA  
Fundada Por Ley N°14015 Del 13 De Febrero De 1962  
UNIVERSIDAD LICENCIADA  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS  
DECANATO  
Av. Atahualpa 1050 – Ciudad Universitaria Edificio 2F – 205 Fono 076 365852



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, siendo las once horas del día veintitrés de mayo del dos mil veinticinco, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Veterinarias “**César Bazán Vásquez**” de la Universidad Nacional de Cajamarca los integrantes del jurado calificador, designados por el Consejo de Facultad, con el objeto de evaluar la sustentación de Tesis titulada: “**ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS MÉTODOS DE RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS EN LECHE, EN EL FUNDO SAN FRANCISCO, DISTRITO DE TUMBADÉN, PROVINCIA DE SAN PABLO, CAJAMARCA**” asesorada por el docente **Dr. Giuseppe Martín Reyna Cotrina** y presentada por la Bachiller en Medicina Veterinaria: **ANALI YAQUELÍN PABLO PAREDES**.

Acto seguido el presidente del jurado procedió a dar por iniciada la sustentación y para los efectos del caso se invitó a la sustentante a exponer su trabajo.

Concluida la exposición de la Tesis, los miembros del jurado calificador formularon las preguntas que consideraron convenientes relacionadas con el trabajo presentado; asimismo, el presidente invitó al público asistente a formular preguntas concernientes al tema.

Después de realizar la calificación de acuerdo a las pautas de evaluación señaladas en el Reglamento de Tesis, el Jurado Calificador acordó: **APROBAR** la sustentación de Tesis para optar el Título Profesional de **MÉDICO VETERINARIO**, con el calificativo final obtenido de **DIECISIETE (17)**.

Siendo las doce horas y diez minutos del mismo día, el presidente del Jurado Calificador dió por concluido el proceso de sustentación.

  
Dr. JORGE BERNARDO GAMARRA ORTIZ  
PRESIDENTE

  
Dr. JOSÉ FERNANDO CORONADO LEÓN  
SECRETARIO

  
Dr. JOSÉ ANTONIO NIÑO RAMOS  
VOCAL

  
Dr. GIUSSEPE MARTÍN REYNA COTRINA  
ASESOR

## DEDICATORIA

*A Dios, por brindarme la fortaleza y no dejar que me rinda día a día.*

*A mi mamá María Isidora Paredes Burgos, por ser una de las personas más importantes en mi vida y haber creído en mí ciegamente, por nunca dejarme sola y guiarme correctamente siempre.*

*A mis hermanos: Rosmery y Brayam, por su apoyo incondicional y motivarme seguir adelante.*

***Anali Yaquelín Pablo Paredes***

## **AGRADECIMIENTO**

*A la Universidad Nacional de Cajamarca, y a la Facultad de Ciencias Veterinarias.*

*A los Médicos Veterinarios: Genaro Palomino y Giussepe Reyna por el asesoramiento y dirección durante la ejecución del trabajo.*

*Quiero agradecer especialmente a mis amigos más cercanos: Diana S., Sheyla T., Diana H., José S., Jonathan T., por su apoyo moral y estar siempre presentes cuando necesito ayuda y consejo.*

***Anali Yaquelín Pablo Paredes***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	ii
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	3
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	3
1.1. Antecedentes de la investigación .....	3
1.2. Bases Teóricas.....	4
1.1. Definición de términos básicos.....	19
<b>CAPÍTULO II</b> .....	20
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	20
2.1. Ubicación Geográfica .....	20
2.2. Diseño de la Investigación .....	21
2.3. Métodos de Investigación.....	24
2.4. Población, muestra y unidad de análisis .....	24
2.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información .....	25
2.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....	25
2.1. Equipos y materiales .....	28
<b>CAPÍTULO III</b> .....	29
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	29
3.1. Presentación de Resultados.....	29
3.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	35
3.3. Contrastación de hipótesis .....	39
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	41
<b>CONCLUSIONES</b> .....	41

<b>CAPÍTULO V</b> .....	42
<b>SUGERENCIAS</b> .....	42
<b>REFERENCIAS</b> .....	43
<b>ANEXOS</b> .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Comparación de medianas del conteo de células somáticas (células/mL) obtenidas mediante las pruebas Somaticell® y Fossomatic™, categorizadas según diagnóstico clínico de mastitis. ....	29
<b>Tabla 2.</b> Matriz de contingencia entre las categorías clínicas asignadas por los métodos Somaticell® y Fossomatic™ 7 DC. ....	33
<b>Tabla 3.</b> Matriz de contingencia entre los resultados dicotómicos de mastitis obtenidos por Somaticell® y Fossomatic™ 7 DC. ....	34
<b>Tabla 4.</b> Indicadores de rendimiento diagnóstico del método Somaticell® en comparación con Fossomatic™ 7 DC. ....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Corte transversal de la glándula mamaria, se puede observar la estructura de los alveolos, sistema de conducción, colección de la leche y el pezón (13).....	5
<b>Figura 2.</b> Esquemmatización del tejido secretor, apreciación de loa alveolos con los conductos alveolares y galactóforos (16).....	6
<b>Figura 3.</b> Esquemmatización de la eyección de la leche a través del reflejo neuroendocrino (16).....	8
<b>Figura 4.</b> Estímulos positivos y negativos que se producen en la eyección de la leche (22).....	8

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Distribución del recuento de células somáticas en muestras clasificadas como normales.....	30
<b>Gráfico 2.</b> Distribución del recuento de células somáticas en muestras clasificadas como subclínicas.....	31
<b>Gráfico 3.</b> Distribución del recuento de células somáticas en muestras clasificadas como clínicas. ....	31
<b>Gráfico 4.</b> Relación entre los conteos de células somáticas obtenidos por Fossomatic™ 7 DC (eje Y) y Somaticell® (eje X). ....	32

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar y comparar el recuento de células somáticas (RCS) en muestras de leche de vaca mediante el Kit Somaticell® y el equipo automatizado Fossomatic™ 7 DC, en el distrito de Tumbadén, provincia de San Pablo, Cajamarca. Para ello se recolectaron 100 muestras de leche provenientes de vacas en periodo de lactación, las cuales fueron analizadas mediante ambos métodos. Se realizaron análisis estadísticos descriptivos, comparación de los recuentos de células mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, correlación de Spearman y evaluación de indicadores de rendimiento diagnóstico (sensibilidad, especificidad, valores predictivos y exactitud). Los resultados mostraron diferencias significativas en el recuento de células somáticas entre ambos métodos en las categorías de mastitis clínica y muestras normales ( $p < 0,05$ ), además de una correlación positiva muy fuerte ( $\rho=0,906$ ;  $p<0,001$ ) entre ambos métodos. El Kit Somaticell® presentó una sensibilidad del 100%, una especificidad del 89,4 %, un valor predictivo positivo del 82,9 %, un valor predictivo negativo del 100 % y una exactitud diagnóstica del 93 %, con un coeficiente de concordancia Kappa de 0,851, indicando una concordancia casi perfecta. Se concluye que el Kit Somaticell® constituye una herramienta práctica, de alta sensibilidad y especificidad, para el diagnóstico rápido de mastitis bovina, especialmente en sistemas de producción rural o en contextos donde no se disponga de equipos automatizados.

**Palabras clave:** Mastitis, bovinos, Somaticell, Fossomatic, recuento de células somáticas (RCS).

## ABSTRACT

The present study aimed to determine and compare the somatic cell count (SCC) in cow milk samples using the Somaticell® Kit and the automated Fossomatic™ 7 DC device in the district of Tumbadén, province of San Pablo, Cajamarca. A total of 100 milk samples were collected from lactating cows and analyzed using both methods. Descriptive statistical analyses, the Wilcoxon signed-rank test for paired comparisons, Spearman's correlation analysis, and evaluation of diagnostic performance indicators (sensitivity, specificity, predictive values, and accuracy) were performed. The results showed statistically significant differences in the somatic cell counts between both methods in the clinical mastitis and normal sample categories ( $p < 0.05$ ), along with a very strong positive correlation ( $\rho=0.906$ ;  $p<0.001$ ). The Somaticell® Kit demonstrated a sensitivity of 100%, specificity of 89.4%, positive predictive value of 82.9 %, negative predictive value of 100 %, and an overall diagnostic accuracy of 93 %, with a Cohen's Kappa coefficient of 0.851, indicating almost perfect agreement. It is concluded that the Somaticell® Kit represents a practical, highly sensitive, and specific tool for the rapid diagnosis of bovine mastitis, particularly in rural production systems or contexts lacking access to automated diagnostic equipment

**Keywords:** mastitis, bovine, Somaticell, Fossomatic, somatic cell count (SCC).

## INTRODUCCIÓN

La producción lechera es una de las actividades productivas con mayor dinamismo en la región de Cajamarca y se caracteriza por su relevancia económica y su contribución a la seguridad alimentaria. La leche es un alimento esencial en la nutrición humana debido al alto contenido de proteínas, mismas que aportan aminoácidos esenciales necesarios para un buen funcionamiento del organismo. Además, contiene péptidos bioactivos que ejercen como inmunomoduladores, antihipertensivos, antitrombóticos y antimicrobianos a nivel gastrointestinal y sistémico (1).

Para que la leche sea considerada de calidad, debe estar libre de contaminantes físicos, químicos y microbiológicos, además de presentar características organolépticas normales y exhibir una baja carga bacteriana. La presencia de patógenos en la glándula mamaria da lugar a la mastitis, que es una enfermedad que desencadena una respuesta del sistema inmunológico de la vaca, promoviendo la migración de leucocitos hacia la leche para combatir la infección (2).

Cuando los mecanismos de defensa eliminan eficazmente a los microorganismos, la concentración de leucocitos vuelve a su normalidad. Sin embargo, si no son eliminados por completo, se produce un estado de mastitis subclínica que se caracteriza por una secreción continua de células inmunes hacia la leche. Estas células están compuestas principalmente por leucocitos y conforman lo que se denomina Recuento de Células Somáticas (RCS). Un RCS elevado es un indicador clave de mastitis activa (3).

Existen varios métodos para realizar el RCS, en general son cualitativos en campo y cuantitativos en laboratorio. La Prueba California para Mastitis (CMT, por sus siglas en inglés) sigue siendo la más utilizada a nivel de campo para el diagnóstico de mastitis subclínica en vacas lecheras (4). Las pruebas electrónicas son de alta precisión, pero

son costosas y no son de uso masivo, son básicamente utilizados por la gran industria lechera y para trabajos de investigación (5).

Ante esta realidad, surge la necesidad de disponer de pruebas de campo que permitan obtener un recuento de células somáticas de forma accesible y confiable, lo que ayudaría a los ganaderos a tener un dato preciso acerca de la sanidad de la ubre para tomar las medidas correctivas de manera inmediata y mejorar la calidad de la leche. El Kit Somaticell® representa una alternativa potencial al ofrecer una metodología cuantitativa y portátil; no obstante, su desempeño diagnóstico debe ser validado frente a métodos de referencia como el Fossomatic™ 7 DC, para asegurar su idoneidad en condiciones de campo.

Por lo expuesto, el presente estudio tuvo como objetivo general determinar y comparar el recuento de células somáticas en muestras de leche de vaca mediante el Kit Somaticell® de campo y el equipo Fossomatic™ 7 DC en el distrito de Tumbadén, provincia de San Pablo, Cajamarca. Para ello, se diseñó un estudio comparativo y descriptivo, en el cual se recolectaron 100 muestras de leche provenientes de vacas en lactación, las cuales fueron analizadas mediante ambos métodos, y los resultados fueron sometidos a análisis estadísticos de comparación, correlación y evaluación de indicadores de rendimiento diagnóstico, como sensibilidad, especificidad, valores predictivos y coeficiente de concordancia Kappa.

La evaluación del Kit Somaticell® frente a un método automatizado de referencia pretende aportar evidencia científica sobre su desempeño, y contribuir así a la optimización de las estrategias de diagnóstico de mastitis subclínica en sistemas productivos rurales o en contextos donde no se disponga de equipos automatizados.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes de la investigación

#### 1.1.1. Internacionales

Mateo de Assis Santos llevó a cabo una investigación entre febrero y mayo de año 2019, en dos asociaciones de caprinos lecheros, ubicadas en los municipios de Gurjão-PB y Santo André-PB, en Brasil, se tomaron 46 muestras de leche para análisis RCS utilizando el kit Somaticell® y 46 muestras para análisis RCS por el método de microscopía directa, al verificar los promedios de los resultados de RCS, observó que eran discrepantes, con 1,695,870 células/mL para microscopía directa y 475,217 células/mL para el kit Somaticell® (6).

