

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Tesis previa a la obtención del Título de: INGENIERO AGROPECUARIO

**TEMA:**

**CORRELACIÓN DE LOS MÉTODOS CALIFORNIA MASTITIS TEST (CMT), CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) Y CONTEO DE CÉLULAS SOMÁTICAS (CCS) EN EL LABORATORIO DE CALIDAD DE LECHE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, CAYAMBE - ECUADOR. 2011.**

**AUTOR:**

**DE LA CRUZ GONZÁLEZ ELOY GUILLERMO**

**DIRECTORA:**

**LCDA. ROCÍO CONTERO, M.Sc.**

Cayambe, Julio 2012.

Los conceptos desarrollados, análisis realizados, las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Cayambe, julio 2012.

(f) \_\_\_\_\_  
ELOY GUILLERMO DE LA CRUZ GONZÁLEZ

**DEDICO:**

*Todas aquellas personas de buen corazón que de una u otra manera, apoyaron mi preparación académica;*

*A mi madre:*

*María Dolores González; Por darme la vida y compartir mis alegrías y tristezas durante toda mi vida estudiantil, que sin su apoyo moral tal vez no hubiese sido posible alcanzar los objetivos propuestos.*

*A mi esposa e hijos:*

*Blanca Colcha, Lizbeth Adamari, Stiven Eloy & Victoria Ángeles De la Cruz C., por su valioso apoyo, y paciencia.*

*A mis hermanos/as;*

*En especial a Juana L. De la Cruz G.*

## **AGRADECIMIENTO:**

Al Laboratorio de Calidad de leche de la Universidad Politécnica Salesiana, en especial a la Jefe BÍol. Rocío Contero por el apoyo en la realización de esta tesis, a la Q. Alim. Paola Simbaña, y Alex Jácome.

Al laboratorio de Suelos y Aguas en especial al técnico Ing. Agro. Marcelo Gualavisí.

A la asociación de pequeños productores “ATAC-QUEPA”, en especial a las personas que colaboraron con las muestras y directivos (2011).

A la Hacienda “La Alegría” en especial a la Veterinaria Pamela Valladares (2011).

A la Hacienda “San Carlos” en especial al Ing. Carlos Espinosa y al Sr. Mayordomo José.

A la Dra. Nancy Bonifaz por su apoyo incondicional y por compartir su conocimiento profesional.

A la carrera de Ingeniería Agropecuaria y todos los profesores de la UPS que aportaron en mi formación personal y profesional.

Al Padre Rafael Méndez por darme la oportunidad de trabajar y estudiar.

## ÍNDICE

CONTENIDO	PÁG.
1. INTRODUCCIÓN .....	7
2. OBJETIVOS .....	9
2.1 Objetivo General .....	9
2.2 Objetivos Específicos .....	9
3. MARCO TEÓRICO .....	10
3.1. La leche y su composición nutricional .....	10
3.2. Aspectos sanitarios de la glándula mamaria .....	13
3.2.1. La Mastitis Bovina .....	13
3.3. Diagnóstico de Mastitis .....	29
3.3.1. Pruebas de campo .....	30
3.3.2. Diagnóstico individual mediante la prueba CMT y CE .....	30
3.3.3. Pruebas de laboratorio .....	31
3.3.4. Pruebas de tanque .....	32
3.4. Cambios en la Composición de la leche causados por mastitis .....	33
3.5. Prevención de la mastitis .....	34
3.6. Impacto económico .....	35
3.7. Estrategia para el control de mastitis .....	36
3.8. Las Células Somáticas .....	37
3.8.1. Función de las células somáticas .....	38
3.9. Métodos para el diagnóstico de la Mastitis .....	40
3.9.1. El conteo de células somáticas .....	40
3.9.2. La importancia del conteo de células somáticas .....	41
3.9.3. Métodos de conteo electrónico celular .....	41
3.9.4. Conductividad eléctrica de la leche .....	42
3.9.5. Prueba de California para Mastitis (CMT) .....	45
4. UBICACIÓN .....	48
4.1. Ubicación Política Territorial (del muestreo) .....	48
4.2. Condiciones Agroecológicas Pesillo .....	48
4.3. Condiciones Agroecológicas Tabacundo .....	48
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	49
5.1. Materiales .....	49
5.2. Métodos .....	50
6. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO .....	53
6.1. Análisis de las muestras .....	54
6.1.1. Análisis de CCS .....	54

6.1.2. Análisis del CMT .....	55
6.1.3. Análisis de Conductividad Eléctrica (CE) .....	58
6.2. Análisis estadístico.....	61
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	63
7.1. Correlación de los métodos en estudio.....	63
7.2. Sensibilidad de los métodos CCS, CMT y CE.....	90
7.3. Relación numérica de los métodos CCS, CMT y CE .....	93
7.4. Correlación de los métodos en estudio con otros factores .....	94
8. CONCLUSIONES .....	111
9. RECOMENDACIONES .....	112
10. RESUMEN.....	113
11. SUMMARY .....	117
12. BIBLIOGRAFÍA .....	120
13. ANEXOS .....	126

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de leche en el Ecuador es la actividad económica de mayor presencia en el ámbito nacional, más de 1'500.000 ecuatorianos dependen de esta actividad (Cevallos, Terán y Santillán, 2010), Pichincha aporta a la producción nacional con el 20,44% del cual Cayambe ocupa el cuarto lugar con 44.676,00 cabezas de ganado. Convirtiéndose en los actuales momentos en una zona lechera (III Censo Agropecuario).

La calidad de leche proveniente de las lecherías (haciendas y pequeñas productores) es de gran importancia ya que de esta depende no solo el rendimiento en la industrialización, sino que está de por medio la salud humana (Ávila, Lazcano y Navarro, 2005; Acebo, 2007).

Uno de los problemas que afectan la composición natural y por tanto la calidad de la leche, a nivel mundial es la mastitis y particularmente cuando ésta se presenta en estado subclínica por la dificultad de detección a simple vista (Bedolla & Ponce, 2008).

La mastitis es la enfermedad más común en los bovinos en todo el mundo y la más costosa para el productor por las pérdidas de leche, las vacas que se van al rastro y el dinero invertido en médicos veterinarios y medicamentos. La mastitis es un síndrome ya que es multifactorial, es solamente un signo de más de 100 enfermedades y clínicamente significa inflamación e infección de la glándula mamaria (Cano, 2006; FEDEGAN, 2010).

Debido a la complejidad e importancia del tema de la mastitis subclínica, se han desarrollado varios métodos no solo para la verificación de la calidad de la leche, sino también como herramientas que ayuden a su detección y poder combatir esta grave enfermedad que afecta a todas las ganaderías lecheras del mundo (Bedolla, Castañeda y Wolter, 2007; AGROVETMARKET, 2008).

El Conteo de Células Somáticas (CCS) como método cuantitativo ha sido utilizado por muchos países del mundo con este fin y en los actuales momentos se ha convertido en una herramienta primordial no solo porque monitorea la calidad de la leche, también evalúa alguna anomalía en la salud de la glándula mamaria tanto a nivel de un hato (tanque) como individual (vaca) y estimativa de pérdidas de producción de leche que se puede presentar por esta grave enfermedad (Bedolla et al., 2007; Acebo, 2007) .

La CMT (*California Mastitis Test*, por sus siglas en inglés) es un método cualitativo (subjetivo) mundialmente utilizado hasta la actualidad como herramienta en el diagnóstico de la mastitis subclínica, esta prueba biológica tiene la ventaja de ser empleado al momento del ordeño, es un método práctico, de bajo costo y ofrece resultados inmediatos (Bedolla et al., 2007; Cano 2006), y se puede utilizar como herramienta para monitorear la calidad de la leche a nivel de hato (tanque) (García, 2011).

La medida de Conductividad Eléctrica (CE) en la leche se ha convertido en la última década como una herramienta más para detectar la presencia de mastitis subclínica, su principio está basado por el incremento de iones de sodio y de cloro que se produce en estos casos, (Hernández & Bedolla, 2008) los cuales pueden ser cuantificados. Algunos autores afirman que puede ser una alternativa a la CMT.

El CCS tiene relación “con los métodos indirectos como el clásico CMT, basado en el incremento de la viscosidad producida después de la ruptura de las membranas por un agente detergente, y la liberación de moléculas de ADN” y la CE, cabe destacar la medida de conductividad eléctrica que se relaciona con la presencia de mastitis por el incremento de iones que se produce en estos casos (Rey, Álvarez y Rodríguez, 2006).

Debido a la importancia del tema (la mastitis subclínica), este estudio tiene como finalidad correlacionar los tres métodos más utilizados como herramientas en el diagnóstico de la mastitis subclínica, tomando como referencia el CCS, la CMT y la CE como variables independientes, con el propósito de determinar el impacto de éstos métodos (CMT, CE) con respecto al CCS para poder observar mediante cuadros relacionados, gráficos..., sus realidades del uso de éstos en nuestro sector.

Para el Laboratorio de Calidad de Leche (LCL) en virtud de la factibilidad del nexo con los productores (pequeño y medianos), es necesario disponer de estos dos métodos de campo (CMT y CE), para la predicción del conteo de células somáticas ya que es importante disponer de estos métodos alternativos para el asesoramiento a pequeño, medianos y en general a todos aquellos comprometidos con el desarrollo de la ganadería lechera, que en estos últimos años ha tenido gran importancia.

Es necesario aportar a los ganaderos de la zona y el país, herramientas útiles comprobadas con conocimiento técnico científico que ayude a monitorear la salud animal en particular la mastitis subclínica, ya que con esto, podrán tomar decisiones pertinentes ante este problema que aqueja a los productores de leche en todo el país y el mundo. Por lo expuesto sea ha planteado los siguientes objetivos.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Establecer la correlación de los métodos Conteo de Células Somáticas (CCS), California Mastitis Test (CMT) y la Conductividad Eléctrica (CE), utilizados como herramientas diagnósticas de la mastitis subclínica en vacas lecheras para establecer la confiabilidad de estos métodos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

a) Determinar la correlación del método CCS utilizado como método referencial con respecto a los métodos CMT y CE.

b) Establecer la sensibilidad de los métodos CMT y CE con respecto a la capacidad diagnóstica del CCS.

c) Adaptar una relación numérica de los métodos en estudio reflejando estos en un cuadro mediante rangos obtenidos de los métodos en estudio.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. La leche y su composición nutricional

*La leche es un producto nutritivo complejo, producto de la secreción de la glándula mamaria de la vaca que posee más de 100 sustancias que se encuentran ya sea en solución, suspensión o emulsión en agua. Por ejemplo:*

*Caseína, la principal proteína de la leche, se encuentra dispersa como un gran número de partículas sólidas tan pequeñas que no sedimentan, y permanecen en suspensión. Estas partículas se llaman micelas y la dispersión de las mismas en la leche se llama suspensión coloidal;*

*La grasa y las vitaminas solubles en grasa en la leche se encuentran en forma de emulsión; esto es una suspensión de pequeños glóbulos líquidos que no se mezclan con el agua de la leche;*

*La lactosa (azúcar de la leche), algunas proteínas (proteínas séricas), sales minerales y otras sustancias son solubles; esto significa que se encuentran totalmente disueltas en el agua de la leche.*

*Las micelas de caseína y los glóbulos grasos le dan a la leche la mayoría de sus características físicas.*

*La composición de la leche varía considerablemente con la raza de la vaca, el estado de lactancia, alimento, época del año y muchos otros factores. Aún así, algunas de las relaciones entre los componentes son muy estables y pueden ser utilizados para indicar si ha ocurrido alguna adulteración en la composición de la leche.<sup>1</sup>*

##### 3.1.1. Hidratos de carbono

*El principal hidrato de carbono en la leche es la lactosa (Cuadro 1). A pesar de que es un azúcar, la lactosa no se percibe por el sabor dulce. La concentración de lactosa en la leche es relativamente constante y promedia alrededor de 5% (4.8%-5.2%). A diferencia de la concentración de grasa en la leche, la concentración de lactosa es similar en todas las razas lecheras y no puede alterarse fácilmente con prácticas de alimentación. Las moléculas de las que la lactosa se encuentra constituida se encuentran en una concentración mucho menor en la leche: glucosa (14 mg/100 g) y galactosa (12mg/100g).<sup>2</sup>*

---

<sup>1</sup> WATTIAUX, Michel, *Composición de la leche y valor nutricional*, s.f., [babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de\\_19.es.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_19.es.pdf)

<sup>2</sup> Idem., [babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de\\_19.es.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_19.es.pdf)

### 3.1.2. Proteínas

*La mayor parte del nitrógeno de la leche se encuentra en la forma de proteína (cuadro 1). Los bloques que construyen a todas las proteínas son los aminoácidos. Existen 20 aminoácidos que se encuentran comúnmente en las proteínas. El orden de los aminoácidos en una proteína, se determina por el código genético, y le otorga a la proteína una conformación única. Posteriormente, la conformación espacial de la proteína le otorga su función específica. La concentración de proteína en la leche varía de 3.0 a 4.0% (30-40 gramos por litro). El porcentaje varía con la raza de la vaca y en relación con la cantidad de grasa en la leche. Existe una estrecha relación entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína en la leche-cuanto mayor es la cantidad de grasa, mayor es la cantidad de proteína. Las proteínas se clasifican en dos grandes grupos: caseínas (80%) y proteínas séricas (20%)<sup>3</sup>.*

### 3.1.3. Grasa

*Normalmente, la grasa (o lípido) constituye desde el 3,5 hasta el 6,0% de la leche, variando entre razas de vacas y con las prácticas de alimentación. Una ración demasiado rica en concentrados que no estimula la rumia en la vaca, puede resultar en una caída en el porcentaje de grasa (2,0 a 2,5%). La grasa se encuentra presente en pequeños glóbulos suspendidos en agua. Cada glóbulo se encuentra rodeado de una capa de fosfolípidos, que evitan que los glóbulos se aglutinen entre sí repeliendo otros glóbulos de grasa y atrayendo agua. Siempre que esta estructura se encuentre intacta, la leche permanece como una emulsión. La mayoría de los glóbulos de grasa se encuentran en la forma de triglicéridos formados por la unión de glicerol con ácidos grasos. Los ácidos grasos de cadena larga en la leche son principalmente los insaturados (deficientes en hidrógeno), siendo los predominantes el oleico (cadena de 18 carbonos), y los polinsaturados linoleico y linolénico.<sup>4</sup>*

### 3.1.4. Agua

*El valor nutricional de la leche como un todo es mayor que el valor individual de los nutrientes que la componen debido a su balance nutricional único. La cantidad de agua en la leche refleja ese balance. En todos los animales, el agua es requerida en mayor cantidad y la leche suministra una gran cantidad de agua, conteniendo aproximadamente 90% de la misma. La cantidad de agua en la leche es regulada por la*

---

<sup>3</sup> WATTIAUX, Michel, Óp. Cit., [babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de\\_19.es.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_19.es.pdf)

<sup>4</sup> Idem., [babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de\\_19.es.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_19.es.pdf)

*lactosa que se sintetiza en las células secretoras de la glándula mamaria. El agua que va en la leche es transportada a la glándula mamaria por la corriente circulatoria. La producción de leche es afectada rápidamente por una disminución de agua y cae el mismo día que su suministro es limitado o no se encuentra disponible. Esta es una de las razones por las que la vaca debe de tener libre acceso a una fuente de agua abundante todo el tiempo.*<sup>5</sup>

## CUADRO 1

### Composición físico-química de la leche de vaca (g/100ml)

Componentes	Mínimo	Máximo
Agua	84	89
Sólidos	10,6	17,9
Lípidos	2,6	8,4
Proteínas	2,4	6,5
Lactosas	2,4	6,1
Cenizas	0,6	0,9

Fuente: SAGAR, 2000.  
Elaborado por: El Autor.

#### 3.1.5. Minerales y vitaminas

*La leche es una fuente excelente para la mayoría de los minerales requeridos para el crecimiento del lactante. La digestibilidad del calcio y fósforo es generalmente alta, en parte debido a que se encuentran en asociación con la caseína de la leche. Como resultado, la leche es la mejor fuente de calcio para el crecimiento del esqueleto del lactante y el mantenimiento de la integridad de los huesos en el adulto. Otro mineral de interés en la leche es el hierro. Las bajas concentraciones de hierro en la leche no alcanzan a satisfacer las necesidades del lactante, pero este bajo nivel pasa a tener un aspecto positivo debido a que limita el crecimiento bacteriano en la leche el hierro es esencial para el crecimiento de muchas bacterias.*<sup>6</sup>

“La leche contiene vitaminas hidrosolubles y liposolubles, pero en cantidades que, si las comparamos con las necesidades diarias recomendadas, no presentan un gran aporte. Se destacan la riboflavina entre las hidrosolubles y la vitamina A entre las liposolubles”.<sup>7</sup>

<sup>5</sup> WATTIAUX, Michel, Óp. Cit., [babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de\\_19.es.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_19.es.pdf)

<sup>6</sup> Idem., [babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de\\_19.es.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_19.es.pdf)

<sup>7</sup> POTTÍ, Daniel, *Materias Primas: Leche: Minerales y vitaminas que se encuentran en la leche*, 2007, <http://www.mundohelado.com/materiasprimas/leche/laleche-vitaminas.htm>

## CUADRO 2

### Concentraciones minerales y vitamínicas en la leche (mg/100ml)

MINERALES	mg/100 ml	VITAMINAS	µg/100 ml <sup>1</sup>
Potasio	138	Vit. A	30,0
Calcio	125	Vit. D	0,06
Cloro	103	Vit. E	88,0
Fósforo	96	Vit. K	17,0
Sodio	58	Vit. B1	37,0
Azufre	30	Vit. B2	180,0
Magnesio	12	Vit. B6	46,0
Minerales trazas <sup>2</sup> <0,1		Vit. B12	0,42
		Vit. C	1,7
<sup>1</sup> µg = 0,001 gramo		<sup>2</sup> Incluye cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, selenio, iodo y otros.	

Fuente: Wattiaux, s.f.  
Elaborado por: El Autor.

### 3.2. Aspectos sanitarios de la glándula mamaria

#### 3.2.1. La Mastitis Bovina

“Mastitis es el nombre técnico que se le da al proceso de inflamación de la ubre”.<sup>8</sup>

*La Federación Internacional de Lechería (FIL-IDF), definió a la mastitis como un cambio inflamatorio de la glándula mamaria, que unido a cambios físicos, químicos y microbiológicos, es caracterizada por un incremento en células somáticas y por cambios patológicos en el tejido mamario. El término es derivado del griego, compuesto por el vocablo mastos – pecho, senos, tetas - y el sufijo itis – inflamación de -; no atendándose en esta denominación a la causa del proceso inflamatorio.*

<sup>8</sup> LOOR, Juan, y otros, *Aspectos básicos sobre el desarrollo de mastitis*, 2000, <http://www.a-campo.com.ar/espanol/bovinos/bovinos13.htm>

*No obstante, la definición exacta de esta patología ha sido un tema de gran polémica, existiendo diferentes enfoques que deben tenerse en cuenta. Varios investigadores han referido que dicho proceso comúnmente comienza como resultado de la penetración de bacterias patógenas a través del canal del pezón hacia el interior de la glándula, produciendo infección de los conductos y tejido secretorio y se desarrolla debido a la presencia de leucocitos; por lo que representa la inflamación de la ubre durante el proceso en que el sistema inmune de la vaca trata de luchar contra una infección bacteriana. Otros autores han incluido en la definición, el criterio de enfermedad compleja o multifactorial, por tener diferentes causas, grados de intensidad, variaciones en duración y efecto residual, así como por la interacción entre animal, medio ambiente y microorganismo.<sup>9</sup>*

### 3.2.1.1. Descripción y desarrollo de la enfermedad.

#### a. La inflamación

*Es la reacción del organismo ante los elementos desencadenantes del proceso como: bacterias y sus toxinas, parásitos, productos químicos, acciones mecánicas (golpes, choques, presiones), calor frío, etc. Mediante la inflamación el organismo intenta eliminar las influencias patógenas. En las fases iniciales del proceso inflamatorio existe una alteración de la circulación en la región inflamada. Este trastorno (disminución del aporte sanguíneo, estasis venoso) tiene como consecuencia que las células del territorio afectada vean reduciendo el aporte de oxígeno y elementos nutricios. El obstáculo a la circulación de retorno producirá una acumulación de productos metabólicos de desecho así como de sustancias tóxicas y lesivas para los tejidos. Otra consecuencia de la alteración circulatoria es la exudación de plasma y elementos celulares de los vasos sanguíneos, que llevan a los tejidos produciendo su edematización. Aparece así una hinchazón considerable que dificulta aún más la circulación y la nutrición celular. Durante este proceso, parte de los tejidos sufre una destrucción por células especiales de la sangre. Los tejidos necrosados son sustituidos por tejidos cicatrizal o de relleno. Este tejido de relleno no puede realizar las funciones del tejido primitivo, siendo esta la causa, junto a la aparición de nódulos o induraciones, de una pérdida de la capacidad funcional. La inflamación puede determinarse o comprobarse a través de la sintomatología que ocasiona. Los síntomas son simplemente las desviaciones del estado sano normal y consistente en enrojecimiento, hinchazón, dolor, aumento de la*

---

<sup>9</sup> NOVOA, Roberto, *Evaluación epizootiológica y económica de la mastitis bovina en rebaños lecheros especializados de la provincia de Cienfuegos*, 2003, <http://www.agrisave.com/biblioteca/otros/MASTITIS%20BOVINA.pdf>

*temperatura local y alteración de la función del órgano enfermo. En relación con la intensidad del proceso sobre el estado general, la duración del mismo y el estado reactivo del organismo, la inflamación toma a un curso evolutivo variable y unas características peculiares según cada caso.*<sup>10</sup>

### 3.2.1.2. Clasificación

*La mastitis se ha clasificado de diversas formas, considerando numerosos factores, tales como: duración del proceso, apariencia clínica y etiología, curso, severidad y diseminación de la enfermedad. Teniendo en cuenta los diversos significados aplicados a este término la clasificación más generalizada se realiza de acuerdo con el grado de inflamación según su curso o severidad. El curso de esta enfermedad es muy variado, definiéndose dos formas principales de infección, la subclínica y la clínica, pudiendo ser esta última, súper-aguda, aguda, sub-aguda y crónica. Además de estas formas clínicas, a la clasificación general se le añade una última definición, la mastitis no bacteriana o no específica.*<sup>11</sup>

#### a. Mastitis Subclínica

*Las mastitis subclínicas evolucionan sin **signos inflamatorios externos**. Los signos más importantes de las mastitis subclínicas son el aumento del contenido celular que serán transmitidos a otras vacas sanas a través de los útiles e ordeño. Las mastitis subclínicas pueden convertirse en mastitis clínicas (agudas o crónicas). En ello estriba su importancia, junto al peligro que representa para la vacada y la pérdida de la producción lechera. Es posible que las mastitis subclínicas se curen espontáneamente, pero no siempre es previsible tal eventualidad. Una forma especial de la mastitis subclínica es la **irritación de la ubre** o alteración de la secreción (mastitis aséptica). Su causa no se halla en la infección por gérmenes, sino en la influencia de factores ambientales tales como golpes o presiones o bien ordeños equivocados y duraderos. También puede ser consecuencia de afecciones generales. La irritación de la ubre se reconoce en la elevada cantidad de células somáticas que la leche contiene. Las vacas con trastornos de la secreción son particularmente sensibles a la infección por gérmenes de la mastitis, de forma que ellas es frecuente la aparición de mastitis clínicas o subclínicas.*<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> KLEINSCHROTH Ernst., y otros, *La mastitis, Diagnóstico, prevención y tratamiento*, Ediciones médicas, 1993, Pág. 7.

<sup>11</sup> NOVOA, Roberto, Óp. Cit.,

<http://www.agrisave.com/biblioteca/otros/MASTITIS%20BOVINA.pdf>

<sup>12</sup> KLEINSCHROTH, Ernst., Op. Cit., Pág. 13.

## b. Mastitis Clínica

*Las mastitis clínicas se reconocen por la existencia de signos visibles de la inflamación. Los signos van desde discretas variaciones de la norma (disminución de la cantidad de leche del cuarto afectado y ligera alteración de la leche) hasta la completa desaparición de los caracteres propios de la leche, pérdida de la producción de la misma y trastornos graves del estado general. Los síntomas clínicos, es decir, visibles, son siempre indicativos de una enfermedad grave, cuya evolución no es previsible. Es rara la curación espontánea. Las posibilidades de curación son tanta más favorables cuanto más pronto se pongan en marcha las medidas curativas. En los casos crónicos la curación es más difícil. Las mastitis clínicas, por tanto, tras la aparición del primer síntoma, deben ser tratadas sin tardanza por el veterinario.*<sup>13</sup>

## c. Mastitis Crónica

*Se designa como mastitis crónica la inflamación de la ubre de larga duración, a menudo solapada, sin alteración del estado general. La leche no siempre está alterada visiblemente. A veces presenta pequeños grumos o bien es de color azulado, aunque también puede tener aspecto mucoso o una coloración amarillenta, parda o grisácea. El contenido células siempre está aumentado. La producción es variable. Si la evolución es crónica y purulenta, la producción de leche cesa por completo. Las alteraciones del tejido glandular son más o menos apreciables. Consisten en nódulos cicatriciales, formación de abscesos o encapsulación de las zonas inflamadas. Casi siempre la palpación permite reconocer, en la ubre vacía, los nódulos circunscritos o las induraciones. Los gérmenes suelen sobrevivir en el tejido inflamado, por lo que son eliminados con la leche y pasan a otros trapos y otros utensilios del ordeño.*<sup>14</sup>

## d. Mastitis No-bacteriana.

*Se conoce también como mastitis aséptica o no específica, y no es más que la inflamación mamaria que ocurre cuando los microorganismos no pueden ser aislados a partir de muestras de leche. Tales casos pueden ser clínicos o subclínicos.*<sup>15</sup>

---

<sup>13</sup> KLEINSCHROTH, Ernst., Op. Cit., Pág. 13.

<sup>14</sup> Ídem., Pág. 15.

<sup>15</sup> NOVOA, Roberto, Óp., Cit.,

<http://www.agrisave.com/biblioteca/otros/MASTITIS%20BOVINA.pdf>



## 1) Factores físicos

*Las heridas físicas pueden causar daños en la piel del pezón. Si estas heridas involucran apertura de la punta del pezón (canal), por lo general, no se recuperan apropiadamente. Tales heridas incrementan el riesgo de entrada de bacterias a la glándula a través de la apertura del pezón y causan nuevas infecciones y elevados recuentos de células somáticas.<sup>16</sup>*

## 2) Personal

*Explotaciones especializadas en producción el personal utiliza el ordeño mecánico, pero ejecuta las actividades con diferentes grados de eficiencia, ya que carecen de entrenamiento específico. En explotaciones menores el ordeño se hace manualmente, con el empleo de diferentes métodos de ordeño como son: "mano llena", "pellizco" y "pulgarr", siendo recomendable el primer método, pero son pocos los ordeñadores que lo emplean ya que la mayoría aplica una combinación de los tres métodos mencionados. El personal que labora en la zona para ordeño, constituye uno de los elementos más importantes en el modelo de producción, sin embargo, es poca la atención que la administración de los establos pone en la selección y supervisión de este personal.<sup>17</sup>*

## 3) Equipo de ordeño

*Los sistemas para ordeño han evolucionado buscando reducir el número de trabajadores destinados al manejo de las unidades en ordeño, mejorando la capacidad del equipo y las condiciones sanitarias durante el proceso de ordeño. Cuando el funcionamiento del equipo es ineficiente así como las condiciones sanitarias con que se realizan las actividades de ordeño, la máquina ordeñadora puede tomar parte en la presentación de mastitis al transportar microorganismos, establecer estos y/o lesionar al pezón. Los parámetros de operación del equipo de ordeño deben estar ajustados a los estándares apropiados, y las unidades de ordeño deben ser usadas correctamente para prevenir la irritación de la punta del pezón o los daños que puedan conducir a mastitis.<sup>18</sup>*

---

<sup>16</sup> ACUÑA, Vanesa y RIVADENEIRA, Alexandra, *Aislamiento, identificación y antibiograma de patógenos presentes en leche con mastitis en ganaderías bovinas de la provincia de Pichincha*, 2008, <http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2553/1/T-ESPE-IASA%20I-003435.pdf>

<sup>17</sup> Ídem., <http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2553/1/T-ESPE-IASA%20I-003435.pdf>

<sup>18</sup> Ídem., <http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2553/1/T-ESPE-IASA%20I-003435.pdf>

#### 4) Otros

*El uso de selladores de baja calidad (químicos fuertes que pueden ser muy ácidos, muy cáusticos, detergentes muy agresivos), así como productos que tienen tendencia a remover grasas de la piel y dejarla muy seca. Picaduras de insectos y exposición a la humedad o el calor (condiciones de mucho sol), también pueden provocar problemas en la piel y en la punta del pezón, que llevarán a una inflamación de la glándula mamaria.<sup>19</sup>*

#### 3.2.1.3. Mastitis causada por microorganismos contagiosos

##### 3.2.1.3.1 *Streptococcus Agalactiae*

###### a. Etiología

*En un rebaño un agente obligado de la glándula mamaria, **Streptococcus Agalactiae**, es una causa muy contagiosa de mastitis. Las operaciones de ordeño mojado y sucio favorecen la propagación de este organismo mientras que las operaciones higiénicas del ordeño controlan su propagación. Las mastitis es en gran parte subclínica con exacerbaciones agudas. Por esta razón, las pérdidas más importantes relacionadas son *S. Agalactiae* radica en la producción. En las infecciones crónicas, los organismos no producen abscesos ni fibrosis manifiestos sino que disminuyen de modo permanente la productividad en las glándulas infectadas.<sup>20</sup>*

###### b. Signos y diagnóstico

*Rara vez las vacas manifiestan enfermedad sistémica debida a la mastitis por **S. Agalactiae** pero pueden estar febriles durante la infección inicial y accesos de fiebre intermitentes. Se puede sospechar la infección por encontrar anomalías en la leche durante el ordeño de los primeros chorros sobre una placa o por evaluación de la prueba de la mastitis de california (CMT). El diagnóstico debe depender del cultivo porque los signos respecto del ordeño de los primeros chorros de leche sobre la placa (coágulos, copos) y la CMT, son inespecíficos. Las técnicas de cultivo para confirmar la presencia de *S. Agalactiae* utilizan la prueba*

---

<sup>19</sup> ACUÑA, Vanesa y RIVADENEIRA, Alexandra, Óp. Cit.,  
<http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2553/1/T-ESPE-IASA%20I-003435.pdf>

<sup>20</sup> WILLIAM, Rebhun, *Enfermedades de ganado vacuno lechero*, Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España) 1999, Pág. 362-363.

de CAMP\* que pone de relieve la capacidad de los **Streptococcus** del grupo  $\beta$  de la Lancefiel para lisarse en presencia de la toxina  $\beta$  de los **Streptococcus**.<sup>21</sup>

### 3.2.1.3.2. *Streptococcus Dygalactiae*

#### a. Etiología

*Aunque contagioso S. Dygalactiae tiende a tener un predominio menor que el que se observa en las infecciones por S. Agalactiae, las cuales se pueden convertir en manifiestamente clínicas antes de lo que es típico en las infecciones por S. Agalactiae. Los extremos de los pezones lesiones y el ordeño inadecuado favorecen la propagación de los organismos en el rebaño.*<sup>22</sup>

#### b. Signos y diagnóstico

*Los signos son inespecíficos. Se pueden sospechar casos subclínicos cuando en los chorros de leche previos al ordeño se observan coágulos y copos o cuando se descubre una CMT positiva. Los enfermos clínicos tienen fiebre ligera y un cuarterón hinchado, caliente y pastoso con secreción anormal. El diagnóstico definitivo requiere el cultivo de la leche.*<sup>23</sup>

### 3.2.1.3.3. *Staphylococcus Aureus*

#### a. Etiología

*Una vez demostrado en un rebaño, Staphylococcus Aureus es difícil de eliminar, si no imposible. Simplificar al organismo, las infecciones crónicas, la resistencia a los antibióticos y la dificultad en el diagnóstico. Staphylococcus Aureus no es un organismo obligado de la glándula mamaria y es posible que también colonice la piel enferma del pezón o de la ubre, la vagina, las tonsilas, y otras regiones del organismo. Sin embargo la fuente principal de infección es la secreción*

---

<sup>21</sup> WILLIAM, Rebhun, Óp. Cit., Pág. 363.

<sup>22</sup> Ídem., Pág. 364.

<sup>23</sup> Ídem.

de los cuarterones infectados diseminada por las manos de los ordeñadores y por el equipo de ordeño.<sup>24</sup>

## b. Signos

*En las infecciones subclínicas, pueden haber signos benignos e inespecíficos, (por Ej., leche anormal, coágulos, copos, secreción acuosa), que se observa en la plancha de ordeño y las pruebas de las mastitis de california pueden ser positivas. Sin embargo, las mastitis aguda o sobre agudas no son, raras en **S. Aureus**. Las glándulas infectadas clínicamente padecen ataques agudos intermitentes que generalmente son advertidos por el dueño. Durante las exacerbaciones de la infección, inicial la vaca puede estar febril, tener un cuarterón doloroso y caliente, y mostrar una ligera disminución del apetito. La secreción tiende a ser cremosa o purulenta con secreción alternante parecida al suero con coágulos, copos entremezclados, o tiende hacer una secreción mas cremosa. La naturaleza de la secreción no modo alguno patognomónica de ningún organismo intramamario concreto. La infección sobre aguda por **S. Aureus** se presenta muy frecuentemente en las vacas recién paridas o en las vacas que padecen la primoinfección. Produce una enfermedad sistémica caracterizada por fiebre elevada (40,56 – 41,67° C), inapetencia, y un cuarterón duro, hinchado, e inflamado, dolorosamente. La vaca atacada puede parecer coja por que la inflamación de la glándula le obliga a andar con dificultad para evitar el contacto de las extremidades posteriores con la ubre.<sup>25</sup>*

## c. Diagnóstico

*El testimonio de la placa de ordeño de una secreción cremosa o parecida a pus en los chorros de leche previos al ordeño y una antecedente de ataques de mastitis recidivante, pueden sugerir la mastitis por **S. Aureus** pero el diagnostico definitivo requiere del cultivo de los organismos coagulasa negativos. Aproximadamente un 75% de las infecciones por **S. Aureus**. Se identifican en muestras de un solo cuarterón. En las vacas problemáticas, o en los rebaños problemáticos, la sensibilidad de la identificación pueden ser aumentadas hasta el 94% y el 98% tomando muestras 2-3 veces, respectivamente. Curiosamente la evaluación de los recuentos de células somáticas en la leche de mezcla de tanque y los recuentos clásicos en placa no son indicados sensibles de un problema de rebaño debido a **S. Aureus**. Hasta un 50% de las vacas de un rebaño podrían estar infectadas por **S. Aureus** antes de que los recuentos de células somáticas en la leche de mezcla de tanque o antes de que los recuentos patrón en placa se elevasen de modo alarmante. Este hecho se*

<sup>24</sup> WILLIAM, Rebhun, Óp. Cit., Pág. 364.

<sup>25</sup> Ídem., Pág. 364 – 365.

*halla en clara contradicción con las infecciones de rebaño por **Streptococcus Agalactiae** en las que siquiera unas pocas vacas infectadas que eliminen grandes cantidades de organismos puede elevar espectacularmente tanto los recuentos de células somáticas en la leche de mezcla del tanque como los recuentos clásicos en placas. Por consiguiente, en el diagnóstico de la mastitis por **Staphylococcus Aureus**, los resultados de los recuentos de células somáticas y de la prueba de la mastitis de california no son tan fiables como los cultivos de la leche, de cada uno de los cuarterones sin embargo, las vacas con puntuaciones lineales de células somáticas superiores a 4,5 son las mejores aspirantes para que se obtengan muestras de cada uno de sus cuarterones, con el fin de identificar organismos contagiosos agentes de mastitis tales como **S. Aureus**.*<sup>26</sup>

#### 3.2.1.3.4. Micoplásmica

##### a. Etiología

*Las especies de micoplasma producen epidemias de rebaño de mastitis aguda de subsiguientemente se convierten en mastitis crónica. Después de ataque agudos, las vacas pueden presentar mastitis crónica, exacerbaciones agudas intermitentes, o padecer una infección subclínica que requiere la confirmación mediante cultivo. Puede existir mastitis en un solo cuarterón pero en cada de unas de las vacas afectadas frecuentemente aparece en dos o más cuarterones. Organismo causativo como **M. bovis** tienden a hacer omnipresentes y se pueden encontrar en las mucosas y en las secreciones de los tractos respiratorio y urogenital. La infección puede ser introducida por un animal comprado procedente de un rebaño infectado o puede aparecer espontáneamente como consecuencia de la transmisión mecánica de los organismos a la mama o al equipo de ordeño.*<sup>27</sup>

##### b. Signos

*Los signos pueden aparecen días después de la infección y pueden estar infectadas vacas en cualquier fase de lactación. El antecedente habitual es una mastitis aguda en uno o más cuarterón de una vaca cuando se palpan los cuarterones afectados están calientes, hinchados, pastosos a duros, y las secreciones un aspecto variable clásicamente, la primera secreción puede ser acuosa y tener copos de (material arenoso), pero en muchos casos esto no se observa. Transcurridos varios días, la secreción*

---

<sup>26</sup> WILLIAM, Rebhun, Óp. Cit., Pág. 365.

