



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



## **Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo**



**Título: Evaluación de la calidad higiénico-sanitaria de la leche en dos  
vaquerías con diferentes condiciones de producción**

**Autor: Andy Cepero Oropesa**

**Tutores: MV. Aymara Valdivia Avila Dra C.  
MV. José Vega Alfonso Ms.C**

**Julio, 2019**

**"Do what you can, with what you have, where you are".**

**Theodore Roosevelt**

**Declaración de Autoridad**

Declaro que yo, Andy Cepero Oropesa soy el único autor de este Trabajo de Diploma, lo cual autorizo a la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo con la finalidad que estime pertinente.

---

Firma

**DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a mis padres por exigirme y enseñarme en todo momento hasta forjarme y llevarme a ser la persona que soy hoy. A mi hermano Joel por ser mi inspiración de lucha y perseverancia ante los momentos difíciles, a mi familia que está presente en todo momento preocupándose y ayudándome en todo.

A mis vecinos que aunque no sean familia de sangre si lo son de corazón, a mi hermanito más pequeño que espero que le sirva de inspiración para su vida, a Malena y familia por su ayuda y apoyo en todos nuestros años viviendo juntos, a todas esas personas que de una manera u otra se esforzaron y me ayudaron de alguna manera y a mis amigos que no por últimos menos importantes ustedes saben que sin su apoyo me hubiera sido muy difícil llegar hasta aquí.

A mis abuelos, no presentes en vida se lo dedico a ustedes que me hicieron ser fuerte, trabajador, que me enseñaron tantas cosas y aunque no lo puedan hoy ver quiero que sepan que esto es gracias a ustedes también.

.

## **AGRADECIMIENTOS**

A toda mi familia por su inmenso amor, apoyo y fe en mí.

A mis tutores Aymara y Pepe por apoyarme en esta trayectoria tan difícil.

A todos los profesores con los que compartí durante la carrera de alguna manera.

A mis compañeros y amigos, en especial a todos esos que me apoyaron en todo momento motivándome para seguir adelante y no detenerme ante los problemas.

A mis abuelos que hoy no están aquí conmigo, pero se alegrarían mucho de saber que he logrado mi mayor objetivo.

A todas las personas que de una manera u otra estuvieron involucradas en todo este trabajo.

A todas las personas que me enseñaron el camino correcto y me alentaron a seguirlo, gracias a ustedes y a sus esfuerzos mis objetivos fueron claros en todo momento ayudándome a no detenerme hasta lograr estar hoy aquí.

Gracias a todos esos que sin mencionarles el nombre saben que son de los que estoy hablando.

**Opinión del tutor**

El trabajo de diploma “Evaluación de la calidad higiénico-sanitaria de la leche en dos vaquerías con diferentes condiciones de producción”, es fruto del esfuerzo y la dedicación del diplomante Andy Cepero Oropesa.

Esta investigación se realizó para dar respuesta a una demanda formulada por una de las empresas agropecuarias más productivas de esta región. Los resultados y las conclusiones a las cuales se arribaron al finalizar el plan experimental se analizaron en el consejo de dirección de esta entidad y contribuyeron a esclarecer las causas que provocan el deterioro de la calidad higiénico-sanitaria de la leche producida en la misma.

Durante la ejecución del trabajo experimental el estudiante mostró un alto sentido de la responsabilidad, asumiendo con seriedad las tareas que debía realizar. Se distinguió por su creatividad y entusiasmo para resolver las dificultades que se presentaron. En la etapa de redacción del documento mostró independencia y destreza para analizar los resultados y arribar a conclusiones y recomendaciones acertadas, lo que permitió que culminara con calidad y alto rigor científico su trabajo de diploma.