Ferronato y colaboradores en el año 2018 en Brasil, evaluaron tres métodos para el diagnóstico indirecto de mastitis durante el período posparto. Estos métodos fueron: Recuento automático y microscópico de células somáticas (RCS), el California Mastitis Test (CMT) y Somaticell®. Se utilizaron un total de 538 muestras de leche de 34 vacas. Estas se recolectaron en seis momentos: Día del parto, día 3, 7, 15, 21 y 30 días después del parto. El RCS automático y microscópico, el CMT y Somaticell® pudieron detectar mastitis durante el período posparto inmediato (hasta 3 días posparto). Sin embargo, los valores encontrados mediante la prueba Somaticell® también fueron discrepantes con los RCS automáticos y microscópicos (7).

En un estudio realizado en el 2012, para evaluar la correlación entre el Recuento electrónico de células somáticas con Somaticell®, además de encontrar la sensibilidad y la especificidad y valores predictivos de 340 muestras, el 26,5%

tuvieron un de puntaje 1 ( $69-166 \times 10^3$  células mL<sup>-1</sup>), el 26,8% presentó un puntaje 2 ( $167-418 \times 10^3$  células mL<sup>-1</sup>), el 27,4% obtuvo un puntaje 3 ( $419-760 \times 10^3$  células mL<sup>-1</sup>) y el 19,4% una puntuación de 4 ( $761$  a  $1970 \times 10^3$  células mL<sup>-1</sup>) (8).

En otro estudio realizado por Rodrigues y colaboradores en el 2009, la prueba Somaticell® determinó correctamente el RCS en muestras de leche fresca de cuartos mamarios. La correlación entre Somaticell® y el recuento electrónico de células somáticas fue de 0,92 y el coeficiente  $\kappa$  de 0,82. Y se utilizó un umbral de 205,000 células/mL, el estudio indicó que esta variación no fue significativa y no afectó la cantidad de muestras clasificadas como con mastitis subclínica (9).

## **1.2. Bases Teóricas**

### **1.2.1. Anatomía y fisiología de la glándula mamaria**

La glándula mamaria de la vaca está conformada por cuatro glándulas secretoras de origen dérmico cubierta por su exterior de piel y su función principal es secretar leche. En su parte externa está compuesto por un sistema suspensorio y en la parte interna por tejido conectivo que se le conoce como estroma y otra parte epitelial y secretora que lo conforma el parénquima de la glándula mamaria. Cada glándula mamaria contiene sus propios conductos, vasos sanguíneos y sistema nervioso (10, 11).

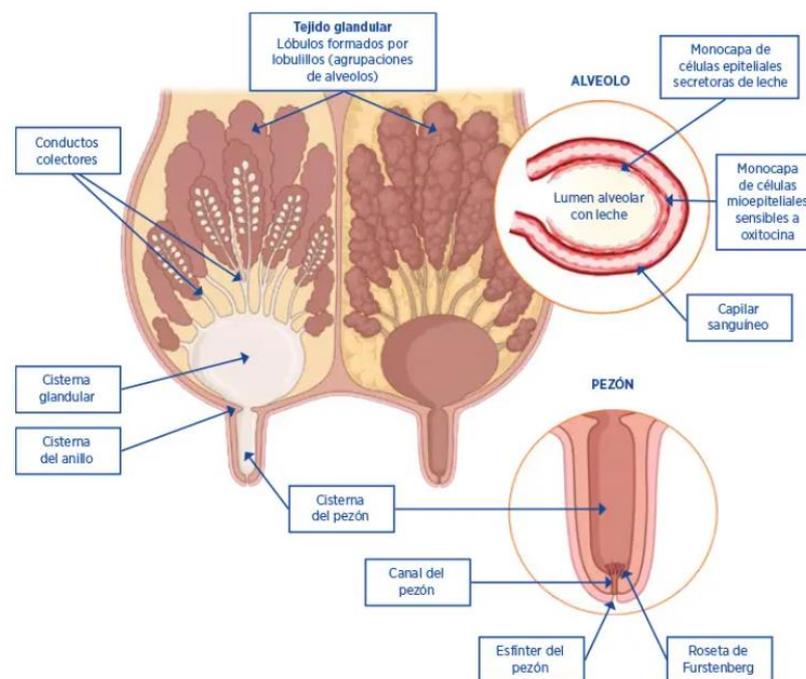
### **1.2.2. Constitución de la glándula mamaria**

Externamente está constituido por la piel dándole estabilidad y suspensión a la glándula mamaria protegiéndole de traumas e invasión de los microorganismos, también se puede apreciar un tejido subcutáneo que une la piel con los tejidos de la glándula, en su parte superficial se encuentra el ligamento suspensorio y en la

parte lateral profunda se puede observar dos ligamentos suspensorios, ambos son de tejido conjuntivo fibroso. El ligamento suspensorio medio es el más importante ya que se encarga de dar soporte a la glándula mamaria durante su vida productiva de la vaca (12). La glándula mamaria está conformada por cuatro cuartos independientes y cada uno de ellos tienen su unidad funcional para secretar la leche independientemente por su pezón o canal (13).

### 1.2.3. Constitución interna de la glándula mamaria

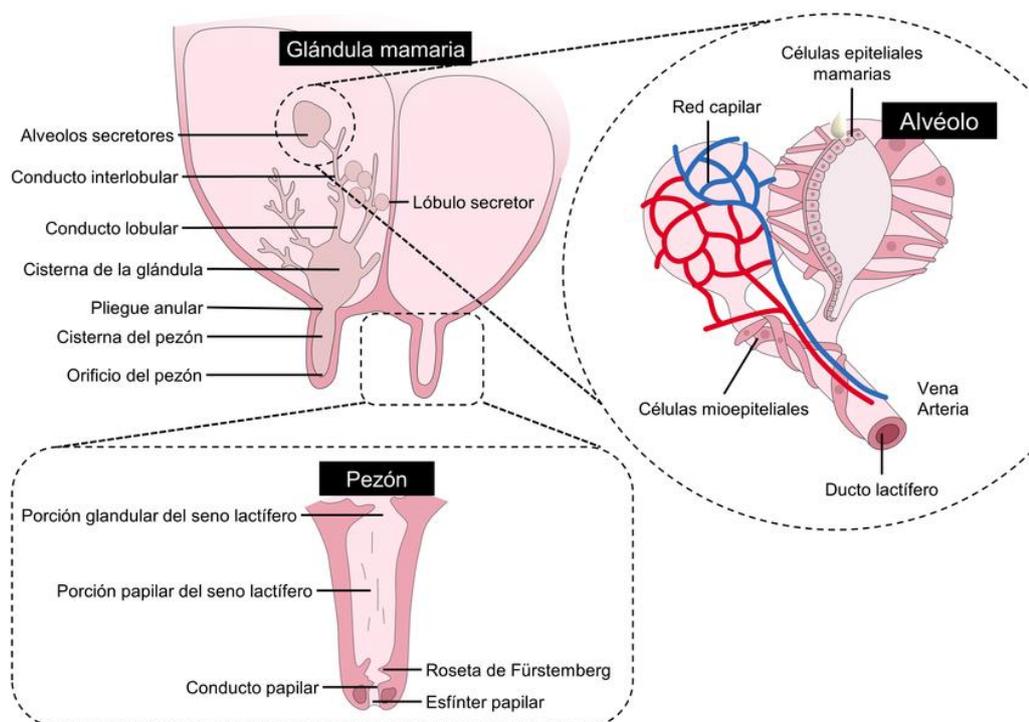
Más internamente se encuentra el alveolo como unidad funcional para la producción y secreción de la leche, cada alveolo es una vesícula, lugar donde se transforma la leche que llegan del sistema circulatorio con sustancias específicas, el grupo de alveolos da lugar a la formación de los racimos y éstos dan lugar al lobulillo, los lobulillos por su parte forman un lóbulo que desemboca en un conducto más grande rodeado por tejido conjuntivo como se puede apreciar en la figura 1 (13, 14).



**Figura 1.** Corte transversal de la glándula mamaria, se puede observar la estructura de los alveolos, sistema de conducción, colección de la leche y el pezón (13).

### 1.2.4. Irrigación de la glándula mamaria

La irrigación de la glándula mamaria está constituida por los vasos sanguíneos, arterias y venas, los cuatro cuartos cuentan con su sistema circulatorio independiente, el sistema arteria permite el paso continuo de nutrientes para la producción de la leche. Es necesario que pasen 500 L de sangre por la glándula mamaria para producir 1 L de leche como se puede apreciar en la figura 02 (15).



**Figura 2.** Esquemización del tejido secretor, apreciación de los alveolos con los conductos alveolares y galactóforos (16).

### 1.2.5. Sistema linfático de la glándula mamaria

El sistema linfático se encarga de eliminar los desechos de la glándula mamaria con la destrucción de sustancias extrañas y gran cantidad de linfocitos como defensa de microorganismos, presenta una gran red linfática que se distribuye por el parénquima mamario que tras su recorrido terminan en dos grandes nódulos denominados como nódulos supramamarios que se encuentran en la parte superior e inferior de la glándula mamaria (14, 15).

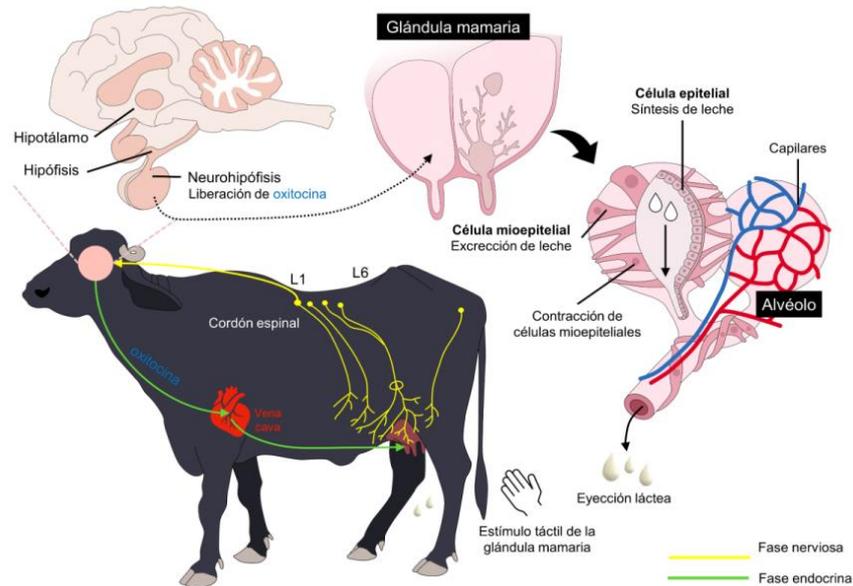
### **1.2.6. Sistema nervioso de la glándula mamaria**

El sistema nervioso se encarga de controlar el transporte de sangre en la glándula mamaria y por otro lado se encarga de controlar el sistema muscular que rodean los alveolos y conductos y músculos que se encuentran presentes en el pezón, existen nervios sensoriales presentes en la piel principalmente en los pezones importantes en el reflejo nervioso para que se produzca la bajada de la leche (17).