<sup>27</sup> Ídem., Pág. 367.

*puede convertir en un material de color un tanto tostado parecido al suero, en coágulos, en copos, o en pus. Aunque la mastitis micoplasmática aguda va acompañada de fiebre (de 39,44 – 40,83°C), las vacas afectadas pueden no tener aspecto de enfermas.*<sup>28</sup>

### c. Diagnóstico

“Puesto que los signos clínicos de la mastitis micoplasmática son sumamente variables, y los recuentos de células somáticas pueden no estar tremendamente elevados, el diagnóstico definitivo requiere el cultivo del microorganismo a partir de la leche”.<sup>29</sup>

#### 3.2.1.4. Mastitis causada por microorganismos ambientales

##### 3.2.1.4.1. *Streptococcus uberis*

###### a. Etiología

*Es omnipotente en todo el ambiente de la granja a causa de la contaminación fecal por las vacas que albergan el organismo en su panza. Este también se puede encontrar en los labios de la vaca, en la vagina, en los genitales externos, y en la piel de los pezones y de la ubre. Esta bacteria existe en las fosas contaminadas, ambientes sucios y el que coloniza la piel o las lesiones de los pezones representa un patógeno potencial. La limpieza y preparación deficiente de la mama antes del ordeño predispone a la mastitis causada por **Streptococcus uberis**.<sup>30</sup> El **Streptococcus uberis** es la bacteria ambiental a la que se le atribuyen más pérdidas ocasionadas por mamitis. Esta bacteria tiene importancia tanto en la fase de lactación como en el período seco, causando infecciones intramamarias (la mayoría de las veces subclínicas), que muchas veces se cronifican. **Streptococcus uberis** es responsable de casos de mamitis clínica, de mamitis subclínica al principio y al final de la lactación y, también, es el microorganismo predominantemente aislado durante el período seco.*<sup>31</sup>

---

<sup>28</sup> WILLIAM, Rebhun, Óp. Cit., Pág. 368.

<sup>29</sup> Ídem.

<sup>30</sup> Ídem., Pág. 369.

<sup>31</sup> JIMENEZ, Antonio, *Streptococcus uberis*, s.f., <http://es.scribd.com/doc/7862430/18-Streptococcus-Uberis>

## b. Signos y diagnóstico

*Una mastitis aguda con hinchazón, edema, y edema del cuarterón afectado son los signos inespecíficos que se observa en la mastitis por **Streptococcus uberis**. Puede acompañar a la mastitis, fiebre, malestar, y grados variables de inapetencia. La secreción tiende a tener coágulos y copos y mas acuosa de lo normal. Los signos clínicos no son suficientemente específicos como para permitir un diagnóstico definitivo.*<sup>32</sup>

### 3.2.1.4.2. Estafilococos coagulasa-negativos

#### a. Etiología

*Estafilococos coagulasa-negativos forman parte de la flora normal de la piel; que incluye la piel del pezón y del orificio externo del canal secretor. Los factores que coadyuvan en la irritación o en la lesión de la piel aumenta el número de coagulasa-negativos en estas ubicaciones. La mezcla de leche puede estar contaminada masivamente con **estafilococos coagulasa-negativos** si las operaciones del ordeño son inadecuadas, si la higiene es deficiente, si la piel está irritada, y si no se emplean los baños de los pezones después del ordeño.*<sup>33</sup>

#### b. Signos y diagnóstico

*A no ser la producción latente reducida, los resultados positivos de la prueba CMT, y los recuentos elevados de células somáticas, no existe signo clínico alguno que identifique de modo específico un **estafilococos coagulasa-negativos**. El cultivo por separado de la secreción cada uno de los cuarterones de todas las vacas es esencial para la identificación, para el tratamiento y la prevención de una posterior infección intramamaria nueva. El CCS de cada una de las vacas, el CCS en la mezcla de tanque, y los cultivos o recuentos bacterianos pueden ayudar el diagnostico inicial, pero no suficientes para la identificación, para el tratamiento, ni para el control **estafilococos coagulasa-negativos**.*<sup>34</sup>

---

<sup>32</sup> WILLIAM, Rebhun Óp. Cit., Pág. 370.

<sup>33</sup> Ídem.

<sup>34</sup> Ídem.

### 3.2.1.4.3. Mastitis causada por coliformes

#### a. Etiología

*Los Bacilos Gran-negativos fermentadores de la lactosa como **E. coli**, **Klebsiella sp.** y **Enterobacter sp.**, son los organismos causativos de la mastitis por coliformes. La mastitis por coliformes es conocida por todos los veterinarios que se dedican a la clínica bovina por causa de la mortalidad asociada con la infección en las vacas lecheras. La mastitis por coliformes es un ejemplo clásico de una causa ambiental de mastitis. Los factores del manejo que coadyuvan en el crecimiento de los coliformes aumentan los riesgos de la mastitis debido a organismos de este grupo.*<sup>35</sup>

#### b. Signos clínicos

*La inflamación aguda o sobreaguda de un cuarterón asociada con signos sistémicos de enfermedad típica a la mastitis por coliformes en las vacas lecheras. Los cuarterones están calientes e hinchados.*<sup>36</sup>

#### c. Diagnóstico

*En las mastitis aguda y sobreaguda por coliformes, la asociación de los signos locales y sistémicos son indicadores sumamente fiables del diagnóstico. Los signos más claros para predecir la mastitis por coliformes, la secreción acuosa del cuarterón hinchado y duro taquipnea, taquicardia, fiebre, debilidad, y temblor aunque estos signos no son absolutos, probablemente son aun más predecibles de la mastitis por coliformes cuando la vaca reside en un rebaño con un bajo recuento total de células somática. Los ambientes excesivamente húmedos, mojados, o sucios, sugieren más el diagnóstico.*<sup>37</sup>

### 3.2.1.5. Otros factores que causan la mastitis

*La resistencia general del animal está relacionada a la predisposición **genética**, las características anatómicas, el estado **nutricional**, el **parto**,*

---

<sup>35</sup> WILLIAM, Rebhun, Óp. Cit., Pág. 372.

<sup>36</sup> Ídem., Pág. 375.

<sup>37</sup> Ídem., Pág. 376.



el estado de **lactación**, involución mamaria, **lactogénesis** (inicio de la secreción láctea) y el uso de procedimientos de manejo que eleven la resistencia, por tal motivo, todos estos eventos influyen en la susceptibilidad de la glándula mamaria a la infección.<sup>38</sup>

#### a. Genética

*Es un hecho que algunas vacas presentan una mayor susceptibilidad a la mastitis que otras. Los factores estructurales del canal del pezón son importantes en la regulación de la entrada de microorganismos. Algunos autores afirman que si el tono de las estructuras anatómicas de la apertura del pezón es reducido, lo que es un carácter heredable, la resistencia a la entrada de los microorganismos será menor. Se seleccionará genéticamente vacas con diámetro pequeño del canal del pezón, lo que hará que la frecuencia de mastitis disminuya. Otros factores inhibidores de crecimiento bacteriano aumentan en la inflamación; uno de ellos es la lactoferrina, proteína que compite con los microorganismos que requieren hierro. También se encuentran factores inmunológicos como linfocitos T y B, inmunoglobulinas, leucocitos, Neutrófilos y polimorfo nucleares, elementos efectivos en algunas infecciones por coliformes.*<sup>39</sup>

*Existe amplia evidencia genética de que la heredabilidad de conteos de células somáticas se puede tener en cuenta para la selección contra la susceptibilidad a la mastitis. Hay también evidencias de la correlación genética positiva entre la producción de leche y la predisposición a la mastitis. En tal sentido, hallaron una mayor susceptibilidad a la presentación de mastitis en las vacas que presentaban una mayor velocidad de ordeño y una mayor producción de leche; así como que las vacas con producciones elevadas en lactancias previas tenían más riesgos de mastitis agudas o crónicas y lesiones de los pezones. Por otra parte se ha determinado que hay probables factores genéticos que influyen en la relación entre el número de Neutrófilos circulantes, la respuesta a irritantes y la actividad bactericida neutrofílica.*<sup>40</sup>

---

<sup>38</sup> NOVOA, Roberto, Óp. Cit.,

<http://www.agrisave.com/biblioteca/otros/MASTITIS%20BOVINA.pdf>

<sup>39</sup> ACUÑA, Vanesa y RIVADENEIRA, Óp. Cit.,

<http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2553/1/T-ESPE-IASA%20I-003435.pdf>

<sup>40</sup> NOVOA, Roberto, Óp. Cit.,

<http://www.agrisave.com/biblioteca/otros/MASTITIS%20BOVINA.pdf>

## b. Características anatómicas

*Las características anatómicas del pezón y la ubre influyen en la resistencia general a la mastitis. Vacas con unas ubres muy pendulantes son propensas a traumas, por pisotones, cortaduras y hematomas de los pezones, lo que proporciona un incremento del riesgo de presentación de mastitis, principalmente clínica. El pezón en forma de botella, el goteo de leche y la presencia de flujo continuo de leche proveen una ruta para la invasión de microorganismos desde el ambiente hacia la cisterna del pezón. El hecho de que las barreras físicas del pezón constituyan las primeras estructuras defensivas contra la mastitis, hace que el mantenimiento de la integridad de su canal sea un elemento importante a tener en cuenta. Un canal flojo y ensanchado es más propenso a admitir la penetración bacteriana. Con cada lactación el canal tiende a convertirse en más largo y más blando. Por otra parte las grandes producciones de leche conducen a la dilatación del canal del pezón. Estas son algunas de las razones por lo que los casos de mastitis son más comunes en vacas viejas.*<sup>41</sup>

*Por su parte, Mc Donald (1975), encontró que cuartos mamarios infectados presentaban un diámetro mayor del canal del pezón que los cuartos no infectados, y también altos conteos de células somáticas asociados a canales amplios; por ello se plantea que el tamaño del canal del pezón y la potencia del músculo del esfínter son elementos importantes en la prevención de la invasión de la bacteria dentro de la cisterna del pezón.*<sup>42</sup>

## c. Periodo de lactancia

*Las tasas de infecciones intramamarias de patógenos ambientales son mayores en el período seco que durante la lactación, siendo más susceptibles los animales las dos semanas posteriores al secado y las dos semanas antes del parto. Tales tasas durante la lactación son mayores al parto y decrecen a medida que avanzan los días de lactancia, y son generalmente menores en los meses de invierno y mayores en el verano. En el caso de **Staphylococcus coagulasa negativa** la prevalencia de estas infecciones tiende a comportarse de forma similar, con la diferencia de que abundan las curaciones espontáneas, por lo que este indicador disminuye con el avance de la lactancia.*

---

<sup>41</sup> NOVOA, Roberto, Óp. Cit.,

<http://www.agrisave.com/biblioteca/otros/MASTITIS%20BOVINA.pdf>

<sup>42</sup> Ídem., <http://www.agrisave.com/biblioteca/otros/MASTITIS%20BOVINA.pdf>

*La elevada tasa de nuevas infecciones durante el inicio del período seco puede deberse a que el vaciado y eliminación de bacterias que colonizan el canal del pezón durante el ordeño se termina, se deja de realizar la higienización de la ubre y la desinfección de los pezones, el canal del pezón se dilata y se acorta debido al cese del ordeño que permite a los organismos entrar en la ubre, los fagocitos están involucrados en el movimiento de los componentes de leche en lugar de las bacterias, y existe una actividad reducida de los linfocitos. De igual manera la susceptibilidad a la infección aumenta de nuevo cerca del parto de la vaca; debido al aumento del volumen del fluido y a la dilatación del canal del pezón, a la disminución de la concentración de lactoferrina, al reducido número de leucocitos y habilidad de los fagocitos, y a la utilización de los componentes de la leche para el crecimiento bacteriano. De forma inversa, la prevalencia de infecciones subclínicas se incrementa a medida que el período de lactación progresa. Esas infecciones son generalmente el resultado de la acción de patógenos contagiosos, tales como **Staphylococcus Aureus**. Esta infección es causada más por la imposibilidad de bloquear la transmisión vaca a vaca por el fallo de las medidas de control, que por un efecto.*<sup>43</sup>

#### d. Número de lactancias

*Se ha demostrado que las vacas en primera lactación son más resistentes a la infección y por ende, a la mastitis, señalándose que a medida que aumenta el número de lactancias disminuye la efectividad del canal del pezón como barrera a la entrada de agentes patógenos, aunque también se ha encontrado que la prevalencia de infecciones causadas por **Staphylococcus coagulasa negativa** tiende a ser más alta en vacas de primera lactación que en vacas viejas.*<sup>44</sup>

#### e. Paridad

*El incremento de la paridad ha sido descrito como un factor de riesgo por el aumento de la incidencia de mastitis clínica, así como por el incremento de la prevalencia de infecciones subclínicas. De igual manera, Janicki y Balakiewicz (1980), refieren un aumento en la incidencia de acuerdo al número de partos.*<sup>45</sup>

---

<sup>43</sup> NOVOA, Roberto, Óp. Cit.,

<http://www.agrisave.com/biblioteca/otros/MASTITIS%20BOVINA.pdf>

<sup>44</sup> Ídem., <http://www.agrisave.com/biblioteca/otros/MASTITIS%20BOVINA.pdf>

<sup>45</sup> Ídem., <http://www.agrisave.com/biblioteca/otros/MASTITIS%20BOVINA.pdf>

#### f. Enfermedades peripartales

*Patologías reproductivas como distocias, paresia puerperal, retención placentaria y desordenes metabólicos como la cetosis pueden reducir la habilidad de la vaca de luchar contra los patógenos, por lo que son factores pre-disponentes al establecimiento de mastitis infecciosas. Estudios realizados por disímiles autores indican que el riesgo que generan estas enfermedades para la ocurrencia de la mastitis es, al menos, 1.5 veces mayor que en vacas sin la presencia de tales entidades. La explicación biológica para estas asociaciones se presume que esté relacionada a la función deteriorada de los Neutrófilos, pero esto no ha sido definitivamente explicado.*<sup>46</sup>

#### g. Estado nutricional

*La alimentación tiene un importante impacto sobre la mastitis. Una nutrición apropiada puede disminuir las tasas de nuevas infecciones intramamarias mediante el mejoramiento de la inmunidad de la vaca. La deficiencia en el número de micronutrientes esenciales constituye una causa que le confiere mayor susceptibilidad a la vaca ante la mastitis. Entre los micronutrientes que pueden mejorar la respuesta inmune de las vacas se encuentran las vitaminas A, D y E; y los minerales zinc, selenio y cobre. Las dietas alimenticias deficientes en micro elementos esenciales conducirán eventualmente al decrecimiento de la resistencia a la enfermedad. Los dos micro elementos que han sido vinculados con mayor frecuencia a la mastitis bovina son la vitamina E y el selenio. Animales deficientes en uno o en ambos han tenido altas tasas de infecciones, casos más frecuentes de mastitis clínica, infecciones de mayor duración y síntomas más severos que las vacas que se alimentaron con dietas suplementadas, las cuales pueden mantener la destrucción de bacterias por parte de las células blancas. Esto se explica por la propiedad que tienen la vitamina E y el selenio de proteger el tejido mamario de los daños oxidativos y de aumentar la función fagocítica.*<sup>47</sup>

#### h. Estrés

“Cualquier acontecimiento que produzca estrés, como el estro, la enfermedad, entre otras, pueden influir en el recuento de células. Además de aumentar el número de

---

<sup>46</sup> NOVOA, Roberto, Óp. Cit.,

<http://www.agrisave.com/biblioteca/otros/MASTITIS%20BOVINA.pdf>

<sup>47</sup> Ídem., <http://www.agrisave.com/biblioteca/otros/MASTITIS%20BOVINA.pdf>

leucocitos en la sangre, con frecuencia existe una disminución de la producción de leche que causa un efecto adicional de concentración”.<sup>48</sup>

### 3.3. Diagnóstico de Mastitis

*El diagnóstico de Mastitis Bovina debe estar orientado al conocimiento de la prevalencia de la enfermedad en el hato, tipo epidemiológico de la enfermedad y la resistencia bacteriana de los agentes involucrados. Las pérdidas económicas en un hato se llegan a determinar por la disminución de la producción, para lo cual es necesario identificar y corregir a tiempo los puntos críticos que favorecen a la difusión de la enfermedad. Es importante establecer un esquema de monitoreo que permita controlar la enfermedad, es decir llevar a cabo un manejo adecuado de los animales, especialmente durante el ordeño, condiciones ambientales apropiadas, funcionamiento adecuado del equipo de ordeño, nivel de preparación de las personas encargadas del ordeño.*

*El plan de diagnóstico integral de mastitis en un hato comprende un monitoreo permanente con pruebas de campo, laboratorio y en tanque, entre las más utilizadas y comunes se puede mencionar:*

***Pruebas de Campo:*** Prueba de Mastitis California (CMT), prueba de palpación, prueba de Wisconsin, prueba con papel indicador, prueba de fondo negro.

***Pruebas de Laboratorio:*** Recuento de células somáticas (RCS), cultivos microbiológicos, caracterización del microorganismo, pruebas de sensibilidad antimicrobiana.

***Pruebas en Tanque:*** Recuento de Células Somáticas del tanque (RCS-T). Para el diagnóstico de la mastitis subclínica a nivel de campo se utilizan la Prueba de Mastitis California y las Pruebas de Conductividad Eléctrica.<sup>49</sup>

Existen muchos métodos para detectar la mastitis subclínica a nivel de campo, pero solo se tomó en cuenta los métodos para esta investigación, por ser los más utilizados en la práctica en los actuales momentos en el medio.

---

<sup>48</sup> HERNÁNDEZ, Juan, *Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche*, 2008, [redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/636/63617329004.pdf](http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/636/63617329004.pdf)

<sup>49</sup> COTRINO, Víctor, *Diagnóstico de la Mastitis*, 2007, <http://lmlvtda.com/index.php?section=30>

### 3.3.1. Pruebas de campo

#### a. Palpación de la ubre

*La inspección de la ubre puede revelar engrosamientos o estrechamientos de algunos de los cuartos, alteraciones de la piel y pezón y lesiones traumáticas. Con la palpación de la ubre y, sobre todo del pezón se aprecian endurecimientos y zonas dolorosas. En la zona de transición de la cisterna mamaria al canal del pezón pueden observarse estrechamientos (aumento del grosor del epitelio) que originan trastornos en la emisión de leche.<sup>50</sup>*

Estas observaciones indicarían mastitis clínica prácticamente por el hallazgo.

### 3.3.2. Diagnóstico individual mediante la prueba CMT y CE

*El diagnóstico de mastitis en una vaca se fundamenta en el reconocimiento de los elementos básicos de un proceso inflamatorio de origen infeccioso: presencia de células polimorfonucleares y aislamiento del agente etiológico que coloniza la glándula mamaria. Dependiendo de la extensión y la severidad de la lesión y los cambios en la leche, las mastitis se clasifican en Clínicas cuando hay signos de dolor, calor e inflamación del cuarto afectado y la leche presenta alteraciones en sus características organolépticas mientras que en las formas subclínicas todos estos signos estarán ausentes y únicamente el incremento en el número de células y el aislamiento de un agente patógeno permitirá su diagnóstico.*

*La Prueba de Mastitis California se fundamenta en la capacidad que tiene el reactivo Lauril Sulfato de sodio de formar un gel en presencia de DNA celular convirtiéndose en un recuento indirecto de Células Somáticas.*

*La prueba CMT no tiene reacciones falsas negativas pero puede presentar reacciones falsas positivas en vacas con menos de 8 días posparto o con lactancias superiores a los 10 meses. En estos casos la reacción de viscosidad es muy similar en los 4 cuartos y es producto del incremento de células epiteliales que fisiológicamente se da en estos dos períodos de la lactancia. Los niveles de sensibilidad y especificidad de la prueba se ven influenciados por el tipo de microorganismos que afecta la*

---

<sup>50</sup> ACUÑA, Vanesa y RIVADENEIRA, Alexandra, Óp. Cit.,  
<http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2553/1/T-ESPE-IASA%20I-003435.pdf>

*glándula mamaria pero en su conjunto mantiene unos porcentajes muy aceptables cuando se compara con el RCS y los aislamientos bacteriológicos que la hacen de gran utilidad para el diagnóstico de mastitis subclínica a nivel de campo.*

### CUADRO 3

#### La Prueba de Mastitis California tiene los siguientes rangos de recuentos de Células Somáticas según el grado de reacción

CMT	Tipo de Reacción	RCS
Negativo	Mezcla permanece líquida	< 200.000
Trazas	Ligeramente Viscosa	150.000 – 500.000
1	Mezcla viscosa	400.000 – 1.500.000
2	Viscosidad franca	800.000 – 5.000.000
3	Gel adherido al fondo	> 5.000.000

Fuente: Cotrino; Jaramillo, 2007.

Elaborado por: El Autor.

*La Prueba de Conductividad Eléctrica se fundamenta en el aumento de los iones de sodio y cloro como consecuencia de la lesión del tejido glandular, los cuales aumentan la conductividad eléctrica. Cuando se calcula la sensibilidad y especificidad de esta prueba frente a la presencia de grumos en la muestra da 68.2 % y 81.9 % respectivamente; cuando la comparación se hace frente al Recuento de Células Somáticas se obtuvo un 68 y 88 % y cuando se hace frente al aislamiento de bacterias sólo se logra el 61 y 66 % respectivamente. Tanto la Prueba de Mastitis California como la Conductividad deben ser consideradas como pruebas Tamiz para el diagnóstico de Mastitis y serán los estudios bacteriológicos y citológicos los que determinen la necesidad de tratar un animal.<sup>51</sup>*

#### 3.3.3. Pruebas de laboratorio

##### a. El cultivo bacteriológico

“Generalmente, esta prueba se desarrolla en vacas seleccionadas para las que los conteos de células somáticas de muestras compuestas revelan un problema persistente serio. Los cultivos de leche de una vaca individual identifican la especie

<sup>51</sup> COTRINO, Víctor, Óp. Cit., <http://lmvltada.com/index.php?section=30>

bacteriana, por lo tanto es la forma más confiable para decidir un tratamiento óptimo con antibióticos para una vaca en particular”.<sup>52</sup>

#### b. Recuento celular

*La leche de una vaca sana tiene menos de 100.000 células somáticas/ml de las cuales menos del 10 % son polimorfo nucleares, 66 a 88% macrófagos, 10 a 27 % linfocitos y menos de 7 % son células epiteliales. Cuando se produce el proceso infeccioso se da la migración de polimorfo nucleares al sitio afectado como mecanismo de defensa, aumentándose el número de las células en la leche proporcionalmente a la severidad y extensión de la lesión, con un cambio muy importante como es la inversión de la relación de polimorfo nucleares/macrófagos, alcanzando los primeros hasta un 75 %.*

*Un recuento celular de 250.000/ml ya puede ser considerado como indicador de inflamación. Las formas subclínicas severas pueden superar los 5.000.000 y las clínicas casi siempre superan los 10 millones de células por ml.*

*Existen algunas diferencias entre el grado de celularidad en mastitis ocasionadas por **Streptococcus** y **Staphylococcus**. Los primeros producen casi siempre una mayor celularidad y al mismo tiempo eliminan una mayor cantidad de microorganismos debido a su localización canalicular, mientras que la infección por **S. Aureus**, produce celularidades en el tejido conectivo de soporte.*<sup>53</sup>

#### 3.3.4. Pruebas de tanque

##### a. Diagnóstico de un hato mediante el CCS

“La forma más fácil y confiable para diagnosticar y monitorear el estado de sanidad de las glándulas mamarias en un hato, es el Recuento de Células Somáticas (RCS) de la leche del tanque o de una mezcla representativa de la producción diaria de la finca”.<sup>54</sup>

---

<sup>52</sup> INFOCARNE, *Mastitis: Prevención y detección*, s.f., [http://www.infocarne.com/bovino/mastitis\\_preencion.asp](http://www.infocarne.com/bovino/mastitis_preencion.asp)

<sup>53</sup> COTRINO, Víctor, Óp. Cit., <http://lmvltada.com/index.php?section=30>

<sup>54</sup> Ídem., <http://lmvltada.com/index.php?section=30>



## CUADRO 4

### Relación entre el CCS, el % de cuartos afectados y disminución de la producción de leche

CCS/ ml	% cuartos afectados	% Disminución en Producción
200.000	< 6	0
500.000	16	6
1.000.000	32	18
1.500.000	48	29

Fuente: COTRINO, 2007.

Elaborado por: El Autor.

### 3.4. Cambios en la Composición de la leche causados por mastitis

*El tipo de proteína en esta leche mastítica cambia dramáticamente. El nivel de la caseína, la proteína de mayor calidad nutricional para humanos, disminuye a cambio del incremento en el nivel de otras proteínas (suero, albúmina, lactoferrina, inmunoglobulinas) que afectan negativamente la calidad de productos lácteos como la cantidad de queso producida, su sabor, y su calidad. La albúmina de suero, inmunoglobulina, transferrina, y otras proteínas del suero sanguíneo son secretadas en la leche debido a que la permeabilidad vascular en el tejido mamario cambia. La lactoferrina, la mayor proteína de ligamiento de hierro en secreciones mamarias, incrementa su concentración muy probablemente porque su producción en el tejido mamario es mayor. La destrucción de ciertas proteínas comúnmente encontradas en la leche también ocurre en vacas infectadas con mastitis clínica o subclínica debido a la presencia de sustancias que las degradan. La actividad del plasmino incrementa substancialmente durante un episodio de mastitis. El plasmino y otras enzimas producidas por las células somáticas pueden causar la destrucción completa de la caseína en la ubre mucho antes de que la leche sea escurrida. La deterioración de la proteína en la leche mastítica puede continuar durante el procesamiento y almacenaje del producto. Mastitis incrementa la conductividad de la leche, lo que causa un incremento en la concentración del sodio y del cloro en la leche. La concentración del potasio, el mineral de más alta concentración en la leche, disminuye. Dado que la mayoría del calcio está asociado con la caseína, la destrucción de esta proteína significa que el nivel del calcio en la leche también disminuye.<sup>55</sup>*

<sup>55</sup> LOOR, Juan, y otros, *Aspectos básicos sobre el desarrollo de mastitis*, 2000, <http://www.a-campo.com.ar/espanol/bovinos/bovinos13.htm>

## CUADRO 5

### Cambios en la concentración de algunos componentes de la leche asociados con altos valores de CCS

Componentes	Leche normal	Leche con altos valores de RCS
Grasa	3.5	3.2
Lactosa	4.9	4.4
Proteína total	3.61	3.56
Caseína total	2.8	2.3
Suero	0.8	1.3
Albúmina	0.02	0.07
Lactoferrina	0.02	0.10
Immunoglobulinas	0.10	0.60
Sodio	0.057	0.105
Cloro	0.091	0.147
Potasio	0.173	0.157
Calcio	0.120	0.04

Fuente: Consejo Nacional de la Mastitis de los Estados Unidos.  
Elaborado por: El Autor.

### 3.5. Prevención de la mastitis

“La prevención no cuesta paga así demostró Álvarez (2007), quien concluye que a pesar de utilizar una mayor cantidad de materiales para la rutina de ordeño se ve justificado con la producción total de leche con el que se obtiene un beneficio en la tasa de retorno marginal del 217,45%, es decir por cada 1 dólar invertido para el control de la mastitis se obtiene 2,17 dólares”.<sup>56</sup>

*La rutina de ordeño es la actividad más importante para la prevención. La rutina de ordeño es simplemente la sucesión de pasos que se deben realizar para lograr obtener en forma rápida y eficiente la mayor cantidad de leche posible y con la mejor calidad sin afectar la ubre de la vaca. El ordeño es el acto de coleccionar leche de una ubre de una vaca luego de estimularla adecuadamente y de esta manera se convierte en la actividad más importante de la ganadería de leche. El Bienestar Animal aplicando las Buenas Prácticas Operacionales permitirá no estresar los*

<sup>56</sup> ÁLBAREZ, Patricia, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Tesis, *Evaluación de tres Métodos zootécnicos para la Prevención y control de la mastitis Clínica y Subclínica en el hato lechero del Campo Académico Docente Experimental La Tola “CADET”* Tumbaco – Pichincha, 2007, Pág. 43.

animales. Hay tres componentes importantes a tener en cuenta en la correcta rutina de ordeño:

- **El acto de ordeño debe ser rápido**, ya que el mecanismo hormonal que lo regula es muy corto, y la liberación de oxitocina dura unos 5 minutos.

- **Obtener la mayor cantidad de leche con la mejor calidad**, es decir que no el 100% de la leche debe ser extraída, siempre queda un porcentaje mínimo de leche que es la leche residual. Es normal que así suceda, esta leche no causa ningún tipo de trastorno, ni mastitis como se piensa habitualmente.

- **Se debe cuidar la ubre en el ordeño** a fin de no causar daño que puedan perjudicar la futura producción. Hay que recordar que es un tejido vivo que estará en contacto con la máquina y un mal manejo puede ser la vía de entrada de enfermedades.<sup>57</sup>

### 3.6. Impacto económico

La mastitis bovina está considerada como la enfermedad que más pérdidas económicas ocasiona a los productores lecheros, pues su presencia en los establos se refleja en gastos excesivos en medicamentos para el productor y una disminución en los ingresos por decremento de la producción, que generalmente deberían percibirse dentro de la explotación. La mastitis de la vaca, junto a los trastornos de la fertilidad, constituye la causa más importante de la falta de rentabilidad de una explotación.

La mastitis subclínica es más importante y peligrosa en el ganado bovino productor de leche, porque al no poder medir su dimensión se le subestima, ya que produce bajas de productividad crónica con alteraciones imperceptibles en la leche, lo que suele provocar que se tomen medidas contra el proceso cuando ya la supresión de productividad es muy grande y el procedimiento para la curación es muy costoso.

La mastitis subclínica cuya frecuencia es de 20 a 50 veces superior a la mastitis clínica, es hoy en día el principal problema de todo el complejo patológico que representa la mastitis. Cuidadosos análisis indican que el 80% de las pérdidas de la producción de leche son debidas a las mastitis subclínicas. Dentro de los principales factores que causan pérdidas por la presencia de mastitis subclínica, se pueden mencionar los siguientes:

---

<sup>57</sup> ACUÑA, Vanesa y RIVADENEIRA, Óp. Cit.,  
<http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2553/1/T-ESPE-IASA%20I-003435.pdf>

- 1) *Disminución drástica en la producción lechera de las vacas afectadas.*
- 2) *Costos en los tratamientos antimastíticos.*
- 3) *Pérdida de cuartos mamarios en infecciones severas o crónicas y desecho de vacas al rastro.*
- 4) *Gastos médico-veterinarios y de diagnóstico.*
- 5) *Castigo por parte de las plantas pasteurizadoras por mala calidad de la leche.*

*Las pérdidas ocasionadas por mastitis han sido atribuidas principalmente a disminución en la producción leche causada por la mastitis subclínica. Una gran mayoría de los casos de mastitis son casos de mastitis subclínica.*<sup>58</sup>

“Si bien se hace difícil una estimación exacta de las pérdidas debido a la variabilidad entre informaciones, las características productivas de los rebaños y precios de la leche en cada país, cualquier cálculo que se haga ilustra la necesidad de trabajar intensamente en el control de esta enfermedad que continua siendo el principal problema de la industria lechera mundial”.<sup>59</sup>

### **3.7. Estrategia para el control de mastitis**

*Entre las medidas de control se puede mencionar: adecuada rutina de ordeño, diagnóstico precoz con la prueba del fondo negro, sellado de pezón, tratamiento de los casos clínicos, funcionamiento de la máquina de ordeño, chequeo diario por el ordeñador, un chequeo sistemático una vez al año, tratamiento de vacas secas, el tratamiento con antibiótico tiene un doble efecto, cura las posibles mastitis subclínicas con que la vaca se pudiera haber secado, protege a la glándula de posibles mastitis durante el período seco, venta de vacas con mastitis crónica, evita contagio cuando se trata de **Staphylococcus Aureus**, control periódico de la evolución de las subclínicas con CMT, registrar las vacas que están enfermas, que cuarto y si repiten mastitis, toda vaca que en una lactancia tenga más de 3 mastitis debe ser rechazada para evitar la difusión en el rodeo.*<sup>60</sup>

---

<sup>58</sup> BEDOLLA, C., y PONCE, de León, *Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera*, 2008, [www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040408/040805.pdf](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040408/040805.pdf)

<sup>59</sup> REY, José, y otros, *Conductividad de la leche en robots de ordeño*, 2006, [albeitar.grupoasis.com/bibliografias/101.pdf](http://albeitar.grupoasis.com/bibliografias/101.pdf)

<sup>60</sup> ACUÑA, Vanesa y RIVADENEIRA, Óp. Cit., <http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2553/1/T-ESPE-IASA%20I-003435.pdf>

En resumen:

- 1) Buena higiene en el ordeño.
- 2) Uso de equipos funcionalmente adecuados.
- 3) Sellar los pezones después del ordeño.
- 4) Tratamiento de todos los cuartos al secado.
- 5) Tratamiento rápido y efectivo de los casos clínicos.
- 6) Eliminar las vacas con infecciones crónicas.

### **3.8. Las Células Somáticas**

*Las células somáticas están constituidas por una asociación de leucocitos y células epiteliales. Los leucocitos se introducen en la leche en respuesta a la inflamación que puede aparecer debido a una enfermedad o, a veces, a una lesión. Las células epiteliales se desprenden del revestimiento del tejido de la ubre.*

*Se denomina a las células de la leche, a aquellas células propias del cuerpo (somáticas) en la leche. Estas provienen de la sangre y del tejido de la glándula mamaria. El contenido de células somáticas en la leche nos permite conocer datos claves sobre la función y el estado de salud de la glándula mamaria lactante y debido a su cercana relación con la composición de la leche un criterio muy importante de calidad de la leche.*

*Las bacterias ambientales están presentes en el medio ambiente de la vaca, en su piel, pesebre, charcos de agua, etc. y penetran en la ubre cuando se dan determinadas condiciones. Una vez que las bacterias atacan las células del interior de la glándula mamaria la respuesta inmunitaria del organismo es enviar glóbulos blancos de la sangre para neutralizar a las bacterias invasoras. Estos glóbulos blancos son en esencia lo que constituye los conteos de células somáticas (CCS). Un alto CCS en la leche de vacas individuales o en el tanque de enfriado significa que las bacterias han invadido la glándula de la vaca. Las bacterias contagiosas se diseminan entre los pezones de una vaca o entre diferentes vacas de un hato como resultado de prácticas de manejo inadecuadas al momento de la ordeña.*

*Las células somáticas son simplemente células del organismo (varios tipos de leucocitos o células blancas de la sangre) y normalmente están presentes en la leche en niveles bajos. La presencia de un incremento del número de estas células dentro del alveolo, es un indicador como respuesta a la infección; aún cuando no han sido detectadas al observar la leche de la vaca, (ejemplo en la mastitis subclínica).*

## CUADRO 6

### Tipos de células en leche normal

Tipo	Porcentaje
Macrófagos	60%
Linfocitos	25%
Neutrófilos	25%

Fuente: Philpot, 2001; Wolter et al., 2004.

Elaborado por: El Autor.