-----

Dra. C. Aymara Valdivia Avila

-----

MSc. José Vega Alfonso

Tutores: \_\_\_\_\_

**Abreviaturas:**

Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

Federación Panamericana de Lechería (FEPALE)

Tiempo de Reducción del Azul de Metileno (TRAM)

Ministerio de la Agricultura (MINAG)

Especie (*sp*)

Prueba de california (CMT)

Grados Celsius (°C)

Minutos (Min)

Hora (h)

Norma Cubana (NC)

Desviación estándar (DS)

Empresa de Combinado Industrial Lácteo (ECIL)

Vigente (vig)

**RESUMEN**

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar los factores que influyen en la calidad higiénico-sanitaria de la leche producida en dos vaquerías, de una empresa pecuaria, con diferentes condiciones de producción y almacenamiento. Para ello se realizó una encuesta para determinar las necesidades de capacitación de los trabajadores de la empresa en la temática de calidad higiénico-sanitaria de la leche y se evaluó la influencia de las condiciones de obtención y almacenamiento de la leche existente en las vaquerías sobre la calidad higiénico-sanitaria de este producto. Para valorar la calidad de la leche se realizaron las siguientes determinaciones: densidad, acidez, prueba de california para el diagnóstico de la mastitis, prueba de sedimentación, porcentaje de grasa de la leche y prueba del tiempo de reducción del azul de metileno (según las normas cubanas). Los resultados de la encuesta mostraron que existen diferencias en los conocimientos y la preparación de los obreros de la empresa. La evaluación de la cinética de calidad de la leche en las dos vaquerías permitió comprobar que estos indicadores dependen de los recursos humanos y de las condiciones tecnológicas y productivas con las que cuenta cada unidad. La vaquería 1 obtuvo una leche de menor calidad y el TRAM resultó el indicador que mostró mayores variaciones en las 24 h de duración del experimento.

## SUMMARY

The objective of this study was to determine the factors that affect the hygienic-

sanitary quality of the milk, produced in two dairy farms, of a livestock company, with different production and storage conditions. For this purpose, a survey was carried out to determine the training needs of the company's workers in the field of hygienic-sanitary quality of milk, and the influence of the conditions for obtaining and storing the existing milk in the dairy farms was assessed hygienic-sanitary quality of this product. To assess the quality of the milk, the following determinations were made: density, acidity, California's test for the diagnosis of mastitis, sedimentation test, percent of milk fat and test of the methylene blue reduction time (according to the Cuban rules). The results of the survey showed that there are differences in the knowledge and preparation of the workers of the company. The evaluation of milk quality kinetics in the two dairy farms made it possible to verify that these indicators depend on the human resources and the technological and productive conditions of each unit. The dairy 1 obtained a milk of lower quality and the TRAM was the indicator showed greater variations in the 24 h duration of the experiment.

## **ÍNDICE**

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Problema científico	2
1.2. Hipótesis	2
1.3. Objetivo General	2
1.4. Objetivos Específicos	2
<b>2. Revisión bibliográfica</b>	<b>3</b>
2.1 La producción de leche en Cuba. Recuento histórico	3
2.1.2 <i>Situación actual del sector lácteo nacional</i>	5
2.2 Caracterización físico-química y microbiológica de la leche de vaca	5
2.2.1. Caracterización físico-química de la leche	5
2.2.2. Caracterización microbiológica de la leche	8
2.2.3. Principales indicadores físico-químicos y microbiológicos que influyen en la calidad de la leche	9
2.3. Calidad de la leche	11
2.4. Factores que influyen en la calidad higiénico-sanitaria de la leche	13
<b>3. Materiales y métodos</b>	<b>16</b>
3.1. Caracterización de las vaquerías	16
3.1.2. Inspecciones realizadas a las unidades	18
3.2. Evaluación de la cinética de calidad de la leche en las dos vaquerías estudiadas	18
3.2.1 Procedimiento para la toma de muestras de leche del tanque de cada vaquería.	19
3.3. Determinaciones analíticas realizadas.	19
3.3.1 Determinación de la densidad de la leche	19
3.3.2 Determinación de la acidez	20
3.3.3 Prueba de california para el diagnóstico de la mastitis	20
3.3.4 Prueba de reducción del azul de metileno (TRAM)	22
3.3.5 Prueba de sedimentación	23
3.3.6 Determinación del % de grasa de la leche	24
3.3.7 Determinación de los sólidos totales	25
3.4 Procesamiento estadístico	25
<b>4. Resultados y discusión</b>	<b>26</b>
4.1 Resultados obtenidos del procesamiento de la encuesta	26

4.2 Evaluación de la cinética de calidad de la leche en dos vaquerías con diferentes condiciones de producción.	27
<b>5. Conclusiones</b>	<b>38</b>
<b>6. Recomendaciones</b>	<b>39</b>
<b>7. Referencias bibliográficas</b>	<b>40</b>
<b>8. Anexos</b>	<b>47</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Los productos lácteos se encuentran entre los alimentos más consumidos por la población mundial. La leche de vaca se considera un componente esencial en la dieta de sectores priorizados para la sociedad cubana como los niños, los ancianos y los enfermos.