### **1.2.7. Eyección de la leche**

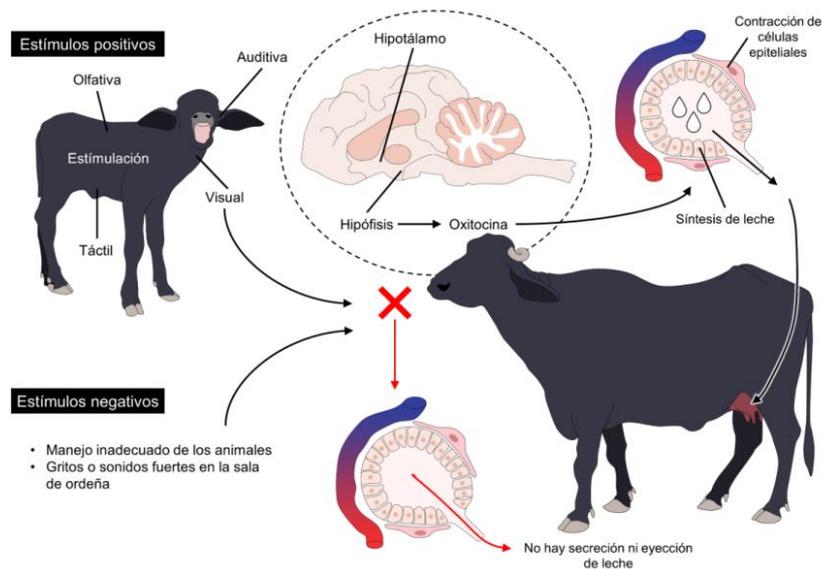
Para que se produzca la eyección de la leche es importante que se produzca un reflejo neuroendocrino como respuesta de estímulos sensoriales presentes principalmente en los pezones que a través de impulsos nerviosos llegan hasta el hipotálamo para que luego se sintetice oxitocina, esta oxitocina es llevada a la neurohipófisis para ser liberada al torrente sanguíneo hasta llegar los receptores de las células mioepiteliales de la glándula mamaria produciéndose una contracción para que se produzca la bajada de la leche, como se aprecia en la figura 03 (16).

Existen varios estímulos que son necesarios que se produzcan antes del ordeño que permita un flujo continuo, también puede estar influenciado por otros factores como la raza, la etapa de lactación, el tipo de ordeño. Los estímulos más frecuentes es la estimulación visual táctil que permite la observación de la cría de la vaca, también está la estimulación táctil que puede ser de manera manual o mecánica, en ambos casos son importantes para la liberación de la oxitocina (18, 19).



**Figura 3.** Esquematación de la eyección de la leche a través del reflejo neuroendocrino (16).

Por otro lado, también existen factores que pueden interrumpir la baja de la leche afectando principalmente la producción de leche produciendo estrés en las vacas lecheras (16). Otros factores como los ruidos, presencia de otros animales o la exposición continua a factores estresantes no solo afecta la producción de leche sino también pueden inhibir la eyección de la leche (20).



**Figura 4.** estímulos positivos y negativos que se producen en la eyección de la leche (21).

### **1.2.8. Mecanismos de defensa de la glándula mamaria**

El mecanismo de defensa de la glándula mamaria no solo depende de las barreras físicas y anatómicas sino también de mecanismos inmunológicos a través de una respuesta celular y humoral (22).

#### **1.2.8.1. Mecanismos no inmunológicos**

En primera línea de defensa encontramos las barreras físicas, como la conformación del pezón con una superficie suave que evita que los microorganismos de puedan adherir e ingresen en la glándula mamaria por otro lado, el canal del pezón se cierra con un tapón de queratina aproximadamente 2 horas después del ordeño limitando el ingreso de microorganismos (23).

Una segunda barrera de defensa lo conforman algunas proteínas bactericidas que tienen función fagocitaria, los lisosomas con actividad bactericida con capacidad de eliminar microorganismos Gram (+) y Gram (-), también se encuentra el sistema lactoperoxidasa-tiocinato con acción antimicrobiano y finalmente la lactoferrina fijadora de hierro que inhibe la proliferación y crecimiento de microorganismos (24, 25).

#### **1.2.8.2. Mecanismos inmunológicos**

Se da a través de una inmunidad celular y una inmunidad humoral; la primera es una inmunidad inespecífica denominada respuesta innata y se activa en los inicios eliminando los microorganismos a través de macrófagos, neutrófilos, células NK (asesinas naturales), presentes en la glándula mamaria; seguida de la inmunidad específica denominada también como respuesta adaptativa con un sistema de defensa que

reconoce a los microorganismos desarrollando memoria inmunológica, esta mediada por la presencia de anticuerpos producidos por los linfocitos B (25).

#### **1.2.9. Células de defensas y mediadores de la inflamación presentes en la glándula mamaria de la vaca**

Las principales células que desencadena una reacción inflamatoria son a través de mediadores químicos y neutrófilos por la presencia de microorganismos o trauma de la glándula mamaria (26). Otro mediador químico importante presente en la glándula mamaria son las citocinas, potentes moduladores de la respuesta inflamatoria y sirven como mediadores de la respuesta frente a una mastitis bovina (27).

#### **1.2.10. ¿Qué es la leche?**

Es uno de los alimentos básicos e importantes en alimentación del hombre proporcionando un alto contenido nutricional como proteínas, aminoácidos esenciales, vitaminas, calcio y fósforo, también ayuda en la prevención de algunas enfermedades (cardíacas, enfermedades cancerígenas, hipertensión arterial, enfermedades óseas y dentales), por lo que, la calidad se tiene que tener en cuenta que la vaca esté libre de estrés y enfermedades que puedan afectar la salud de la glándula mamaria (29).

#### **1.2.11. Células somáticas en la leche**

Las células somáticas están compuestas por células epiteliales y leucocitos provenientes del sistema circulatorio de la glándula mamaria que aparecen en la leche por la presencia de microorganismos o un

traumatismo y su importancia es que permite conocer el estado de sanidad de la glándula mamaria. Algunos microorganismos que se encuentra en el medio ambiente ingresan a la glándula mamaria, una vez en su interior producen una respuesta inmunitaria enviando glóbulos blancos para que sean eliminados, estos glóbulos blancos son las células somáticas que se incrementa para eliminar a los microorganismos lo que constituye el conocido RCS (3, 30).

#### **1.2.12. Recuento de células somáticas (RCS)**

El RCS es el número de células existentes en la leche, es un procedimiento común de realizare en los establecimientos lecheros para estimar la calidad de la leche, se puede realizar de vacas individualmente o del tanque de conservación de la leche, las glándulas mamarias que no han tenido o infectado con microorganismos presentan un RCS entre 20,000 a 50,000 células/mL. Cuando se realiza un RCS por encima de 200,000 células/mL nos indica una mastitis subclínica (31).

#### **1.2.13. Mastitis bovina**

La mastitis es la inflamación de la glándula, causado principalmente por agentes bacterianos, virales y hongos que ingresan por el pezón, causando innumerables pérdidas económicas en los productores debido a la calidad y disminución de la leche y afectando la salud pública por una mala calidad de leche. Los principales agentes que causan mastitis en el ganado son (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*, *Mycoplasma spp.* y *Streptococcus* ambientales) estas pueden afectar directamente la reproducción en los

fundos lecheros ya que puede disminuir la fertilidad en vacas lecheras y se incrementan los días abiertos (32, 33).

La inflamación de la glándula mamaria se asocia con signos clínicos que pueden observar y palpar la cual se puede clasificar en mastitis subclínica y mastitis clínica (34).

#### **1.2.13.1.Mastitis clínica**

Esta mastitis se caracteriza porque se puede observar alteraciones a simple vista de la glándula mamaria, pudiendo observar incremento de temperatura, enrojecimiento, prurito, inflamación, traumatismos en la glándula mamaria, grumos en la leche y una reducción en la producción y calidad de la leche, también se puede observar dificultad para respirar, enflaquecimiento y muerte de la vaca (35,36).

#### **1.2.13.2.Mastitis subclínica**

La mastitis subclínica no presenta ningún signo clínico ni cambio en la observación de la glándula mamaria ni de la leche durante el ordeño. Pero si puede afectar la composición de la leche por el incremento de células somáticas como también la disminución de la producción de leche (37, 38). Estos cuadros de mastitis subclínica son difíciles de detectar ya que no presentan signos clínicos (39).

#### **1.2.14. Etiología**

Se han identificado actualmente más de 135 agentes causantes de mastitis, cuya clasificación más general es en microorganismos contagiosos y ambientales (40).

##### **1.2.14.1. Microorganismos contagiosos**

Uno de los agentes más contagiosos en Europa y América del Norte es el *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) (41), otro agente causante de la mastitis contagiosa es el *Streptococcus agalactiae* que se encuentra presente como reservorio en la glándula mamaria de los bovinos de leche (42). Estos agentes microbianos se encuentran presente en la glándula mamaria y el contagio es a través del ordeñador o de la máquina de ordeño mal desinfectado (43). *Mycoplasma bovis* es un agente bacteriano y se transmite entre bovinos durante el ordeño produciendo infecciones clínicas y subclínicas generando resistencia a los antibióticos (44).

##### **1.2.14.2. Microorganismos ambientales**

Los agentes infecciosos se encuentran en el medio ambiente como en la cama, materia fecal y suelo donde suelen descansar entre ellos podemos encontrar a los Gram negativos como *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.* y *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus uberis*, y *Enterococcus spp.* Las bacterias Gram negativas como *Klebsiella spp.*, y *Enterobacter spp.*, causando varios síntomas de la enfermedad, como una inflamación local, decaimiento y muerte (45, 46).

### **1.2.15. Diagnóstico**

#### **1.2.15.1. Observación y palpación de la glándula mamaria**

Este método de diagnóstico se basa mediante en la observación y palpación de la glándula mamaria y de sus cuartos, y lo que se puede evidenciar (inflamación, dolor, moretones y temperatura alta), interpretándose un evidente caso de mastitis clínica acompañados de cambios en su composición (presencia de grumos, cambio de color, entre otros) (47).

#### **1.2.15.2. Prueba de conductividad eléctrica (PCE)**

Esta prueba se basa en el incremento de conductividad eléctrica debido a la presencia de iones de sodio y cloro en leche y su unidad de medida es el milisiemens por centímetro (ms/cm), generalmente se utiliza para evaluar la glándula mamaria por cuartos separados (50, 51)

#### **1.2.15.3. Prueba de California para Mastitis (CMT)**

La CMT es una de las pruebas más utilizadas y de bajo costo que se puede utilizar en campo, que nos permite estimar las cantidades de ADN de los leucocitos en la leche, el CMT es un detergente que tiene un indicador de pH y al mezclarse con la leche en proporciones de 1:1, este detergente destruye las paredes celulares de los leucocitos liberando de esa manera el ADN (49).

Los resultados obtenidos se clasifican en: negativo, trazas, una cruz, dos cruces y tres cruces, de acuerdo a la formación gelificante que se produce (Cuadro 1) (50).

Cuadro 1: California Mastitis Test (CMT): Interpretación

Clase	Significado	Descripción	Interpretación RCS/ml
<b>N</b>	Negativo	La mezcla permanece en estado líquido y homogéneo	0 – 200,000
<b>T</b>	Trazas	Reacción reversible, se puede observar viscosidad y desaparecer.	150,000 – 500,000
<b>1 (+)</b>	Ligeramente positivo	Mezcla espesa, pero no se forma gel en el centro de la paleta la viscosidad puede persistir, y puede caer poco a poco.	400,000 – 1,500,000
<b>2 (++)</b>	Positivo	Formación de gel en el centro de la paleta cuando se realiza movimientos giratorios, y cuando se interrumpe el giro el gel se acumula en la parte inferior, cuando se vierte la mezcla la masa gelatinosa cae y se puede quedar un poco de líquido en el pocillo.	800,000 – 5,000,000
<b>3 (+++)</b>	Muy positivo	Se forma un gel en el centro de la paleta y se pega con facilidad en el fondo del pocillo, pero no a un lado, cuando se vierte se cae sin dejar líquido en el pocillo.	>5,000,000

Modificado de SERVET TALAVERA, 2012 (51).

#### 1.2.15.4. Prueba de Wisconsin para Mastitis (WMT)

Esta prueba sirve para determinar el RCS en leche fresca (vacas individuales o en tanque) los resultados se miden cuantitativamente en una escala graduada en mililitros, por lo que este método se utiliza en laboratorio para ello se utiliza una tabla específica para la prueba (Cuadro 2) (52).

Cuadro 2. Interpretación para la prueba de Wisconsin.

Wisconsin (ml)	RCS	Wisconsin (ml)	RCS
3	140,000	19	920,00
4	165,000	20	990,000
5	195,000	21	1,055,000
6	225,000	22	1,130,000
7	260,000	23	1,200,000
8	300,000	24	1,200,000
9	340,000	25	1,360,000
10	380,000	26	1,440,000
11	420,000	27	1,525,000
12	465,000	28	1,610,000
13	515,000	29	1,700,000
14	565,000	30	1,800,000
15	620,000	31	1,920,000
16	675,000	32	2,030,000
17	730,000	3	2,030,000
18	790,000	34	2,800,000
19	855,000	35	2,800,000

Modificado de Philpot, 2001 (31).