*Por tanto, las células somáticas son células corporales. Estas pasan a la leche procedente de la sangre y del tejido glandular. De todas las células de la leche de un cuarto infectado, aproximadamente el 99% serán leucocitos, mientras que el resto serán células secretoras que se originan de los tejidos de la glándula mamaria. Juntos, esos dos tipos de células constituyen la cuenta de células somáticas de la leche que comúnmente es expresada en mililitros.<sup>61</sup>*

#### 3.8.1. Función de las células somáticas

*Cada leche contiene células somáticas, las cuales en una glándula sana sólo se presentan en un número pequeño. En este caso se trata de células de tejido (células epiteliales) y células inmunes, (Neutrófilos polimorfo nucleares, granulocitos, macrófagos, linfocitos). La importancia biológica de las células somáticas es que participan en la defensa contra infecciones de la ubre. Cuando hay estímulos o enfermedades de la glándula mamaria aumenta en contenido de células somáticas, con lo cual el número de células inmunes aumenta considerablemente.<sup>62</sup>*

<sup>61</sup> HERNÁNDEZ, Juan, y BEDOLLA, *Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche*, 2008, <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf>

<sup>62</sup> Ídem., <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf>

### 3.8.1.1. Factores de defensas celulares y humorales de la leche

*La leche tiene un efecto que inhibe el crecimiento de bacterias, las mata o las hace inofensivas. Su efecto antibacterial se debe a factores de defensas celulares y humorales. En estos intervienen los leucocitos Polimorfonucleares (PMN), los linfocitos y los macrófagos (principal tipo de células en la leche). Los factores humorales son las inmunoglobulinas, los factores del complemento, el sistema lactoperoxidasa-tiocianato-peróxido-hidrógeno, la lactoferrina y la lizosima.*

*El paso rápido de los leucocitos sanguíneos a la luz alveolar es uno de los mecanismos naturales más importantes de defensa contra la mastitis. En el caso de una glándula mamaria sana se puede observar un contenido menor de 100 mil leucocitos por mililitro de leche. El contenido de leucocitos aumenta como una respuesta a los microorganismos invasores. En el caso de la mastitis aguda, los conteos pueden llegar hasta millones de células somáticas por mililitro. Los leucocitos más numerosos durante el curso de una mastitis son los granulocitos Polimorfonucleares. Éstos reconocen las bacterias marcadas con anticuerpos y los fagocitan. Pueden pasar de 12 a 24 horas después de la infección antes de que el contenido de PMN aumente claramente.<sup>63</sup>*

### 3.8.1.2. Leucocitos Neutrófilos Polimorfonucleares

*Los leucocitos Neutrófilos polimorfo Nucleares (PMN) forman la primera línea de defensa inmunológica contra bacterias que penetran la barrera física del canal del pezón. Los PMN protegen a la glándula mamaria por medio de la fagocitosis y la muerte intracelular, debido a su capacidad para fagocitar y matar bacterias opsonizadas y no opsonizadas empleando enzimas bactericidas y radicales oxígeno.*

*Los Neutrófilos desempeñan cinco funciones clave para una vigilancia inmune exitosa y defensa contra los patógenos intramamarios: marginación, migración, fagocitosis, estallido respiratorio y degranulación. La marginación y la migración de los Neutrófilos son críticas para la vigilancia inmune innata y para confinar la respuesta inflamatoria en el sitio de la infección. La fagocitosis, el estallido respiratorio y la degranulación culminan en la destrucción intracelular*

---

<sup>63</sup> HERNÁNDEZ, Juan, y BEDOLLA, Óp. Cit.,  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf>

*del patógeno por Neutrófilos de la leche que han migrado desde la sangre hasta el foco de la infección.*<sup>64</sup>

#### a. Linfocitos

*El reclutamiento local y la actividad de las células somáticas (o sea leucocitos) son los mecanismos de defensa inmune más importantes contra la infección de la glándula mamaria bovina. Aunque un alto número de Neutrófilos bovinos en leche es crítico para una lucha activa contra las infecciones, los macrófagos y los linfocitos T constituyen la mayor parte de las células somáticas en leche de cuartos sanos.*

*Los linfocitos son las únicas células del sistema inmune que reconocen antígenos por medio de receptores de membrana y que son específicos para patógenos invasores. Existen dos tipos de linfocitos que difieren en función y productos proteicos, los linfocitos T y B. Los porcentajes de estas células pueden ser significativos dependiendo del estado de la lactancia y de su localización en los tejidos.*

*Las células B, representan el 20% de los linfocitos. Su función es reconocer los antígenos o sustancias extrañas para producir anticuerpos específicos y secretar inmunoglobulinas localmente. Las células T se encargan de destruir a los antígenos por contacto directo, produciendo linfocinas (células asesinas y células auxiliaadoras) que activan el complejo de histocompatibilidad (inmunidad humoral). El 45% de los linfocitos está conformado por este tipo de células. En distintas muestras de leches, los Neutrófilos son la población de leucocitos más predominante en leche de glándulas mamarias infectadas (59% a 99% del total de células somáticas, dependiendo del estado de la lactancia).*<sup>65</sup>

### 3.9. Métodos para el diagnóstico de la Mastitis

#### 3.9.1. El conteo de células somáticas

“El conteo de células somáticas (CCS) es el número de células por mililitro de leche, es por consiguiente un indicador útil para la concentración de leucocitos en leche. El CCS, es usado como un indicador de la salud de la glándula mamaria”.<sup>66</sup>

---

<sup>64</sup> HERNÁNDEZ, Juan, y BEDOLLA, Óp. Cit.,  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf>

<sup>65</sup> Ídem., <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf>

<sup>66</sup> HERNÁNDEZ, Juan, *Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche*, 2007, <http://66.147.240.184/~ganader1/articulos/?seccion=ver&categoria=otros&nda=otr007>



“La determinación del contenido de células somáticas de la leche, del tanque, de la vaca o de los cuartos de la ubre es el medio auxiliar de diagnóstico más importante, para juzgar el estado de salud de la ubre de un hato. Con los resultados de las células somáticas se corrobora la calidad de la leche; también, es necesario obtener los resultados del tanque cuatro veces por mes”.<sup>67</sup>

### 3.9.2. La importancia del conteo de células somáticas

“La importancia del conteo de células somáticas en la leche es que podemos conocer si la leche que obtenemos de la glándula mamaria es de buena calidad, así mismo, conoceremos el estado de salud de la misma al obtener un número elevado de células somáticas”.<sup>68</sup>

### 3.9.3. Métodos de conteo electrónico celular

“Los métodos electrónicos tienen en la actualidad una aplicación universal, sobre todo en laboratorios de control lechero o dedicados al diagnóstico o investigación de la mastitis, utilizándose aparatos de recuentos celulares como el Fossomatic”.<sup>69</sup>

#### a. Método fluoro-opto-electrónico y Counter Coulter

*Este método posee alta correlación con la microscopía óptica, por lo que proporciona una medida segura en el recuento de células somáticas. El sistema basa su cálculo en la tinción fluorométrica del material nuclear, mientras que el “Counter Coulter” cuenta el número de impulsos eléctricos resultantes de las partículas que pasan entre dos electrodos. Es decir, cuenta partículas de un diámetro determinado, que para el caso serían las células.*<sup>70</sup>

---

<sup>67</sup> HERNÁNDEZ, Juan, *Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche*, 2006, [http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=:http%3A%2F%2Fwww.intervet.com.ec%2FBinaries%2F63\\_74032.doc&source=web&cd=9&ved=0CFwQFjAI&url=http%3A%2F%2Fbibliotecavirtual.dgub.umich.mx%3A8083%2Fjspui%2Fbitstream%2F123456789%2F693%2F1%2FIMPORTANCIADELCONTEODECELULASSOMATICASENLACALIDADDELALECHE.pdf&ei=4T4ST9igIorXtwfQhZyXAw&usq=AFQjCNGsliGgXg2FMkzitDBjTEZmZxjAug&cad=rja](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=:http%3A%2F%2Fwww.intervet.com.ec%2FBinaries%2F63_74032.doc&source=web&cd=9&ved=0CFwQFjAI&url=http%3A%2F%2Fbibliotecavirtual.dgub.umich.mx%3A8083%2Fjspui%2Fbitstream%2F123456789%2F693%2F1%2FIMPORTANCIADELCONTEODECELULASSOMATICASENLACALIDADDELALECHE.pdf&ei=4T4ST9igIorXtwfQhZyXAw&usq=AFQjCNGsliGgXg2FMkzitDBjTEZmZxjAug&cad=rja)

<sup>68</sup> HERNÁNDEZ, Juan Óp. Cit.,

<http://66.147.240.184/~ganader1/articulos/?seccion=ver&categoria=otros&nda=otr007>

<sup>69</sup> HERNÁNDEZ, Juan, y BEDOLLA, José, Óp. Cit.,

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf>

<sup>70</sup> Ídem., <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf>

## b. Contador óptico de células somáticas

*Emplea una nueva técnica de medición, de imagen digital CCD, que ha sido desarrollada desde hace 40 años. Este principio de medición también cumple con los requisitos de IDF y FDA (Food and Drug Administration; Administración de Drogas y Alimentos). El procedimiento consiste preparar un filtrado de solución de leche mezclada con detergente (Triton X-100 EDTA) a través de una membrana con poros finos. Basado en la reacción colorimétrica del ADN de las células. Es entonces utilizado para determinar el contenido de ADN que está relacionado directamente con el número de células presentes en la muestra inicial.<sup>71</sup>*

### 1) Procedimiento

*Se coloca una muestra de leche de 5ml de leche a 40° C. En el Fossomatic se tiñen las células somáticas con un colorante fluorescente para obtener una reacción solo con el ADN de las células. Es por eso que las partículas sucias y los glóbulos de los lípidos no se suman al número de las células somáticas. La muestra pasa frente a una luz especial y un detector registra cada célula somática. Entre cada muestra el aparato limpia su sistema de flujo para evitar el efecto del arrastre de una muestra a otra. Todas estas funciones son automáticas. En síntesis, se puede decir que el Fossomatic es un contador específico de ADN basado en un principio óptico de fluorescencia. Debido a que el bromuro de ethidio penetra en la célula y forma un complejo fluorescente con el ADN nuclear, cada célula produce un pulso eléctrico que se amplifica y se registra.<sup>72</sup>*

### 3.9.4. Conductividad eléctrica de la leche

*Se ha utilizado como un indicador de la mastitis durante la última década, se basa en el aumento de conductividad eléctrica de la leche debido a su mayor contenido electrolítico especialmente iones de sodio y de cloro y se ha desarrollado como un método para monitorear el estado de la mastitis en la vaca. Se le encuentra como parte de algunos equipos de ordeño computarizados dentro de las salas de ordeño así como también en forma de medidores portátiles, lo que permite el monitoreo individual por cuarto.*

---

<sup>71</sup> HERNÁNDEZ, Juan, y BEDOLLA, José, Óp. Cit., <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf>

<sup>72</sup> Ídem., <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf>

*Esta técnica es importante porque mide la lesión, como es el caso del recuento celular. Sin embargo, sus limitaciones probablemente restringen su uso a vacas de producción elevada que se mantienen en rebaños pequeños, o en laboratorios con autoanalizadores. Se puede emplear una combinación de la detección de mastitis subclínica tomando como base la conductividad eléctrica de la leche, la producción láctea, el número de parto y los días de lactación, como un modelo logístico de regresión como instrumento de análisis en un rebaño con una incidencia alta de mastitis subclínica. El aparato disponible que se promociona con más frecuencia, basado en la medición de la conductividad eléctrica de la leche, es un dispositivo que se sostiene con la mano y tiene una copa empotrada donde se lanzan los chorros de la leche. Permite la identificación de la mastitis clínica con precisión, pero en el caso de las mastitis subclínicas, la precisión es solo del 50% en comparación con los métodos estándar.*

*Este instrumento proporciona una lectura digital del resultado de la CE y representa una alternativa a la Prueba de California para Mastitis (CMT) como prueba de monitoreo de la mastitis subclínica al lado de la vaca. Aunque a veces da como resultado un gran número de falsos positivos o de falsos negativos, por lo que no es muy confiable.*

*Este sistema permite controlar las nuevas infecciones intramamarias en los cuarterones de forma continua en cada ordeño. Todavía queda mucho que aprender sobre la interpretación y utilización de estos datos automatizados de la CE de la leche.<sup>73</sup>*

#### 3.9.4.1. Medidores portátiles de CE

*Existe un detector de conductividad portátil (DCP) que tiene un recipiente con electrodos de metal, donde se coloca la leche. Dichos electrodos transmiten la información a una unidad electrónica que mide la conductividad, la cual aparece en un visor, expresada en unidades. El DCP tiene un solo recipiente colector y la expresión en el visor del resultado se mantiene mientras la leche está presente en la copa, de modo que ese dato debe ser registrado manualmente en un anotador en forma inmediata antes de poder volcar la leche y limpiar el recipiente para realizar otra medición, para completar el análisis en los cuatro cuartos de cada vaca. Durante 1997 se propuso el uso de un DCP con cuatro copas que permita la obtención de cuatro muestras simultáneas para considerar los cuatro cuartos de la vaca en un solo momento.*

*Se han hecho numerosos intentos para desarrollar sistemas en línea de ordeño para medir la conductividad eléctrica que ayuden a detectar la mastitis. El mayor problema técnico ha sido el desarrollo de electrodos*

---

<sup>73</sup> HERNÁNDEZ, Juan, y BEDOLLA, José, Óp. Cit.,  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf>

*aplicables a la leche. Este sistema, que detecta fallas en la conductividad de la leche, diagnostica mastitis antes de que existan alteraciones en la leche. Los métodos de conductividad tienen la ventaja sobre otros procedimientos de diagnóstico, porque la información que se obtiene es inmediata, logrando hacerlo muy práctico y automatizado.*<sup>74</sup>

#### 3.9.4.2. Cloro en leche

*En la leche la relación lactosa-cloro, es influenciada por: a) estado lactacional y b) presentación de mastitis. En casos de mastitis el contenido de cloro en la leche tiende a incrementarse en proporción a la lactosa, lo que ocasiona en la leche un sabor ligeramente salado. En el calostro, el contenido de cloro es elevado, pero disminuye rápidamente a medida que el calostro es substituido por leche, de tal manera que durante la primera semana de lactación el contenido de cloro en la leche es de 0.14-0.08 g. Al avanzar la lactación el contenido de cloro en la leche aumentará gradualmente, pero a la mitad de la lactación el incremento acelera a medida que se acerca el final de lactación.*

*Del total de sales minerales el cloruro sódico es uno de los componentes mayoritarios con un valor que oscila entre 1.5 y 1.8 g/L (que se corresponde con 1 g de Cl/L y de 0.5 g de Na/L). Si sobrepasa el 2.0g/l (0.2%) se sospechará de anomalías como mamitis, adición de soluciones preparadas,...*<sup>75</sup>

##### a. Determinación de cloro en leche

*Para determinar el contenido de cloruros en leche, se ha desarrollado el método químico que se basa en una prueba de titulación que consiste en cambio de color en la leche al agregar nitrato de plata (0.1N) a la leche, en presencia de dicromato de potasio como indicador. Cuando hay un exceso de iones de plata se forma el cromato de plata resultando un color rojizo; en tanto que cuando el cloro con la plata forman el cloruro de plata en presencia del cromato de potasio resulta un color amarillo. Un método confiable para determinar el contenido de cloro en leche, es el potenciométrico, que consiste en cuantificar los iones cloro usando electrodos específicos.*<sup>76</sup>

---

<sup>74</sup> PERIAGO, Jesús, *Tema 2: Higiene, Inspección y Control de calidad de la leche*, s.f., [ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas-1/tema-2.pdf](http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas-1/tema-2.pdf)

<sup>75</sup> Ídem., [ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas-1/tema-2.pdf](http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas-1/tema-2.pdf)

<sup>76</sup> BLANCO, Miguel, *Diagnóstico de la mastitis subclínica bovina*, 2001, <http://printfu.org/blancaoma?page=1>

## b. Determinación de pH en leche

*El pH identificado en el calostro es de 6.4, en tanto que en la leche es de 6.5-6.8, cantidad que a media lactación es de 6.6-6.7, y al final de 6.8 o mayor. Se ha considerado que en la leche proveniente de glándulas mamarias afectadas por mastitis, el pH es alcalino, lo que se atribuye a la disminución de la lactosa e incremento de sales que pasan de la sangre a la leche. El pH de la leche ha sido señalado como indicador en el estado de salud de la glándula mamaria, sin embargo los cambios en pH por mastitis son mínimos por lo que el diagnóstico es de poco valor.*<sup>77</sup>

### 3.9.5. Prueba de California para Mastitis (CMT)

“La Prueba de *California Mastitis Test* ha sido empleada durante décadas y sigue siendo la prueba más utilizada a nivel de campo para el diagnóstico de mastitis en el ganado bovino lechero”.<sup>78</sup>

“Es una prueba sencilla que es útil para detectar la mastitis subclínica por valorar groseramente el recuento de células de la leche. No proporciona un resultado numérico, sino más bien una indicación de si el recuento es elevado o bajo, por lo que todo resultado por encima de una reacción vestigial se considera sospechoso”.<sup>79</sup>

#### a. Pasos a seguir para la realización de la Prueba de California para Mastitis:

- 1) *Se desecha la leche del pre-ordeño.*
- 2) *Se ordeñan uno o dos chorros de leche de cada cuarto en cada una de las placas de la paleta.*
- 3) *Se inclina la paleta de modo que se desecha la mayor parte de esta leche.*
- 4) *Se añade a la leche un volumen igual de reactivo.*
- 5) *Se mezcla el reactivo y se examina en cuanto a la presencia de una reacción de gelificación. Antes de continuar con la vaca siguiente se debe enjuagar la placa.*

---

<sup>77</sup> BLANCO, Miguel, Óp Cit., <http://printfu.org/blancoma?page=1>

<sup>78</sup> BEDOLLA, C., *Métodos de detección de la mastitis bovina*, 2007, <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090702.pdf>

<sup>79</sup> Ídem., <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090702.pdf>

*Los resultados pueden ser interpretados en cinco clases: desde el resultado negativo en el que la leche y el reactivo siguen siendo acuosos, hasta el recuento de células más elevado en el que la mezcla de la leche y el reactivo casi se solidifica. Esto se determina en relación a la reacción de gelificación.<sup>80</sup>*

#### b. Determinación en relación a la reacción de gelificación

*La prueba consiste en el agregado de un detergente a la leche, el alquilauril sulfonato de sodio, causando la liberación del ADN de los leucocitos presentes en la ubre y este se convierte en combinación con agentes proteicos de la leche en una gelatina. A mayor presencia de células se libera una mayor concentración de ADN, por lo tanto mayor será la formación de la gelatina, traduciéndose en nuestra lectura e interpretación del resultado como el grado más elevado de inflamación. Es decir, permite determinar la respuesta inflamatoria con base en la viscosidad del gel que se forma al mezclar el reactivo (púrpura de bromocresol) con la misma cantidad de leche en una paleta con cuatro pozos independientes permitiendo evaluar cada cuarto independientemente.<sup>81</sup>*

#### c. Desventajas de la prueba

*Desafortunadamente esta prueba es muy subjetiva y tiene que hacerse al lado de la vaca durante el ordeño (lo que interfiere con el manejo del ordeño).*

*La Prueba de California es un método de diagnóstico que posee una sensibilidad del 97% y una especificidad del 93%. Sus ventajas principales son:*

*1) Es una técnica muy sensible y se puede utilizar tanto en una muestra de cuartos, como una muestra del tanque enfriador. En una muestra de tanque, los resultados de grado 2 y 3, indican un alto porcentaje de vacas infectadas.*

*2) El material extraño no interfiere con la prueba (pelo u otro material).*

*3) La prueba es simple y no requiere de equipo costoso.*

*4) La paleta es fácil de limpiar después de cada uso.*

---

<sup>80</sup> BEDOLLA, C., Óp. Cit., <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090702.pdf>

<sup>81</sup> Ídem., <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090702.pdf>

5) A pesar de sus ventajas, la técnica presenta los siguientes inconvenientes:

6) Los resultados pueden ser interpretados de forma variable, entre los individuos que realicen la prueba, por lo que resulta necesario uniformizar el criterio de casos positivos y su categorización en grados (cuadro 7).

7) Pueden presentarse falsos positivos en leche de animales con menos de diez días de paridos o en vacas próximas a secarse.

8) La mastitis clínica aguda da resultados negativos, debido a la destrucción de los leucocitos por las toxinas provenientes de los microorganismos presentes.<sup>82</sup>

## CUADRO 7

**La interpretación y registro de resultados se realiza bajo el siguiente criterio**

Negativo: 0	El estado de la solución permanece inalterado. La mezcla sigue en estado líquido. El 25% de las células son leucocitos polimorfonucleares
Trazas:	Se forma un precipitado en el piso de la paleta que desaparece pronto. De un a 30% son leucocitos polimorfonucleares.
1 (+):	Hay mayor precipitado pero no se forma gel. De un 30 a 40% son leucocitos polimorfonucleares
2 (++):	El precipitado se torna denso y se concentra en el centro. De un 40 a 70% son leucocitos polimorfonucleares
3 (+++):	Se forma un gel muy denso que se adhiere a la paleta. De un 70 al 80% son leucocitos polimorfonucleares.

Fuente: Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft. (DVG), 2002.

Elaborado por: El Autor.

<sup>82</sup> BEDOLLA, C., Óp. Cit., <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090702.pdf>

## 4. UBICACIÓN

### 4.1. Ubicación Política Territorial (del muestreo)

País: Ecuador  
Provincia: Pichincha  
Cantón: Cayambe – Pedro Moncayo  
Parroquias: Olmedo – Tabacundo  
Comunidad: Pesillo – Luis Freire Cananvalle  
Lugares: En Pesillo; El molino, Guayabambilla, Arrayancucho, Pucará, Santa Rosa.

En Tabacundo; Cananvalle (Haciendas Alegría y San Carlos).

### 4.2. Condiciones Agroecológicas Pesillo<sup>83</sup>

Clima: frío  
Temperatura: 12 °C. (Promedio)  
Precipitación: 1000 - 1500 mm/año<sup>84</sup>  
Vientos: 3,8 m/s y 6,8 m/s.  
Heliofanía: 12 horas luz.

### 4.3. Condiciones Agroecológicas Tabacundo<sup>85</sup>.

Clima: frío  
Temperatura: 12°C. (Promedio)  
Precipitación: 9000 – 2000 mm/año  
Vientos: 55.4 km/h  
Heliofanía: 12 horas luz.

---

<sup>83</sup> INFOCENTRO, 2011, <http://infocentros.gob.ec/cayambeolmedo/nosotros.php>

<sup>84</sup> BONIFAZ, Nancy, y REQUELME, Narcisa, *Buenas prácticas de Ordeño y la Calidad higiénica de la Leche en el Ecuador*, 2011, [.ups.edu.ec/documents/.../BonifazRequelme\\_Ordenio.pdf](http://ups.edu.ec/documents/.../BonifazRequelme_Ordenio.pdf)

<sup>85</sup> INAMHI, 2008.



## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Materiales**

#### 5.1.1. Materiales y Equipos

##### a) Fase de campo:

- 124 muestras de leche de vacas de sus cuatro pezones
- Toma muestras de acero inoxidable
- Frascos estériles con bronopol
- Frascos estériles sin bronopol
- Cooler de plástico con hielos
- Alcohol al 70%
- Paleta para CMT
- Reactivo para CMT
- Cinta adhesiva
- Tablero
- Hojas de registro.
- Mandil
- Guantes
- Mascarilla
- Cofia
- Botas de caucho

##### b) Fase de laboratorio:

- Fossomatic minor
- Conductímetro de fluidos, ULTRAMETER TM 6P; Serie: 606962.
- Paleta para CMT
- Reactivo para CMT
- Cronómetro
- Computador portátil
- Cámara fotográfica
- Jeringas
- Papel
- Agua destilada
- Mandil
- Guantes
- Mascarilla
- Cofia

## 5.2. Métodos

### 5.2.1. Consideraciones para el muestreo

El muestreo se realizó a los pequeños productores de la Asociación ATAC-QUEPA de Pesillo, ubicados a 3000 – 3400 m.s.n.m.<sup>86</sup> y en las haciendas La Alegría y San Carlos ubicado a 2800 m.s.n.m.<sup>87</sup>

Todos los procesos fueron realizados con la mayor asepsia posible tanto en campo como en laboratorio.

Se realizó un test de información básica de los animales a sus propietarios y/o administradores.

El siguiente formato fue utilizado para recolección de datos de los animales muestreados.

### CUADRO 8

**Formato utilizado para toma de datos de los animales, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”**

A la fecha:						
Nombre/animal:						
Número/partos						
Tiempo de lactancia/meses						
Tiene mastitis clínica	SI					
	NO					
Tiempo que ha tratado la mastitis	Hace/meses					
	Nunca					
Frecuencia que realiza CMT	Nunca					
	Cada qué tiempo					
Raza						
Observación CMT en campo	N	T	+	++	+++	

Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

<sup>86</sup> INFOCENTRO, Óp. Cit., <http://infocentros.gob.ec/cayambeolmedo/nosotros.php>

<sup>87</sup> INAMHI, 2008.

### 5.2.2. Toma de muestras

En la toma de muestras para no estresar a los animales fueron ordeñados por los productores y trabajadores de las fincas.

En la Asociación ATAC-QUEPA, al momento de la toma de la muestras se procedió a realizar el CMT enseguida para ayudar a interpretar a los usuarios.

En las haciendas la prueba CMT se realizó en el laboratorio, por la rapidez del ordeño no fue posible realizarlos en campo. También se aplicó el test de información básica de los sistemas de producción.

En las muestras tomadas de las haciendas se realizó una prueba adicional en porcentaje de concentración de NaCl en laboratorio.

#### a. Procedimiento toma de muestras Asociación “ATAC-QUEPA”

Las muestras fueron tomadas en el ordeño de la tarde, de la siguiente manera:

- Limpiada y secada de pezones
- Despunte (2 - 3 chorros)
- Toma de la muestra 1) 40ml en frasco con bronopol; 2) 40ml en frasco sin bronopol y 2ml para la prueba de CMT en campo.
- Transporte al laboratorio en un cooler manteniendo la temperatura a 4°C.
- Análisis de los parámetros en máximo 48 horas.

GRÁFICO 1



GRÁFICO 2



Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

GRÁFICO 1. Ordeño de 3 - 4 chorros y GRÁFICO 2. Toma de la muestras, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

GRÁFICO 3



Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

GRÁFICO 4



GRÁFICO 3 y 4. Prueba CMT en campo, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

b. Procedimiento toma de muestras en las haciendas

Las muestras fueron tomadas en el ordeño de la tarde, de la siguiente manera:

- Pre-sellado y secado (Anexo No. 7).
- Despunte (2 – 3 chorros).
- Toma de muestras, 2 frascos de 40 ml sin conservante.
- Transporte al laboratorio en un cooler manteniendo la temperatura a 4°C.
- Se realizó el análisis en máximo 48 horas.

GRÁFICO 3



Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

GRÁFICO 4



GRÁFICO 5 y 6. Toma de muestra en las haciendas, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## 6. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Calidad de Leche (LCL).

El siguiente cuadro es el formato que se utilizó para recopilación de datos del análisis de los tres métodos.

**CUADRO 9**

**Formato para registro de resultado de los análisis, en la investigación  
“Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad  
Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de  
Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador.  
2011”**

<b>PARAMETRO</b>						
<b>FECHA:</b>						
<b>HORA:</b>						
<b>TIEMPO/BAÑO MARIA:</b>						
<b>TEMPERATURA/BAÑO M.</b>						
<b>TEMPERATURA MUESTRA:</b>						
<b>ANALISTA:</b>						
<b># MUESTRAS</b>	<b>COD/EXAM:</b>	<b>COD/ANIMAL:</b>	<b>REP1</b>	<b>REP2</b>	<b>REP3</b>	<b>PROMEDIO</b>
1	Código de barras	Nombre del animal				
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

## 6.1. Análisis de las muestras

### 6.1.1. Análisis de CCS

#### a. Fundamento

El Fossomatic consiste en el filtrado de una solución de leche mezclada con detergente (Tritón X-100 EDTA) a través de una membrana con poros finos. Un procedimiento colorimétrico basado en la reacción con el ADN de las células es entonces utilizado para determinar el contenido de ADN que está relacionado directamente con el número de células presentes en la muestra inicial. Entonces se tiñen las células somáticas con el colorante fluorescente para obtener una reacción con el ADN de las células, es por eso que las partículas sucias y los glóbulos de los lípidos no se suman al número de células somáticas. La muestra pasa frente a una luz especial y un detector registra cada célula somática. Entre cada muestra el aparato limpia su sistema de flujo para evitar el efecto del arrastre de una muestra a otra. Todas estas funciones son automáticas<sup>88</sup>. Los resultados son proporcionados en células/1000/ml.

#### b. Procedimiento

Se calienta la muestra a 40 - 42°C en baño de María, agita la muestra (15 veces) se coloca la muestra de leche (40ml) en la pipeta, toma la muestras y se espera que termine el proceso, se limpia la pipeta para la siguiente muestra, se analizó por triplicado. Una vez arrojados los resultados se procedió a transcribir en sus respectivos cuadros para el análisis estadístico.

GRÁFICO 7



Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

GRÁFICO 8



<sup>88</sup> BEDOLLA, C., y otros, Óp. Cit., <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090702.pdf>

GRÁFICO 7 y 8. Análisis de CCS en Fossomatic minor, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

### 6.1.2. Análisis del CMT

#### a. Fundamento

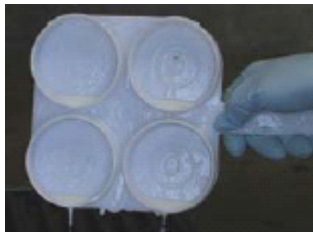
La prueba consiste en el agregado de un detergente a la leche, el alquilauril sulfonato de sodio, causando la liberación del ADN de los leucocitos presentes en la ubre y este se convierte en combinación con agentes proteicos de la leche en una gelatina. A mayor presencia de células se libera una mayor concentración de ADN, por lo tanto mayor será la formación de la gelatina, traduciéndose en la lectura e interpretación del resultado como el grado más elevado de inflamación.<sup>89</sup>

#### b. Procedimiento

El CMT se procedió realizando el calentamiento de muestras a 40 – 42°C en baño de María, agitando (15 veces), se procedió a la medición, para esto se utilizó la hoja de información preparada por Mellenberger y Roth (2000):

Paso 1: Se tomó 2 ml de leche de cada muestra. Esto corresponde a la cantidad de leche que quedaría en los compartimientos al colocar la raqueta en posición casi vertical.

GRÁFICO 9



Fuente: Mellenberger y Roth, 2000.  
Elaborado por: Autor.

Paso 2: Se agregó igual cantidad de solución CMT (2 ml) en el compartimiento.

---

<sup>89</sup> BEDOLLA, C., y otros, Óp. Cit., <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090702.pdf>



GRÁFICO 10



Fuente: Mellenberger y Roth, 2000.  
Elaborado por: Autor.

Paso 3: Se rotó la raqueta con movimientos circulares hasta mezclar totalmente el contenido. No mezclar por más de 10 segundos.

GRÁFICO 11



Fuente: Mellenberger y Roth, 2000.  
Elaborado por: Autor.

c. Lectura del CMT

N = Negativo (No Infectado). No hay gelificación de la mezcla.

GRÁFICO 12



Fuente: Mellenberger y Roth, 2000.  
Elaborado por: Autor.

T = Trazas (Posible Infección). Ligera gelificación de la mezcla. La reacción “Trazas” se desvanecerse con la rotación continua de la raqueta. Ejemplo: Si en los 4 cuartos se leen “trazas”, no hay infección. Si en uno-dos cuartos se leen “trazas”, hay posible infección.



GRÁFICO 13



Fuente: Mellenberger y Roth, 2000.  
Elaborado por: Autor.

1 = Positivo - Débil (Infectado). Definida gelificación de la mezcla, pero sin tendencia a formar gel. Si la raqueta se rota por más de 20 segundos, la gelificación puede desaparecer.

GRÁFICO 14



Fuente: Mellenberger y Roth, 2000.  
Elaborado por: Autor.

2 = Positivo - Evidente (Infectado). Inmediata gelificación de la mezcla con ligera formación de gel. Mientras la mezcla se agita, esta se mueve hacia el centro de la copa, exponiendo el fondo del borde externo. Cuando el movimiento se detiene, la mezcla se nivela y cubre todo el fondo de la copa.

GRÁFICO 15



Fuente: Mellenberger y Roth, 2000  
Elaborado por: Autor.

3 = Positivo - Fuerte (Infectado). Hay formación de gel y la superficie de la mezcla se eleva (como un huevo frito). Esta elevación central permanece aún después de detener el movimiento de rotación de la raqueta del CMT. La raqueta debe lavarse después de cada prueba.

GRÁFICO 16



Fuente: Mellenberger y Roth, 2000.  
Elaborado por: Autor.

Una vez realizado la lectura por tres veces cada muestra, se registró en los cuadros para el análisis estadístico.

GRÁFICO 17



Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: Autor.

GRÁFICO 18



GRÁFICO 9 y 10. Análisis prueba CMT en laboratorio, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

### 6.1.3. Análisis de Conductividad Eléctrica (CE)

Se calentó las muestras de 40 - 42°C en baño de María, se bajó la temperatura de 20 – 25 °C levemente para proceder a la lectura de la CE.

#### a. Fundamento

Se basa en el aumento de conductividad eléctrica de la leche debido a su mayor contenido electrolítico especialmente iones de sodio y de cloro.<sup>90</sup>

<sup>90</sup> BEDOLLA, C., y otros, Óp. Cit., <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090702.pdf>

## b. Procedimiento

Se agitó la muestra (15 agitaciones), se procedió a llenar en el cilindro donde se encuentra el electrodo del conductímetro, se tomó la lectura una vez estabilizada la resolución digital del mismo, se repitió la misma muestra por triplicado. La lectura se obtuvo en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y se transformó a  $\text{mS}/\text{cm}$ , para el respectivo análisis estadístico.

GRÁFICO 19



GRÁFICO 20



Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

GRÁFICO 11 y 12. Análisis de CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

### 6.1.3.1. Determinación de la concentración de Cloruro Sódico ( $\text{NaCl}$ ) en porcentaje.

#### a. Materiales y reactivos utilizados exclusivamente para esta prueba:

- Nitrato de plata (se utilizó a la 0.1 N)
- Dicromato de potasio (se utilizó al 25%)
- Agua destilada
- Balanza analítica
- Piceta
- Bureta de 25 ml graduada con  $\pm 0.01$  ml y en divisiones de 0.1 ml
- Matraz Erlenmeyer de 200 ml
- Pipetas de 10 ml  $\pm 0.01$  ml
- Pera de goma
- Probeta
- Vaso de precipitación 500 ml.
- Papel aluminio
- Botella ámbar (conservar el nitrato de plata)

- Gotero
- Papel
- Equipo personal de protección

#### b. Fundamento

Para analizar los cloruros, la muestra, a un pH neutro o ligeramente alcalino, se titula con nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), usando como indicador ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ). El cloruro de plata ( $\text{AgCl}$ ), precipita primero cuantitativamente con los cloruros presentes en la muestra dando lugar a un precipitado blanco. Al terminarse los cloruros el nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) reacciona con el cromato de potasio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) formando un precipitado rojo ladrillo de  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ .<sup>91</sup>

#### c. Procedimiento

Se calentó la muestra a 40 – 42°C en baño de María, se agitó (15 veces) y se determinó de la siguiente manera:

- En un matraz erlenmeyer se vertieron 10 ml de leche.
- Se añadió 15 gotas de solución de dicromato potásico (indicador).
- Se valoró hasta una coloración mostaza rojiza, con la solución de Nitrato de plata,
- Se procedió por duplicado la misma muestra.

Para el cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Cloruro Sódico} = 0.0585 \times \text{ml AgNO}_3 \text{ gastados}$$

El % de cloruro sódico en la leche se calculó sustituyendo los ml de nitrato de plata gastados.<sup>92</sup>

<sup>91</sup> PERIAGO, Jesús, Óp. Cit., [ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas-1/tema-2.pdf](http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas-1/tema-2.pdf)

<sup>92</sup> Ídem., [ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas-1/tema-2.pdf](http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas-1/tema-2.pdf)

GRÁFICO 21



GRÁFICO 22



Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

GRÁFICO 13 y 14. Proceso análisis de NaCl, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## 6.2. Análisis estadístico

Es un análisis estadístico no-paramétrico sin diseño experimental, se procedió de la siguiente manera:

a. Se ordenó y procesó los datos en tablas elaboradas en Microsoft Excel. Se utilizó la media geométrica para elaboración del cuadro 15. La media geométrica (MG), de un conjunto de  $n$  números positivos se define como la raíz  $n$  - ésima del producto de  $n$  números. Por tanto, la fórmula para la media geométrica es dada por:

$$MG = \sqrt[n]{(X_1)(X_2) \dots (X_n)}$$

La media geométrica fue usada porque no se ve tan afectada por valores extremos.<sup>93</sup>

b. Para las correlaciones de Pearson se utilizó Microsoft Excel y se comprobó en el paquete estadístico INFOSTAT, la correlación de Spearman se realizó solo en INFOSTAT.