La leche contiene abundantes componentes bioactivos que promueven distintos procesos fisiológicos in vivo (Křížová *et al*, 2016). Se conoce que su consumo contribuye al crecimiento del ser humano, su alto contenido de calcio favorece la formación de dientes y huesos y las proteínas que posee contribuyen a la formación de los músculos (González, 2015).

En Cuba los productos lácteos tienen cuatro destinos principales para su comercialización: la canasta básica, el consumo social (instituciones de salud, escuelas, círculos infantiles, comedores obreros), las cadenas de tiendas y el turismo (Martínez *et al.*, 2017). Por lo que alcanzar niveles productivos que satisfagan la alta demanda de leche y lograr adecuados parámetros de calidad higiénico-sanitaria de la misma que garanticen su inocuidad, constituyen importantes retos para productores y comercializadores.

Los indicadores de calidad higiénica sanitaria de la leche pueden afectarse por numerosos factores como: el manejo, la alimentación, la sanidad de los rebaños lecheros y las condiciones de transporte conservación y manipulación de este producto hasta su llegada a las plantas de procesamiento.

Los numerosos riesgos a los que se expone la leche, así como su fácil contaminación con agentes que pueden dañar la salud humana, sugieren la necesidad de que en cada unidad de producción se realicen diagnósticos que permitan identificar los factores que puedan afectar su calidad e inocuidad. Esta labor también facilitará desarrollar acciones encaminadas a ofrecer un producto con mayor calidad y seguridad a los consumidores.

El análisis de lo anteriormente planteado permite formular el siguiente problema científico para esta investigación:

### **1.1. Problema científico**

En las condiciones actuales de producción de leche en Cuba la calidad higiénico-sanitaria de este producto enfrenta numerosos riesgos. Es necesario realizar diagnósticos en las vaquerías que permitan determinar los principales factores que afectan estos indicadores para lograr tomar medidas que garanticen la seguridad e inocuidad de los productos lácteos que se ofertan a la población.

### **1.2. Hipótesis**

La realización de diagnósticos en vaquerías con diferentes condiciones de producción, permitirá determinar los principales factores que contribuyen al deterioro de la calidad higiénico –sanitaria de la leche en una empresa pecuaria.

### **1.3. Objetivo General**

Determinar los factores que influyen en la calidad higiénico-sanitaria de la leche producida en dos vaquerías de una empresa pecuaria con diferentes condiciones de producción y almacenamiento de este producto.

### **1.4. Objetivos específicos**

- Determinar las necesidades de capacitación en la temática de calidad higiénico-sanitaria de la leche de los trabajadores de una empresa pecuaria.
- Evaluar la influencia de las condiciones de obtención y almacenamiento de la leche sobre la calidad higiénico-sanitaria de este producto en dos vaquerías de una empresa pecuaria.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. La producción de leche en Cuba. Recuento histórico

El surgimiento de la ganadería en Cuba se inicia con la llegada de los colonizadores españoles, los cuales trajeron ganado mayor y menor de Europa, que fue soltado libremente en todo el territorio nacional. Favorecido por el clima y la abundancia de pastos naturales, el ganado vacuno se reprodujo a un ritmo mayor que la apropiación y estabilización de las haciendas pecuarias, desarrollo que en aquellos primeros tiempos estuvo con frecuencia interrumpido por la extrema movilidad de los colonos, ansiosos de nuevas conquistas en el continente (Aguilar *et al.*, 2004).

Pacheco *et al.* (2017) plantean que, con el auge de la producción azucarera en Cuba, algunos de los grandes ingenios de la parte oriental también se dedicaron a la actividad ganadera. Los mismos importaban animales de raza para los programas de cruzamiento, por lo que sirvieron como centros de mejoramiento genético para el ganado de las regiones cercanas. En esa época se privilegiaba la producción de carne; la leche ocupaba un lugar secundario y por lo general era obtenida de rebaños de carne, alimentados básicamente con pastos.