#### **1.2.15.5. Cultivo bacteriológico**

El cultivo bacteriológico es importante ya que ayudan a identificar al agente causante de la mastitis esto permite realizar un correcto tratamiento ya que se puede realizar un antibiograma y utilizar el antibiótico correcto, por otro lado, los resultados dependen de cómo se tome la muestra de leche (47).

#### **1.2.15.6. Kit Somaticell®**

Este método es un test rápido cuantitativo para determinar la concentración de células somáticas en leche (vacas individuales o en tanques) se utiliza para identificar mastitis clínica y subclínica, esto

ayuda controlar la calidad de la leche como la salud de las vacas, para los estándares de la industria lechera (50).

El método Somaticell® (Madasa, Sao Paulo, Brasil) es una prueba de diagnóstico de campo que ha sido elaborada como alternativa a la prueba de California Mastitis Test (CMT). La prueba se basa en una modificación de la prueba de Mastitis de Wisconsin descrita por Thompson y Postle (53), y permite estimar la concentración de células somáticas en la leche mediante una reacción química que incrementa la viscosidad de la mezcla de leche y el reactivo. A diferencia de la prueba original de Wisconsin, Somaticell® se desarrolló con el fin de generar resultados cuantitativos expresados de manera directa como equivalentes de concentración de células somáticas. Esto se consiguió mediante la creación de una escala calibrada con muestras de leche a las que se les realizó el conteo de células mediante métodos electrónicos (54).

#### **1.2.15.7. Fossomatic™ 7 DC**

El método Fossomatic™ 7 DC, se basa en la tecnología de citometría de flujo diseñada para la determinación simultánea del recuento de células somáticas y su recuento diferencial en muestras de leche. El equipo utiliza una química basada en un tinte de fluorescencia de color naranja de acridina, que permite la tinción de los núcleos y compartimentos de la célula, facilitando así su identificación. En el procedimiento, la muestra es incubada durante un minuto a 40°C antes de ser analizada mediante un sistema de detección de láser que mide la fluorescencia y las características morfológicas de cada célula. Este equipo está diseñado

para analizar hasta 600 muestras por hora y permite distinguir las células somáticas de los otros componentes de la leche, como bacterias y glóbulos de grasa. Posteriormente, hace la diferenciación entre macrófagos y el conjunto de linfocitos y neutrófilos polimorfonucleares, proporcionado así una evaluación más precisa del estado de la glándula mamaria. El método Fossomatic™ ha demostrado alta precisión, especificidad y repetibilidad, al permitir un análisis confiable y veloz en programas de control de mastitis (55).

#### **1.2.16. Tratamiento**

Para un tratamiento correcto es importante conocer el agente etiológico que permite un manejo adecuado del animal y de la glándula mamaria y así disminuir los casos clínicos y subclínicos. Dentro de los tratamientos ha dado buenos resultados es la terapia de secado que permite prevenir y eliminar la infección, así como también es importante las buenas prácticas de ordeño. Lo que se trata de conseguir con el tratamiento es poder disminuir el Recuento de Células Somáticas y evitar que se presenten nuevamente casos clínicos, por otro lado, poder mitigar los síntomas clínicos (56).

La capacidad de lograr un tratamiento va a depender del agente causal, el cuadro clínico, el sistema inmune de la vaca en producción, la eficacia del producto para realizar el correcto tratamiento (57). El tiempo del tratamiento va a depender de varios factores como el agente causal, vía de administración (58).

Existen varios antibióticos que se utilizan en el tratamiento de la mastitis y esta se realiza generalmente durante la lactación y las mastitis subclínicas son curadas en el momento del secado de las vacas, dentro de los productos utilizados en tratamiento de la mastitis están los  $\beta$ -lactámicos, aminoglucósidos, macrólidos o lincosamidas (59), las lincosamidas y el penetamato son utilizados por la vía parenteral y en combinación con la vía intramamaria, para el tratamiento de agentes Gram positivas, mientras que las formulaciones que contienen  $\beta$ -lactámicos son utilizadas preferentemente por vía intramamaria (60).

### 1.1. Definición de términos básicos

- **Mastitis:** Es la inflamación de la glándula mamaria producida por traumas, agentes bacterianos, causando dolor para la vaca y pérdidas económicas en el productor, disminuyendo la producción y calidad de la leche
- **Células somáticas:** Las células somáticas están formadas por leucocitos y células epiteliales que se encuentran en la leche como respuesta a la inflamación producido por un agente causal.
- **Recuento de Células Somáticas (RCS):** Son células de defensa que se incrementan cuando invaden los microorganismos a la glándula mamaria, también es un indicador de calidad de leche, este recuento de células puede ser medido cuantitativamente

## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Ubicación Geográfica

La investigación se realizó en el fundo San Francisco del distrito Tumbadén, provincia de San Pablo, ubicado a 50 km al norte de la ciudad de Cajamarca.

El RCS se realizó mediante el Kit Somaticell® de campo en 100 muestras de leche, se llevó a cabo en el Laboratorio de Patología Clínica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Cajamarca y otras 100 muestras de leche fueron remitidos a la ciudad de Trujillo para determinar el RCS con el equipo Fossomatic™ 7 DC en el laboratorio de la empresa GLORIA S.A.

##### 2.1.1 Características geográficas y meteorológicas (\*)

El fundo San Francisco está ubicado en el Distrito de Tumbadén, provincia de San Pablo, Cajamarca y cuenta con los siguientes datos geográficos y meteorológicos (\*):

- Altitud: : 3075 msnm
- Latitud: : 6° 57' 7" S
- Longitud : 78° 43' 50" O
- Temperatura máxima promedio\* : 20°C
- Temperatura mínima promedio\* : 14°C
- Precipitación pluvial anual\* : 700 mm

---

(\*) FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI – 2024

## **2.2. Diseño de la Investigación**

Fue un estudio comparativo de dos métodos de diagnóstico, realizado mediante un diseño observacional, analítico, de tipo transversal utilizando mediciones emparejadas. Cada una de las 100 muestras de leche recolectadas inicialmente, fueron evaluadas mediante el kit Somaticell® y el equipo Fossomatic™ 7 DC de forma paralela. El estudio se dividió en dos fases:

### **2.2.1. Fase de campo**

#### **2.2.1.1. Recolección de muestras para el análisis**

La recolección de las 100 muestras de leche para el análisis con el Kit Somaticell® y el equipo Fossomatic™ 7 DC se realizó de manera simultánea mediante los siguientes pasos:

- Limpieza de los pezones.
- Descarte de los dos primeros chorros de leche de cada cuarto mamario.
- Recolección de aproximadamente 20 mL de leche para la prueba Somaticell® y 90 mL para la prueba Fossomatic™ usando un dipper limpio después del ordeño en frascos para muestras estériles con capacidad de 100 mL.
- Almacenamiento de cada muestra en frascos estériles individuales.
- Conservación de las muestras en cajas térmicas con geles acumuladores de frío.

Las muestras recolectadas para la prueba Somaticell® fueron trasladadas al Laboratorio de Patología Clínica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Cajamarca,

mientras que las muestras destinadas al análisis mediante Fossomatic™ 7 DC se enviaron al laboratorio de la empresa GLORIA S.A. de la ciudad de Trujillo.

## **2.2.2. Trabajo de laboratorio**

### **2.2.2.1. Ejecución del Kit Somaticell®**

Una vez que las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Patología Clínica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, se procedió a realizar el análisis mediante el kit Somaticell®, siguiendo el protocolo descrito por el fabricante:

- Se agregaron 2 mL de leche y 2 mL del reactivo en el tubo de análisis utilizando pipetas estériles.
- Se mezcló la muestra introduciendo el mezclador por un costado hasta el fondo del tubo, y luego elevándolo hasta la superficie, repitiendo este procedimiento diez veces.
- Se colocó la tapa hasta oír dos "clicks".
- Se invirtió el tubo sobre un recipiente desechable para drenar durante 20 segundos.
- Posteriormente, se colocó el tubo en posición vertical y se dejó asentar el líquido.
- Se realizó la lectura directa del nivel del líquido en la escala graduada del tubo, expresada en miles de células somáticas.
- Los resultados obtenidos fueron anotados en un registro de datos elaborados para el estudio.

Componentes del kit Somaticell®:

- 100 pipetas desechables
- 100 tubos desechables de análisis
- 100 tapas desechables con orificio estándar
- 100 mezcladores
- 5 botellas de reactivo de 50 mL

El kit se debe mantener entre 15 y 35°C.

Interpretación de los resultados:

- Rango verde – hasta 200 000 células/mL – Baja probabilidad de mastitis
- Rango amarillo – entre de 200 000 y 400 000 células/mL – Posible presencia de mastitis subclínica.
- Rango rojo – más de 400 000 células/mL – alta probabilidad de mastitis subclínica o clínica (61).

#### **2.2.2.2. Ejecución de la prueba Fossomatic™ 7 DC**

Las muestras que fueron enviadas a la empresa GLORIA S.A., fueron procesadas mediante el equipo Fossomatic™ 7 DC, que tiene como principio la citometría de flujo. Mediante esta tecnología, las células somáticas son teñidas con un fluorocromo que marca el ADN nuclear, lo que permite su detección y recuento automático mediante señales de fluorescencia.

Tras su procesamiento y la lectura individualizada, los resultados fueron expresados en células por mililitro (células/mL).

El análisis se llevó a cabo bajo protocolos de calidad establecidos por el laboratorio receptor, siguiendo las directrices del fabricante Fossomatic™.

### **2.3. Métodos de Investigación**

- **Analítico – sintético:** Se realizó el análisis independiente de los resultados obtenidos por ambos métodos de diagnóstico y posteriormente, a través de la síntesis de los hallazgos, se integraron los datos con el objetivo de formular conclusiones.
- **Hipotético - deductivo:** Se formuló inicialmente una hipótesis sobre la eficacia del kit Somaticell® con respecto al equipo Fossomatic™ 7 DC. A partir del método deductivo y la contrastación de los datos obtenidos, se procedió a verificar la hipótesis mediante la aplicación de pruebas estadísticas.
- **Comparativo:** Se establecieron diferencias y similitudes entre los resultados obtenidos por ambos métodos, teniendo en cuenta los valores cuantitativos (conteo de células/mL) y la categorización clínica de las muestras (normal, subclínica, clínica).

### **2.4. Población, muestra y unidad de análisis**

#### **2.4.1. Población**

La población estuvo conformada por vacas en periodo de lactación del fundo San Francisco, ubicado en el distrito de Tumbadén, provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca.

- **Criterio de inclusión:** Vacas en producción de leche sin tener en cuenta edad, número de lactaciones ni etapa de lactación.

- Criterio de exclusión: Vacas bajo tratamiento antibiótico intramamario o sistémico en el momento de la toma de la muestra o aquellas con signos clínicos de mastitis (presencia de grumos, cambios de color o consistencia en la leche o en glándula mamaria).

#### **2.4.2. Muestra**

La muestra estuvo conformada por 100 vacas en periodo de lactación seleccionadas según los criterios de inclusión y exclusión.

Se recolectó una muestra de leche de cada vaca, la cual fue sometida a análisis mediante el Kit Somaticell® de campo y el equipo Fossomatic™ 7 DC de laboratorio, realizando un análisis emparejado de los resultados para cada muestra.

#### **2.4.3. Unidad de Análisis**

La unidad de análisis fue cada muestra individual de leche obtenida de cada vaca, evaluada mediante los dos métodos de recuento de células somáticas.

### **2.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información**

- Técnica: Observación directa, medición instrumental.
- Instrumento: Registro de datos, Kit Somaticell® y Equipo Fossomatic™ 7 DC.

### **2.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

Los datos obtenidos fueron organizados y procesados utilizando el software SPSS v.27. Para el análisis de la información se aplicaron las siguientes técnicas:

#### **2.6.1. Análisis estadístico descriptivo**

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de los valores de recuento de células somáticas obtenidos mediante ambos métodos (Somaticell® y Fossomatic™),

calculando medidas de tendencia central (mediana) y de dispersión (rango intercuartílico), debido a la distribución no normal de los datos.