<sup>93</sup> S.a., *Estadística Descriptiva*,  
[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001065/html/un1/cont\\_25.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001065/html/un1/cont_25.html)

c. Puntuaciones:

1) En el caso del CMT para el cálculo estadístico tanto Pearson como Spearman se utilizó la siguiente modificación:

0 = (N)

1 = (T)

2 = (1 o +)

3 = (2 o ++)

4 = (3 o +++)

2) El CCS en la correlación de Spearman se utilizó en LSCS (Linear Somatic Cell Score) Contaje Lineal de Células Somáticas, transformado con la siguiente fórmula:

$$SCS = \log_2 (\text{número de células}/100,000) + 3^{94}$$

3) Las correlaciones entre CE y NaCl se realizaron con el porcentaje obtenido.

4) Para las comparaciones adicionales se utilizó el método de Pearson ya que éste permite realizar el análisis de regresión lineal (ADEVAS).

---

<sup>94</sup> WOLTER, W., y otros, *La mastitis*, s.f., <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2002/912/pdf/p020003.pdf>

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. Correlación de los métodos en estudio

#### 7.1.1. Correlación simple entre los métodos el CCS y CMT

El cuadro 10 refleja las comparaciones realizadas entre los métodos, donde se observa con más detalle las correlaciones y determinaciones encontradas en este estudio.

**CUADRO 10**

**Correlación simple de Pearson de los métodos CCS, CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”**

	r	r <sup>2</sup> (%)	r <sup>2</sup> Ajustado	Error típico	Observaciones
CCS – CMT	0,71	0,51 (51%)	0,50	0,95	124
CCS – CE	0,62	0,39 (39%)	0,38	0,53	124
CMT – CE	0,56	0,31 (31%)	0,30	1,12	124

Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

**r** = Coeficiente de correlación.  
**r<sup>2</sup>** = Coeficiente de determinación.  
**CCS** = Conteo de células somáticas.  
**CMT** = California Mastitis Test.  
**CE** = Conductividad Eléctrica.

Se puede observar que el coeficiente de correlación de Pearson (r) para los métodos CCS y CMT es de 0.71 y el coeficiente de determinación (r<sup>2</sup>) de 0.51, obteniendo una asociación del 51% para este ensayo, coincidiendo con Cepero y Salado (s.f.), a medida que aumenta la reacción de manera categórica de la prueba CMT se incrementa los valores del CCS de manera numérica. Estos datos superan a los encontrados en un estudio realizado por Echeverri et al. (2010), que usando la correlación de Spearman obtiene una asociación del (rho<sup>2</sup>= 0,42) 42% entre estos dos métodos.

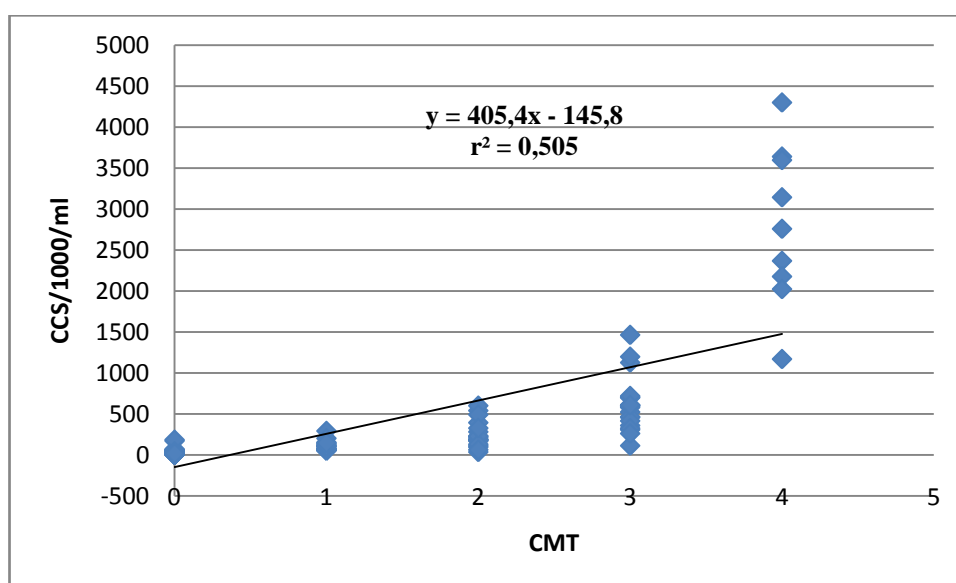
La correlación moderada (0.71) indica que estas dos variables no están muy asociadas cuantitativamente, la prueba CMT no constituye una buena medida para inferir el CCS. La prueba del CMT, aunque no es un buen indicador del recuento de células somáticas, sí es un buen indicador de la salud de la ubre en campo. Los

valores obtenidos representan un rango del contenido de leucocitos en lugar de un conteo exacto, y debe tenerse en cuenta que ocurren frecuentemente reacciones positivas falsas en vacas al inicio de la lactancia, o en vacas que están casi secas (Novoa, 2003).

Ávila et al. (2005), en su estudio concluye que la confiabilidad del CCS en leche es mayor empleando métodos electrónicos o de microscopía, que utilizando métodos convencionales como CMT y WMT.

### GRÁFICO 1

**Ecuación de la recta para los métodos CCS y CMT**



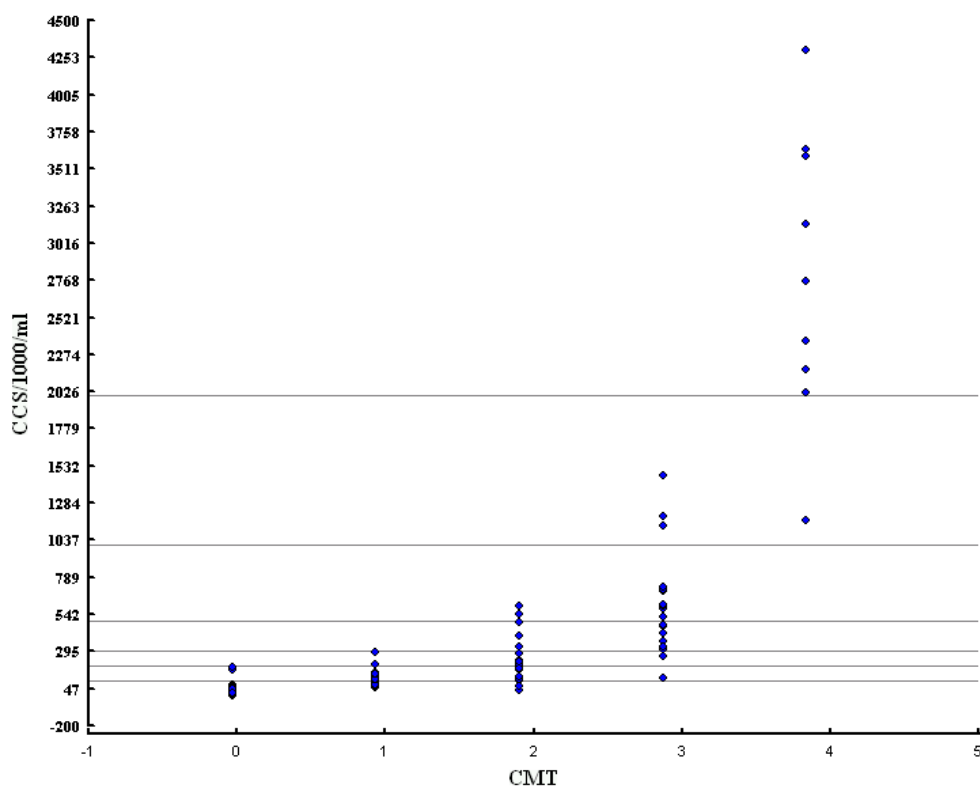
Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 1. Ecuación de la recta para los métodos CCS y CMT, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.



## GRÁFICO 1.1

### Ecuación de la recta para los métodos CCS y CMT



Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 1.1. Dispersión de los datos para los métodos CCS y CMT utilizando el programa estadístico INFOSTAT, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

#### 7.1.2. Correlación simple entre los métodos CCS y CE

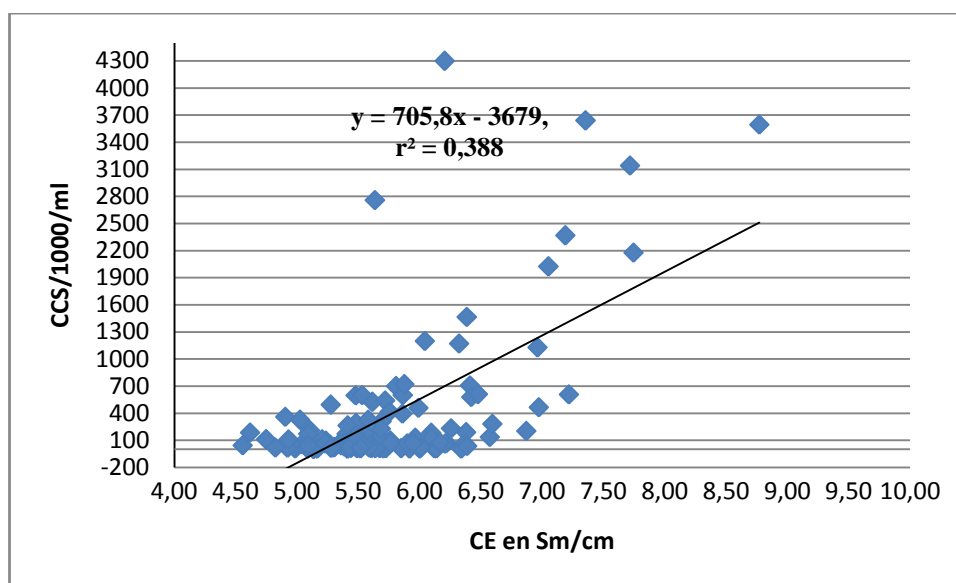
Entre los métodos CCS y CE se observa que el coeficiente de correlación ( $r$ ) es de 0,62 y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0,39, lo que significa que para este caso hay una asociación entre estos dos métodos del 39%, estos resultados discrepan con el estudio realizado por Cepero y Salado (s.f.), quienes destacan la correlación positiva (0.34) del CCS y la CE. La prueba de la CE según este estudio no es suficientemente impactante como para inferir el CCS, sin embargo, la alteración en el contenido electrolítico en leche, es uno de los cambios más tempranos que ocurren en el desarrollo de la mastitis, de ahí la importancia de este método (National Mastitis Council, 1995). Observar en los gráficos 2.1 y 2.2.

Concordando con estudios similares realizado por Rey et al. (2006), donde no hay correlación entre los datos del CCS y CE, excepto en un establo de este estudio donde obtuvieron una correlación (r) de 0.6, similares a esta investigación.

Para Pérez et al. (2006), la CE se ha venido implementando en muchos sistemas de ordeño y promete una lectura de células somáticas online (en línea). Según este autor no hay correlación con el CCS excepto para valores altos donde la presencia de mastitis es evidente (véase gráfico en el anexo No. 10), esto corrobora este estudio.

## GRÁFICO 2

### Ecuación de la recta para los métodos CCS y CE

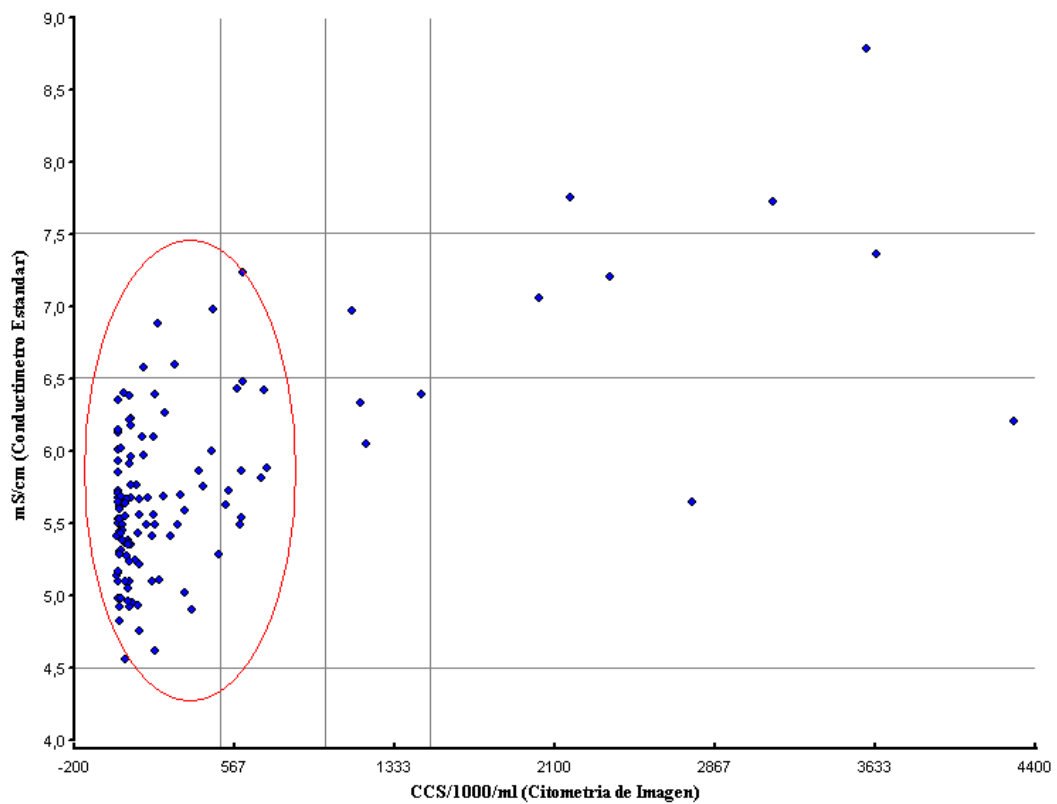


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 2.1. Ecuación de la recta para los métodos CCS y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 2.1

### Ecuación de la recta para los métodos CCS y CE



Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 2.1. Dispersión de los datos para los métodos CCS y CMT utilizando el programa estadístico INFOSTAT, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

#### 7.1.3 Correlación simple entre los métodos CE y CMT.

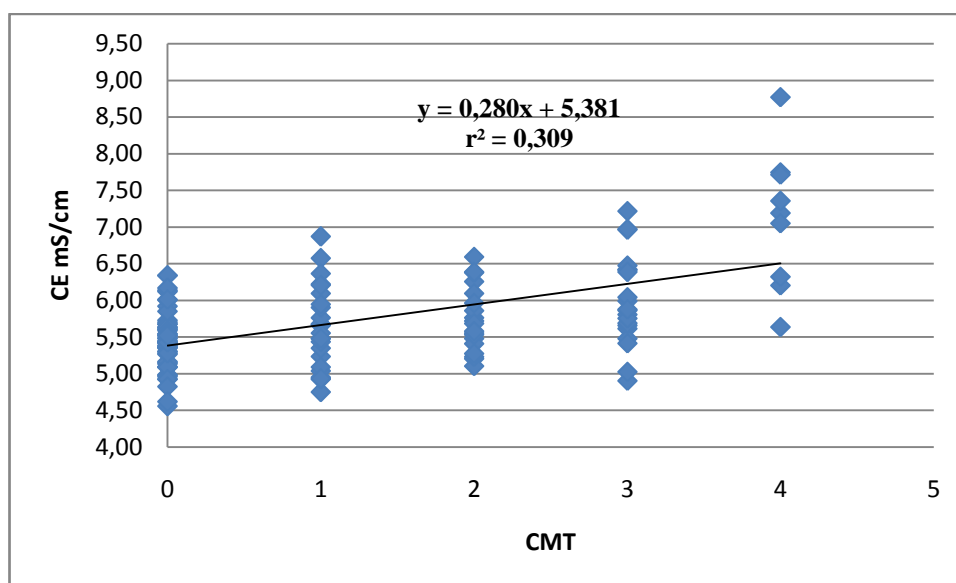
En el cuadro10, la relación CMT y CE se obtuvo una correlación ( $r$ ) de 0.56 y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.31, obteniendo una asociación del 31% entre estos métodos, coincidiendo con Cepero (2005), a medida que la reacción de la prueba CMT se incrementa de manera categórica, los valores de CE aumentan. Aunque se discrepa con el resultado estadístico de  $r = 0.88$  en ese estudio y  $r = 0.56$  de esta investigación.

Se concuerda con Montilla et al., (2009), afirmando que estos métodos CMT y CE muestran una asociación no impactante, la CE no demostró ser la prueba más conveniente para evaluar la salud total de la glándula mamaria.

Por la correlación débil de estos dos métodos no sería factible inferir la CE mediante la medida del CMT o viceversa de acuerdo con los resultados de este estudio (Véase gráfico 3 y 3.1).

### GRÁFICO 3

#### Ecuación de la recta para los métodos CMT y CE

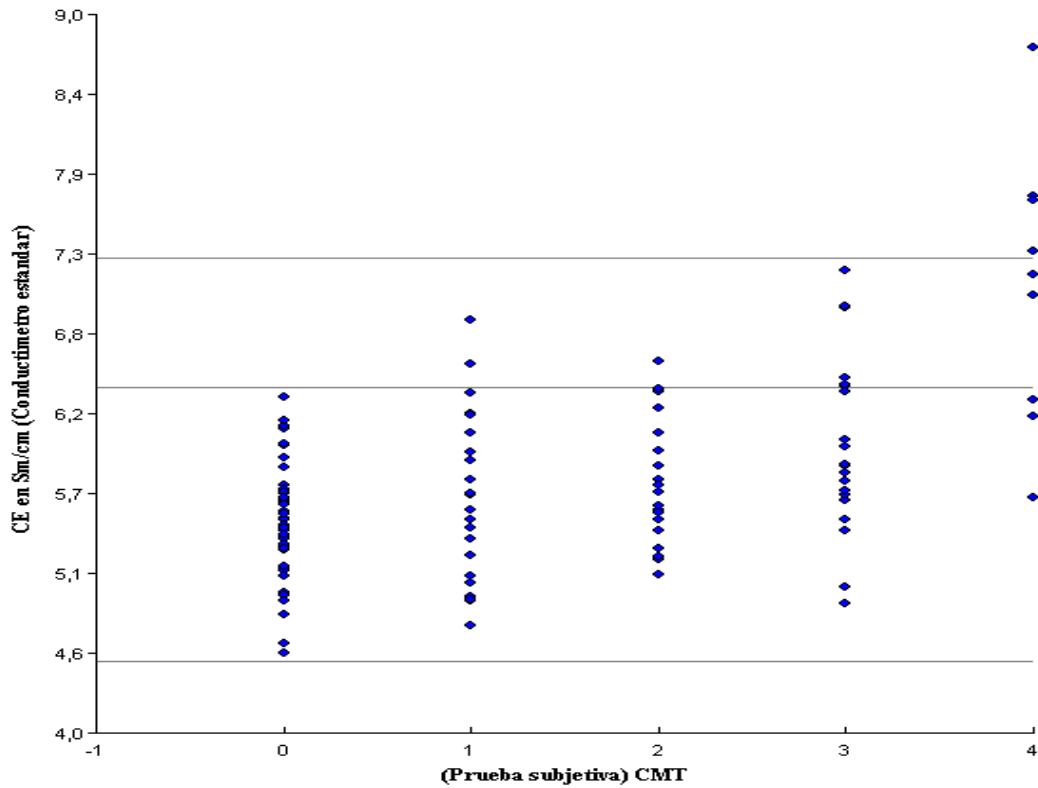


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 3. Ecuación de la recta para los métodos CMT y CE en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

### GRÁFICO 3.1

#### Ecuación de la recta para los métodos CMT y CE



Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 3.1. Dispersión de datos para los métodos CMT y CE utilizando el programa estadístico INFOSTAT, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

#### 7.1.4 Correlación de los métodos en estudio mediante rangos de Spearman

Mediante la correlación por rangos de Spearman se encontró diferencias notorias, similares con Pearson entre los métodos en estudio.

## CUADRO 11

### Correlación mediante rangos de Spearman de los métodos CCS, CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”

Métodos	$r_s$	$r^2$
CCS - CMT	0.90*	0.81
CCS – CE	0.43*	0.18
CMT – CE	0.52*	0.27

Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

Del cuadro 11, observamos significancias estadística ( $p < 0.05$ ), la mejor correlación se encuentra entre los métodos CCS y CMT (0.90) con una asociación de 81% lo cual indica que el CMT tiene una alta asociación con el CCS, lamentablemente mediante la correlación por rangos no se puede realizar una línea de ajuste (ecuación), como se realiza mediante Pearson, por lo tanto queda simplemente en una observación.

En los métodos CCS y CE, en la correlación por rangos de Spearman se encontró una baja asociación de 18%, por su baja correlación (0.43), lo cual corrobora la correlación encontrada mediante Pearson.

Entre los métodos CMT y CE es similar a la correlación de Pearson de  $r = 0.56$  y  $\rho = 0.52$  de Spearman, corroborando su baja asociación de 31% y 27% respectivamente.

#### 7.1.5 Correlación de los métodos en estudio por rangos de CCS.

Se quiere observar en qué rango bajo, medio o alto de células somáticas, los métodos CMT y CE con respecto al CCS obtienen mayor correlación, y saber en qué rangos es más factible realizar un ajuste lineal.

**CUADRO 12**

**Correlación por rangos de Células Somáticas con respecto al CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”**

Rangos:	CCS - CMT		CCS - CE		CMT - CE		CCS-CM-CE		No. Muestras
	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	
0-200	0,69*	48%	0,05 <sup>ns</sup>	0,0%	0,24*	6,0%	0,70*	49%	85
200-500	0,46*	21%	0,01 <sup>ns</sup>	0,0%	0,23*	5,1%	0,47*	22%	16
500-1000	0,16 <sup>ns</sup>	2,4%	0,16 <sup>ns</sup>	2,7%	0,42*	17%	0,02 <sup>ns</sup>	3,60%	11
>1000	0,64*	41%	0,33*	11%	0,33*	11%	0,65*	43%	12
*significativo (p<0,05)								Total:	124

Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

En el cuadro 12, se observa la mayor correlación simple entre CCS y CMT se encuentra en los rangos de 0 a 200.000 células/ml siendo esta de 0.69 con una asociación del 48%; quedando en segundo lugar el rango > de 1000.000 células/ml con (r) 0.64 y una asociación de 41 %, seguida por el rango 200.000 a 500.000 células/ml con una correlación (r) de 0.46 con una asociación del 21%; en los rangos de 500.000 a 1000.000 células/ml no hay correlación.

Entre los método CCS y CE en los rangos de 0 a 200.000 células/ml; de 200.000 a 500.000 células/ml y de 500.000 a 1000.000 células/ml, prácticamente no hay correlación, solo en el rango > 1000.000 células/ml hay una correlación (r) de 0.33 con una asociación del 11%.

Los métodos CMT y CE registra la mayor correlación en el rango de 500.000 a 1000.000 células/ml siendo esta (r) de 0.42 con una asociación de 17%; seguido por el rango > 1000.000 células/ml con una asociación del 11%; en tanto que en los rangos de 0 a 200.000 células/ml y 200.000 a 500.000 células/ml hay una correlación (r) de 0.24 y 0.23 respectivamente.

En el cuadro 12, se observa que en todos los rangos a excepción de los rangos 500.000 a 1000.000 células/ml hay significancia estadística (p<0.05). Se puede observar que la mayor correlación múltiple entres los tres métodos en estudio, en el rango de 0 a 200.000 células/ml es de (r) 0.70, con asociación del 49%; seguido por el rango > a 1000.000 células/ml siendo esta de (r) 0.65 con una asociación de 43%; le sigue el rango de 200.000 células/ml a 500.000 células/ml (r) 0.47 con una

asociación de 22%; y en el rango de 500.000 a 1000.000 células/ml no hay correlación.

Del cuadro 12, según este ensayo se puede decir que en todos los rangos a excepción del rango > 1000.000 células/ml (donde la mastitis subclínica ya es evidente según el CCS y CMT) el método de CE, no serviría por su baja correlación y asociatividad. De lo anterior se podría asegurar que en los inicios de una infección intramamaria la CE como método para detectar mastitis subclínica no es eficiente. Factores como la alimentación o el propio animal pueden introducir perturbaciones similares, por lo que su fiabilidad puede considerarse escasa (Pérez, et al. 2006).

El CMT es un método subjetivo, y tiene una buena asociación con respecto al CCS en los primeros rangos (0 hasta 500.000 células/ml) no así la CE. El CMT al tener una buena asociación en el rango de 0 a 200.000 células/ml da a entender que el método es bueno para detectar mastitis subclínica.

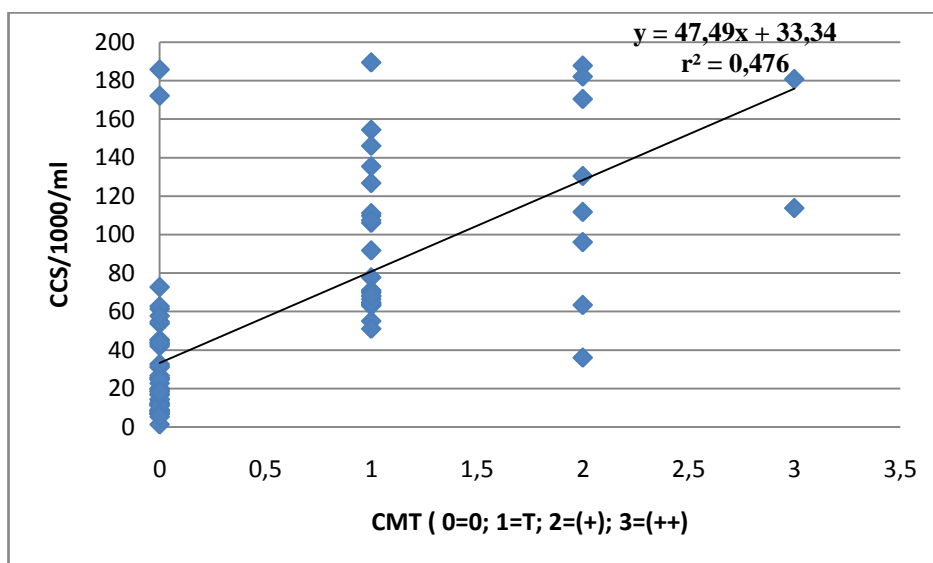
Según estos resultados tampoco se pueden predecir el CCS mediante CMT y CE por rangos, los coeficientes de determinación son muy bajos, es decir se acercan a cero.

En la correlación múltiple el coeficiente de determinación de 0.49, en el rango de 0 a 200.000 células/ml es moderado, por lo tanto es difícil inferir mediante el CMT y CE el CCS y peor aun en los rangos de 200.000 a 500.000 células/ml, 500.000 a 1000.000 células/ml y > a 1000.000 células/ml, sus coeficientes de determinación son muy bajos cercanos a 0 (ver gráficos 4 hasta 4.15).



## GRÁFICO 4

Rango de 0 a 200.000 células/ml

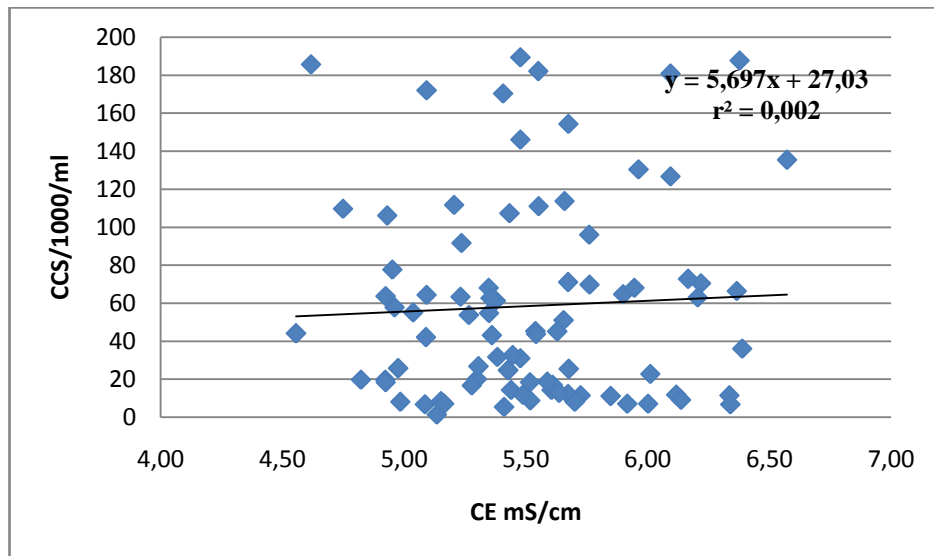


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4. Ecuación y dispersión de datos por rangos de 0 a 200.000 células/ml en los métodos CCS y CMT, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 4.1

Rango de 0 a 200.000 células/ml

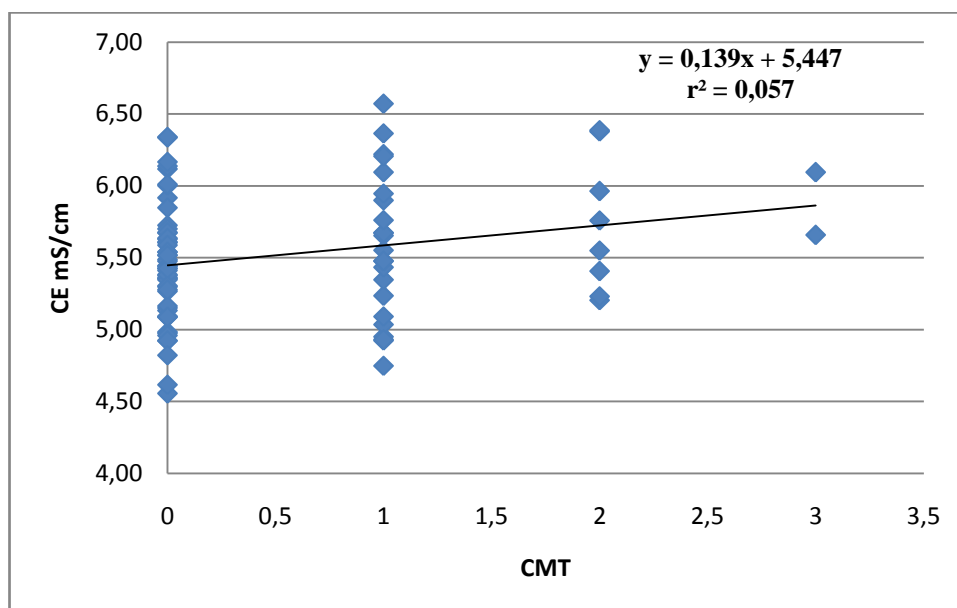


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.1. Ecuación y dispersión de datos por rangos de 0 a 200.000 células/ml en los métodos CCS y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 4.2

Rango de 0 a 200.000 células/ml

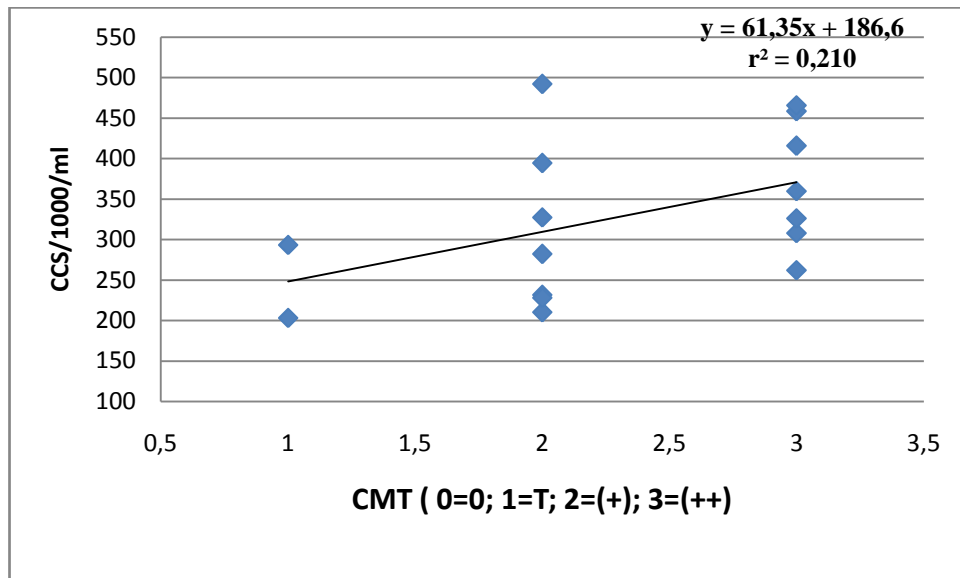


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.2. Ecuación y dispersión de datos por rangos de 0 a 200.000 cel./ml en los métodos CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

### GRÁFICO 4.3

Rango de 200.000 a 500.000 células/ml

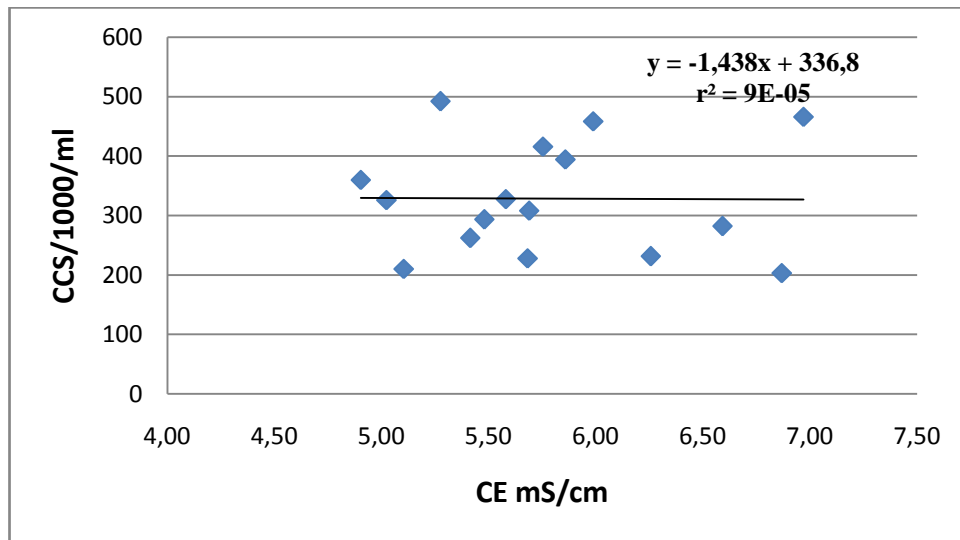


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.3. Ecuación y dispersión de datos por rangos de 200.000 a 500.000 células/ml en los métodos CCS y CMT, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 4.4

Rango de 200.000 a 500.000 células/ml

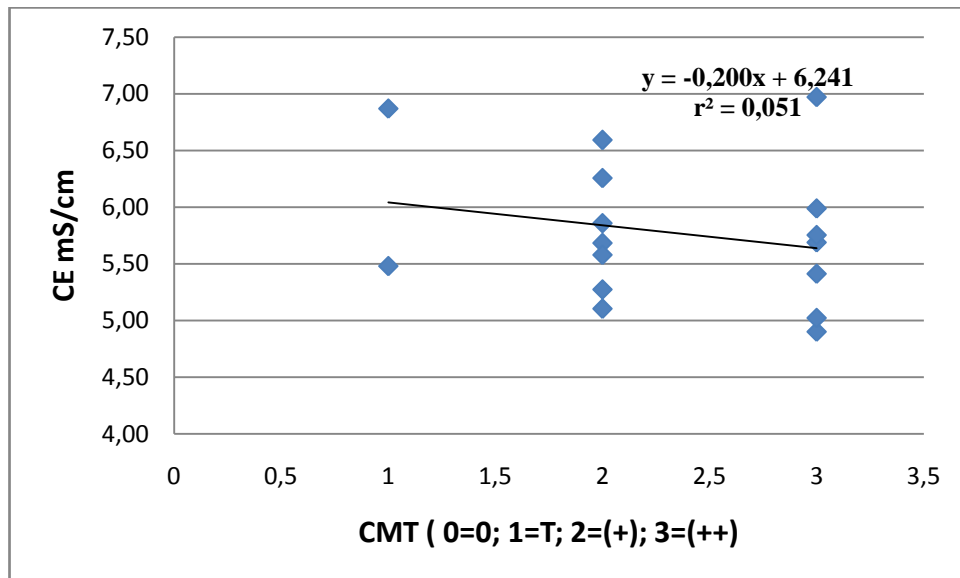


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.4. Ecuación y dispersión de datos por rangos de 200.000 a 500.000 células/ml en los métodos CCS y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 4.5