Estos autores consideran que hasta 1959 la explotación de ganado vacuno se encontraba bajo un sistema de cría extensivo, basado en pastos naturales, como las jiribillas, pitillas y camagüeyanas; generalmente con bajos índices productivos y nutritivos. Las labores de manejo y administración de potreros solo se circunscribían a las chapeas anuales para la eliminación de malezas autóctonas o introducidas después, como el marabú y otras leñosas indeseables. Las áreas en explotación ganadera no se preparaban.

La producción lechera en Cuba alcanzó su verdadero despegue a partir del triunfo de la Revolución, donde el concurso de numerosas instituciones científicas y docentes dentro y fuera del Ministerio de La Agricultura contribuyeron al desarrollo de una verdadera ganadería lechera tropical, unido a los progresos que a la par han desarrollado La Unión de Empresas Lácteas Cubanas, el Ministerio de la Industria Alimenticia y sus instituciones de

investigación desarrollo ,aún a pesar de las grandes limitaciones de los últimos años y las difíciles circunstancias en las que se desenvuelve la cadena productiva de leche en Cuba (Hernández *et al.*,2009) .

La transformación de la ganadería cubana a partir de una población eminentemente cebuana y de pequeños núcleos lecheros aislados, hacia una ganadería cuyos niveles productivos puedan satisfacer las necesidades crecientes de consumo de leche por los humanos, fue uno de los principales objetivos económicos y sociales en Cuba desde inicios de los años 60. (Uffo *et al.*, 2014).

Desde 1959, se propició el desarrollo de una ganadería lechera que tenía como subproducto la carne; para ello se creó una estructura de grandes empresas estatales que agrupaban más del 75 % de los animales en lecherías con 120-280 vacas, ordeño mecanizado, manejo de pastos artificiales, así como una fuerte industria de procesamiento. La ganadería estatal representaba el 80 % del total nacional y estaba organizada en 106 empresas especializadas; sin embargo, el modelo altamente dependiente de insumos generó importantes resultados hasta finales de la década del 80 cuando se logró un consumo per cápita de 150 litros de leche por habitantes (Martínez *et al.*, 2017).

La desaparición del Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME), encabezado por la Unión Soviética y donde Cuba se veía favorecida, así como el fortalecimiento del bloqueo económico de Estados Unidos a la Isla cambiaron drásticamente las condiciones de producción (Martínez *et al.*, 2017).

Este colectivo de autores considera que desde inicios de la década del 90 hasta la actualidad se ha transformado la lechería cubana a sistemas de explotación de bajos insumos, donde la alimentación se basa en pastos, forrajes y un mínimo de suplementos. El mayor efecto de ese periodo fue el cambio en la tenencia del ganado del sector estatal al cooperativo y campesino con la producción de pequeños volúmenes (campesinos con menos de 10 vacas). Unido a esto, la pérdida de la capacidad de refrigeración, con la que se

logra cubrir solo el 15 % de las unidades lecheras, generó múltiples problemas en el sector lácteo nacional.

### **2.1.2 Situación actual del sector lácteo nacional**

En el año 2014 en Cuba existían más de 4 millones de cabezas de ganado mayor y en el año 2015 se produjeron 390 millones de litros de leche, que ascendieron a 425 millones al siguiente año, lo cual significó un incremento del 12 por ciento. A pesar de ello, la intensa sequía de los primeros 8 meses del 2017 y otras afectaciones como las del huracán Irma, ocasionaron un atraso en las entregas a la industria láctea de 10 millones de litros (Cabrera, 2017).

Cuba cuenta con una población ganadera alrededor de dos millones de cabezas de ganado bovinos, 63 mil búfalos y 1,8 millones de cabras. Existen alrededor de 228 mil propietarios privados y cooperativos, de los cuales solo el 30 % tiene entre 11-20 vacas, con un aporte de menos del 40 % del volumen de leche. Según el Ministerio de la Agricultura (MINAG), en el año 2015 la producción de leche fue de 380 millones de litros, lo que permitió cubrir aproximadamente el 50 % de la demanda nacional. Estos volúmenes de producción son insuficientes para cubrir los niveles productivos, por lo que es necesario importar grandes cantidades de productos lácteos. Todos los años se importan entre 35000 y 45000 toneladas de leche en polvo, con un costo que oscila entre 100 y 150 millones de dólares, según los precios del mercado internacional (Martínez *et al.*, 2017).