### **2.6.2. Pruebas de normalidad**

Se evaluó la distribución de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, con un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ .

### **2.6.3. Comparación de métodos**

Debido a la ausencia de normalidad en las variables, se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras emparejadas, a fin de comparar los recuentos de células somáticas entre el método Somaticell® y el método Fossomatic™.

### **2.6.4. Análisis de correlación**

Se aplicó la prueba de correlación de Spearman para determinar la fuerza y dirección de la relación entre los recuentos celulares obtenidos por ambos métodos.

### **2.6.5. Análisis de rendimiento diagnóstico y concordancia**

Para evaluar el desempeño del método Somaticell® en la detección de mastitis en comparación con Fossomatic™ (considerado método de referencia), se calcularon los siguientes indicadores diagnósticos:

- **Sensibilidad**

$$\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FN} \times 100$$

- **Especificidad**

$$\text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FP} \times 100$$

- **Valor predictivo positivo (VPP)**

$$VPP = \frac{VP}{VP + FP} \times 100$$

- **Valor predictivo negativo (VPN)**

$$VPN = \frac{VN}{VN + FN} \times 100$$

- **Exactitud diagnóstica**

$$Exactitud = \frac{VP + VN}{VP + FP + FN + VN} \times 100$$

Donde: **VP**: Verdadero positivo; **VN**: Verdadero negativo; **FP**: Falso positivo; **FN**: Falso negativo.

Fueron consideradas como muestras positivas a mastitis aquellas que mostraron un recuento superior a 200 000 células/mL, que es el rango dado por el equipo Fossomatic™ 7 DC. La clasificación fue la siguiente:

- *Verdadero positivo (VP)*: Muestras positivas a mastitis tanto por Somaticell® como por Fossomatic™.
- *Verdadero negativo (VN)*: Muestras negativas a mastitis por ambos métodos.
- *Falso positivo (FP)*: Muestras positivas a mastitis por Somaticell®, pero negativas por Fossomatic™.
- *Falso negativo (FN)*: Muestras negativas a mastitis por Somaticell®, pero positivas por Fossomatic™.

También se realizó el cálculo del índice de concordancia de Kappa de Cohen ( $\kappa$ ) entre ambos métodos de diagnóstico, interpretando su valor según la escala de Landis y Koch (62):

Valor de Kappa (k)	Grado de concordancia
0,00	Pobre
0,00 – 0,20	Leve
0,21 – 0,40	Aceptable
0,41 – 0,60	Moderado
0,61 - 0,80	Sustancial
0,81 – 1,00	Casi perfecto

Los resultados obtenidos fueron presentados mediante tablas de distribución de frecuencia y medianas, tablas de contingencia, cuadros de resumen, gráficos de caja y de dispersión, elaborados en Microsoft Excel.

## **2.1. Equipos y materiales**

### **2.1.1. Equipos**

- Equipo Fossomatic™ 7 DC (FOSS, Dinamarca)

### **2.1.2. Materiales de campo**

- Kit Somaticell® (que incluye tubos de medición, reactivos, mezcladores y pipetas desechables)
- Frascos estériles de para recolección de muestras de leche
- Guantes descartables de látex
- Solución desinfectante para limpieza de pezones
- Dippers de acero inoxidable
- Formatos de registro de datos

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Presentación de Resultados

##### 3.1.1. Comparación de las pruebas Somaticell y Fossomatic

**Tabla 1.** Comparación de medianas del conteo de células somáticas (células/mL) obtenidas mediante las pruebas Somaticell® y Fossomatic™, categorizadas según diagnóstico clínico de mastitis.

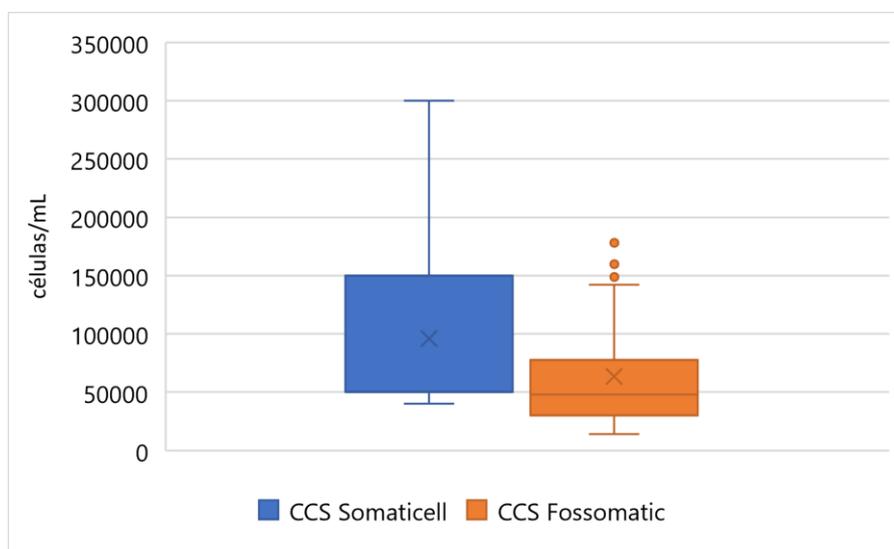
<b>Categoría de mastitis</b>	<b>Mediana Fossomatic</b>	<b>RIC Fossomatic</b>	<b>Mediana Somaticell</b>	<b>RIC Somaticell</b>	<b>Valor p</b>
<i>Normal</i> (n=66)	48000	47500	50000	100000	<0,001
<i>Subclínica</i> (n=22)	316000	269250	350000	112500	0,858
<i>Clínica</i> (n=12)	2116000	1325000	900000	900000	0,003
<b>Total</b>	77000	246000	150000	250000	0,047

Nota: RIC: Rango intercuartílico. Letras diferentes (a, b) en una misma fila indican diferencias estadísticamente significativas entre las medianas del conteo de células somáticas según la prueba de rangos con signo de Wilcoxon ( $p < 0,05$ ).

El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras dependientes, dado que los datos no presentaron una distribución normal. La categorización clínica de las muestras (normal, subclínica y clínica) se realizó tomando como referencia los valores de recuento de células somáticas obtenidos por el equipo Fossomatic™ 7 DC, considerado en este estudio como el método de referencia. Para ambas pruebas, la clasificación se estableció con base en los rangos definidos en el protocolo técnico del Fossomatic™, donde se consideraron como muestras normales aquellas con un recuento menor a 200 000 células/mL, como

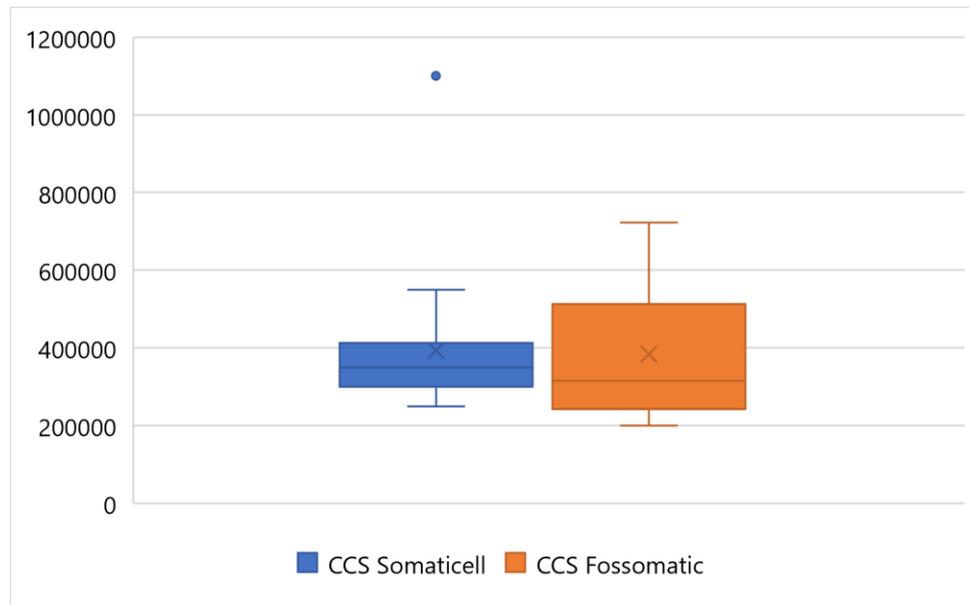
subclínicas las comprendidas entre 200 000 y 1 000 000 células/mL, y como clínicas aquellas con un recuento superior a 1 000 000 células/mL.

Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos métodos en las categorías normal ( $p < 0,001$ ), clínica ( $p = 0,003$ ) y en el análisis total de las 100 muestras ( $p = 0,047$ ) (Tabla 1). En estas tres comparaciones el método Somaticell® tuvo una tendencia a sobreestimar los valores en animales normales y a subestimar los recuentos en animales con mastitis clínica, en comparación con los valores proporcionados por Fossomatic™. Por el contrario, en la categoría subclínica, no se encontraron diferencias significativas entre las medianas de ambos métodos ( $p = 0,858$ ).



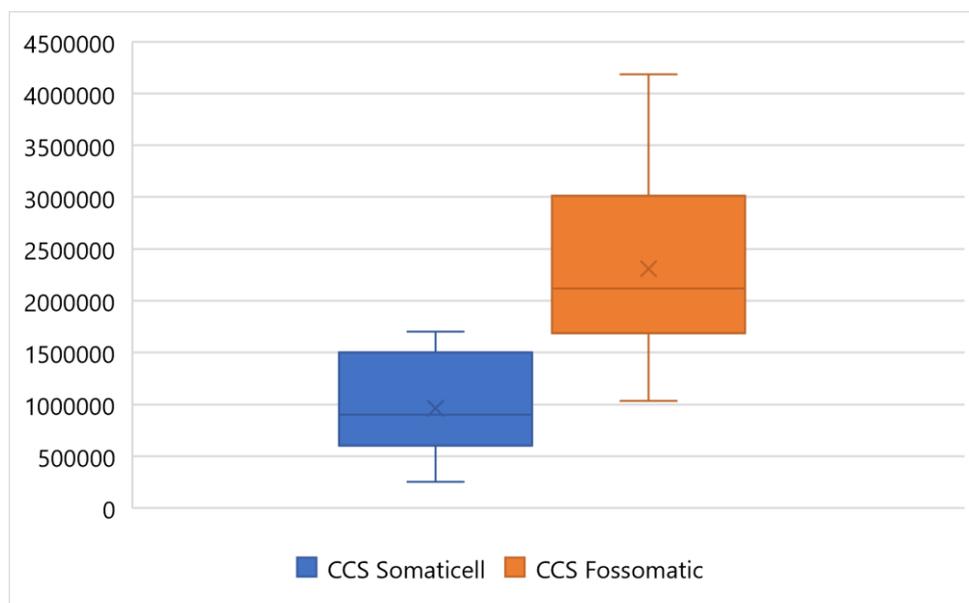
**Gráfico 1.** Distribución del recuento de células somáticas en muestras clasificadas como normales.

En el gráfico 1, se muestra la distribución del conteo de células somáticas (células/mL) en las 66 muestras clasificadas como normales según el equipo Fossomatic™ 7 DC, comparando los valores obtenidos mediante los métodos Somaticell® y Fossomatic™. Se observa una mayor dispersión en los valores de Somaticell®.