Rango de 200.000 a 500.000 células/ml

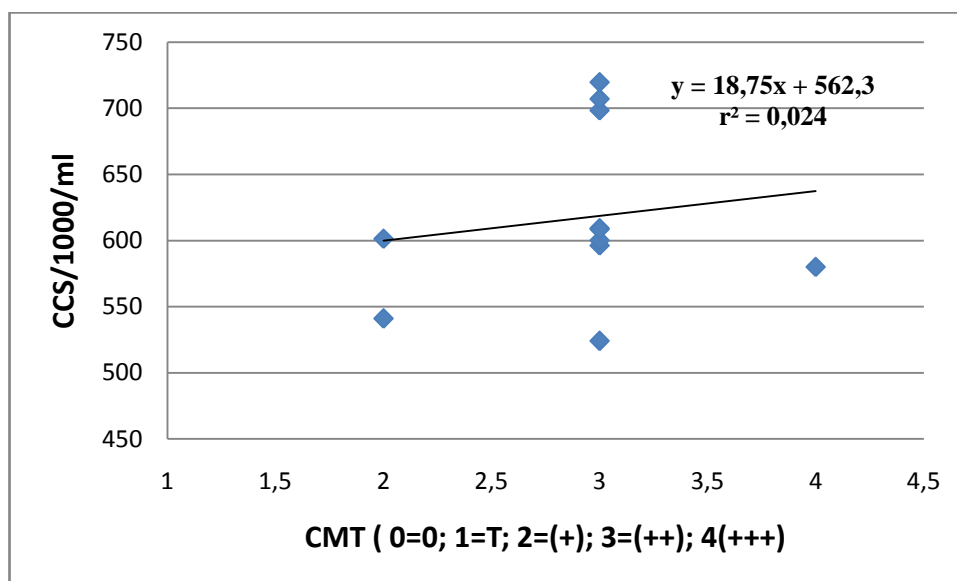


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.5. Ecuación y dispersión de datos por rangos de 200.000 a 500.000 células/ml en los métodos CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 4.6

Rango de 500.000 a 1'000.000 células/ml

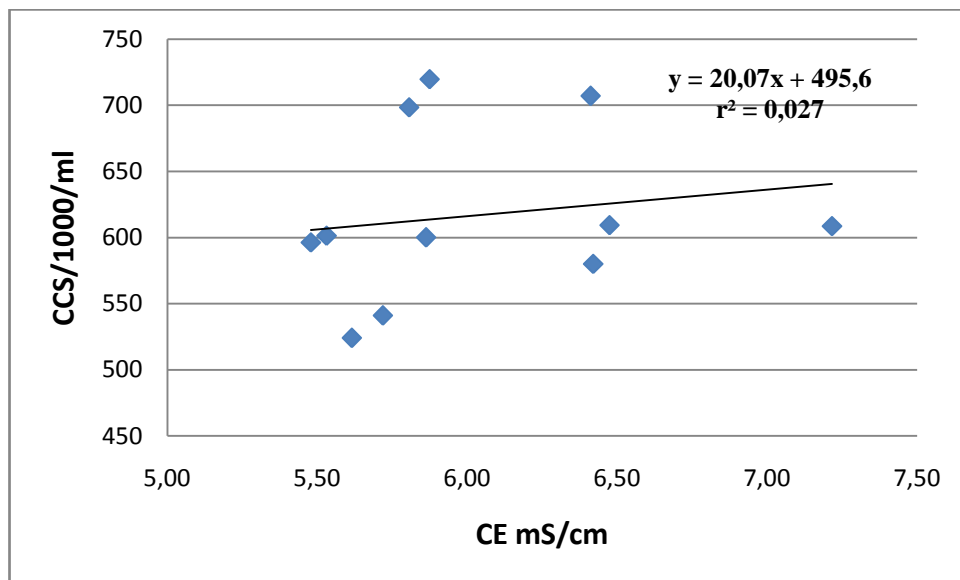


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.6. Ecuación y dispersión de datos por rangos de 500.000 a 1'000.000 células/ml en los métodos CCS y CMT, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 4.7

Rango de 500.000 a 1'000.000 células/ml



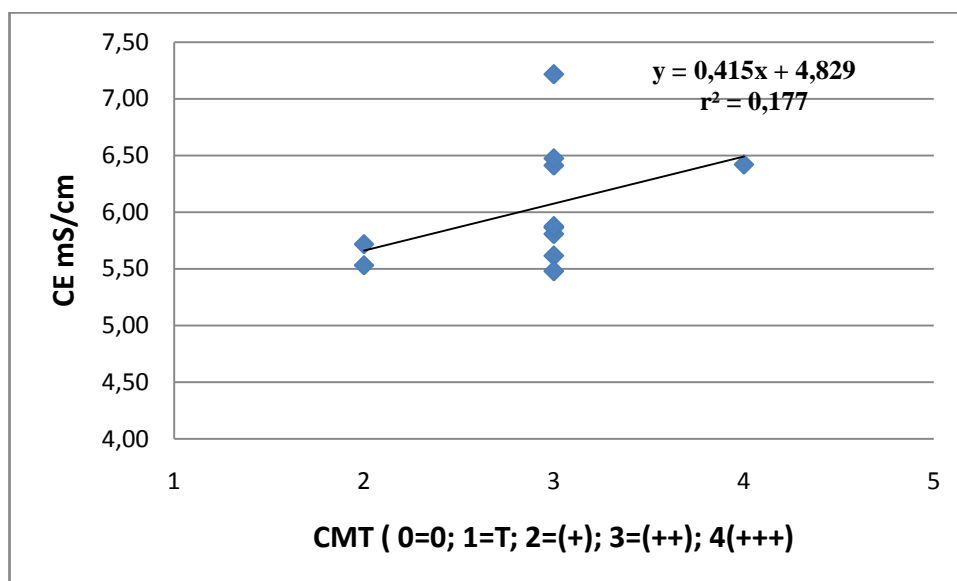
Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.7. Ecuación y dispersión de datos por rangos de 500.000 a 1'000.000 células/ml en los métodos CCS y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.



## GRÁFICO 4.8

Rango de 500.000 a 1'000.000 células/ml

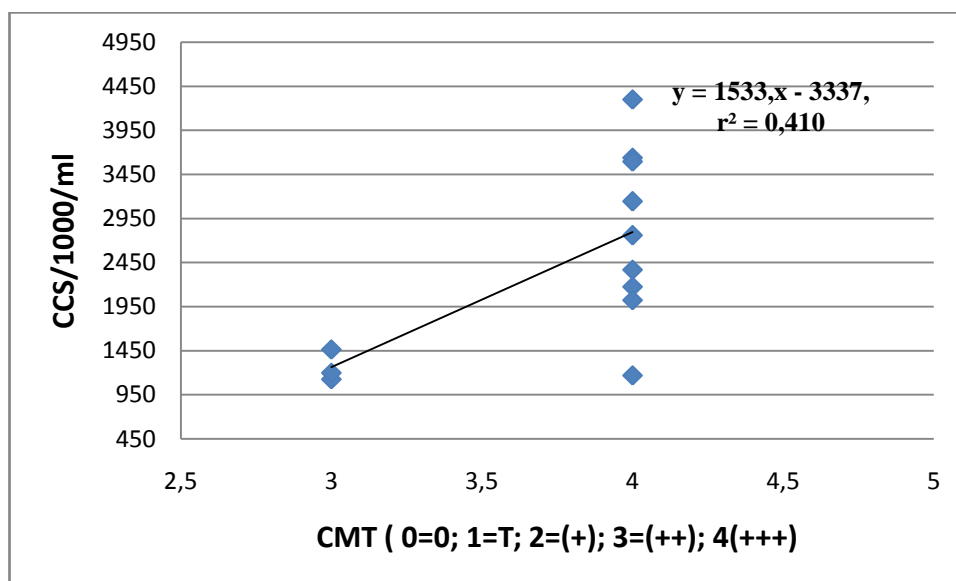


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.8. Ecuación y dispersión de datos por rangos de 500.000 a 1'000.000 células/ml en los métodos CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 4.9

Rango > a 1'000.000 células/ml

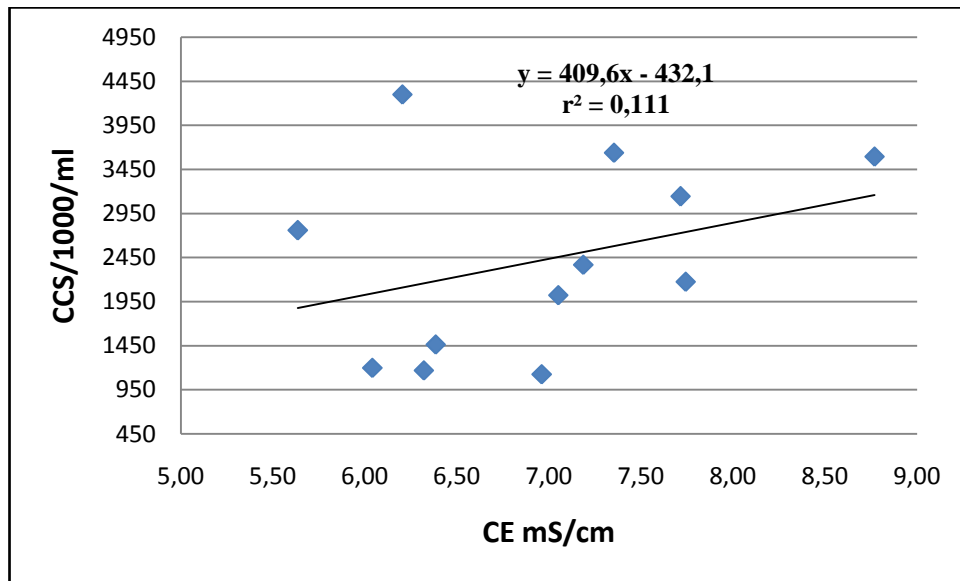


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.9. Ecuación y dispersión de datos por rangos de > a 1'000.000 células/ml en los métodos CCS y CMT, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 4.10

Rango >1'000.000 células/ml

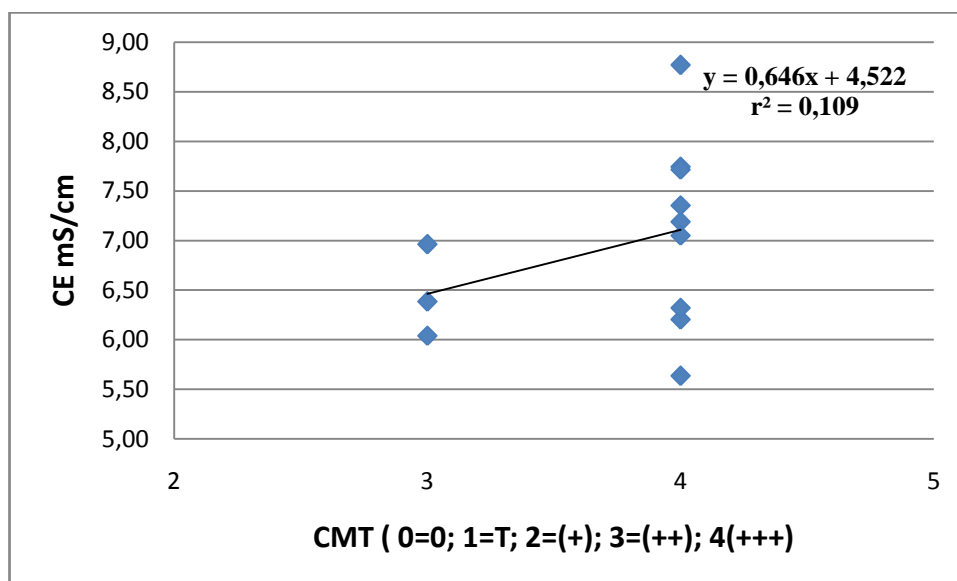


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.10. Ecuación y dispersión de datos por rangos de > a 1000.000 células/ml en los métodos CCS y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

### GRÁFICO 4.11

Rango de >1'000.000 células/ml

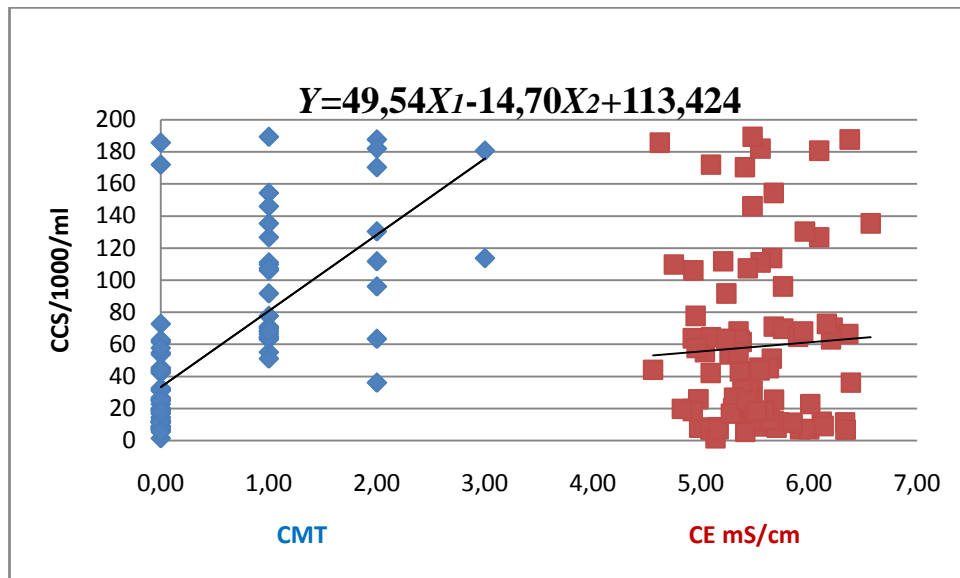


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.11. Ecuación y dispersión de datos por rangos de > a 1000.000 células/ml en los métodos CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 4.12

Rango de 0 a 200.000 células/ml

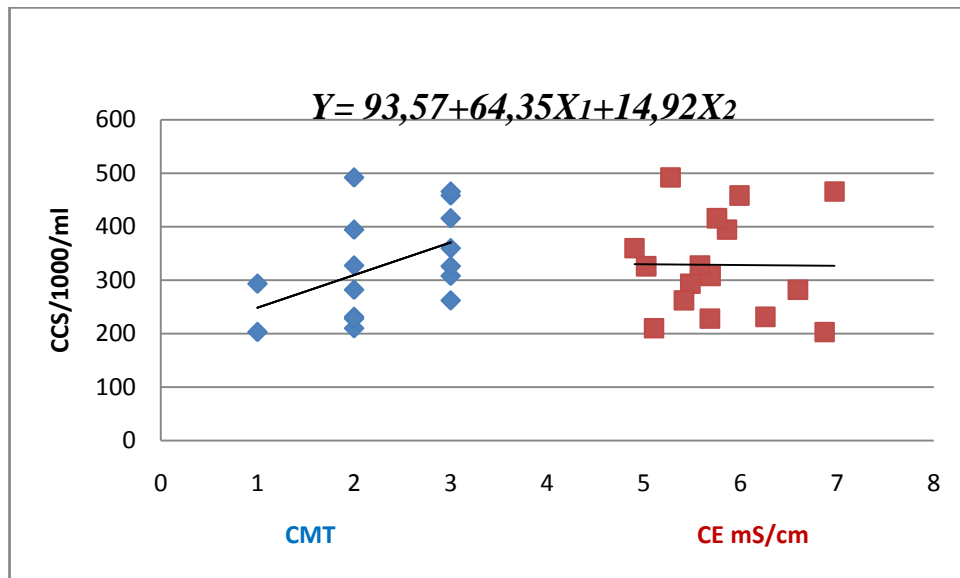


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.12. Ecuación y dispersión de datos por rangos de 0 a 200.000 células/ml en los métodos CCS, CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

### GRÁFICO 4.13

Rango de 200.000 a 500.000 células/ml

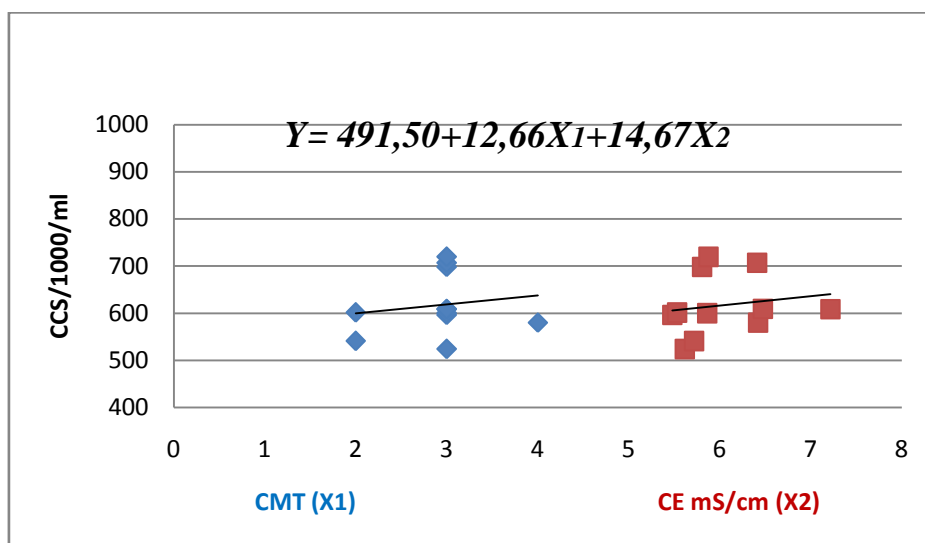


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.13. Ecuación y dispersión de datos por rangos de 200.000 a 500.000 células/ml en los métodos CCS, CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 4.14

Rango de 500.000 a 1'000.000 células/ml

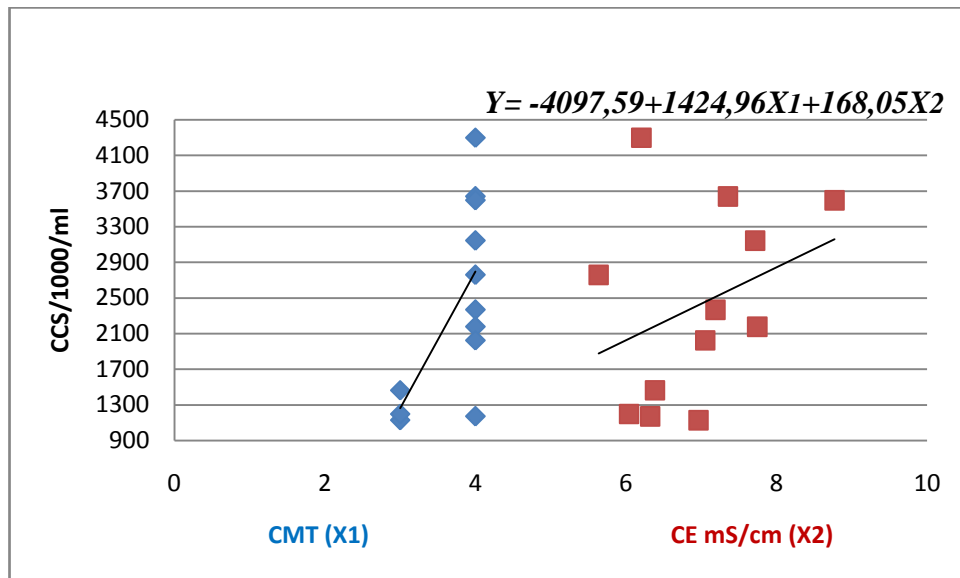


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.14. Ecuación y dispersión de datos por rangos de 500.000 a 1'000.000 células/ml en los métodos CCS, CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 4.15

Rango > a 1'000.000 células/ml



Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 4.15. Ecuación y dispersión de datos por rangos de 500.000 a 1000.000 células/ml en los métodos CCS, CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

### 7.1.6. Correlación múltiple de los métodos CCS, CMT y CE

La estadística de correlación múltiple de los métodos en estudio se realizó, tomando en cuenta el CCS como variable dependiente (Y) y CMT (X<sub>1</sub>) y CE (X<sub>2</sub>) como variables independientes.



### CUADRO 13

**Regresión múltiple de los métodos CCS, CMT y CE, en la investigación  
“Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad  
Eléctrica (CE) y Contaje de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de  
Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador.  
2011”**

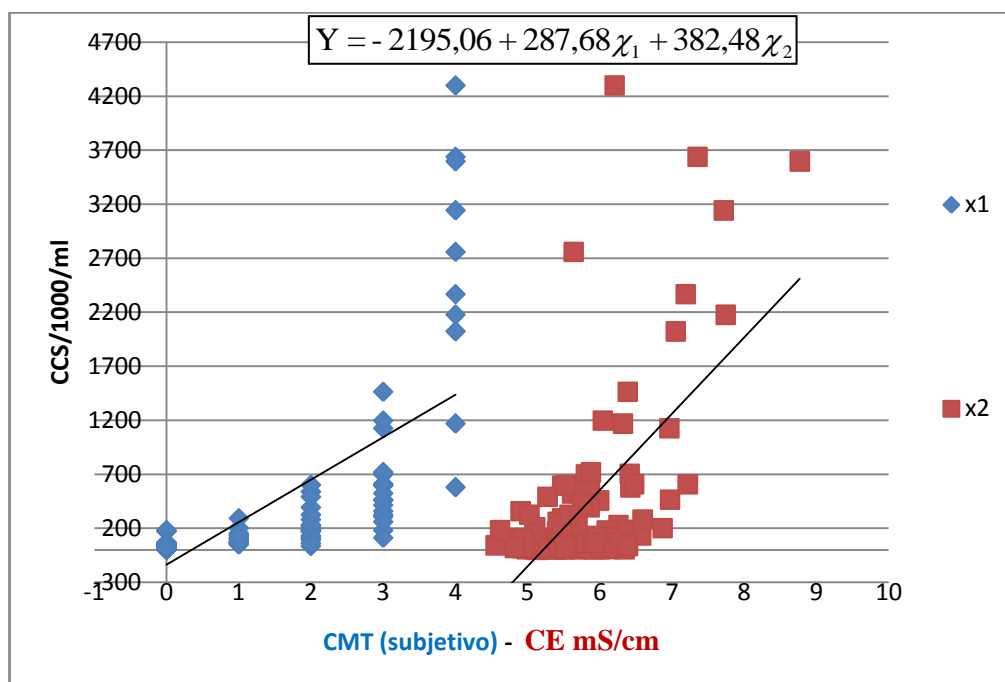
Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,75*
Coefficiente de determinación $r^2$	0,57
$r^2$ Ajustado	0,56
Observaciones	124

Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

Del cuadro 13, se observa significancia estadística ( $p < 0.05$ ) para la regresión múltiple, el coeficiente de correlación ( $r_m$ ) es de 0.75 siendo esta moderada, y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) es de 57%, obteniendo una asociación moderada entre los tres métodos en estudio, lo cual significa que las variables  $X_1$  (CMT) y  $X_2$  (CE) aun unidas son débiles para inferir  $Y$  (CCS), sin embargo, se muestra la ecuación (ver gráfico 5).

## GRÁFICO 5

### Correlación múltiple entre CMT y CE con respecto al CCS



Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 5. Ecuación y dispersión de datos de los métodos CMT y CE con respecto al CCS, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

### 7.2. Sensibilidad de los métodos CCS, CMT y CE.

Para la interpretación de los resultados de la prueba CE, se realizó la siguiente clasificación utilizada por otros estudios similares como Cepero et al. (2005):

- Cuartos sanos: Valores inferiores a 5.6 mS/cm
- Mastitis subclínica: Valores entre 5.6 y 7.9 mS/cm
- Mastitis clínica: Valores superiores a 8.0 mS/cm

La prueba de CMT se calificó mediante la hoja de información preparada por Mellenberger y Roth (2000).

En el cuadro 14, se puede observar claramente la capacidad de las pruebas en estudio para detectar como posibles casos positivos y negativos de acuerdo a la técnica de

diagnóstico del CCS en las muestras individuales como objeto de estudio en esta investigación.

#### CUADRO 14

**Sensibilidad obtenida mediante los métodos CMT, CCS y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”**

CMT			CCS			CE		
LIMITE DE CLASE	FRECUENCIA	%	LIMITE DE CLASE	FRECUENCIA	%	LIMITE DE CLASE	FRECUENCIA	%
0(N)	52	41,94	0 -200.000	85	68,55	4,6 - 5,6	60	48,39
T	24	19,35	201.000 - 500.000	16	12,90	5,6 - 7,2	59	47,58
†(1)	18	14,52	501.000 - 1'500.000	15	12,10	7,2 - 8,0	4	3,23
††(2)	20	16,13	1'501.000 - 3'000.000	4	3,23	> 8,0	1	0,81
†††(3)	10	8,06	>3'001.000	4	3,23			
<b>TOTAL</b>	<b>124</b>	<b>100,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>124</b>	<b>100,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>124</b>	<b>100,0</b>

Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

#### CUADRO 14.1

**Porcentaje de discriminación de acuerdo a la sensibilidad de los métodos, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”**

PRUEBAS DIAGNÓSTICAS APLICADAS	ASPECTOS	NEGATIVOS:	POSITIVOS:	TOTAL
CCS <sup>1</sup>	No. Muestras	85	39	124
	%	68,55	31,45	100,0
CMT	No. Muestras	76	48	124
	%	61,29	38,71	100,0
CE <sup>2</sup>	No. Muestras	60	64	124
	%	48,39	51,61	100,0

<sup>1</sup> Tomadas como positivas a partir de 200.000 células/ml.

<sup>2</sup> Tomadas como positivas a partir de 5,6 mS/cm.

Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

En el cuadro 14.1, podemos observar que el 68.55% (85 vacas) se discrimina como posibles negativos y el 35.45% (39 vacas) como posibles casos positivos, mediante el CMT como posibles negativos 61.29% (76 vacas) y el 38% (48 vacas) posibles casos positivos y CE discrimina como posibles casos negativos un 48.39% (60 vacas) y el 51.61% (64 vacas) posibles casos positivos. (Ver gráfico 6 y 7).

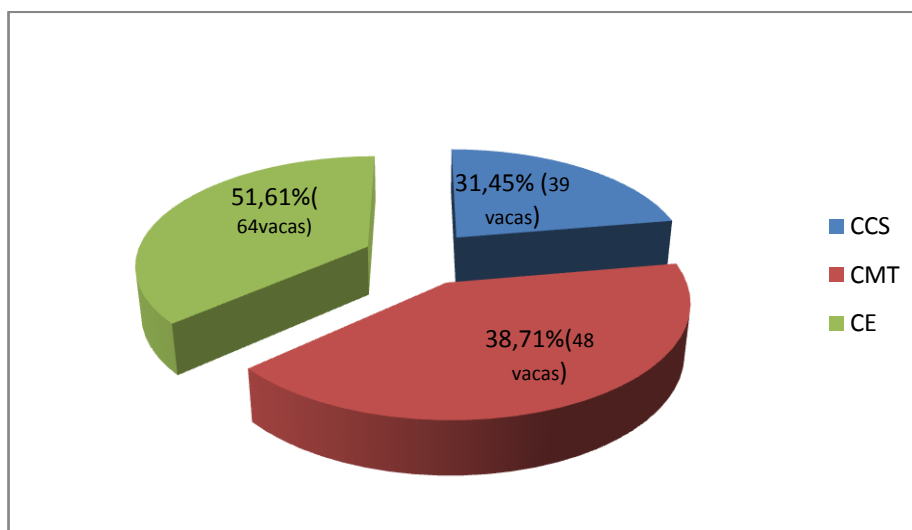
Estos resultados indican que el CMT provee una predicción confiable a grosso modo del CCS como advertencia en sistemas de detección temprana de nuevos casos de mastitis subclínica y poder tomar medidas correctivas antes de que la enfermedad llegue a ser clínica.

Mediante CE se discriminó el 48.39% (60 vacas) esto concuerda con la teoría consultada, la prueba de CE permite la identificación de la mastitis clínica con precisión, pero en el caso de las mastitis subclínica la precisión es solo del 50% en comparación con los métodos estándar (CCS y cultivos), con estos resultados no podría ser una alternativa al CMT como prueba de monitoreo de la mastitis subclínica al lado de la vaca y porque a veces puede dar como resultado un gran número de falsos positivos o de falsos negativos, por lo que no es muy confiable (Bedolla, et al., 2007)

Un estudio realizado por Elizalde et al. (2009), comparan CE absoluta y de cada cuarto concluyendo que CE absoluta mostró ser ineficiente para discriminar los casos de infección intramamaria, la CE como técnica de diagnóstico tuvo mejor desempeño realizando mediciones de leche proveniente de cada cuarto mamario, aunque la tasa de falsos positivos es de aproximadamente el 50%.

## GRÁFICO 6

### Porcentaje de positivos de acuerdo a las técnicas diagnósticas

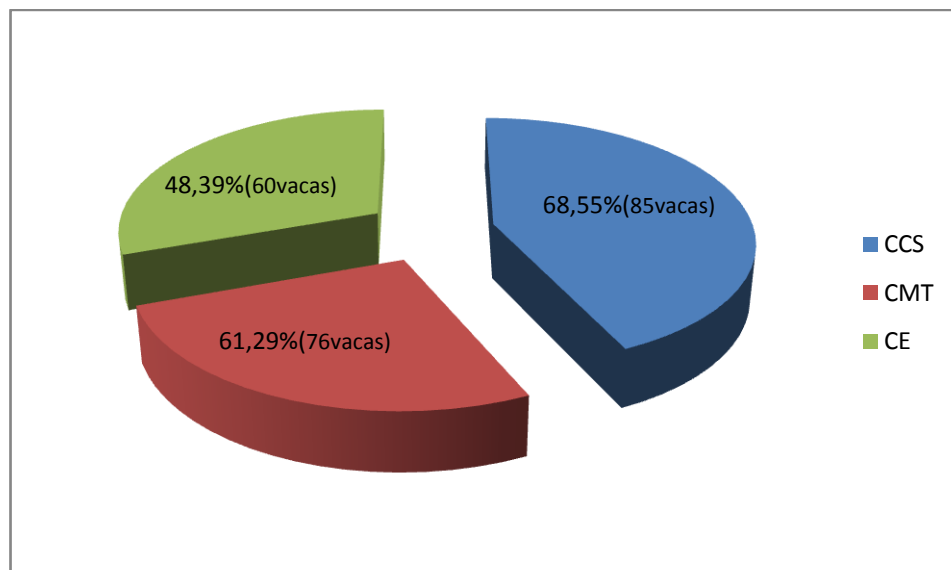


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 6. Porcentaje de discriminación como positivos de acuerdo a los tres métodos en estudio, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Contaje de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

### GRÁFICO 7

#### Porcentaje de negativos de acuerdo a las técnicas diagnósticas



Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 7. Porcentaje de discriminación como negativos de acuerdo a los tres métodos en estudio, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

### 7.3. Relación numérica de los métodos CCS, CMT y CE

Para estimar la relación cuantitativa obtenida en los respectivos análisis realizados se utilizó la media geométrica tanto para CCS como para CE, al 95% de confiabilidad, obteniendo el cuadro 15, donde se aprecia claramente la relación de los tres métodos en estudio.

## CUADRO 15

**Relación numérica de los métodos CCS, CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Contaje de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”**

LSCS*	CMT	CCS/ml	CE Sm/cm
0 - 1	0	20.000 ± 10.000	5,4 ± 0,11
2 - 3	T	91.000 ± 22.000	5,6 ± 0,22
3 - 4	1 (+)	198.000 ± 73.000	5,7 ± 0,20
5 - 6	2 (++)	497.000 ± 147.000	6,0 ± 0,16
7 - 8	3 (+++)	2'258.000 ± 678.000	7,0 ± 0,47

\* LSCS (Linear Somatic Cell Score) Puntaje Lineal de Células Somáticas

Fuente: La Investigación

Elaborado por: El Autor

Del cuadro 15, se observa los rangos con variabilidad del 95% de seguridad con los métodos en estudio. Esto significa la lectura del CMT es 1(+), el CCS será de 198.000 con variabilidad de ± 73.000, la CE será de 5,7 con una variabilidad de ± 0,20 y la LSCS estará en rango de 3 – 4.

Este cuadro tiene similitud al reportado por Pérez et al., (2006), afirmando que los datos como en el cuadro 15, deben ser tomados como indicación o una orientación para el ganadero y no como algo categórico, puesto que el número de circunstancias que afecta a la producción es mayor y en cualquier sistema complejo es imposible encontrar la explicación de un factor en una sola causa.

### 7.4. Correlación de los métodos en estudio con otros factores

#### 7.4.1. Relación de la prueba CE y el Análisis de Cloruro de Sodio (NaCl) en leche cruda

En este estudio se midió la concentración de Cloruros de Sodio (NaCl) en porcentaje (%) para analizar el impacto de estos minerales en la medición de CE, ya que Armenteros (1998) y Hurley (2000) sostienen que el contenido mineral de la leche es estable y solo se reportan cambios sustanciales en el caso de los electrolitos afectados por el estado de la lactancia y por enfermedades como la mastitis o cuando ocurren alteraciones en el tejido mamario.

Por lo expuesto y de acuerdo a este estudio se encontró una correlación muy fuerte entre la medición de CE y la concentración de NaCl.

## CUADRO 16

**Análisis de la regresión entre la medición de CE y la concentración de NaCl en porcentaje, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”**

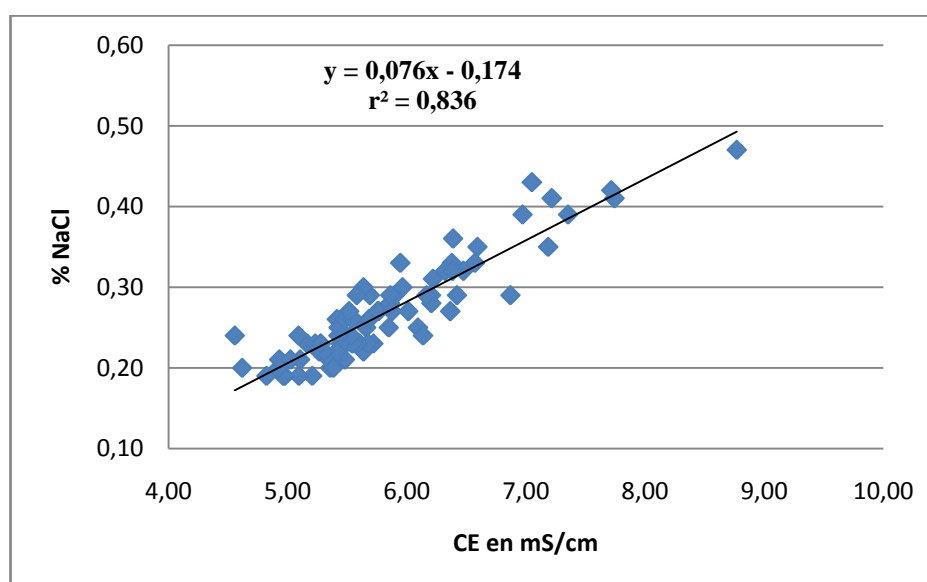
Estadística de la regresión	
Coefficiente de correlación	0,915*
Coefficiente de determinación $r^2$	0,836
$r^2$ ajustado	0,834
Error típico	0,302
Observaciones	83

Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

En el cuadro 16, se puede observar que la regresión es estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ), con una correlación ( $r$ ) de 0.92 y un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.84, esto indica una asociación del 84% entre ambas pruebas y que la concentración de NaCl es altamente impactante en la medición de la CE, se puede predecir la concentración de NaCl midiendo la CE (ver gráfico 8 y 8.1).