## **2.2. Caracterización físico-química y microbiológica de la leche de vaca**

### **2.2.1 La leche y su composición físico-química**

La leche de vaca es un alimento de primera necesidad, de gran demanda por su alto valor nutricional que se refleja en sus componentes. Es considerada un alimento básico en la dieta de niños, ancianos, enfermos y en general de toda la población (Agudelo *et al.*, 2005). Posee una composición compleja, es de color blanco y opaco, de sabor dulce y tiene un pH aproximadamente neutro (Ballard y Morrow, 2013). Se considera la materia prima universal para el procesamiento de una amplia gama de productos manufacturados utilizados en

la alimentación humana dado su alto contenido de grasa y proteínas (Brousett *et al.*, 2015).

Se plantea que la leche es una compleja mezcla de distintas sustancias, presentes en suspensión o emulsión y otras en forma de solución verdadera y contiene compuestos definidos como: agua, grasa, proteína, lactosa, vitaminas, minerales; a los cuales se les denomina extracto seco o sólidos totales. La composición promedio de la leche de vaca según (Fernández *et al.*, 2010) se representa en la tabla 1.

**Tabla 1.** Composición promedio de la leche de vaca por cada 1000 g de leche (Fernández *et al.*, 2010).

<b>Componentes</b>	<b>Valor (g)</b>
<b>Agua</b>	880
<b>Lactosa</b>	46
<b>Grasa</b>	36
Triglicéridos	35
Fosfolípidos	0,5
Esteroles, carotenos, tocoferoles	0,5
<b>Sustancias nitrogenadas</b>	32
Caseína	26
Proteínas séricas	4,5
Sustancias nitrogenadas no proteicas	1,5
<b>Sustancias minerales</b>	7
<b>Ácidos orgánicos (g)</b>	1,5

La secreción láctea contiene vitaminas como la A, D, E, K, B1, B2, B6, B12, C, carotenos, nicotinamida, biotina, ácido fólico, su concentración está sujeta a grandes oscilaciones. Específicamente el calostro posee una extraordinaria riqueza vitamínica, contiene de 5 a 7 veces más vitamina C y de 3 a 5 veces más de B2, D y E que la leche normal. Sobre este parámetro también influyen la época del año, el ambiente y la alimentación; este último factor repercute

especialmente en los carotenos y en la vitamina A como consecuencia de la abundante ingestión de carotenos cuando la alimentación tiene como base los forrajes (Agudelo y Bedolla, 2005).

Según Fernández *et al.* (2010) el conocimiento de las propiedades físico-químicas de la leche es útil para valorar sus alteraciones y verificar si se encuentra adulterada. En la tabla 2 se recogen los parámetros físico-químicos y microbiológicos aceptables que debe poseer la leche de vaca según diferentes autores.

**Tabla 2.** Parámetros físico-químicos que debe poseer la leche de vaca.

Requisito	Valor normal	Referencias
<b>Grasa</b>	3-3,5 (%)	(Roberts, 2007; Gallego <i>et al.</i> , 2017).
<b>Proteínas totales (g/100g)</b>	2,9 (mínimo)	(Roberts, 2007)
<b>Densidad (15°C g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,028-1,033	(Inga, 2017)
<b>Acidez (g de ácido láctico/100 mL)</b>	0,13-0,18	(Roberts, 2007 y Fernández <i>et al.</i> , 2010).
<b>Extracto seco no graso (g/100g)</b>	8,2 (mínimo)	(Roberts, 2007)
<b>Descenso crioscópico (m °C)</b>	-512 (máximo)	(Roberts, 2007)
<b>Prueba de alcohol</b>	No coagulable	(Fernández <i>et al.</i> , 2010).
<b>Prueba de ebullición</b>	Estable	(Roberts, 2007)
<b>Sólidos totales</b>	11,4 %	(Fernández <i>et al.</i> , 2010)
<b>Tiempo de Reducción del azul de metileno</b>	4 h (mínimo)	(Fernández <i>et al.</i> , 2010)
<b>Sustancias conservadoras y cualquier otra sustancia extraña a su naturaleza</b>	Ausencia	(Fernández <i>et al.</i> , 2010)

Sobre la composición de la leche influyen varios factores tales como la genética, la raza, el medio ambiente que se le brinde al animal (Mestawet *et al.*,

2012) y la alimentación (Křížová *et al.*, 2016 y Khan *et al.*, 2019). Las modificaciones en las dietas que se les suministran a los animales repercuten en las características de los productos que de ellos se obtienen (Mahgoub *et al.*, 2013).