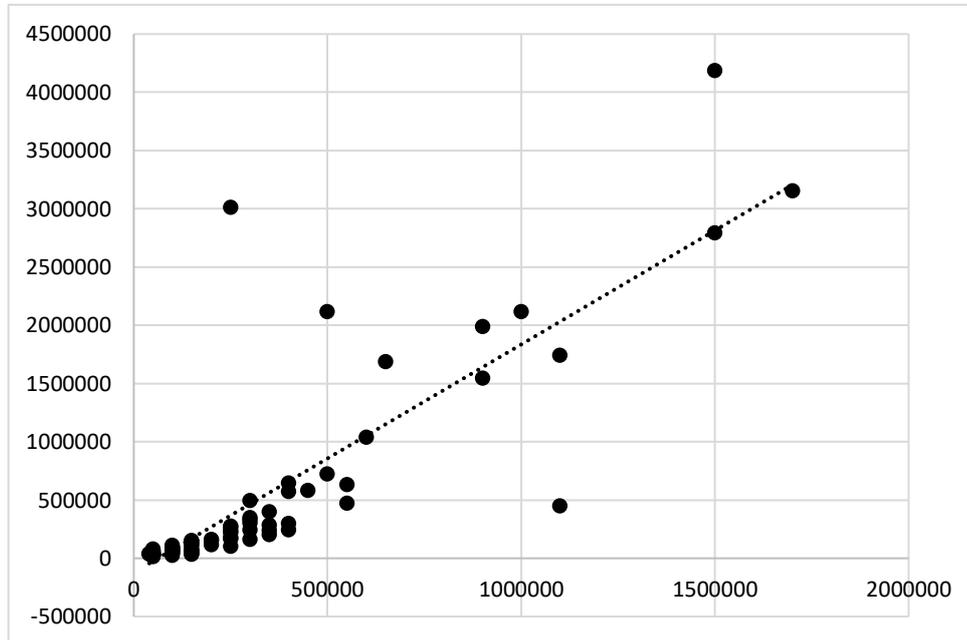
**Gráfico 2.** Distribución del recuento de células somáticas en muestras clasificadas como subclínicas.

En el gráfico 2, muestra los valores de CCS para las 22 muestras clasificadas como subclínicas con base en los valores de Fossomatic™. Las medianas y la dispersión de ambos métodos fue similar, sin observarse diferencias significativas.



**Gráfico 3.** Distribución del recuento de células somáticas en muestras clasificadas como clínicas.

El gráfico 3, muestra la distribución de los conteos celulares obtenidos por ambos métodos en las 12 muestras clasificadas como clínicas de acuerdo con Fossomatic™. La mediana y el rango intercuartílico fueron mayores en el método Fossomatic™, en comparación con Somaticell®.



**Gráfico 4.** Relación entre los conteos de células somáticas obtenidos por Fossomatic™ 7 DC (eje Y) y Somaticell® (eje X).

El gráfico de dispersión representa la relación entre los valores de recuento de células somáticas (células/mL) obtenidos mediante el método Somaticell® (eje Y) y el método Fossomatic™ 7 DC (eje X), en un total de 100 muestras emparejadas (Gráfico 4). Se obtuvo también un coeficiente de correlación de Spearman  $\rho=0,906$ , con  $p<0,001$ , lo que indica una correlación positiva muy fuerte entre ambos métodos.

**Tabla 2.** Matriz de contingencia entre las categorías clínicas asignadas por los métodos Somaticell® y Fossomatic™ 7 DC.

		Resultado Fossomatic			
		Normal	Subclínica	Clínica	Total
Resultado Somaticell	Normal	59 (89,4%)	0 (0%)	0 (0%)	59
	Subclínica	7 (10,6%)	21 (95,5%)	6 (50%)	34
	Clínica	0 (0%)	1 (4,5%)	6 (50%)	7
	Total	66	22	12	100

En la Tabla 2, se presenta la distribución cruzada de las 100 muestras de leche evaluadas, clasificadas según el diagnóstico clínico de mastitis asignado por ambos métodos. Para ambos casos, la categorización clínica se basó en los rangos establecidos en el protocolo técnico del equipo Fossomatic™ 7 DC, considerando como muestras normales aquellas con un recuento de células somáticas inferior a 200 000 células/mL, como subclínicas las comprendidas entre 200 000 y 1 000 000 células/mL, y como clínicas aquellas que superaron 1 000 000 células/mL.

Se observó que 59 muestras (89,4 %) fueron clasificadas como normales por ambos métodos, 21 (95,5 %) como subclínicas por ambos y 6 (50,0 %) como clínicas por ambos. Las discordancias más notorias se dieron en la categoría subclínica, donde 7 muestras (10,6 %) clasificadas como normales por Fossomatic™ fueron identificadas como subclínicas por Somaticell®, y 6 muestras clínicas (50,0 %) por Fossomatic™ fueron interpretadas como subclínicas por Somaticell®. Esta distribución sugiere una tendencia del método Somaticell® a clasificar casos clínicos como subclínicos y a sobreestimar algunos casos normales como subclínicos.

**Tabla 3.** Matriz de contingencia entre los resultados dicotómicos de mastitis obtenidos por Somaticell® y Fossomatic™ 7 DC.

		Fossomatic		
		<i>Mastitis</i>	<i>Normal</i>	Total
<i>Somaticell</i>	<i>Mastitis</i>	34 ( <b>VP</b> )	7 ( <b>FP</b> )	41
	<i>Normal</i>	0 ( <b>FN</b> )	59 ( <b>VN</b> )	59
	Total	34	66	100

Nota: VP: Verdadero positivo; FP: Falso positivo; FN: Falso negativo; VN: Verdadero negativo.

En la tabla 3, se muestra el análisis dicotómico para evaluar la capacidad del método Somaticell® en la detección de mastitis, considerando como casos positivos a todas las muestras con un recuento de células somáticas mayor a 200 000 células/mL. La matriz de contingencia presentada en la Tabla 3 permitió calcular los principales indicadores de desempeño diagnóstico del método Somaticell®:

**Tabla 4.** Indicadores de rendimiento diagnóstico del método Somaticell® en comparación con Fossomatic™ 7 DC.

Indicador	Valor
Sensibilidad	100 %
Especificidad	89,4 %
Valor predictivo positivo (VPP)	82,9 %
Valor predictivo negativo (VPN)	100 %
Exactitud diagnóstica	93 %
Índice de concordancia de Kappa ( $\kappa$ )	0,851

La tabla 4, resume los indicadores de rendimiento diagnóstico del Kit Somaticell®. Este método alcanzó una sensibilidad del 100 %, identificando correctamente todos los casos de mastitis detectados por Fossomatic™. La especificidad fue del 89,4%, clasificando correctamente la mayoría de las muestras sin mastitis. El valor predictivo positivo (VPP) de 82,9 % indica que, cuando el resultado fue positivo, existió una alta probabilidad de que la mastitis estuviera realmente presente, aunque con una pequeña cantidad de falsos positivos. El valor predictivo negativo (VPN) de 100 % demuestra que todos los resultados negativos correspondieron efectivamente a muestras sin mastitis, sin falsos negativos. La exactitud diagnóstica de 93% indica que el 93 % de la totalidad de muestras fueron correctamente clasificadas (ya sea como normales o con mastitis) en comparación con el método de referencia. Una exactitud diagnóstica elevada indica un desempeño general sólido y equilibrado entre sensibilidad y especificidad. El índice de concordancia de Kappa de  $\kappa=0,851$  demuestra una concordancia casi perfecta entre el Kit Somaticell® y el equipo Fossomatic™ 7 DC.

### **3.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados**

Los resultados obtenidos mostraron diferencias estadísticamente significativas en el conteo de células somáticas entre ambos métodos en las categorías normal ( $p<0,001$ ), mastitis clínica ( $p=0,003$ ), así como en el conteo general de células somáticas ( $p<0,047$ ) (Tabla 1). Estas diferencias también se observaron en los resultados obtenidos por Santos (6), quien reportó valores inferiores para Somaticell® en comparación con un método microscópico para conteo de células somáticas en Brasil. Del mismo modo,

Ferronato *et al.* (7) reportó variaciones significativas en los resultados de Somaticell® en comparación con el método automático, en especial en etapas críticas como el periodo postparto inmediato; sin embargo, se debe tener en cuenta que, en el presente estudio, la etapa de lactación no fue una variable considerada en el análisis.

El equipo Fossomatic™ ha demostrado una alta correlación con métodos de referencia como el conteo microscópico directo de células somáticas ( $r=0,96$ ), confirmando su precisión como método cuantitativo estándar en programas de control de mastitis (63). El método del conteo de células somáticas sigue siendo en la actualidad el método más confiable para la detección de mastitis subclínica en bovinos. Estudios recientes han demostrado que este método presenta una mayor especificidad y sensibilidad que métodos alternativos como la prueba de conductividad eléctrica, California Mastitis Test y el método de indicador de pH (64). Aunque se debe mencionar que, el desempeño de las pruebas de conteo de células somáticas podría depender del agente etiológico involucrado, como fue evidenciado por Zafalon *et al.* (65), quienes observaron una disminución en la sensibilidad y especificidad cuando el agente infeccioso fue *Corynebacterium spp*, en comparación con infecciones por *Staphylococcus aureus*. Esto demuestra que, los resultados obtenidos en estas pruebas deben realizarse en conjunto con otras pruebas complementarias, en especial cuando se sospecha que la etiología de la mastitis pueda ser diversa. Además, se debe considerar que el desempeño del equipo Fossomatic™ 7 DC está influenciado por factores como el correcto almacenamiento de las muestras y el tiempo de procesamiento, variables que fueron controladas en

la medida de lo posible, pero que no pueden excluirse completamente como fuentes de posible variabilidad en los resultados.

La prueba correlación de Spearman mostró un coeficiente  $\rho=0,906$  ( $p<0,001$ ) indicando una correlación positiva muy fuerte entre ambos métodos evaluados. Este resultado concuerda con el reporte de Rodrigues *et al.* (9), quienes encontraron una correlación alta ( $\rho=0,92$ ) entre Somaticell® y el recuento electrónico de células somáticas. La correlación fuerte observada en el presente estudio valida la utilidad de la prueba Somaticell® para estudios en campo en los que no se disponga de equipos sofisticados.

Del mismo modo, la evaluación de la matriz de contingencia entre ambos métodos (Tabla 2 y 3) y los indicadores diagnósticos (Tabla 4) mostró que Somaticell® obtuvo un valor de sensibilidad del 100%, una especificidad de 89,4 %, un valor predictivo positivo (VPP) de 82,9 %, un valor predictivo negativo (VPN) del 100% y una exactitud diagnóstica total del 93%. Además, el índice de concordancia de Kappa fue de 0,851, lo que indica una concordancia casi perfecta según la escala propuesta por Landis y Koch (62). Estos resultados son similares a los obtenidos por Rodrigues *et al.* (9), quienes reportaron que, utilizando un umbral de 205 000 células/mL, el kit Somaticell® alcanzó una sensibilidad del 91,3 %, una especificidad del 96% y un valor de Kappa de 0,82. La evaluación de indicadores como la sensibilidad, especificidad y exactitud diagnóstica es una práctica fundamental para la validación de métodos de diagnóstico, tal como ha sucedido en otros estudios realizados en especies lecheras (66). La alta sensibilidad del Kit Somaticell® ha sido corroborada en un estudio en el que se alcanzó una sensibilidad de 99% y especificidad del 87,1% para la

detección de infecciones causadas por *Streptococcus agalactiae*, superando a California Mastitis Test (CMT) en términos de exactitud diagnóstica (67).

La prueba Somaticell® tiene la ventaja de ser un método de diagnóstico rápido y sencillo, que puede efectuarse en condiciones de campo (68, 69).

Sin embargo, se ha observado cierta tendencia a sobreestimar valores en muestras normales y subestimar el conteo de células en casos de mastitis clínica, lo cual requiere tomar los resultados con precaución. Esta limitación también fue observada por Ferronato *et al.* (7) y por Langoni *et al.* (70), quienes reportaron que Somaticell® tiende a sobrestimar los valores del conteo en muestras con un número bajo de células y a subestimar en aquellas con conteos celulares elevados, sugiriendo que su uso debería ser como herramienta cualitativa de tamizaje, más que como método cuantitativo de diagnóstico. Además, atribuyen esta discrepancia en los resultados, a la susceptibilidad de la interpretación visual, que puede generar este tipo de errores. Aun así, debido a su alta sensibilidad y especificidad, esta técnica representa una opción viable en el monitoreo de rutina y diagnóstico temprano de la mastitis en entornos rurales o con recursos limitados.

El conteo de células somáticas es un método práctico para el monitoreo de la mastitis en vacas; sin embargo, investigaciones recientes han evidenciado limitaciones en su precisión, sobre todo en casos de mastitis subclínica en los que se ha observado inflamación mamaria en muestras inferiores a 100 000 células/mL (71, 73). Esto ha impulsado el desarrollo de tecnologías como el recuento diferencial de células somáticas, que analiza la cantidad de linfocitos y neutrófilos como marcadores de inflamación (74), siendo su aplicación cada vez más factible gracias a la disponibilidad de analizadores automatizados de alta capacidad.