## GRÁFICO 8

**Correlación de la concentración de NaCl y la CE**

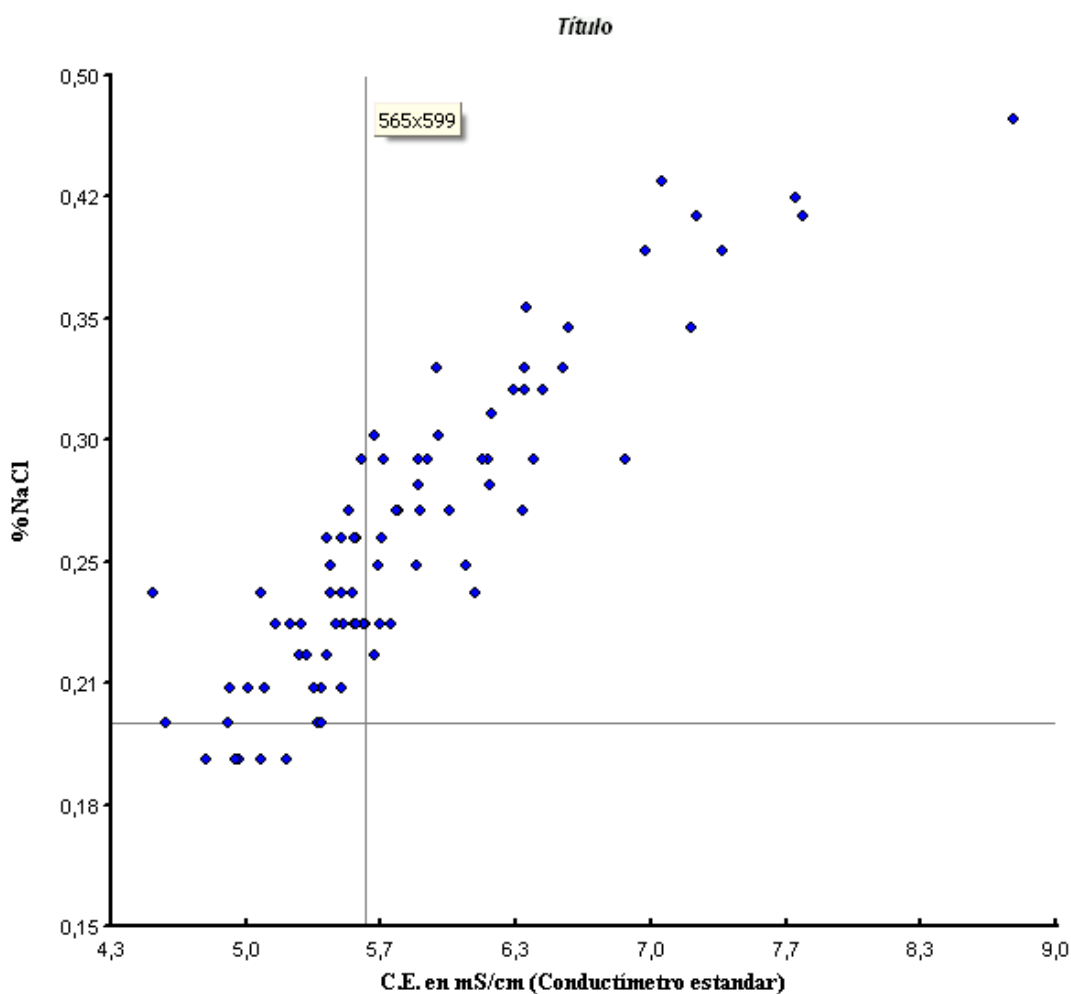


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 8. Ecuación de la recta entre CE y la concentración de NaCl en porcentaje, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

**GRÁFICO 8.1**

**Correlación de la concentración de NaCl y la CE**



Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 8.2. Dispersión de datos en la medición de CE con respecto a la concentración de NaCl en porcentaje en el programa estadístico INFOSTAT, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.



#### 7.4.2. Correlación de los métodos con respecto a la procedencia de las muestras

En este estudio se estimó importante observar la reacción que tienen los métodos en estudio, ante los diversos ambientes donde se produce la leche, como en este caso; asociación ATAC-QUEPA (productores con ordeño manual), y las haciendas (Alegría y San Carlos ordeño mecánico), para observar cualquier impacto que pudiesen resultar al emplear estos métodos en estudio.

En el cuadro 17, se observa algunas diferencias interesantes en la aplicación de los métodos en los diferentes sistemas de producción.

#### CUADRO 17

**Correlación (r) de los métodos utilizados, en los diferentes ambientes de producción, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”**

Correlación	ATAC-QUEPA		Hacienda La Alegría		Hacienda San Carlos	
CCS VS CMT	0,82*	66%	0,77*	59%	0,71*	50%
CCS VS CE	0,47*	22%	0,77*	59%	0,70*	49%
CMT VS CE	0,28*	8%	0,66*	44%	0,60*	36%

Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

Del cuadro 17, antes de proceder a realizar la respectiva observación es necesario recalcar que las correlaciones (r) son significativas ( $p < 0.05$ ). Observando las correlaciones (r) de los métodos CCS; CMT y CE de acuerdo al medio donde se produce la leche, se ve que no hay diferencias marcadas entre las haciendas (con ordeño mecánico) y los métodos utilizados en este estudio, en la asociación ATAC-QUEPA (ordeño manual) los métodos correlacionados CCS y CMT tiene mayor correlación ( $r = 0.82$ ), no así, con los métodos CCS con respecto a CE ( $r = 0.47$ ) y CMT con respecto a CE ( $r = 0.28$ ), esto puede deberse a múltiples factores que no fueron objeto de estudio.

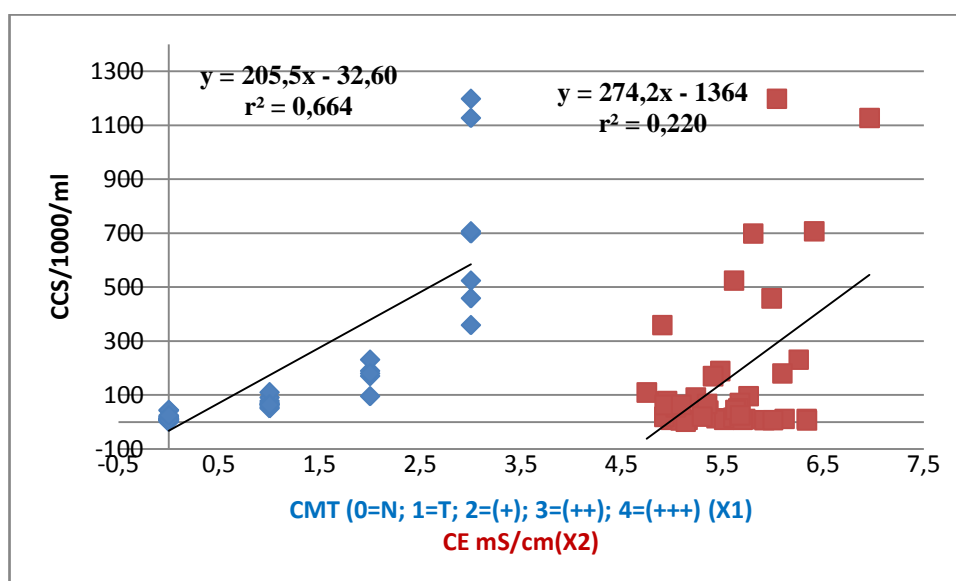
Faría et al. (2005), en un estudio similar donde evalúan la sensibilidad del método CMT en cuartos mamarios en ordeño manual y mecánico, encontraron una correlación de Spearman de 0.42 ( $p < 0.001$ ) entre CCS y CMT en el ordeño manual y de 0.55 ( $p < 0.001$ ) en el ordeño mecánico, estos discrepan con los resultados de este estudio, donde mediante correlación de Pearson para el ordeño manual (ATAC-QUEPA) se obtuvo una correlación de  $r = 0.82$  y en el mecánico (Haciendas) se encontró una correlación de  $r = 0.77$  y  $0.71$  respectivamente.

Curiosamente los tres métodos en estudio se comportan de manera similar en las haciendas, la CE y el CMT obtuvieron una baja asociación (44% y 36%), pero conservan la similaridad de la reacción de estos métodos en las haciendas.

Según este estudio el CMT (en cuatro cuartos) en campo con ordeño manual predice mejor el CCS de manera categórica, (ver gráficos 9 hasta 14).

### GRÁFICO 9

#### Correlación de los métodos CCS, CMT y CE en el sistema de producción Atac-quepa

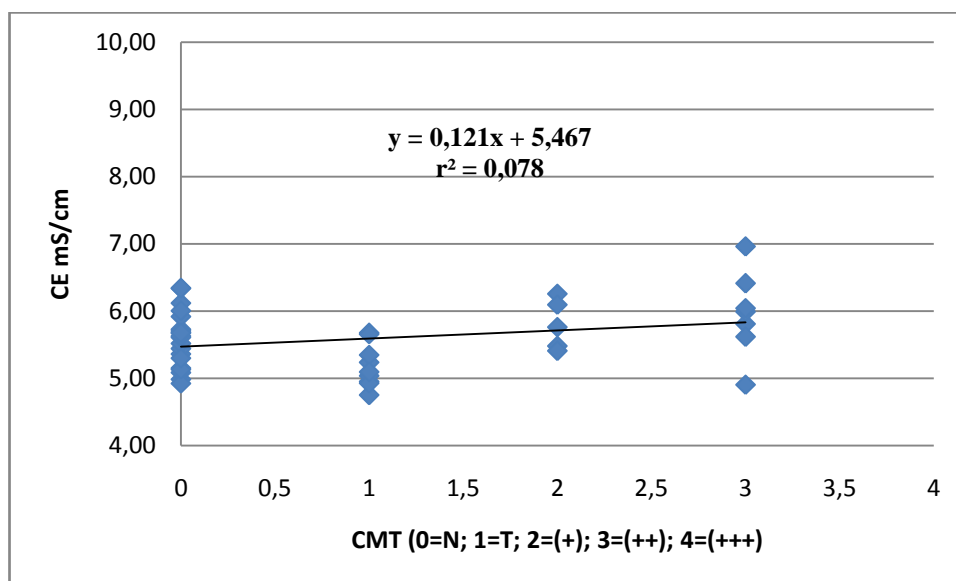


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 9. Ecuación y dispersión de datos en el sistema de producción ATAC-QUEPA mediante los método CCS, CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 10

### Correlación de los métodos CMT y CE en el sistema de producción Atac-quepa

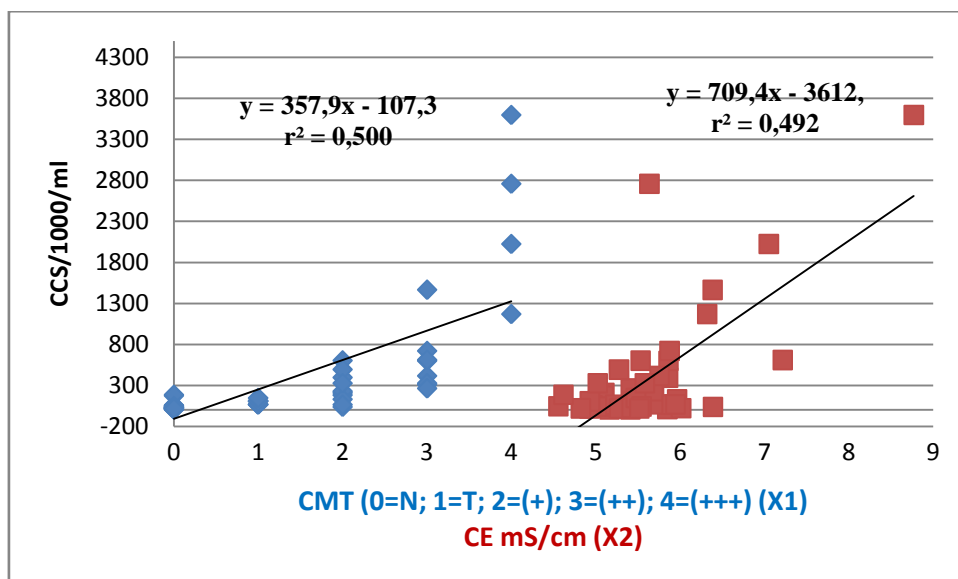


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 10. Ecuación y dispersión de datos en el sistema de producción ATAC-QUEPA mediante los método CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 11

### Correlación de los métodos CCS, CMT y CE en el sistema de producción hacienda San Carlos

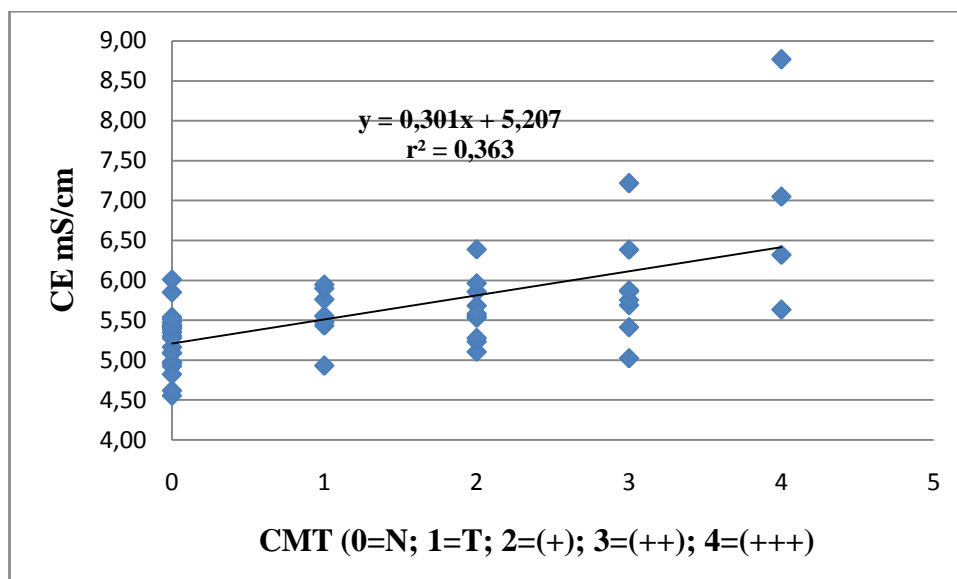


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 11. Ecuación y dispersión de datos en el sistema de producción hacienda San Carlos mediante los métodos CCS, CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 12

### Correlación de los métodos CMT y CE en el sistema de producción hacienda San Carlos

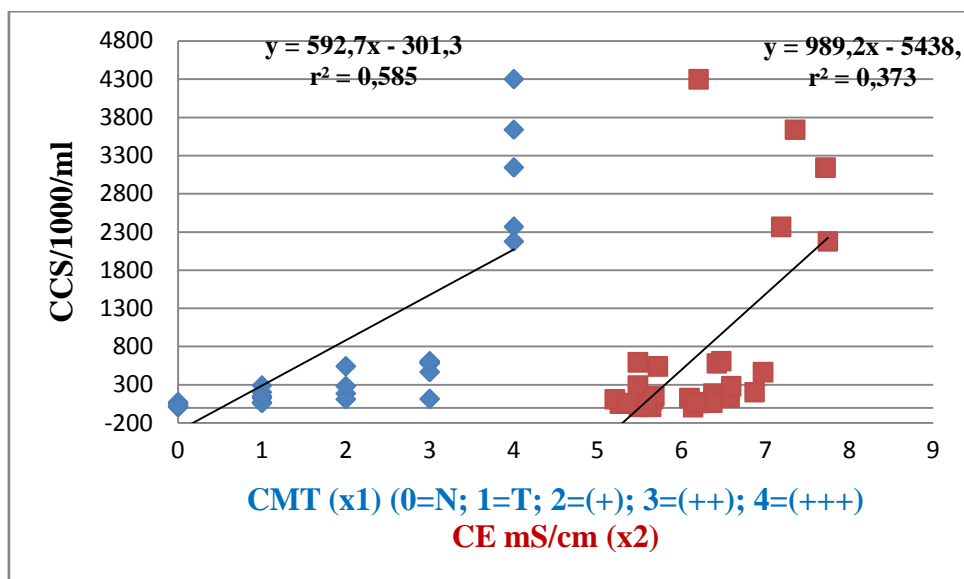


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 12. Ecuación y dispersión de datos en el sistema de producción hacienda San Carlos mediante los métodos CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

### GRÁFICO 13

#### Correlación de los métodos CCS, CMT y CE en el sistema de producción hacienda La Alegría

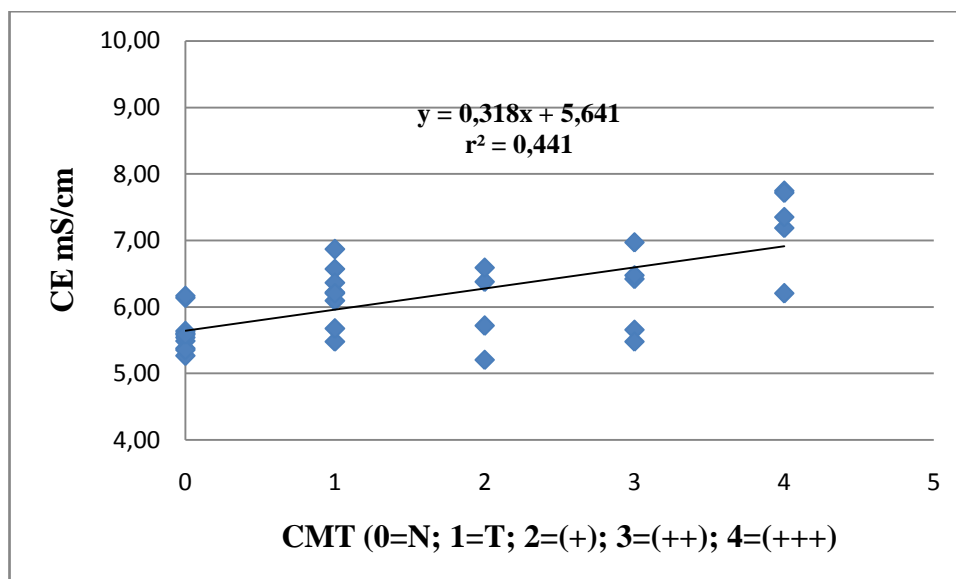


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 13. Ecuación y dispersión de datos en el sistema de producción hacienda La Alegría mediante los métodos CCS, CE y el CMT, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 14

### Correlación de los métodos CMT y CE en el sistema de producción hacienda La Alegría



Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 14. Ecuación y dispersión de datos en el sistema de producción hacienda La Alegría mediante los métodos CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

7.4.3. Correlación de los métodos en estudio con respecto al número de lactancia y las etapas de lactancia.

En el cuadro 18 se observa cómo se comportan los métodos en estudio con los estados fisiológicos del animal, para esto se ha realizado un cuadro resumen de tal comportamiento mediante correlación de Pearson.

## CUADRO 18

**Respuesta de los métodos de acuerdo al número de lactancias (No. Partos) y la etapa de lactancia (meses de lactancia), en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”**

métodos	No./Partos	Meses/lactancia
CCS	r = 0,12*	r = 0,13*
CMT	r = 0,34*	r = 0,06*
CE	r = 0,18*	r = 0,21*

Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

Del cuadro 18, se observa que a pesar de obtener significancia estadística ( $p < 0.05$ ) en la regresión, el coeficiente de correlación es nula en todos los caso observados, solo el CMT y número de partos sobresale con poca asociación (0.34) y la CE con meses de lactancia (0.21), confirmando la no existencia de relación o al menos es muy baja entre los métodos en estudio y los estados fisiológicos observados.

El CCS, el CMT y CE aplicados como herramienta de diagnóstico de la mastitis subclínica en animales con uno o más partos, no influye de manera impactante en la reacción de los métodos utilizados en este estudio.

Las vacas normalmente tienen un recuento de células somáticas de 100.000 y 150.000 células/ml, un contaje más alto indicaría alguna anomalía, esto indicaría la no correlación en este estudio.

Teóricamente con el correr de las lactancias las vacas presentan un mayor recuento de células somáticas, pero esto no se explica precisamente en este estudio, al no existir correlación, otros estudios afirman que cualquiera que sea la lactancia el conteo de células somáticas de una vaca sana no debería superar las 200.000 células/ml., lo que explicaría el resultado de esta correlación.

En los meses de lactancia y los métodos no hay correlación (r) evidente o es débil, esto corrobora que los métodos en estudio depende del estado de salud de la glándula mamaria y no precisamente afecta de manera impactante los meses de lactancia.

Se sabe por estudios que las glándulas mamarias que nunca se han infectado normalmente tienen CCS de 20.000 a 50.000 células/ml, y un cuarto de la glándula mamaria sana no muestra ninguna alteración patológica externa, su leche no contiene microorganismos patógenos, mantienen un nivel de células somáticas menor de 100.000 células/ml, según estos datos este estudio tiene similitud.



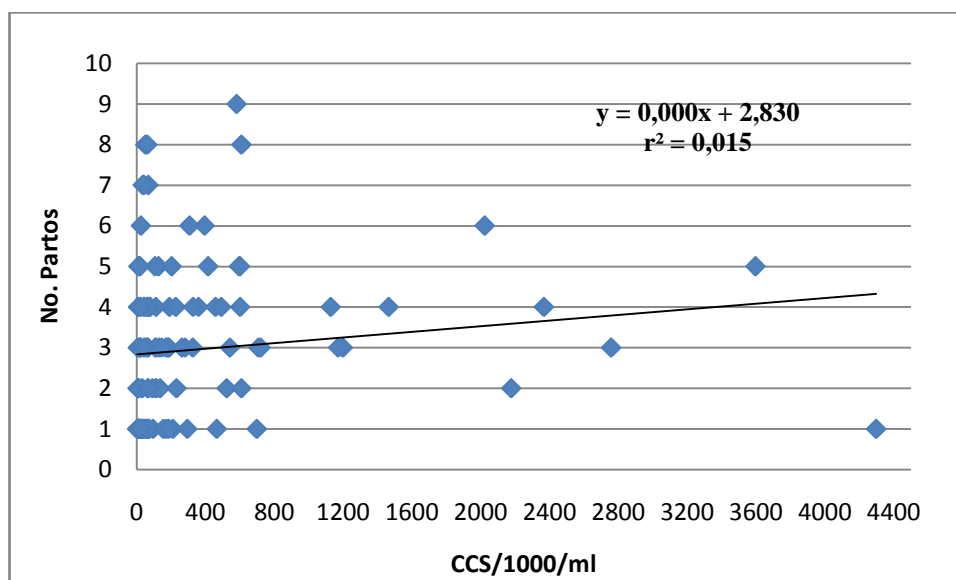
Se discrepa con algunos autores que afirman que la probabilidad de infección aumenta a medida que avanza la lactancia, especialmente después de los 200 (7 meses) a 250 (8 meses) días por la baja correlación. Más bien la probabilidad de infección será mayor en cualquier momento si no se ordeña de manera correcta (asépticamente).

Se concuerda con Zambrano y Marques (2008), en un estudio realizado en vacas primerizas de parto hasta los 150 días, que no existe correlación entre el CCS y la etapa de lactancia (meses), confirmando que es característico conteos celulares < 100.000 células/ml.

Sotomayor (2011), afirma que el CCS no debe variar significativamente al inicio y al final de una lactancia, esto corrobora al no existir correlación entre los meses de lactancia y los métodos en estudio. (Ver gráficos del 15 al 20).

### GRÁFICO 15

#### Correlación del CCS y el No. partos

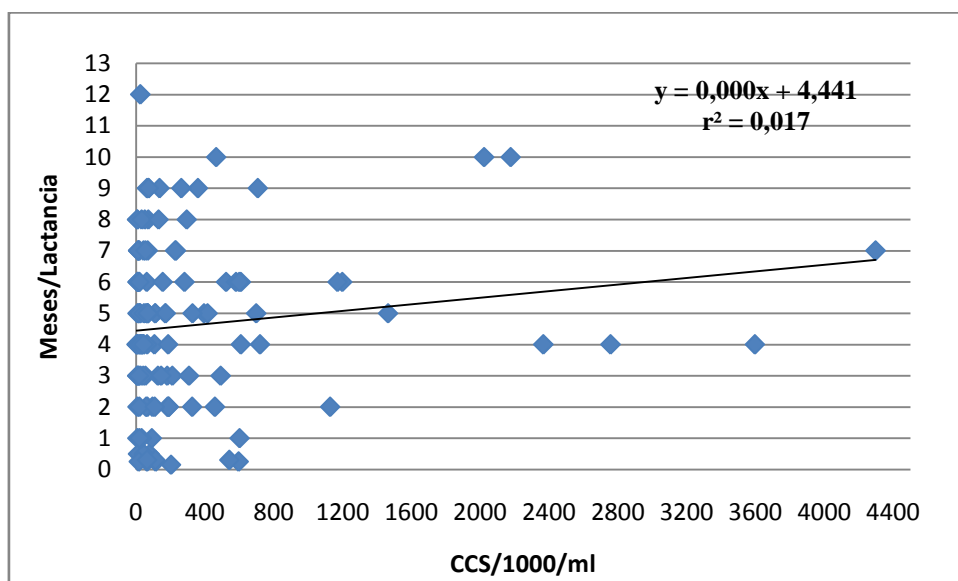


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 15. El CCS con respecto al No. De partos, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 16

### Correlación del CCS y los meses de lactancias

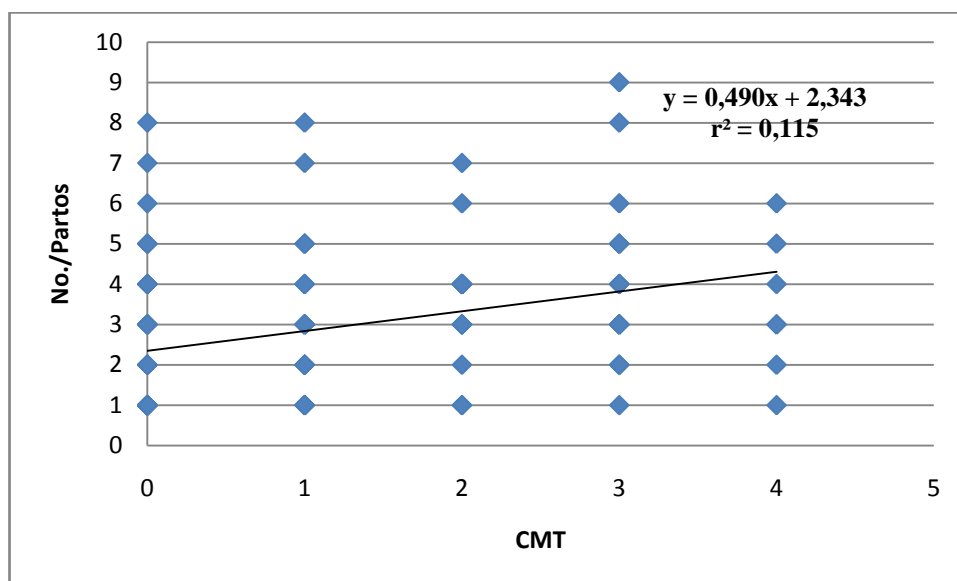


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 16. El CCS con respecto a los meses de lactancias, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 17

### Correlación del CMT y el No. partos

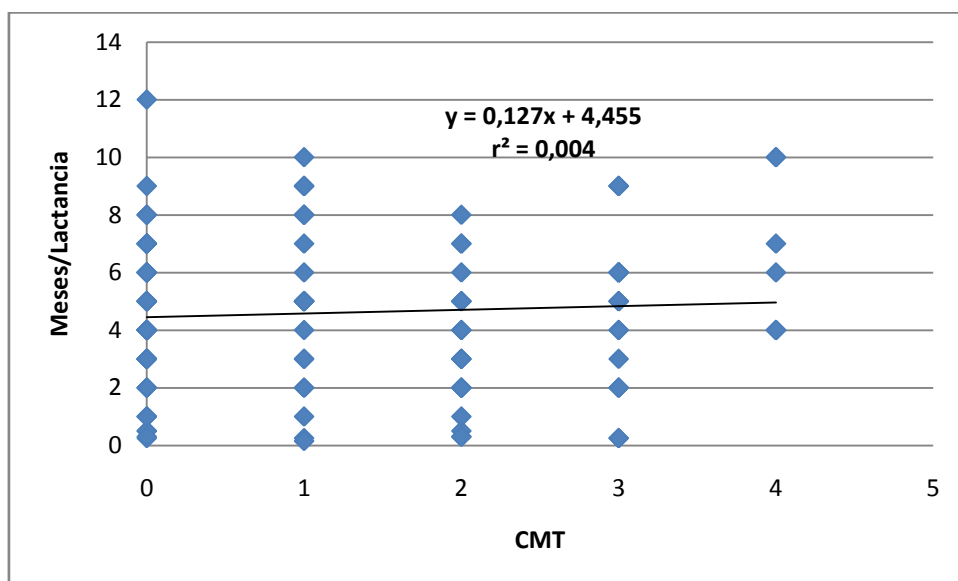


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 17. El CMT con respecto al No. de partos, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 18

### Correlación del CMT y los meses de lactancias

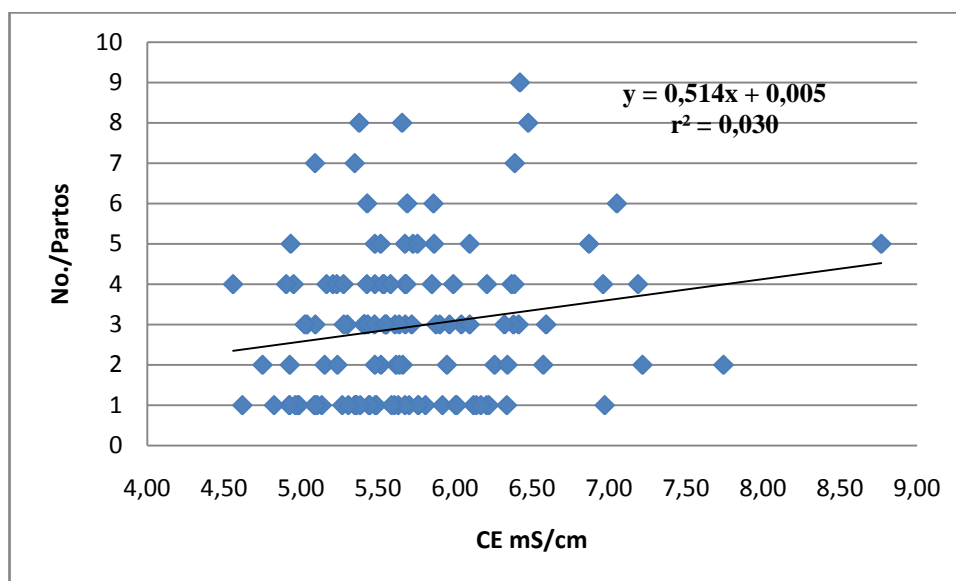


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 18. El CMT con respecto a los meses de lactancias, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 19

### Correlación de la CE y el No. partos

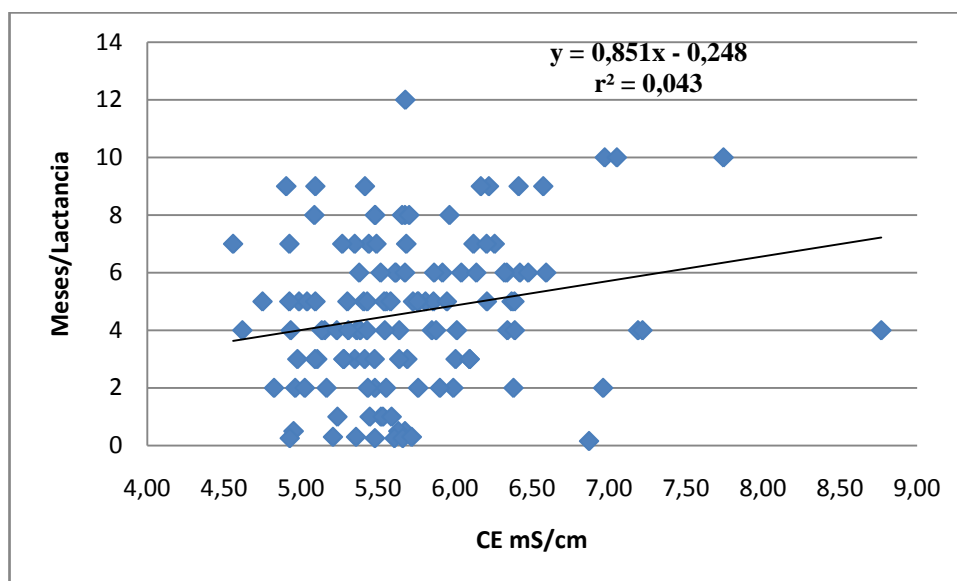


Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 19. La CE con respecto al No. De partos, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## GRÁFICO 20

### Correlación de la CE y los meses de lactancias



Fuente: La Investigación  
Elaborado por: El Autor

GRÁFICO 20. La CE con respecto a los meses de lactancias, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

## 8. CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos obtenidos se plantea las siguientes conclusiones:

- a) Estadísticamente existe correlación entre los métodos CCS con el CMT, CCS con CE, y el CMT con CE, no suficientemente para predecir el CCS mediante una regresión lineal, el CMT al tener mayor asociación con el CCS sigue siendo un método subjetivo muy útil como herramienta en el diagnóstico de animales con mastitis subclínica, la CE por baja correlación con el CCS y el CMT, no es factible valorar el CCS mediante una regresión lineal. Estadísticamente existe correlación múltiple entre los tres métodos, pero no es factible inferir el CCS mediante regresión lineal por la asociación moderada que presentan. Estableciendo rangos bajos, medios y altos de células somáticas no hay correlación suficiente para determinar una regresión lineal. Mediante rangos de Spearman los métodos correlacionados resultaron similares con Pearson, afirmando una buena asociación del método CCS con el CMT.
- b) La sensibilidad de los métodos CMT y CE con respecto al CCS, el CMT tuvo mejores resultados, la CE tiene dificultad para discriminar los animales con problemas de mastitis subclínica, especialmente en los estados primarios de la infección.
- c) El cuadro de la relación numérica de los métodos CCS, CMT y CE puede ser utilizado como referencia aproximada al momento de utilizar los métodos en estudio, como herramienta de apoyo en el diagnóstico de mastitis subclínica.
- d) La CE tiene una fuerte correlación con el NaCl, por lo que es posible su predicción mediante regresión lineal, por fuerte asociación, que presentan estos métodos. esto explicaría la poca asociación con los métodos CCS y CMT ya que las lecturas de estos métodos están ligados fuertemente con las células somáticas, se podría sospechar que otras causas incrementan los iones de Cl y Na en la leche y no exclusivamente las células somáticas. En los diferentes ambientes de producción los métodos curiosamente se comportan de forma similar en las haciendas, en Atac-quepa el CCS y CE; el CMT y CE, tienen baja correlación, esto podría explicar que el CE no aumenta como consecuencia de la mastitis subclínica, sino por otras causas o que los métodos responden de acuerdo al medio donde se desarrolla la producción lechera. La correlación nula de los métodos en estudio con los meses de lactancia y el número de partos, explica que los métodos dependen de una inflamación subclínica y no exclusivamente por la incidencia de estos.

## **9. RECOMENDACIONES**

- a. Se recomienda no confiar en la medición de la conductividad eléctrica, a menos que se haya comprobado mediante ensayo resultados satisfactorios con animales de la zona.
- b. Se recomienda realizar los métodos CCS, CMT y CE con más intervalos de tiempos al menos 3 muestreos en los mismos sitios de producción para observar mejor el comportamiento de las correlaciones entre éstos.
- c. Se recomienda investigar más profundamente el método de medir la conductividad eléctrica con los cloruros de sodio, y observar su relación con la mastitis subclínica.
- d. Se recomienda usar el CMT por ser una prueba económica de fácil utilización y muy útil para detectar alguna anomalía en la glándula mamaria tempranamente.
- e. Se recomienda realizar el CCS en laboratorio para confirmar los resultados del CMT o CE.



## 10. RESUMEN

Como es de conocimiento público la mastitis es un problema mundial, y más aun cuando ésta, no es detectada en sus inicios de la infección, por lo que sean enfocado muchos estudios tratando de afinar mejor los métodos utilizados como herramientas para el diagnóstico de la mastitis subclínica, al no tener estudios similares con realidades propias, se ha planteado realizar este ensayo con el fin de proporcionar datos locales utilizando la tecnología disponible en el Laboratorio de Calidad de Leche (LCL) de la Universidad Politécnica Salesiana para estos fines, el tema se titula “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe – Ecuador. 2011”, este estudio fue posible gracias a la colaboración de la Asociación de pequeños productores de Pesillo (ATAC-QUEPA), donde se recopiló 41 muestras y en las haciendas “La Alegría” y “San Carlos”, donde se tomó 32 y 51 muestras respectivamente, las muestras fueron analizadas en LCL, con el propósito de correlacionar los métodos propuestos para ver si hay la posibilidad de predecir el CCS mediante CMT y CE, sacar un cuadro donde se relacionen los valores de los métodos, la sensibilidad de los métodos CMT y CE con respecto al CCS y observar otros factores que afecten la lectura de los métodos estudiados. Una vez analizadas las muestras se obtuvieron los siguientes resultados:

El coeficiente de correlación ( $r$ ) para los métodos CCS y CMT es de 0.71 y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.51, obteniendo una asociación del 51% para este ensayo. En el CCS y la CE se observa que el coeficiente de correlación ( $r$ ) es de 0.62 y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.39, lo que significa que para este caso hay una asociación entre estos dos métodos del 39%. Entre la CMT y CE se obtuvo una correlación ( $r$ ) de 0.56 y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.31, habiendo una asociación del 31% entre estos métodos.