### 2.2.2. Caracterización microbiológica de la leche

La calidad microbiológica de la leche se contempla dentro de los aspectos legales para la comercialización de este producto. Se admite un contenido no mayor de 100000 unidades formadoras de colonias por mL (UFC.mL<sup>-1</sup>) y como máximo un número de coliformes de 1000 UFC.mL<sup>-1</sup> (Astiz, 2010 y Fernández *et al.*, 2010).

La leche procedente de vacas sanas es prácticamente estéril contaminándose levemente al pasar por el canal del pezón. La elevación en el recuento bacteriológico de este producto suele estar causada por bacterias ambientales (Astiz, 2010).

Los microorganismos pueden contaminar la leche siguiendo dos vías: la mamaria y el medio externo. Por la vía mamaria alcanzan la ubre y pueden contaminar su secreción antes o después del ordeño, por la vía ascendente la leche se contamina por bacterias que se adhieren a la piel de la ubre y posterior al ordeño entran a través del esfínter del pezón (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* sp. y coliformes). La vía descendente o hematogena la utilizan los microorganismos que pueden causar enfermedades sistémicas o tienen la propiedad de movilizarse por la sangre a través de los capilares mamaros llegando a infectar la ubre (*Salmonella* sp., *Brucella* sp., *Mycobacterium tuberculosis*). En el caso de la contaminación por la vía del medio externo influyen las malas prácticas de ordeño (Brousett *et al.*, 2015).

Los conteos bacterianos altos en leche afectan su calidad y aceptación por el consumidor. Incluso organismos no patógenos pueden alterar la calidad de la leche pasteurizada o descremada en polvo, crema y queso (Álvarez *et al.*, 2012). La evaluación microbiológica de la leche se puede realizar por varios métodos como el recuento de microorganismos aerobios mesófilos (Martínez y

Gómez, 2013) y el Tiempo de Reducción del Azul de Metileno (TRAM) (Artica, 2016).

### **2.2.3. Principales indicadores físico-químicos y microbiológicos que determinan la calidad higiénico-sanitaria de la leche**

La leche debe cumplir con las características físicas, microbiológicas e higiénicas establecidas. Dentro de las cuales se encuentra la densidad, el índice crioscópico, el índice de refracción, la acidez titulable, la materia grasa, los sólidos no grasos, el número de leucocitos, los microorganismos patógenos, la presencia de sustancias inhibidoras, entre otros. (González *et al.*, 2010).

#### **Grasa**

La grasa y la proteína son los dos componentes sólidos utilizados mundialmente para determinar el valor de la leche, ya que son los compuestos que realmente tienen valor para la industria (FAO-FEPALE, 2012).

La grasa láctea se sintetiza en su inmensa mayoría en las células secretoras de la glándula mamaria y constituye cerca del 3% de la leche; se encuentra en forma de partículas emulsionadas o suspendidas en pequeños glóbulos microscópicos, cuyos diámetros pueden variar de 0,1 a 0,22 micrones (Agudelo y Bedolla, 2005). Está compuesta aproximadamente por 70 % de ácidos grasos saturados, 26 % de ácidos grasos monoinsaturados, y 4 % de ácidos grasos poliinsaturados (Jensen, 2002).

El contenido de grasa puede variar debido a factores como la raza y la alimentación. Se afecta por el estado sanitario de la ubre, disminuye significativamente cuando se presentan procesos inflamatorios o infecciosos (Agudelo y Bedolla, 2005).

#### **Acidez**

La acidez de la leche permite apreciar el grado de deterioro que han causado los microorganismos lácticos en este producto. Este parámetro indica el cuidado, la higiene y la conservación con la que se ha obtenido el mismo (Fernández *et al.*, 2010).

La acidez expresada como ácido láctico debe estar comprendida en el rango de 0.13 a 0.18 g ácido láctico/100mL (Mercado *et al.*, 2014). La leche tiende acidificarse cuando queda expuesta en un recipiente durante un tiempo prolongado sin refrigeración (Brousett *et al.*, 2015). Los valores menores de 0,15% pueden deberse a leches mastíticas, aguadas o adulteradas con algún producto químico alcalinizante (Artica, 2016).