Como se ha mencionado anteriormente, se deben considerar algunas limitaciones en el presente estudio. Una de ellas es la interpretación visual del Kit Somaticell®, que introduce un componente subjetivo que podría haber influido en la clasificación de algunas muestras, sobre todo en aquellas con valores de recuento cercanas al umbral de clasificación clínica. Asimismo, el desempeño del equipo Fossomatic™ 7 DC, que fue considerado como la prueba estándar de referencia en este estudio, está influenciado por factores como el correcto almacenamiento de las muestras y el tiempo transcurrido hasta su procesamiento; si bien estas variables fueron controladas en la medida de lo posible, no se pueden excluir completamente como fuentes de variabilidad en los resultados. Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos en el presente estudio proporcionan evidencia sólida del desempeño del kit Somaticell® en comparación con el equipo Fossomatic™ 7 DC, permitiendo establecer conclusiones relevantes sobre su utilidad diagnóstica como prueba de campo en casos de mastitis.

### **3.3. Contrastación de hipótesis**

#### **3.3.1. Prueba de Wilcoxon para contrastación de hipótesis**

##### **3.3.1.1. Hipótesis**

- **Hipótesis de investigación (Hi):** Existen diferencias significativas en el recuento de células somáticas entre el Kit Somaticell® y el equipo Fossomatic™ 7 DC.
- **Hipótesis nula (Ho):** No existen diferencias significativas en el recuento de células somáticas entre el Kit Somaticell® y el equipo Fossomatic™ 7 DC.

### **3.3.1.2. Contraste estadístico**

Para contrastar la hipótesis se realizó la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas, ya que el recuento de células somáticas obtenido por ambos métodos no siguió una distribución normal. El nivel de significancia considerado fue de  $\alpha=0,05$ . El resultado de la prueba de Wilcoxon indicó un valor de  $p=0,047$ , lo que indica que existen diferencias significativas entre ambos métodos evaluados en el recuento de células somáticas.

### **3.3.1.3. Decisión**

Dado que el valor de  $p<0,05$ , se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) que indica que existen diferencias significativas en el recuento de células somáticas entre el Kit Somaticell® y el equipo Fossomatic™ 7 DC.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES**

1. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en el recuento de células somáticas entre el Kit Somaticell® y el equipo Fossomatic™ 7 DC, particularmente en las categorías de mastitis clínica y muestras normales, así como en el conteo general de células somáticas, en donde Somaticell® tuvo una tendencia a sobreestimar los recuentos en muestras normales y a subestimarlos en muestras con mastitis clínica.
2. Se determinó una correlación positiva muy fuerte entre ambos métodos ( $\rho=0,906$ ;  $p<0,001$ ), respaldando el uso de Somaticell® como una alternativa válida para el monitoreo del recuento de células somáticas en muestras de leche bajo condiciones de campo, ante la ausencia de equipos automatizados.
3. La prueba Somaticell® mostró un buen desempeño diagnóstico, con una sensibilidad del 100%, especificidad del 89,4 %, valor predictivo positivo del 82,9 %, valor predictivo negativo del 100 %, y una exactitud diagnóstica del 93 %. Asimismo, se obtuvo un coeficiente de concordancia Kappa de 0,851, indicando un nivel de concordancia casi perfecto con el equipo Fossomatic™ 7 DC.
4. Los resultados del presente estudio confirman que el Kit Somaticell® constituye una herramienta práctica, de alta sensibilidad y especificidad, para el diagnóstico rápido de mastitis bovina, especialmente en sistemas de producción rural o en contextos donde no se disponga de equipos automatizados.

## **CAPÍTULO V**

### **SUGERENCIAS**

- Realizar estudios complementarios en los que se consideren distintas etapas de lactación, con el fin de evaluar el desempeño del Kit Somaticell® bajo diversas condiciones fisiológicas.
- Incorporar otras técnicas de diagnóstico microbiológicas con el propósito de validar la presencia o ausencia de infección intramamaria.
- Evaluar el desempeño del Kit Somaticell® frente a diferentes agentes etiológicos, ya que se ha descrito que la respuesta celular puede variar según el agente etiológico de la mastitis.
- Realizar un análisis costo – beneficio entre el kit de diagnóstico Somaticell® y métodos diagnósticos como Fossomatic™, considerando que el análisis mediante Fossomatic™ tiene un costo aproximado de 12 dólares americanos por cada muestra, mientras que Somaticell® tiene un costo de 3 dólares. La diferencia económica significativa debe ser evaluada en función de accesibilidad y aplicabilidad en sistemas de producción con recursos limitados.
- Comparar el Kit Somaticell® con otros métodos de diagnóstico en campo, como el California Mastitis Test (CMT) u otros kits comerciales, para establecer su precisión, facilidad de uso y costo-beneficio.
- Realizar estudios futuros que evalúen el desempeño del kit Somaticell® considerando el periodo de lactancia y el agente etiológico de la mastitis, dado que la respuesta inmunológica de la glándula mamaria y el recuento de células somáticas podrían variar según el estado fisiológico del animal y el tipo de microorganismo involucrado.

## REFERENCIAS

1. Fernández, E.F., Hernández, J.A.M., Suárez, V.M., Villares, J.M.M., Yurrita, L.R.C., Cabria, M.H., Rey, F.J.M. Documento de Consenso: Importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutrición Hospitalaria*. 2015. 31:92-101. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8253>.
2. Bolaños, F., Fernando, O., Graffe, T., Eduardo, J., Cabrera, P., Jaiver, J., Gallego, C., Salcedo, G., Tatiana, Y. Mastitis bovina: generalidades y métodos de diagnóstico. vol. 13. 2012.
3. García, A.D. Células somáticas y alto recuento bacteriano ¿Cómo controlarlos? [http://openprairie.sdstate.edu/extension\\_extra/537](http://openprairie.sdstate.edu/extension_extra/537). 2004.
4. Sanford, C.J., Keefe, G.P., Sanchez, J., Dingwell, R.T., Barkema, H.W., Leslie, K.E., Dohoo, I.R. Test characteristics from latent-class models of the California Mastitis Test. *Preventive Veterinary Medicine*. 2006. 77:96-108. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2006.06.006>.
5. Medina, M.C.M.V. Uso de la prueba de conductividad eléctrica y su relación con la prueba de California mastitis. *IV Congreso Nacional de Control de Mastitis. Aguascalientes, Aguascalientes. México. pp. 21-23*. 2003.
6. Santos, M. de A. Estudio del Kit Somaticell comparado con microscopía directa para el diagnóstico de mastitis subclínica en cabras. Universidad Federal de Paraíba, Brasil. 2019.
7. Ferronato, J.A., Ferronato, T.C., Schneider, M., Pessoa, L.F., Blagitz, M.G., Heinemann, M.B., Della Libera, A.M.MP., Souza, F.N. Diagnosing mastitis in early lactation: use of Somaticell®, California mastitis test and somatic cell count. *Italian Journal of Animal Science*. 2018. 17:723-9. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1426394>.
8. Langoni, H., Da, D., Penachio, S., Borin, D., Felipe De Freitas Guimarães, N.I., Baldini, S., Ii, L. Somaticell ® as a screening method for somatic cell count from bovine milk Avaliação do Somaticell ® como método de triagem para contagem de células somáticas do leite de bovinos 2012. 42:1095-101.

9. Rodrigues, A.C.O., Cassoli, L.D., Machado, P.F., Ruegg, P.L. Short communication: Evaluation of an on-farm test to estimate somatic cell count. *Journal of Dairy Science*. 2009. 92:990-5. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1216>.
10. Báez, G.J.J. Estudio Epidemiológico de la Mastitis Subclínica bovina en el sector II de Téjaro, Michoacán (Trabajo de servicio profesional). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México. pp.2-10 2002.
11. Ávila, S., Romero, L. Anatomía y fisiología de la glándula mamaria. *Producción de Ganado Lechero*. 2006.
12. Schmidt, G.H. Biología de la lactación. Zaragoza: 1974.
13. Noya Couto, Carlos. Claves de la fisiología mamaria y el ordeño en vacas lecheras. *Rumi News*. 2022.
14. Ramos, A.C. Breve introducción a la anatomía de la ubre ya la fisiología del ordeño. *Universidad politécnica de Madrid*. 2017.
15. Departamento técnico De Laval. Anatomía de la glándula mamaria. 2015.
16. Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Strappini, A.C., Braghieri, A., De Rosa, G., Álvarez-Macías, A., Ghezzi, M.D., Mora-Medina, P., De Varona, E., Bertoni, A. Dairy buffalo behaviour and welfare. *El Búfalo de Agua en las Américas: Comportamiento y Productividad*. 2022:111-32.
17. Jiménez, L.M. Anatomía de la ubre - Back to basic. 2022.
18. Polikarpus, A., Grasso, F., Pacelli, C., Napolitano, F., De Rosa, G. Milking behaviour of buffalo cows: Entrance order and side preference in the milking parlour. *Journal of Dairy Research*. 2014. 81:24-9. <https://doi.org/10.1017/S0022029913000587>.

19. Watters, R.D., Bruckmaier, R.M., Crawford, H.M., Schuring, N., Schukken, Y.H., Galton, D.M. The effect of manual and mechanical stimulation on oxytocin release and milking characteristics in Holstein cows milked 3 times daily. *Journal of Dairy Science*. 2015. 98:1721-9. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8335>.
20. Mota-Rojas, D., Marcet-Rius, M., Domínguez-Oliva, A., Martínez-Burnes, J., Lezama-García, K., Hernández-Ávalos, I., Rodríguez-González, D., Bienboire-Frosini, C. The Role of Oxytocin in Domestic Animal's Maternal Care: Parturition, Bonding, and Lactation. *Animals*. 2023. 13. <https://doi.org/10.3390/ani13071207>.
21. Mota-Rojas, D., Bragaglio, A., Braghieri, A., Napolitano, F., Domínguez-Oliva, A., Mora-Medina, P., Álvarez-Macías, A., De Rosa, G., Pacelli, C., José, N., Barile, V.L. Dairy buffalo behavior: calving, imprinting, and allosuckling. *Animals*. 12, 2899. <https://doi.org/10.3390/ani12212899> 2022.
22. Sordillo, L.M., Shafer-Weaver, K., Derosa, D. Symposium: Bovine Immunology. vol. 80. 1997. 1851 p.
23. Wolter, W. La mastitis bovina. 2004.
24. Line, C.É., Rainard, P., Poutrel, B. Differential Induction of Complement Fragment C5a and Inflammatory Cytokines during Intramammary Infections with *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. vol. 7. 2000. 161-167 p.
25. Rodríguez Pedrouzo, Sergio. Potenciando la inmunidad de la ubre frente a las mastitis. 2022.
26. Paape, M.J., Rautiainen, P.M., Lilius, E.M., Malstrom, C.E., Elsasser, T.H. Development of Anti-Bovine TNF- $\alpha$  mAb and ELISA for Quantitating TNF- $\alpha$  in Milk After Intramammary Injection of Endotoxin. vol. 85. American Dairy Science Association. 2002. 765-773 p.
27. Erskine, R.J., Bartlett, P.C., Tavernier, S.R., Fowler, L.H., Walker, R.D., Seguin, J.H., Shuster, D. Recombinant Bovine Interleukin-2 and Dry Cow Therapy: Efficacy to Cure and Prevent Intramammary Infections, Safety, and Effect on Gestation. vol. 81. 1998. 107-115 p.