Mediante correlación de rangos de Spearman entre los métodos CCS y CMT  $r_s=0.90$  con una asociación de 81% lo cual indica según este método una alta correlación y asociación, el CCS y CE  $r_s=0.43$  con una asociación del 18% indicando por este método baja correlación y asociación, el CMT y CE  $r_s=0.52$  con una asociación 27% indicando según este método una correlación moderada pero baja asociación.

Se observa significancia estadística ( $p<0.05$ ) para la regresión múltiple, el coeficiente de correlación ( $r_m$ ) es de 0.75, y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) es de 57%, obteniendo baja asociación entre los tres métodos en estudio, lo cual significa que las variables  $X_1$  (CMT) y  $X_2$  (CE) unidas son débiles para inferir  $Y$  (CCS).

Con respecto a la sensibilidad mediante el CCS el 68.55% (85 vacas) se discrimina como negativos y el 35.45% (39 vacas) como positivos; los posibles casos negativos según la CMT es de 61.29% (76 vacas) y el 38,71 como positivos, y la CE discrimina un 48.39% (60 vacas) como negativos y el 51.61% (64 vacas) como positivos, según este ensayo.

El cuadro siguiente muestra la estimación comparativa de interrelación de los métodos CCS, CMT y CE.

Relación numérica de los métodos CCS, CMT y CE, en la investigación “Correlación de los métodos California Mastitis Test (CMT), Conductividad Eléctrica (CE) y Conteo de Células Somáticas (CCS) en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe - Ecuador. 2011”.

LSCS	CMT	CCS/ml	CE Sm/cm
0 – 1	0	20.000 ± 10.000	5,4 ± 0,11
2 – 3	T	91.000 ± 22.000	5,6 ± 0,22
3 – 4	1 (+)	198.000 ± 73.000	5,7 ± 0,20
5 – 6	2 (++)	497.000 ± 147.000	6,0 ± 0,16
7 – 8	3 (+++)	2'258.000 ± 678.000	7,0 ± 0,47

Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

La CE y el porcentaje de concentración de cloruros de sodio se observa una correlación (r) de 0.92 siendo este significativo al ( $p < 0.05$ ) y un coeficiente de correlación ( $r^2$ ) de 0.84, esto indica una asociación del 84% entre ambas pruebas. Sin duda el cloruro sódico es impactante en la medición de la CE.

En los diferentes sistemas de producción, las correlaciones (r) son significativas ( $p < 0.05$ ). Observando las correlaciones (r) de los métodos CCS, CMT y CE de acuerdo al lugar de muestreo, se ve que no hay diferencias marcadas entre el sistema de producción de las haciendas (ordeño mecánico) y los métodos utilizados en este ensayo, sin embargo, en la asociación (ATAC-QUEPA - ordeño manual) los métodos correlacionados CCS y CMT tiene mayor correlación ( $r = 0.82$ ), no así, con los métodos CCS con respecto a CE ( $r = 0.47$ ) y CMT con respecto a CE ( $r = 0.28$ ).

A pesar de presentar significancia estadística ( $p < 0.05$ ) entre estos métodos en estudio y el número de lactancias (No. Partos) y las etapas de lactancia (Meses de lactancia), prácticamente no logra ser impactante por su correlación nula, el CCS  $r = 0.12$  (No. de partos) y 0.13 (meses de lactancia); el CMT 0.34 (No. de partos) y  $r = 0,06$  (Meses de lactancia) y CE  $r = 0.18$  (No. de partos) y 0.21 (Meses de lactancia).

En las correlaciones por rangos se pudo observar que la mayor correlación se encuentra con los tres métodos en estudio (correlación múltiple) en los rangos de 0 a 200.000 células/ml siendo esta (r) de 0.70, con asociación del 50% ; seguido por los rangos  $> 1000.000$  células/ml con una correlación (r) de 0,65 con una asociación 43%; en los rangos de 200.000 a 500.000 células/ml la correlación (r) es de 0.47 con una asociación del 22% ; mientras que en los rangos de 500.000 a 1000.000 células/ml no hay correlación.

La mayor correlación simple entre CCS y CMT se encuentra en los rangos de 0 a 200.000 células/ml siendo esta (r) de 0.69 con una asociación del 48%; quedando en segundo lugar el rango > de 1000.000 células/ml con (r) 0.64 y una asociación de 41 %; seguida por el rango 200.000 a 500.000 células/ml con una correlación (r) de 0.46 con una asociación del 21%; en los rangos de 500.000 a 1000.000 células/ml no hay correlación.

Entre los métodos CCS y CE en los rangos de 0 a 200.000 células/ml, de 200.000 a 500.000 células/ml, 500.000 a 1000.000 células/ml, prácticamente no hay correlación, solo en el rango > 1000.000 células/ml hay una correlación (r) de 0.33 con una asociación del 11%.

Los métodos CMT y CE registra la mayor correlación en el rango de 500.000 a 1000.000 células/ml siendo esta (r) de 0.42 con una asociación de 17%; seguido por el rango de > 1000.000 células/ml con una asociación del 11%; en tanto que en los rangos de 0 a 200.000 células/ml y 200.000 a 500.000 células/ml hay una correlación (r) de 0.24 y 0.23 respectivamente.

Por lo tanto según este ensayo se concluye; que las correlaciones entre los métodos utilizados como herramientas para diagnosticar mastitis subclínica la CMT y CE son bajas para inferir el CCS. Sin embargo el CMT sigue siendo un método muy útil para discriminar casos de mastitis subclínica y no así la CE.

La capacidad de detectar mastitis subclínica o posibles anomalías en la glándula mamaria la CE demuestra ser la peor en este estudio.

Según este estudio existe la posibilidad mediante un cuadro de la relación numérica de los métodos estudiados, utilizar como referencia en el campo y poder asociar con posibles casos de mastitis subclínica.

Correlacionando los sistemas de producción con los métodos en estudio, las haciendas muestran similitud mientras que, con los pequeños productores hay diferencias especialmente con CE, esto puede indicar que CE depende de otros factores que no fueron objeto de estudio en esta investigación.

Con los estados fisiológicos del animal como el número de parto y los meses de lactancia a pesar de tener significancia estadística, prácticamente no hay asociación entre estos métodos y los estados fisiológicos enunciados, quedando claro según este estudio, que los métodos responden a una infección más que a estos factores.

Cuando se correlaciona la interacción de los métodos propuestos, en rangos, tampoco tuvo una asociación satisfactoria, apenas el 50% de asociación se encontró mediante correlación múltiple, esto corrobora según este estudio que los métodos en todos los rangos demuestran no ser útiles para un ajuste lineal y poder polarizar estos métodos estudiados.

Por lo tanto, de acuerdo a los resultados de este ensayo se recomienda tener cuidado al momento de utilizar la CE (ya sea incorporados o manuales) como método

utilizado para diagnosticar mastitis subclínica, antes de su uso se debe someter a ensayos para poder ajustar a nuestra realidad en finca y poder utilizar con este fin.

Se recomienda utilizar el cuadro de interrelación de los métodos estudiados o realizar uno similar adaptando a la realidad de cada sector. El cuadro puede ser utilizado como una herramienta de ayuda para la interpretación de las lecturas de los métodos estudiados, en la detección de mastitis subclínica en campo, tomando en cuenta varios factores que pueden incidir en la observación de estos métodos, y no exclusivamente para diagnosticar tal anomalía.

Se recomienda realizar el CCS en laboratorio para asegurar o descartar una posible infección subclínica.

Se recomienda realizar los métodos CCS, CMT y CE con más intervalos de tiempos al menos 3 muestreos en los mismos sitios de producción para observar mejor el comportamiento de las correlaciones entre éstos.

## 11. SUMMARY

As is known to the public, mastitis is a problem worldwide, and even more so when it is not detected at the early stages of the infection, this is why research has been carried out focusing on improving the methods used as tools to diagnose the subclinical mastitis, since there is no similar research with proper realities, this essay has been developed to provide local data using the available technology in the Laboratory of Milk Quality (LMQ) of the Salesian Polytechnic University, The subject is called “Correlation method California Mastitis Test (CMT), Electric Conductivity (EC) and Somatic Cell Count (SCC) in the Laboratory of Milk Quality of the Salesian Polytechnic University, Cayambe-Ecuador. 2011”, This research was possible thanks to the collaboration of the small producer Association of Pesillo (ATAC-QUEPA), where 41 samples were compiled also to the “La Alegria” and “San Carlos” dairy farms where 32 and 51 samples were taken accordingly, the samples were analyzed at the LMQ, with the purpose of correlating the suggested methods to see if it is possible to predict the SCC through CMT and EC, make a chart where the method values are related, the sensibility of methods CMT and EC regarding SCC, and observe other factors which affect the reading of the researched methods. Once the samples were analyzed the following results were obtained:

The rate of (r) correlation for the SCC and CMT methods is 0.71 and the ( $r^2$ ) determining rate is 0.51, obtaining 51% association for this essay. In the SCC and EC you can observe that the (r) correlation rate is of 0.62 and the ( $r^2$ ) determining rate is 0.39, which means that for this case there is a 39% association between these two methods. An (r) correlation of 0.56 was obtained between CMT and EC and the ( $r^2$ ) determining rate of 0.31, these methods having an association of 31%.

Through Spearman rank correlation between the methods SCC and CMT  $r_s = 0.90$  with an 81% association which shows a high correlation and association according to this method, SCC and EC  $r_s = 0.43$  with 18% association low correlation and association are shown through this method, CMT and EC  $r_s = 0.52$  with 27% association indicating according to this method a moderate correlation but low association.

A high significance is observed ( $p < 0.05$ ) for the multiple regression, the correlation rate ( $r_m$ ) is of 0.75, and the ( $r^2$ ) determining rate is 57%, obtaining a low association between the three studied methods, which means that the variables  $X_1$  (CMT) y  $X_2$  (EC) units are weak to infer Y (SCC).

Regarding sensibility a 68.55% (85 cows) is discriminated as negative and 35.45% (39 cows) as positive; the possible negative cases according to the CMT would be 61.29% (76 cows) in this essay, and EC discriminates 48.39% (60 cows) as negative and 51.61% (64 cows) as positive.

The following chart shows the comparative estimate of interrelation of the methods SCC, CMT and EC.

**Numeric relation of the SCC, CMT and EC methods, in the “Correlation method California Mastitis Test (CMT) Electric Conductivity (EC) and Somatic Cell Count (SCC) in the Laboratory of Milk Quality of the Salesian Polytechnic University, Cayambe-Ecuador. 2011”**

LSCS	CMT	SCC/ml	EC Sm/cm
0 – 1	0	20.000 ± 10.000	5,4 ± 0,11
2 – 3	T	91.000 ± 22.000	5,6 ± 0,22
3 – 4	1 (+)	198.000 ± 73.000	5,7 ± 0,20
5 – 6	2 (++)	497.000 ± 147.000	6,0 ± 0,16
7 – 8	3 (+++)	2'258.000 ± 678.000	7,0 ± 0,47

Source: The Research  
By: The author

The EC and the concentration percentage of sodium chloride shows(r) correlation of 0.92 this being (p<0.05) and (r<sup>2</sup>) rate correlation of 0.84, this shows an 84% association between both tests.

In the different production systems, the (r) correlations are (p<0.05). Observing the (r) correlations of the SCC; CMT and EC according to the sampling site, show no obvious differences between the production system of the dairy farms (mechanical milking) and the methods used in this essay, however, in the (ATAC-QUEPA – manual milking) the SCC and CMT correlated methods have a higher correlation (r= 0.82), this is not the case with the methods SCC regarding EC (r=0.47) and CMT regarding EC (r=0.28).

Despite the statistic representation (p<0.05) between these methods at study and the number of deliveries and the weaning stages (breast feeding stages), is not practically an impact because of its null correlation, the SCC r=0.12 (number of deliveries) and 0.13 (breast feeding stages); the CMT 0.34 (number of deliveries) and r=0.06 (breast feeding months) and 0.21 (breast feeding months).

In the rank correlation it could be observed that the majority of correlations are found in the three researched methods (Multiple correlation) in ranks of 0 to 200.000 cells/ml this being (r) of 0.70, with 50% association; followed by the > 1000.000 cells/ml with (r) correlation of 0.65 with 43% association; in the 200.000 to 500.000 cells/ml the correlation (r) is 0.47 with 22% association; while in the 500.000 to 1000.000 cells/ml rank there are no correlations.

The highest simple correlation between SCC and CMT is found in the ranks of 0 to 200.000 cells/ml (r) being 0.69 and 48% association; leaving the rank of > 1000.000 cells/ml in a second place with 0.64 (r) and 41% association; followed by the rank of 200.000 to 500.000 cells/ml with (r) correlation of 0.46 with 21% association; in the 500.000 to 1000.000 cells/ml rank, there are no correlations.

Between the methods CMT and EC in the ranks of 0 to 200.000 cells/ml, of 200.000 to 500.000 cells/ml being (r) of 0.42 with 17% association, 500.000 to 1000.000 cells/ml, with practically no correlation, there is only (r) of 0.33 correlation with 11% association in the ranks of 1000.000 cells/ml.

The CMT and EC methods register the highest correlation in the rank of 500.000 to 1000.000 cells/ml (r) being 0.42 with 17% association; followed by > 1000.000 cells/ml with 11% association; while there is a (r) correlation of 0.24 and 0.23 accordingly in ranks of 0 to 200.000 cells/ml and 200.000 to 500.000 cells/ml.

Therefore concluded according to this essay; the correlations between the methods utilized as tools to diagnose subclinical mastitis the CMT and EC are low to infer the SCC. Nevertheless CMT is still a very useful method to discriminate subclinical mastitis cases this not being the case of EC.

The capacity to detect subclinical mastitis or possible anomalies in the mammary gland the EC shows itself as the worst in this study.

According to this research there is a possibility through a numeric relation chart of the researched methods, to use as reference in the field and be able to associate possible cases of subclinical mastitis.

Correlating the production systems with the studied methods, the dairy farms show similarities on the other hand there are differences with the small producers especially with EC, this shows EC depends of other factors which were not studied in this research.

With the physiological states of the animal as in delivery numbers and the breast feeding months despite having statistical significance, there is practically no association between methods and the mentioned physiological states, making it clear according to this research that the methods respond to an infection rather than to these factors.

When the interaction of the given methods is correlated, in ranks, it didn't have a satisfactory association either, barely 50% of association was found through multiple correlating, this corroborates according to this research that the methods in all ranks prove useless for a linear adjustment and to be polarize these researched methods.

Therefore, according to the results this essay recommends to be careful when using EC (whether it be incorporated or manual) as a method used to diagnose subclinical mastitis, before its use it should be subject of testing to in order to adjust it to our reality in dairy farms and to be able to use it for that end.

Use of the researched methods interrelation chart is recommended or making a similar one adapted to the reality of the area. The chart can be used as an aid tool for the interpretation of the reading of the researched methods, to detect subclinical mastitis in the field, taking in account various factors which can influence the observation of these methods, and not exclusively to diagnose such anomaly.

SCC is recommended to be used in a laboratory to assure or stress a possible subclinical infection.

The SCC, CMT and EC are recommended to be used with more time interval at least 3 samples in the same production site to better observe the correlation behavior between these.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- ÁLBAREZ, Patricia, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Tesis, *Evaluación de tres Métodos zootécnicos para la Prevención y control de la mastitis Clínica y Subclínica en el hato lechero del Campo Académico Docente Experimental La Tola "CADET" Tumbaco – Pichincha*, 2007.
- JOHNSON, Robert, y KUBY, Patricia, *Estadística Elemental Lo Esencial*, Segunda edición, International Thomson Editores, S.A. de CV, México, D.F., 1999.
- KLEINSCHROTH, Ernst., y otros, *La mastitis, Diagnostico, prevención y tratamiento*, Ediciones médicas, 1993.
- MELLADO, Miguel, *Producción de leche en zonas templadas y tropicales*, Editorial Trillas, S.A. de CV, México, D.F., 2010.
- RODRIGUEZ, Jaime, *Métodos de Investigación Pecuaria*, Editorial Trillas, S.A. de CV, México, D.F., 1999, reimpresión 2011.
- SOTOMAYOR, Liliana, *Conteo Regresivo Hacia Mayor Calidad de Leche*, DPA, Servicio al productor de leche, Taller, octubre, 2011.
- WILLIAM, Rebhun, *Enfermedades de ganado vacuno lechero*, Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España) 1999.

### Referencias de citas electrónicas:

- ACEBO, Mauro, *Mastitis: Afecta la producción y la calidad de la leche*, Intervet Ecuador S.A., 2007, disponible: [www.msdsalud-animal.ec/Binaries/Mastitis\\_Mauro\\_Acebo\\_tcm63-74032.doc](http://www.msdsalud-animal.ec/Binaries/Mastitis_Mauro_Acebo_tcm63-74032.doc), 13/04/2011.
- ACUÑA, Vanesa, y RIVADENEIRA, Alexandra, Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de ciencias de la vida, Carrera de Ciencias Agropecuarias – I.A.S.A. I, “Gral. Carlo Magno Andrade Paredes”, tesis, *Aislamiento, identificación y antibiograma de patógenos presentes en leche con mastitis en ganaderías bovinas de la provincia de Pichincha*, 2008, disponible: <http://www3.espe.edu.ec:8700/bitstream/21000/2553/1/T-ESPE-IASA%20I-003435.pdf>, consultado: 13/12/2011.
- AGROECUADOR, *Análisis e interpretación de III Censo agropecuario, Producción de leche en el total nacional, región sierra*, disponible: [http://www.agroecuador.com/HTML/Censo/censo\\_31231.htm](http://www.agroecuador.com/HTML/Censo/censo_31231.htm), consultado: 23/10/2011.
- AGROVETMARKET, Animal health, *Recuento de Células Somáticas y Mastitis*, Artículos técnicos, 2008, disponible: [www.agrovvetmarket.com/TechnicalArticlesUI.aspx?.language=1&.article=37](http://www.agrovvetmarket.com/TechnicalArticlesUI.aspx?.language=1&.article=37), consultado: 21/09/2010.



- AGROECUADOR, *Análisis e interpretación de III Censo agropecuario, Producción de leche en el total nacional, región sierra*, disponible: [http://www.agroecuador.com/HTML/Censo/censo\\_4314.htm](http://www.agroecuador.com/HTML/Censo/censo_4314.htm), consultado: 23/10/2011.
- ÁVILA T.S., y otros, *Confianza en la determinación de células somáticas en leche de vaca mediante la aplicación de las pruebas para mastitis: CMT, WMT, CMCS, FOSSOMATIC y DCC*, 2005, Departamento de Producción Animal: Rumiantes y Departamento de Fisiología y Farmacología Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, Ciudad Universitaria Circuito Exterior s/n 04510, Coyoacán México D.F., disponible: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2002/912/pdf/p020003.pdf>, consultado: 17/10/2011.
- BEDOLLA, C., y otros, *Métodos de detección de la mastitis bovina* (Methods of detection of the bovine mastitis), REDVET: 2007, Vol. VIII N° 9, disponible: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090702.pdf>, consultado: 01/09/2010.
- BEDOLLA, C., y PONCE, de León, *Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera* – (Economic causalties inflicted by the bovine mastitis in the milk industry), REDVET: 2008, Vol. IX, N° 4, disponible: [www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040408/040805.pdf](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040408/040805.pdf), consultado: 14/01/2012.
- BONIFAZ, Nancy, y REQUELME, Narcisa, *Buenas prácticas de Ordeño y la Calidad higiénica de la Leche en el Ecuador*, Centro de Investigación de la leche-CILEC, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, 2011, disponible: [lagranja.ups.edu.ec/documents/.../BonifazRequelme\\_Ordenio.pdf](http://lagranja.ups.edu.ec/documents/.../BonifazRequelme_Ordenio.pdf), consultado: 14/01/2012.
- BLANCO, Miguel, *Diagnóstico de la mastitis subclínica bovina*, III Congreso Nacional de Control de Mastitis y Calidad de la Leche 21 al 23 de junio del 2001-05-24, León, Gto. México, disponible: <http://printfu.org/blancoma?page=1>, 04/12/2011.
- CANO, Pedro, *Nuevas alternativas en el diagnostico clínico de campo y en el tratamiento de mastitis*, 2006, disponible: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/bovinotecnia/BtRgCliC004.htm>, consultado: 13/12/2011.
- CEPERO, Omelio, y otros., *Mastitis subclínica: su detección mediante diferentes técnicas diagnosticas en unidades bovinas* (Subclinical mastitis: detection by different diagnose techniques in bivine herds), Departamento de Veterinaria y Zootecnia de la Facultad de Ciencias, Universidad Central, “Marta Abreu” de las Vilas, Cuba, Vol. VI, No.3 Marzo 2005, <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030305/030517.pdf>, consultado: 07-06-2011.
- CEPERO, Omelio, y otros., *Conductividad Eléctrica y California Mastitis Test en la detección de la mastitis subclínicas* (Electric conductivity and California Mastitis Test in the detection of the Subclinical mastitis), Departamento de Veterinaria y

Zootecnia de la Facultad de Ciencias, Universidad Central, “Marta Abreu” de las Villas, Cuba, Vol. VI, No.3 Marzo 2005, <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030305/030516.pdf>, consultado: 07-06-2011.

- CEPERO, Omelio, y SALADO, José, *Conductividad eléctrica, california mastitis test (CMT) y conteo celular en la determinación de la mastitis subclínica*, Departamento de Medicina Veterinaria Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, s.f., disponible: [http://infoservet.isch.edu.cu/Soporte/@up/Materiales%20de%20Higiene%20de%20os%20alimentos/La determinacion de la mastitis subclinica.pdf](http://infoservet.isch.edu.cu/Soporte/@up/Materiales%20de%20Higiene%20de%20os%20alimentos/La%20determinacion%20de%20la%20mastitis%20subclinica.pdf), consultado: 16/06/2011.

- CERÓN, Mario, y otros, *Relación entre el recuento de células somáticas individual o en tanque de leche y la prueba CMT en dos fincas lecheras del departamento de Antioquia (Colombia)*, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2010, disponible: [www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/industria-lechera/foros/articulo-relacion-entre-recuento-t20123/472-p0.htm](http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/industria-lechera/foros/articulo-relacion-entre-recuento-t20123/472-p0.htm), consultado: 18/04/2011.

- CEVALLOS, Marcelo y otros, *Identificación del gen de la Kappa-Caseína (k-CN) por técnicas moleculares (PCR-RFLP), en un hato lechero del trópico ecuatoriano*, Revista Científico Tecnológica de la ESPEA, Vol. 1, número 1, 2010, disponible: [www.espea.edu.ec/descargas/revista.pdf](http://www.espea.edu.ec/descargas/revista.pdf), consultado: 05-02-2012.

- COTRINO, Víctor, *Mastitis Bovina*, 2007, disponible: <http://lmvltada.com/index.php?section=35>, consultado: 19/01/2012.

- COTRINO, Víctor, *Diagnóstico de la Mastitis*, 2007, disponible: <http://lmvltada.com/index.php?section=30>, consultado: 09/02/2012.

- ECHEVERRI, José, y otros, *Diagnóstico de mastitis en un hato lechero del Departamento de Antioquia*, Revista Lasallista de Investigación, vol. 7, núm. 1, 2010, pp. 49-57 Corporación Universitaria Lasallista Colombia, disponible: [redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/695/69514965007.pdf](http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/695/69514965007.pdf), consultado: 01/12/2011.

- ELIZALDE, E. F., y otros, *Medición de la conductividad eléctrica en leche como método diagnóstico de mastitis subclínica bovina*, Revista FAVE – Ciencias Veterinarias, 2009, disponible: [bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8180/publicaciones/bitstream/1/1994/1/fave\\_vet\\_v8\\_n1\\_p15\\_28.pdf](http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8180/publicaciones/bitstream/1/1994/1/fave_vet_v8_n1_p15_28.pdf), 16/06/2011.

- FARÍA, José, y otros, *Detección de mastitis subclínica en bovinos mestizos doble propósito ordeñados en forma manual o mecánica, comparación de tres pruebas diagnósticas*, Revista científica, abril, año 2005, vol. XV, numero 002, Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela, pp. 109-118, disponible: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/959/95915203.pdf>, consultado: 09/02/2011.

- FEDEGAN, *Mastitis y su Transmisión*, 2010, disponible: <http://www.fedegan.com.ec/mastitis.html>, consultado: 03/02/2012.

- FERNÁNDEZ, Pita, y DÍAZ, Pértega, *Metodología de la Investigación*, FISTERRA COM, 2001, disponible: [http://www.fisterra.com/mbe/investiga/var\\_cuantitativas/var\\_cuantitativas.asp](http://www.fisterra.com/mbe/investiga/var_cuantitativas/var_cuantitativas.asp), consultado: 19/07/2011.
  
- GARCÍA, Luciano, *Control de mastitis bovina*, 2011, disponible: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/sanidad/articulos/control-de-mastitis-bovina-t3276/165-p0.htm>, consultado: 09-10-2011.
  
- HERNÁNDEZ, Juan, Universidad de Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia, tesis, *Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche*, 2006, disponible: [http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=:http%3A%2F%2Fwww.intervet.com.ec%2Fbinaries%2F63\\_74032.doc&source=web&cd=9&ved=0CFwQFjAI&url=http%3A%2F%2Fbibliotecavirtual.dgb.umich.mx%3A8083%2Fjspui%2Fbitstream%2F123456789%2F693%2F1%2FIMPORTANCIADELCONTEODECELULASSOMATICAENLACALIDADDELALECHE.pdf&ei=4T4ST9igIorXtwfQhZyXAw&usq=AFQjCNGsliGxg2FMkzitDBjTEZmZxjAug&cad=rja](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=:http%3A%2F%2Fwww.intervet.com.ec%2Fbinaries%2F63_74032.doc&source=web&cd=9&ved=0CFwQFjAI&url=http%3A%2F%2Fbibliotecavirtual.dgb.umich.mx%3A8083%2Fjspui%2Fbitstream%2F123456789%2F693%2F1%2FIMPORTANCIADELCONTEODECELULASSOMATICAENLACALIDADDELALECHE.pdf&ei=4T4ST9igIorXtwfQhZyXAw&usq=AFQjCNGsliGxg2FMkzitDBjTEZmZxjAug&cad=rja), consultado: 13/01/2012.
  
- HERNÁNDEZ, Juan, y BEDOLLA, José Luís, *Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche* (Importance of the somatic cells count in the quality of milk), REDVET: 2008, Vol. IX, N° 9, disponible: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf>, consultado 09/02/2012.
  
- HERNÁNDEZ, Juan, *Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche*, 2007, disponible: <http://66.147.240.184/~ganader1//articulos/?seccion=ver&categoria=otros&nda=otr007>, consultado: 17/10/2011.
  
- HERNÁNDEZ, Juan, *Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche*, 2010, disponible: <http://66.147.240.184/~ganader1//articulos/?seccion=ver&categoria=otros&nda=otr007>, consultado: 17/10/2011.
  
- HERNÁNDEZ, Juan, *Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche*, REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. IX, núm. 9, agosto, 2008, pp. 1-34, Veterinaria Organización, Málaga, España, disponible: [redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/636/63617329004.pdf](http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/636/63617329004.pdf), consultado: 14/01/2012.
  
- HERNÁNDEZ, Robier, *Lactación. Síntesis y secreción de la leche*, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), San José de las Lajas, La Habana. Cuba, disponible: <http://www.monografias.com/trabajos34/lactacion/lactacion.shtml>, consultado: 30/11/2011.
  
- INAMHI, 2008, disponible: <http://www.inamhi.gov.ec/html/anuarios.htm>, consultado: diciembre/2011.

- INFOCARNE, *Mastitis: Prevención y detección*, s.f., disponible: [http://www.infocarne.com/bovino/mastitis\\_prevencion.asp](http://www.infocarne.com/bovino/mastitis_prevencion.asp), consultado: 10/02/2012.
- INFOCENTRO, *Cayambe Olmedo*, 2011, disponible: <http://infocentros.gob.ec/cayambeolmedo/nosotros.php>, consultado: diciembre/2011.
- INFOSTAT, *Software estadístico*, Facultad de Ciencias Agropecuaria, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, disponible: <http://www.infostat.com.ar/>, consultado: 24/10/2011.
- JIMENEZ, Antonio, *Streptococcus uberis*, Un nuevo reto, s.f., disponible: <http://es.scribd.com/doc/7862430/18-Streptococcus-Uberis>, consultado: 16/02/2012.
- LOOR, Juan, y otros, *Aspectos básicos sobre el desarrollo de mastitis*, 2000, disponible: <http://www.a-campo.com.ar/espanol/bovinos/bovinos13.htm>, consultado: 13-10-2011.
- MELLENERBERGER Roger y , *Hoja de Información de la Prueba de Mastitis California (CMT)*, Depto. de Ciencia Animal, Universidad del Estado de Michigan y ROTH, Carol, Depto. de Ciencia Lechera, Universidad de Wisconsin-Madison Abril, 2000, Traducido por RIVERA, Humberto, Depto. de Ciencia Lechera, Universidad de Wisconsin-Madison, 2004, disponible: <http://www.uwex.edu/milkquality/PDF/CMT%20spanish.pdf>, consultado: 17/07/2011.
- MONTILLA, Lina, *Evaluación de tres métodos de detección de mastitis y determinación de los agentes patógenos asociados en ganado Hartón del Valle y Lucerna*, 2009, disponible: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5095/>, consultado: 14/09/10.
- NOVOA, Roberto, Universidad Agraria de la Habana, “Fructuoso Rodríguez Pérez” Facultad de Medicina Veterinaria, tesis, *Evaluación epizootiológica y económica de la mastitis bovina en rebaños lecheros especializados de la provincia de Cienfuegos*, 2003, disponible: <http://www.agrisave.com/biblioteca/otros/MASTITIS%20BOVINA.pdf>, consultado: 10/02/2012.
- PÉREZ, Miguel, y otros., *La Video-Microscopía automática como método de recuento de células somáticas de alta precisión.*, s.f., disponible en: <http://es.scribd.com/doc/7862206/17-Video-Microscopia> consultado: 10/05/2011.
- PÉREZ, Miguel y otros, *Luces y sombras del RCS en el diagnóstico de mastitis, Este novedoso artículo presenta, apoyado en un gran número de datos, la incertidumbre instrumental del valor del recuento de células somáticas (RCS) en el diagnóstico de la mastitis...*, Revista electrónica Albeitar, Una leche de calidad, 2006, disponible: [albeitar.grupoasis.com/bibliografias/101.pdf](http://albeitar.grupoasis.com/bibliografias/101.pdf), consultado 11/03/2011.

- PERIAGO, Jesús, Tema 2: *Higiene, Inspección y Control de calidad de la leche*, Universidad de Murcia, s.f., consultado: [ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicar-1/tema-2.pdf](http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicar-1/tema-2.pdf), consultado: 28/11/2011.
  
- POTTÍ, Daniel, *Materias Primas: Leche: Minerales y vitaminas que se encuentran en la leche*, 2007, disponible: <http://www.mundohelado.com/materiasprimas/leche/laleche-vitaminas.htm>, consultado: 13/04/2012.
  
- REY, José, y otros, *Conductividad de la leche en robots de ordeño, En este estudio se buscó la correlación entre los recuentos de células somáticas y los datos de conductividad eléctrica medidos con conductímetros manuales o automáticos*, Revista electrónica Albeitar, Una leche de calidad, 2006, disponible: [albeitar.grupoasis.com/bibliografias/101.pdf](http://albeitar.grupoasis.com/bibliografias/101.pdf), consultado 11/03/2011.
  
- ROBLES, Daniel, *Modelos Estadísticos*, Escuela Posgrado - Ciclo I, Maestría: Ingeniería de Sistemas y Computo, Universidad "Inca Garcilaso de la Vega", Lima; Perú, disponible: <http://www.monografias.com/trabajos30/regresion-multiple/regresion-multiple.shtml>, consultado: 19/07/2011.
  
- SALINAS, Mauricio, *Modelos de Regresión y Correlación, Correlación de Spearman*, 2007, disponible: <http://www.cienciaytrabajo.cl/pdfs/25/pagina%20143.pdf>, consultado: 18/07/2011.
  
- S.a., *Estadística Descriptiva*,.....  
[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001065/html/un1/cont\\_25.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001065/html/un1/cont_25.html)
  
- WATTIAUX, Michel, *Composición de la leche y valor nutricional*, Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Esenciales. Lecheras. Universidad de Wisconsin-Madison, s.f., Disponible: [babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de\\_19.es.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_19.es.pdf), consultado: 06/12/10.
  
- WOLTER, W., y otros, *La mastitis*, Instituto Estatal de Investigaciones de Hesse, Universidad de Guadalajara, s.f., disponible: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2002/912/pdf/p020003.pdf>, consultado: 17/10/2011.
  
- ZAMBNRANO, William, y PINHO, Antonio, *Evaluación de la glándula mamaria, y Composición química de la leche en vacas primíparas mestizas lecheras en el parto hasta el quinto mes de lactación*, Revista Científica, año 2008, vol. XVIII, numero 005, Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela, pp. 562-569, disponible: [redalyc.uaemex.mx/pdf/959/95918506.pdf](http://redalyc.uaemex.mx/pdf/959/95918506.pdf), consultado: 10/01/2012.

### 13. ANEXOS

Anexo No. 1. Lista de usuarios/ haciendas, y sus respectivas fechas de muestreo.

USUARIO/VOLUNTARIO	No.	FECHA:	NOMBRE / ANIMAL
BOLIVAR ALVACURA	Vacas	07/09/2011	
	1	07/09/2011	LLUVIA
	2	07/09/2011	GABIOTA
	3	07/09/2011	HUMBERTA
	4	07/09/2011	ESTRELLA
	5	07/09/2011	DANESA
	6	07/09/2011	LA 21
	7	07/09/2011	VITA
	8	07/09/2011	CARLA
	9	07/09/2011	FLACA4
	10	07/09/2011	FLACA3
	11	07/09/2011	FLACA1
HERNAN COLCHA	1	11/09/2011	MORENA
	2	11/09/2011	ZARUMA
	3	11/09/2011	BLANCA
	4	11/09/2011	PAMELA
	5	11/09/2011	PIRULINA
Sr. GUACAN			
	1	12/09/2011	PEPITA
	2	12/09/2011	CAMILA
	3	12/09/2011	MONA
	4	12/09/2011	ZOILA
	5	12/09/2011	MORENA
	6	12/09/2011	LORENZA
SILVIA ESCOLA			
	1	15/09/2011	SINDIA
	2	15/09/2011	ROSA
	3	15/09/2011	PANCHA
	4	15/09/2011	CIELA
	5	15/09/2011	BLANCA
	6	15/09/2011	CHISMOSA
	7	15/09/2011	SAFIRA
GASPAR ALBAMOCHA			
	1	04/10/2011	FARMACIA
	2	04/10/2011	MORENA
	2	04/10/2011	DOMINGA
	4	04/10/2011	NACHITA
ROSA COLCHA			
	1	04/10/2011	LUCILA

LUIS ESCOLA			
	1	05/10/2011	CARETA
	2	05/10/2011	BELLA
	3	05/10/2011	PINTADA
LUIS QUIMBIAMBA			
	1	23/10/2011	CANELA
	2	23/10/2011	MORENA
	3	23/10/2011	DOMINGA
	4	23/10/2011	ESPERANZA
Hada. LA ALEGRIA	32	07/12/2011	VACAS PRODUCCION EN
Hada. SAN CARLOS	30	15/12/2011	VACAS PRODUCCION EN
	10	16/12/2011	VACAS PRODUCCION EN
	11	20/12/2011	VACAS PRODUCCION EN

Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

Anexo No. 2. Cuadro general y base de datos para el cálculo.