28. Fernández, E.F., Hernández, J.A.M., Suárez, V.M., Villares, J.M.M., Yurrita, L.R.C., Cabria, M.H., Rey, F.J.M. Documento de Consenso: Importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutrición Hospitalaria*. 2015. 31:92-101. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8253>.
29. Pena, S. Análisis económico del tratamiento antibiótico en mastitis bovina. Editorial Facultad de Agronomía UBA. 2019.
30. Blowey, R. y E.P. Control de la mastitis en granjas de vacuno de leche. Guía ilustrada y práctica. 1995.
31. Philpot, W.N. Importancia de la cuenta de células somáticas y los factores que la afectan. III Congreso Nacional de Control de Mastitis y Calidad de la Leche. Junio de 2001. León, Gto. México. 26 pp 2001.
32. Dalanezi, F.M., Joaquim, S.F., Guimarães, F.F., Guerra, S.T., Lopes, B.C., Schmidt, E.M.S., Cerri, R.L.A., Langoni, H. Influence of pathogens causing clinical mastitis on reproductive variables of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2020. 103:3648-55. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16841>.
33. Miranda, S., Albuja, C., Tríbulo, H. Association between subclinical mastitis with early loss of gestation in a dairy cow herd. *Granja*. 2019. 30:44-51. <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.05>.
34. Andresen, H. Mastitis: Prevención y control. *Rev Inv Vet - Perú*. 2001. 55-64 p.
35. Tollersrud, T., Kenny, K., Caugante, D.A., Lund', A. Characterisation of isolates of *Staphylococcus aureus* from acute, chronic and subclinical mastitis in cows in Norway. *APMIS*. 2000:565-72.
36. Heringstad, B., Klemetsdal, G., Ruane°department, J. Selection for mastitis resistance in dairy cattle: a review with focus on the situation in the Nordic countries. vol. 64. 2000. 95-106 p.
37. Ariznabarreta, A., Gonzalo, C., San Primitivo, F. Microbiological Quality and Somatic Cell Count of Ewe Milk with Special Reference to Staphylococci. vol. 85. American Dairy Science Association. 2002. 1370-1375 p.

38. Gallegos, A., Moncada, J. Uso de extractos de semillas de cítricos para el control de la mastitis bovina. *México: UMSNH*. 2011.
39. Wellenberg, G.J., Van der Poel, W.H.M., Van Oirschot, J.T. Viral infections and bovine mastitis: a review. *Veterinary microbiology*. 2002. 88:27-45.
40. Bradley, A.J. Bovine mastitis: An evolving disease. *Veterinary Journal*. 2002. 164:116-28. <https://doi.org/10.1053/tvjl.2002.0724>.
41. Sol, J., Sampimon, O.C., Barkema, H.W., Schukken, Y.H. Factors associated with cure after therapy of clinical mastitis caused by *Staphylococcus aureus*. *Journal of dairy science*. 2000. 83:278-84.
42. Reyes, J., Chaffer, M., Sanchez, J., Torres, G., Macias, D., Jaramillo, M., Duque, P.C., Ceballos, A., Keefe, G.P. Evaluation of the efficacy of intramuscular versus intramammary treatment of subclinical *Streptococcus agalactiae* mastitis in dairy cows in Colombia. *Journal of Dairy Science*. 2015. 98:5294-303. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9199>.
43. Zadoks, R. Molecular and mathematical epidemiology of *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus uberis* mastitis in dairy herds. 2002.
44. Timonen, A.A.E., Katholm, J., Petersen, A., Mõtus, K., Kalmus, P. Within-herd prevalence of intramammary infection caused by *Mycoplasma bovis* and associations between cow udder health, milk yield, and composition. *Journal of Dairy Science*. 2017. 100:6554-61. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12267>.
45. Verbeke, J., Piepers, S., Supré, K., De Vliegher, S. Pathogen-specific incidence rate of clinical mastitis in Flemish dairy herds, severity, and association with herd hygiene. *Journal of Dairy Science*. 2014. 97:6926-34. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8173>.
46. Zadoks, R.N., Gillespie, B.E., Barkema, H.W., Sampimon, O.C., Oliver, S.P., Schukken, Y.H. Clinical epidemiological and molecular characteristics of *Streptococcus uberis* infections in dairy herds. *Epidemiology and Infection*. 2003. 130:335-49. <https://doi.org/10.1017/S0950268802008221>.

47. Pérez, C.G., Bedolla, C.C., Castañeda, V.H. Importancia del conteo de Células somáticas en la cría sustentable de vacas productoras de leche. 2005:84-96.
48. Norberg, E., Hogeveen, H., Korsgaard, I.R., Friggens, N.C., Sloth, K.H.M.N., Løvendahl, P. Electrical Conductivity of Milk: Ability to Predict Mastitis Status. vol. 87. s.f. 1099-1107 p.
49. Mellemborg, R. California Mastitis Test (CMT), an invaluable tool for managing mastitis, Dept of Animal Sciences, Michigan, State University 2001.
50. Bedolla, C.C. Métodos de detección de la mastitis bovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Mimeo. 8pp. 2004.
51. Servet Talavera. Test de California (CMT). <https://www.servetalavera.es/wp-content/uploads/CMT.pdf> 2012.
52. Fernández del Rio, J.A. Mastitis. Tema V. en: Calidad y eficiencia en la producción de leche. Manual de procedimientos para la ordeña. Virbac. Departamento técnico. pp. 13-18. 1997.
53. Thompson, D.I., Postle, D.S. The wisconsin mastitis test – an indirect estimation of leucocytes in milk. *Journal of Food Protection*. 1964. 27:271-5. <https://doi.org/10.4315/0022-2747-27.9.271>.
54. Machado, P.F., Coelho, K.O., Cassoli, L.D. Avaliação do Wisconsin Mastitis Test (modificado) para a quantificação de células somáticas em leite de vaca. XI Congresso Latinoamericano de Buiatria. Salvador, BA, Brazil: Associação Brasileira de Buiatria, vol. 65, 2003.
55. Schwarz, D. Differential Somatic Cell Count with the Fossomatic 7 DC - a novel parameter. Denmark: 2015. 1-6 p.
56. Hillerton, J.E., Berry, E.A. The management and treatment of environmental streptococcal mastitis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*. 2003. 19:157-69.

57. Pinzón-Sánchez, C., Cabrera, V.E., Ruegg, P.L. Decision tree analysis of treatment strategies for mild and moderate cases of clinical mastitis occurring in early lactation. *Journal of Dairy Science*. 2011. 94:1873-92. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3930>.
58. Radostits, O.M., G.C.C., H.K.W. and C.P.D. *Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Horses, Sheep, Pigs and Goats*. 10th Edition, Elsevier Saunders, London, 966-994. 2007.
59. Owens, W.E., Watts, J.L., Greene, B.B., Ray, C.H. Minimum Inhibitory Concentrations and Disk Diffusion Zone Diameter for Selected Antibiotics Against Streptococci Isolated from Bovine Intramammary Infections. s. f.
60. Mestorino, N.E.J. Pharmacokinetic-Pharmacodynamic considerations for bovine mastitis treatment. p.423-472. ISBN 979-953-307-413-8. 2012.
61. Djabri Belgacem, Bareille Nathalie, Beaudeau François, Seegers Henri. Quarter milk somatic cell count in infected dairy cows: a meta-analysis. PMID: 12199362 DOI: 10.1051/vetres:2002021 2002.
62. Landis, J.R., Koch, G.G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*. 1977. 33:159. <https://doi.org/10.2307/2529310>.
63. Heald, C.W., Jones, G.M., Nickerson, S.C., Patterson, W.N., Vinson, W.E. Preliminary Evaluation of the Fossomatic Somatic Cell Counter for Analysis of Individual Cow Samples in a Central Testing Laboratory. *Journal of Food Protection*. 1977. 40:523-6. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-40.8.523>.
64. Singh, B., Kumar, R. Comparative efficacy and validation of different diagnostic methods in detection of subclinical mastitis in farms of Bundelkhand. *Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 2022. 53:226-34. <https://doi.org/10.51966/JVAS.2022.53.2.226-234>.
65. Francisco Zafalon, L., Nader Filho, A., Victor Oliveira, J., Dutra Resende, F. Comparação entre o Califórnia Mastitis Test e a contagem de células somáticas como métodos auxiliares para o diagnóstico da mastite sub-clínica bovina por *Staphylococcus aureus* e *Corynebacterium* spp. *Boletim de Indústria Animal*. 2005. 62:63-9.

66. Tolone, M., Mastrangelo, S., Scatassa, M.L., Sardina, M.T., Riggio, S., Moscarelli, A., Sutera, A.M., Portolano, B., Negrini, R. A First Investigation into the Use of Differential Somatic Cell Count as a Predictor of Udder Health in Sheep. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*. 2023. 13:3806. <https://doi.org/10.3390/ANI13243806>.
67. Rossi, R.S., Amarante, A.F., Correia, L.B.N., Guerra, S.T., Nobrega, D.B., Latosinski, G.S., Rossi, B.F., Rall, V.L.M., Pantoja, J.C.F. Diagnostic accuracy of Somaticell, California Mastitis Test, and microbiological examination of composite milk to detect *Streptococcus agalactiae* intramammary infections. *Journal of Dairy Science*. 2018. 101:10220-9. <https://doi.org/10.3168/JDS.2018-14753>.
68. Medeiros, E.S. Avaliação do exame microbiológico, California Mastitis Test e Somaticell® no diagnóstico da mastite subclínica em bovinos leiteiros. *Medicina Veterinária*. 2008. 2:16-22.
69. Varajão Cardoso, C., das Graças Paes Pinheiro, A., Castro Marques dos Santos, A., de Moura Souza, R., Ventura Barbosa, E., Carla Castro, H., Halfen Teixeira Liberal, M. Applicability of on-farm testing methodologies for the detection of subclinical mastitis in dairy cows and their contribution for animal welfare. *Bol. ind. anim. (Impr.)*. 2014:53-53.
70. Langoni, H., da Silva Penachio, D., Nóbrega, D.B., de Freitas Guimarães, F., Lucheis, S.B. Somaticell® as a screening method for somatic cell count from bovine milk. *Ciência Rural*. 2012. 42:1095-101. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000035>.
71. Zecconi, A., Piccinini, R., Fox, L.K. Epidemiologic study of intramammary infections with *Staphylococcus aureus* during a control program in nine commercial dairy herds. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2003. 223:684-8. <https://doi.org/10.2460/JAVMA.2003.223.684>.
72. Merle, R., Schröder, A., Hamann, J. Cell function in the bovine mammary gland: A preliminary study on interdependence of healthy and infected udder quarters. *Journal of Dairy Research*. 2007. 74:174-9. <https://doi.org/10.1017/S002202990600238X>.

73. Zecconi, A. Staphylococcus aureus mastitis: what we need to know to control them. *Isr J Vet Med.* 2010. 65:93-9.
74. Damm, M., Holm, C., Blaabjerg, M., Bro, M.N., Schwarz, D. Differential somatic cell count—A novel method for routine mastitis screening in the frame of Dairy Herd Improvement testing programs. *Journal of Dairy Science.* 2017. 100:4926-40. <https://doi.org/10.3168/JDS.2016-12409>,.

## ANEXOS

## ANEXO 1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

**1. Prueba de normalidad para recuento de células somáticas (RCS) general (n=100)**

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencias	0,383	100	0,000	0,285	100	0,000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**2. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para RCS general (n=100)**

Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	
N total	100
Estadístico de prueba	1,865,500
Error estándar	282,189
Estadístico de prueba estandarizado	-1,984
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0,047

**3. Prueba de normalidad para recuento de células somáticas (RCS) en muestras normales (n=66)**

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencias	0,189	66	0,000	0,896	66	0,000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**4. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para RCS en muestras normales (n=66)**

<b>Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas</b>	
N total	66
Estadístico de prueba	131,500
Error estándar	153,010
Estadístico de prueba estandarizado	-6,150
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0,000

**5. Prueba de normalidad para recuento de células somáticas (RCS) en muestras subclínicas (n=22)**

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencias	0,163	22	0,132	0,836	22	0,002
a. Corrección de significación de Lilliefors						

**6. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para RCS en muestras subclínicas (n=22)**

<b>Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas</b>	
N total	22
Estadístico de prueba	132,000
Error estándar	30,802
Estadístico de prueba estandarizado	0,179
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0,858

### 7. Prueba de normalidad para recuento de células somáticas (RCS) en muestras clínicas (n=12)

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencias	0,319	12	0,001	0,573	12	0,000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

### 8. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para RCS en muestras clínicas (n=12)

Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	
N total	11
Estadístico de prueba	66,000
Error estándar	11,247
Estadístico de prueba estandarizado	2,934
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0,003

### 9. Prueba de correlación de Spearman

Correlaciones				
			CCS Somaticell	CCS Fossomatic
Rho de Spearman	CCS Somaticell	Coefficiente de correlación	1,000	,906**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	100	100
	CCS Fossomatic	Coefficiente de correlación	,906**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	100	100

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).