# MUEST RAS	COD./ Exam.	COD./animal.	CMT	mS/cm	CCS/1000/ml
			X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y
1	83013	(V001)21	2 (+)	5,76	96
2	83014	(V002)LLUVIA	1 (T)	4,95	78
3	83015	(V003)GAVIOTA	0 (N)	5,36	43
4	83016	(V004)VITA	0 (N)	5,44	14
5	83017	(V005)ESTRELLA	3(++)	5,81	698
6	83018	(V006)DANEZA	0 (N)	4,98	8
7	83019	(V007)HUMBERTA	0 (N)	5,15	8
8	83020	(V008)CARLA	1 (T)	5,67	71
9	83021	(V009)FLACA	3(++)	5,99	458
10	83022	(V010)FLACA3	2 (+)	5,48	189
11	83023	(V011) FLACA1	3(++)	6,96	1127
12	83024	(V012) MORENA	0 (N)	5,09	7
13	83025	(V013)BLANCAH	0 (N)	5,52	9
14	83026	(V014)PAMELA	0 (N)	4,92	20
15	83027	(V015)PIRULINAH	1 (T)	5,24	92
16	83028	(V016)PEPITAH	1 (T)	5,35	68
17	83030	(V017)SARUMA	3(++)	5,62	524
18	83034	(V018)CAMILA	0 (N)	5,13	1
19	83033	(V019)MONA	1 (T)	5,04	55
20	83032	(V020)ZOILA	1 (T)	4,75	110

21	83031	(V021)MORENA	<b>1 (T)</b>	5,66	51
22	83029	(V022)LORENZA	<b>0 (N)</b>	5,72	11
23	83035	(V023)SINDIA	<b>0 (N)</b>	5,61	17
24	83036	(V024)CIELA	<b>0 (N)</b>	6,34	11
25	83037	(V025)SAFIRA	<b>1 (T)</b>	4,92	64
26	83038	(V026)BLANCA	<b>0 (N)</b>	5,67	12
27	83039	(V027)CHISMOSA	<b>3 (++)</b>	6,04	1198
28	83040	(V028)PANCHA	<b>2(+)</b>	5,41	170
29	83041	(V029)ROSA	<b>2 (+)</b>	6,26	231
30	83042	(V030)FARMACIA	<b>3 (++)</b>	6,09	181
31	83043	(V031)MORENA	<b>0 (N)</b>	6,12	12
32	83044	(V032)NACHITA	<b>0 (N)</b>	5,70	8
33	83045	(V033)DOMINGA	<b>0 (N)</b>	6,34	7
34	83046	(V034)LUCILA	<b>0 (N)</b>	5,63	45
35	83047	(V035)CARETA	<b>0 (N)</b>	5,92	7
36	83048	(V036)PINTADA	<b>0 (N)</b>	5,30	20
37	83049	(V037)BELLA	<b>3 (++)</b>	6,41	707
38	83050	(V038)CANELA	<b>3 (++)</b>	4,90	360
39	83051	(V039)MORENA	<b>0 (N)</b>	6,00	7
40	83052	(V040)DOMINGA	<b>1 (T)</b>	5,09	64
41	83053	(V041)EZPERANZA	<b>0 (N)</b>	5,68	25
42	83056	HORTELANA(VO44)	<b>4 (+++)</b>	6,42	580
43	83057	AMELIA(VO45)	<b>0 (N)</b>	5,60	14
44	83058	PATRICIA(VO46)	<b>1 (T)</b>	6,09	127
45	83059	SALOME(VO47)	<b>4 (+++)</b>	6,20	4299
46	83060	CALEÑA(VO48)	<b>1 (T)</b>	5,48	293
47	83061	UNICA(VO49)	<b>1 (T)</b>	6,22	70
48	83062	ROMANA(VO50)	<b>4 (+++)</b>	7,19	2367
49	83063	PAQUITA(VO51)	<b>0 (N)</b>	6,14	9
50	83064	NESTLE(VO52)	<b>3 (++)</b>	5,66	114
51	83065	NICOL(VO53)	<b>3 (++)</b>	5,48	596
52	83066	DINAMARCA(VO54)	<b>4 (+++)</b>	7,74	2177
53	83067	INGLESA(VO55)	<b>0 (N)</b>	5,49	12
54	83068	JULIA(VO56)	<b>2 (+)</b>	6,38	188
55	83069	CARTAGENA(VO57)	<b>1 (T)</b>	6,57	135
56	83070	HOLANDEZA(VO58)	<b>0 (N)</b>	5,27	54
57	83071	DANIELA(VO59)	<b>1 (T)</b>	6,37	66
58	83072	NATALIA(VO60)	<b>2 (+)</b>	5,21	112
59	83073	ALTEZA(VO61)	<b>1 (T)</b>	6,21	63
60	83074	PACA1(VO62)	<b>0 (N)</b>	5,38	61
61	83075	CAMILA(VO63)	<b>1 (T)</b>	6,87	203
62	83076	CARLA(VO64)	<b>2 (+)</b>	5,72	541
63	83077	ZULETA(VO65)	<b>0 (N)</b>	5,64	13



64	83078	CANOA(VO66)	<b>0 (N)</b>	6,17	73
65	83079	GITANA(VO67)	<b>2 (+)</b>	6,59	282
66	83080	UVA(VO68)	<b>0 (N)</b>	5,54	45
67	83081	MONTAÑA(VO69)	<b>1 (T)</b>	5,67	154
68	83082	AMADA(VO70)	<b>0 (N)</b>	5,36	63
69	83083	CEBADA(VO71)	<b>3 (++)</b>	6,97	466
70	83084	JOSEFINA(VO72)	<b>0 (N)</b>	5,59	19
71	83085	ROMANA 1T.(VO73)	<b>4 (+++)</b>	7,35	3639
72	83086	SALOME1T.(VO74)	<b>4 (+++)</b>	7,71	3143
73	83087	PACA2(V075)	<b>3 (++)</b>	6,47	609
74	83056	(V076) FLORENCIA	<b>2 (+)</b>	5,86	394
75	83057	(V077) NADINE	<b>2 (+)</b>	5,10	210
76	83058	(V078) LISA	<b>0 (N)</b>	5,85	11
77	83059	(V079) CASCADA	<b>0 (N)</b>	5,43	25
78	83060	(V080) BELEN	<b>2 (+)</b>	6,39	36
79	83061	(V081) LINASA	<b>0 (N)</b>	4,98	26
80	83062	(V082) PINOL	<b>1 (T)</b>	5,55	111
81	83063	(V083) BANDA	<b>0 (N)</b>	4,56	44
82	83064	(V084) SOGA	<b>3 (++)</b>	5,69	308
83	83065	(V085) TORONJA	<b>0 (N)</b>	5,09	172
84	83066	(V086) JODIDA	<b>2 (+)</b>	5,55	182
85	83067	(V087) TRAGO	<b>1 (T)</b>	5,76	70
86	83068	(V088) ESMERALDA	<b>2 (+)</b>	5,68	228
87	83069	(V089) CHORRERA	<b>0 (N)</b>	5,35	55
88	83070	(V090) GRACIA	<b>1 (T)</b>	5,90	65
89	83071	(V091) BORRACHA	<b>0 (N)</b>	5,48	31
90	83072	(V092) CHARCO	<b>0 (N)</b>	4,96	58
91	83073	(V093) TAPA	<b>0 (N)</b>	5,16	7
92	83074	(V094) LAGUNA	<b>2 (+)</b>	5,96	130
93	83075	(V095) ACACIA	<b>0 (N)</b>	5,45	33
94	83076	(V096) AZUL	<b>0 (N)</b>	6,01	23
95	83077	(V097) FABIOLA	<b>0 (N)</b>	5,09	42
96	83078	(V098) EUROPEA	<b>2 (+)</b>	5,53	601
97	83079	(V099) JAMON	<b>0 (N)</b>	4,92	18
98	83056	(V0100) COLADA	<b>4 (+++)</b>	8,77	3596
99	89453	(V0101) EVA	<b>0 (N)</b>	5,41	5
100	89454	(V0102) CRUZ	<b>3 (++)</b>	5,86	600
101	89455	(V0103) ALMENDRA	<b>1 (T)</b>	4,93	106
102	89456	(V0104) ACEITUNA	<b>2 (+)</b>	5,23	63
103	89457	(V0105) GOLOSA	<b>3 (++)</b>	5,75	416
104	89458	(V0106) ANTENA	<b>3 (++)</b>	5,87	720
105	89459	(V0107) CASTAÑA	<b>0 (N)</b>	5,38	32
106	89460	(V0108) DULCE	<b>1 (T)</b>	5,95	68

107	89461	(V0109) MAZORCA	4 (+++)	5,64	2758
108	89462	(V0110) DIAMANTE	3 (++)	5,02	326
109	89463	(V0111) MANGO	0 (N)	5,31	27
110	89464	(V0112) CHICLE	4 (+++)	6,32	1170
111	89465	(V0113) KATALINA	3 (++)	5,41	262
112	89466	(V0114) CARETA	0 (N)	5,28	17
113	89467	(V0116) TRAPITO	3 (++)	7,22	609
114	89468	(V0117) ISABEL	2 (+)	5,28	492
115	89469	(V0118) EVANO	0 (N)	4,82	20
116	89470	(V0119) MORADA	1 (T)	5,43	107
117	89471	(V0120) MOROCHA	0 (N)	5,43	25
118	89472	(V0121) TOMATE	3 (++)	6,38	1464
119	89473	(V0122) LUNA	4 (+++)	7,05	2023
120	89474	(V0123) SORDA	0 (N)	4,62	186
121	89475	(V0124) PORFIADA	1 (T)	5,48	146
122	89476	(V0125) SOMBRA	2 (+)	5,58	327
123	89477	(V0126) VIRUTA	0 (N)	5,54	44
124	89478	(V0127) FUEGO	0 (N)	5,52	18

Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

### Anexo No. 3. Transformación de células somáticas en numeración lineal

<b>TRANSFORMACIÓN DEL NÚMERO CELULAR EN SCS</b>							
CCS/100 0/ml	LSCS	CCS/1000/ ml	LSCS	CCS/1000/ ml	LSCS	CCS/1000/ ml	LSCS
96	2,94	541	5,44	11	-0,14	172	3,78
78	2,64	13	0,02	17	0,44	182	3,86
43	1,78	73	2,54	11	-0,14	70	2,48
14	0,20	282	4,50	64	2,35	228	4,19
698	5,80	45	1,86	12	-0,06	55	2,13
8	-0,64	154	3,63	1198	6,58	65	2,37
8	-0,58	63	2,33	170	3,77	31	1,31
71	2,51	466	5,22	231	4,21	58	2,21
458	5,20	19	0,58	181	3,85	7	-0,84
189	3,92	3639	8,19	12	-0,10	130	3,38
1127	6,49	3143	7,97	8	-0,64	33	1,39
7	-0,91	609	5,61	7	-0,91	23	0,86
9	-0,53	394	4,98	45	1,85	42	1,75
20	0,65	210	4,07	7	-0,84	601	5,59
92	2,87	11	-0,18	20	0,68	18	0,55
68	2,44	25	0,98	707	5,82	3596	8,17
524	5,39	36	1,53	360	4,85	5	-1,23
1	-3,23	26	1,04	7	-0,84	600	5,58

55	2,14	111	3,15	64	2,36	106	3,08
110	3,13	44	1,82	25	1,02	63	2,34
51	2,03	308	4,62	580	5,54	416	5,06
12	-0,10	492	5,30	14	0,20	720	5,85
188	3,91	20	0,65	127	3,34	32	1,34
135	3,44	107	3,10	4299	8,43	68	2,44
54	2,10	25	0,98	293	4,55	2758	7,79
66	2,41	1464	6,87	70	2,49	326	4,70
112	3,16	2023	7,34	2367	7,57	27	1,09
63	2,33	186	3,89	9	-0,47	1170	6,55
61	2,29	146	3,55	114	3,18	262	4,39
203	4,02	327	4,71	596	5,58	17	0,42
18	0,55	44	1,80	2177	7,44	609	5,61

Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

Anexo No. 4. Tabla general de los análisis de los métodos y sus respectivos números de partos y meses de lactancias.

Cód./animal.	CMT	CE/mS/cm	CCS/1000/ml	No. Partos	Mese/ Lactancia
(V001)21	2	5,76	96	1	2
(V002)LLUVIA	2	4,95	78	4	0,5
(V003)GAVIOTA	0	5,36	43	1	4
(V004)VITA	0	5,44	14	1	7
(V005)ESTRELLA	3	5,81	698	1	5
(V006)DANEZA	0	4,98	8	1	5
(V007)HUMBERTA	0	5,15	8	2	4
(V008)CARLA	1	5,67	71	4	8
(V009)FLACA 4	3	5,99	458	4	2
(V010)FLACA3	2	5,48	189	4	2
(V011) FLACA1	3	6,96	1127	4	2
(V012) MORENA	0	5,09	7	1	8
(V013)BLANCAH	0	5,52	9	2	1
(V014)PAMELA	0	4,92	20	1	7
(V015)PIRULINAH	1	5,24	92	2	1
(V016)PEPITAH	1	5,35	68	7	7
(V022)LORENZA	0	5,72	11	5	5
(V017)SARUMA	3	5,62	524	2	6
(V021)MORENA	1	5,66	51	8	8
(V020)ZOILA	1	4,75	110	2	5
(V019)MONA	1	5,04	55	3	5
(V018)CAMILA	0	5,13	1	1	4
(V023)SINDIA	0	5,61	17	3	6
(V024)CIELA	0	6,34	11	1	6

(V025)SAFIRA	<b>1</b>	4,92	64	2	0,25
(V026)BLANCA	0	5,67	12	5	0,5
(V027)CHISMOSA	<b>3</b>	6,04	1198	3	6
(V028)PANCHA	<b>2</b>	5,41	170	3	5
(V029)ROSA	<b>2</b>	6,26	231	2	7
(V030)FARMACIA	<b>2</b>	6,09	181	3	3
(V031)MORENA	0	6,12	12	1	7
(V032)NACHITA	0	5,70	8	1	8
(V033)DOMINGA	<b>0</b>	6,34	7	2	4
(V034)LUCILA	0	5,63	45	1	0,5
(V035)CARETA	0	5,92	7	1	6
(V036)PINTADA	<b>0</b>	5,30	20	3	5
(V037)BELLA	<b>3</b>	6,41	707	3	9
(V038)CANELA	3	4,90	360	4	9
(V039)MORENA	0	6,00	7	1	3
(V040)DOMINGA	<b>1</b>	5,09	64	3	9
(V041)EZPERANZA	<b>0</b>	5,68	25	3	12
(V0100) COLADA	4	8,77	3596	5	4
(V076) FLORENCIA	2	5,86	394	6	5
HORTELANA(VO44)	3	6,42	580	9	6,0
(V077) NADINE	2	5,10	210	1	3
AMELIA(VO45)	0	5,60	14	1	0,25
(V078) LISA	0	5,85	11	4	4
PATRICIA(VO46)	1	6,09	127	5	3
SALOME(VO47)	4	6,20	4299	1	7
(V079) CASCADA	0	5,43	25	6	5
CALEÑA(VO48)	1	5,48	293	1	8
(V080) BELEN	2	6,39	36	7	4
(V081) LINASA	0	4,98	26	1	3
UNICA(VO49)	1	6,22	70	1	9
(V082) PINOL	<b>1</b>	5,55	111	3	5
ROMANA(VO50)	4	7,19	2367	4	4
PAQUITA(VO51)	0	6,14	9	1	6
(V083) BANDA	0	4,56	44	4	7
NESTLE(VO52)	3	5,66	114	2	0,25
(V084) SOGA	3	5,69	308	6	3
(V085) TORONJA	0	5,09	172	1	5
NICOL(VO53)	3	5,48	596	5	0,25
(V086) JODIDA	<b>2</b>	5,55	182	3	2
DINAMARCA(VO54)	4	7,74	2177	2	10
(V087) TRAGO	1	5,76	70	1	5
INGLESA(VO55)	0	5,49	12	1	7
JULIA(VO56)	2	6,38	188	3	2

(V088) ESMERALDA	2	5,68	228	4	7
(V089) CHORRERA	0	5,35	55	1	3
CARTAGENA(VO57)	1	6,57	135	2	9
HOLANDEZA(VO58)	0	5,27	54	1	7
(V090) GRACIA	<b>1</b>	5,90	65	3	2
(V091) BORRACHA	<b>0</b>	5,48	31	2	8
DANIELA(VO59)	1	6,37	66	4	5
(V092) CHARCO	0	4,96	58	1	2
NATALIA(VO60)	2	5,21	112	4	0,30
(V093) TAPA	0	5,16	7	4	2
ALTEZA(VO61)	1	6,21	63	4	5
(V094) LAGUNA	<b>2</b>	5,96	130	3	8
PACA1(VO62)	0	5,38	61	8	6,0
(V095) ACACIA	0	5,45	33	1	1
CAMILA(VO63)	1	6,87	203	5	0,15
(V096) AZUL	0	6,01	23	1	4
CARLA(VO64)	2	5,72	541	3	0,3
ZULETA(VO65)	0	5,64	13	2	3
(V097) FABIOLA	0	5,09	42	7	3
CANOA(VO66)	0	6,17	73	1	9
(V098) EUROPEA	2	5,53	601	4	1
(V099) JAMON	0	4,92	18	1	5
GITANA(VO67)	2	6,59	282	3	6
UVA(VO68)	0	5,54	45	4	5
MONTAÑA(VO69)	1	5,67	154	1	6
AMADA(VO70)	0	5,36	63	1	0,3
CEBADA(VO71)	1	6,97	466	1	10
JOSEFINA(VO72)	0	5,59	19	1	1
PACA2(V075)	3	6,47	609	8	6,0
(V0101) EVA	<b>0</b>	5,41	5	3	3
(V0102) CRUZ	3	5,86	600	5	6
(V0103)ALMENDRA	1	4,93	106	5	4
(V0104) ACEITUNA	2	5,23	63	4	4
(V0105) GOLOSA	3	5,75	416	5	5
(V0106) ANTENA	<b>3</b>	5,87	720	3	4
(V0107) CASTAÑA	0	5,38	32	1	4
(V0108) DULCE	<b>1</b>	5,95	68	2	5
(V0109) MAZORCA	<b>4</b>	5,64	2758	3	4
(V0110) DIAMANTE	<b>3</b>	5,02	326	3	2
(V0111) MANGO	0	5,31	27	1	4
(V0112) CHICLE	<b>4</b>	6,32	1170	3	6
(V0113) KATALINA	<b>3</b>	5,41	262	3	9
(V0114) CARETA	<b>0</b>	5,28	17	3	3

(V0116) TRAPITO	<b>3</b>	7,22	609	2	4
(V0117) ISABEL	2	5,28	492	4	3
(V0118) EVANO	0	4,82	20	1	2
(V0119) MORADA	<b>1</b>	5,43	107	3	2
(V0120) MOROCHA	0	5,43	25	4	4
(V0121) TOMATE	3	6,38	1464	4	5
(V0122) LUNA	4	7,05	2023	6	10
(V0123) SORDA	0	4,62	186	1	4
(V0124) PORFIADA	<b>1</b>	5,48	146	3	3
(V0125) SOMBRA	2	5,58	327	4	5
(V0126) VIRUTA	<b>0</b>	5,54	44	3	4
(V0127) FUEGO	0	5,52	18	5	6

Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

#### Anexo No. 5. Cuadro base de datos, análisis de NaCl.

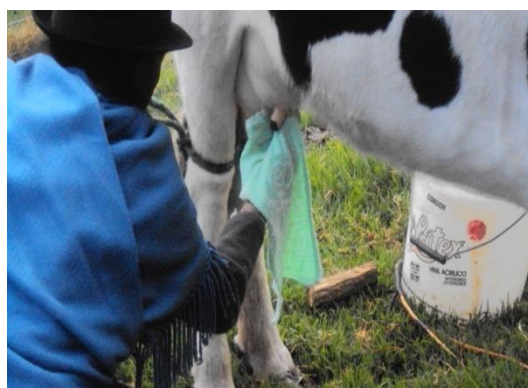
<b>COD. /ANIMAL</b>	<b>CE/mS/cm</b>	<b>lect1</b>	<b>lect2</b>	<b>%NaCl</b>
HORTELANA(VO44)	6,42	5,0	5,0	0,29
AMELIA(VO45)	5,60	4,0	4,0	0,23
PATRICIA(VO46)	6,09	4,3	4,3	0,25
SALOME(VO47)	6,20	5,0	5,0	0,29
CALEÑA(VO48)	5,48	4,1	4,1	0,24
UNICA(VO49)	6,22	5,3	5,3	0,31
ROMANA(VO50)	7,19	6,0	6,0	0,35
PAQUITA(VO51)	6,14	4,1	4,1	0,24
NESTLE(VO52)	5,66	4,3	4,3	0,25
NICOL(VO53)	5,48	3,6	3,6	0,21
DINAMARCA(VO54)	7,74	7,0	7,0	0,41
INGLESA(VO55)	5,49	4,0	4,0	0,23
JULIA(VO56)	6,38	5,6	5,6	0,33
CARTAGENA(VO57)	6,57	5,6	5,6	0,33
HOLANDEZA(VO58)	5,27	3,8	3,8	0,22
DANIELA(VO59)	6,37	4,7	4,7	0,27
NATALIA(VO60)	5,21	3,3	3,3	0,19
ALTEZA(VO61)	6,21	4,8	4,8	0,28
PACA1(VO62)	5,38	3,6	3,6	0,21
CAMILA(VO63)	6,87	5,0	5,0	0,29
CARLA(VO64)	5,72	4,0	4,0	0,23
ZULETA(VO65)	5,64	3,8	3,8	0,22
CANOA(VO66)	6,17	5,0	5,0	0,29
GITANA(VO67)	6,59	6,0	6,0	0,35
UVA(VO68)	5,54	4,0	4,0	0,23
MONTAÑA(VO69)	5,67	4,0	4,0	0,23
AMADA(VO70)	5,36	3,5	3,5	0,20

CEBADA(V071)	6,97	6,6	6,6	0,39
JOSEFINA(V072)	5,59	4,0	4,0	0,23
ROMANA 1T.(V073)	7,35	6,6	6,6	0,39
SALOME 1T.(V074)	7,71	7,1	7,1	0,42
PACA2(V075)	6,47	5,5	5,5	0,32
(V076) FLORENCIA	5,86	4,7	4,7	0,28
(V077) NADINE	5,10	3,6	3,6	0,21
(V078) LISA	5,85	4,3	4,3	0,25
(V079) CASCADA	5,43	4,1	4,1	0,24
(V080) BELEN	6,39	6,1	6,1	0,36
(V081) LINASA	4,98	3,3	3,3	0,19
(V082) PINOL	5,55	4,5	4,5	0,26
(V083) BANDA	4,56	4,1	4,1	0,24
(V084) SOGA	5,69	5	5	0,29
(V085) TORONJA	5,09	3,3	3,3	0,19
(V086) JODIDA	5,55	3,9	3,9	0,23
(V087) TRAGO	5,76	4,7	4,7	0,27
(V088) ESMERALDA	5,68	4,4	4,4	0,26
(V089) CHORRERA	5,35	3,6	3,6	0,21
(V090) GRACIA	5,90	5	5	0,29
(V091) BORRACHA	5,48	4,5	4,5	0,26
(V092) CHARCO	4,96	3,2	3,2	0,19
(V093) TAPA	5,16	4	4	0,23
(V094) LAGUNA	5,96	5,1	5,1	0,3
(V095) ACACIA	5,45	4	4	0,23
(V096) AZUL	6,01	4,6	4,6	0,27
(V097) FABIOLA	5,09	4,1	4,1	0,24
(V098) EUROPEA	5,53	4,1	4,1	0,24
(V099) JAMON	4,92	3,4	3,4	0,2
(V0100) COLADA	8,77	8	8	0,47
(V0101) EVA	5,41	3,7	3,7	0,22
(V0102) CRUZ	5,86	5	5	0,29
(V0103)ALMENDRA	4,93	3,6	3,6	0,21
(V0104) ACEITUNA	5,23	4	4	0,23
(V0105) GOLOSA	5,75	4,6	4,6	0,27
(V0106) ANTENA	5,87	4,6	4,6	0,27
(V0107) CASTAÑA	5,38	3,5	3,5	0,2
(V0108) DULCE	5,95	5,7	5,7	0,33
(V0109) MAZORCA	5,64	5,1	5,1	0,3
(V0110) DIAMANTE	5,02	3,6	3,6	0,21
(V0111) MANGO	5,31	3,7	3,7	0,22
(V0112) CHICLE	6,32	5,5	5,5	0,32
(V0113) KATALINA	5,41	4,4	4,4	0,26
(V0114) CARETA	5,28	4	4	0,23
(V0116) TRAPITO	7,22	7	7	0,41

(V0117) ISABEL	5,28	4	4	0,23
(V0118) EVANO	4,82	3,3	3,3	0,19
(V0119) MORADA	5,43	4,05	4	0,24
(V0120) MOROCHA	5,43	4,3	4,3	0,25
(V0121) TOMATE	6,38	5,4	5,4	0,32
(V0122) LUNA	7,05	7,3	7,3	0,43
(V0123) SORDA	4,62	3,4	3,4	0,2
(V0124) PORFIADA	5,48	4,4	4,4	0,26
(V0125) SOMBRA	5,58	5	5	0,29
(V0126) VIRUTA	5,54	4,4	4,4	0,26
(V0127) FUEGO	5,52	4,6	4,6	0,27

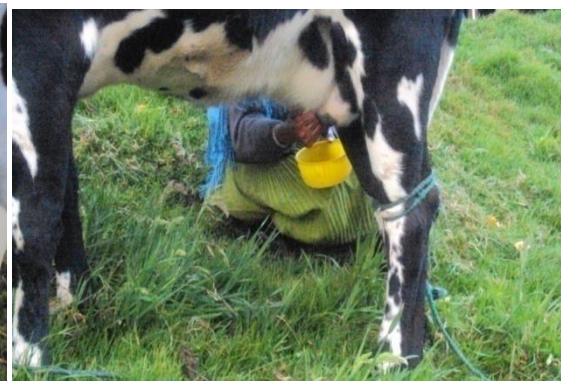
Fuente: La Investigación.  
Elaborado por: El Autor.

Anexo No. 6. Fotografías del proceso tomas de muestras en Atac-quepa.



(1)

Fuente: La Investigación.



(2)

Fuente: La Investigación.

Fotos 1 y 2. Limpieza y despunte respectivamente.



(4)

Fuente: La Investigación.



(5)

Fuente: La Investigación





(5)

Fuente: La Investigación.



(6)

Fuente: La Investigación.

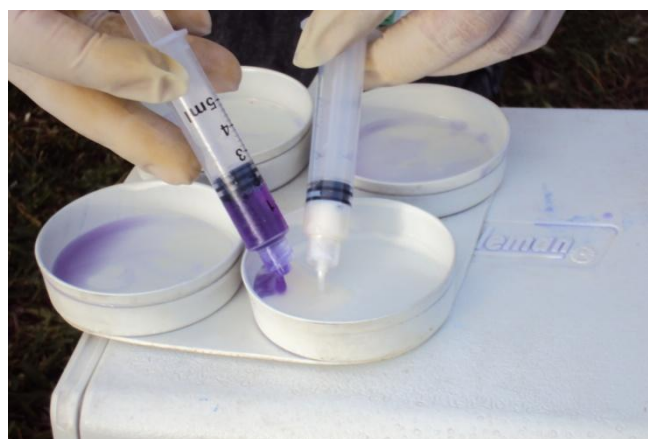
Fotos 3 a la 6. Ordeño de 3 - 4 chorros de cada teta.



(7)

Fuente: La Investigación.

Foto 7. Toma de la muestra.



(8)

Fuente: La Investigación.

Foto 8. Prueba CMT en campo.

Anexo No. 7. Fotografías del proceso tomas de muestras en las haciendas.



(9)

Fuente: La Investigación



(10)

Fuente: La Investigación.

Foto 9 y 10. Pre sellado.



(11)

Fuente: La Investigación.

Foto 11. Espera de 30 segundos para la limpieza.



(12)

Fuente: La Investigación.



(13)

Fuente: La Investigación.

Foto 12 y 13. Limpieza.



(14)

Fuente: La Investigación.



(15)

Fuente: La Investigación.

Foto 14 y 15. Luego del despunte, ordeño de 3-4 chorros para toma de las muestras.



(16)

Fuente: La Investigación.



(17)

Fuente: La Investigación.

Foto 16 y 17. Enfriamiento de las muestras.

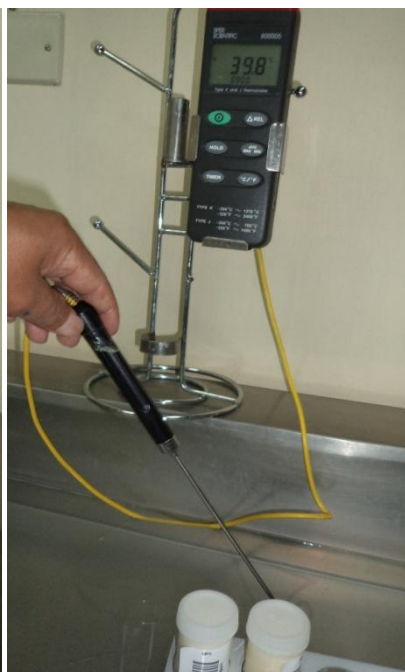


Anexo 8. Fotos de análisis de las muestras.



(18)

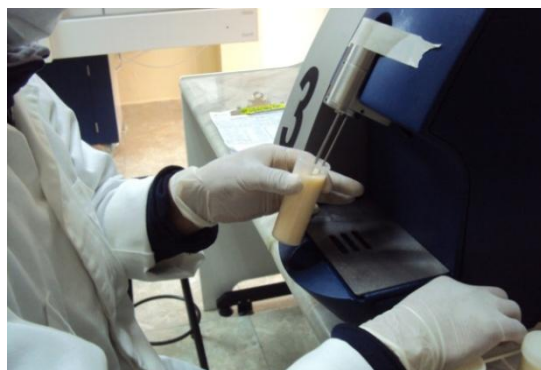
Fuente: La Investigación.



(19)

Fuente: La Investigación.

Fotos 18 y 19. Control de temperatura de baño maría en el calentamiento de las muestras.



(20)

Fuente: La Investigación.



(21)

Fuente: La Investigación.

Fotos 20 y 21. Análisis de CCS en fossomatic minor.



(22)

Fuente: La Investigación.

Foto 22. Control de temperatura para medir la CE.



(23)

Fuente: La Investigación.

Foto 23. Midiendo la CE.



(24)

Fuente: La Investigación.



(25)

Fuente: La Investigación.

Fotos 24 y 25. Limpieza con agua destilada después de cada medida de la CE.

Anexo No. 9. Fotografías de la prueba CMT.



(26)

Fuente: La Investigación.



(27)

Fuente: La Investigación.

Fotos 26 y 27. Reacción positiva al CMT.



(28)

Fuente: La Investigación.



(29)

Fuente: La Investigación.

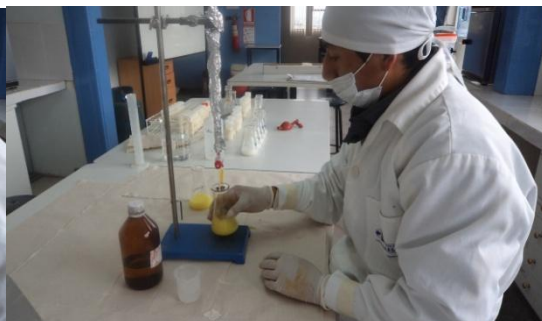
Fotos 28 y 29. Reacción positiva (+++); cae de la paleta como huevo frito (28); se pega en la paleta como especie de gelatina (29).

Anexo No. 10. Fotografías de la prueba NaCl.



(30)

Fuente: La Investigación.



(31)

Fuente: La Investigación.

Fotos. 30 y 31. Titulación

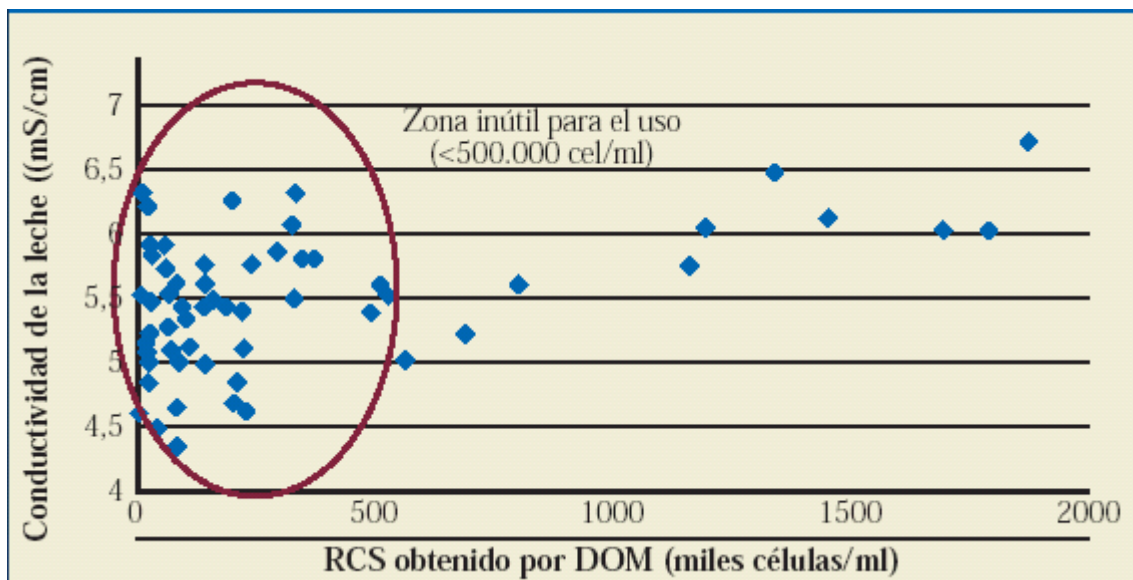


(32)

Fuente: La Investigación.

Foto 32. Diferencia de colores en la titulación.

Anexo No. 11. Gráfico de un estudio realizado por Pérez y otros en el 2006.



Fuente: Pérez et al. (2006)

GRÁFICO Anexo 11. Conductividad medida con un puente de alta precisión Hewlett-packard hp42841a y el sensor para líquidos hp16452a, Frente al CCS obtenido con el método de referencia de la FIL-IDF. Este gráfico tiene similitud con el reportado en este estudio.



Anexo No. 12. Resumen de datos extras de los usuarios encuestados de los diferentes sistemas de producción.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	ATAC-QUEPA (usuarios muestreados)	HACIENDA LA ALEGRÍA	HACIENDA SAN CARLOS
NÚMERO DE ANIMALES	2 a 9	51	32
TIPO DE ORDEÑO	manual	Mecánico	Mecánico
ALIMENTACIÓN	pasto natural muy poco cultivado	mezcla forrajera 100% cultivado	mezcla forrajera 100% cultivado
	sobre alimento 1lb/animal	1kg/vaca/sobrealimento	sobre alimento y sales minerales
RAZA	criolla	mestiza predomina Holstein	mestiza predomina Holstein
LITROS/DIA/VACA Promedio	8	19	17
Tiempo que ha tratado la mastitis	2% de los muestreados	no durante el último año	no durante el último año
Frecuencia que realiza CMT	100% de los muestreados no realizan	hace 2 meses (hasta la fecha del muestreo)	hace 8 meses (hasta la fecha del muestreo)
Datos proporcionados por el usuario al momento de la colecta de la muestras			

Elaborado por: El Autor.  
Fuente: La Investigación.



Anexo No. 13. Cuadro similar al reportado en este estudio.

<i>Linear Score (LS)</i>	<i>SCC (cél/ml x1000)</i>	<i>Diagnóstico</i>	<i>Pérdida de producción (l/día)</i>
0	0 – 19	ANIMAL SANO	0
1	19 – 36		0
2	36 – 72		0
3	72 – 142		0,7
4	142 – 284		1,4
5	284 – 566	2,1	
6	566 – 1131	ANIMAL ENFERMO	2,8
7	1131 – 2263		3,5
8	2263 – 4524		4,2
9	Más de 4524		4,9

Fuente: PÉREZ et al, 2006.

CUADRO Anexo 13. Este cuadro reportado por Pérez y otros (2006), tiene una gran similitud por el reportado en este estudio, donde hasta 72.000 células/ml teóricamente el animal está sano y no hay pérdida de producción.

Anexo No. 14. Correlación por rangos de Spearman con Infostat en los tres métodos en estudio.

a) CCS vs. CMT

**Coefficientes de correlación**

Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades

	Rx CCS	Ry CMT
Rx CCS	1,00	0,90
Ry CMT	0,90	1,00

b) CCS vs. CE

**Coefficientes de correlación**

Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades

	Rx	Ry
Rx	1,00	1,4E-06
Ry	0,43	1,00

c) CMT vs. CE

**Coefficientes de correlación**

*Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades*

	Rx	Ry
Rx	1,00	8,9E-09
Ry	0,52	1,00

Fuente: La Investigación.

Elaborado por: El Autor.

Anexo No. 15. Correlación de Pearson en Infostat.

**Coefficientes de correlación**

*Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades*

	CMT	mS/cm	CCS/1000/ml
CMT	1,00	2,1E-11	0,00
mS/cm	0,56	1,00	0,00
CCS/1000/ml	0,71	0,62	1,00

Fuente: La Investigación.

Elaborado por: El Autor.