### **Densidad**

El valor de la densidad cambia de acuerdo con la concentración de los elementos de la leche que se encuentran en suspensión (sólidos no grasos) ya que la misma está relacionada con la mezcla de sus componentes: agua, grasa, proteínas, lactosa, minerales y sólidos no grasos (Inga, 2017). La densidad de la leche a una temperatura de 15°C varía entre 1.030 y 1.033 g/m (Mercado *et al.*, 2014).

Este valor disminuye proporcionalmente con el porcentaje de agua adicionado (Artica, 2016). El aguado provoca cambios en la calidad composicional y disminuye el valor nutritivo de la leche (Martínez *et al.*, 2015).

### **Sólidos de la leche**

El término “sólidos totales” se usa para indicar todos los componentes de la leche con exclusión del agua y el de “sólidos no grasos” cuando se excluye el agua y la grasa. El agua representa aproximadamente entre un 82% y un 82.5% de la leche, los sólidos totales alcanzan habitualmente la cifra de 12% hasta un 13% y los sólidos no grasos casi siempre están muy próximos al 9 %. (Agudelo *et al.*, 2005).

Los sólidos totales están conformados principalmente por lactosa, grasa, proteína y minerales. Cada uno de estos componentes se produce en mayor o menor proporción según una serie de variables, tanto internas como externas, al animal. Entre los factores más significativos que influyen en su contenido se encuentran: raza, dieta, salud ruminal, época del año, disponibilidad y calidad del pasto, producción de leche, etapa de lactancia y contenido de células somáticas (Saborío, 2011).

Los sólidos totales varían por múltiples factores como: la raza, el tipo de alimentación, el medio ambiente y el estado sanitario de la vaca entre otros. (Agudelo *et al.*, 2005). La presencia de mastitis también puede causar una disminución de este indicador (Saborío, 2011)

### Tiempo de reducción del azul de metileno

El ensayo de tiempo de reducción del azul de metileno, es un procedimiento simple que se utiliza para estimar la calidad bacteriológica de la leche (Artica, 2016). En Cuba los resultados de esta determinación se utilizan junto a los valores obtenidos en la grasa, la prueba de california y la densidad para establecer el precio de la leche (Martínez *et al.*, 2017). Se considera leche de buena calidad cuando posee un tiempo mínimo de reducción del azul de metileno de cuatro horas (González, 2015).

Si se tienen en cuenta los resultados obtenidos en el TRAM la leche puede clasificarse en una escala de buena a mala según (Artica, 2016).

**Tabla 3.** Clasificación de la leche de acuerdo a los resultados del TRAM (tomado de Artica, 2016).

<b>Resultados del Tiempo de Reducción del Azul de Metileno</b>	
<b>Tiempo en horas</b>	<b>Escala de calificación</b>
Más de cinco horas	Buena
Más de dos horas y media	Aceptable
Más de veinte minutos	Regular
Menos de veinte minutos	Malo

### 2.3. Calidad de la leche

Casado y García (1985), indican que la calidad higiénica de la leche debe contemplar tres aspectos diferentes; higiene química, microbiana y estética. La higiene química consiste en la ausencia de contaminación por antibióticos, antisépticos, pesticidas, sustancias químicas indeseables y de todo fenómeno

de lipólisis y proteólisis. La higiene microbiana que contempla el mantenimiento dentro de los límites razonables de la población de microorganismos, tanto en cantidad como en la naturaleza de las especies existentes y la higiene estética que se refiere a la ausencia de impurezas físicas y la presencia de color, olor y gusto de leche normal.

Según Ponce (2003) la calidad comprende el conjunto de las características de un producto cualquiera que influye en su capacidad para satisfacer necesidades expresadas o implícitas. En el caso de la leche es el conjunto de características y atributos de la misma en relación con el nivel de exigencia de los clientes y debe considerar tres aspectos básicos:

1. Mínimo contenido de bacterias saprofitas o contaminantes y ausencia de microorganismos patógenos.
2. Ausencia de residuos de medicamentos y de otros contaminantes.
3. Adecuada composición y características físico-químicas.

La leche constituye un excelente medio de cultivo para determinados organismos, sobre todo para las bacterias mesófilas y, dentro de éstas, las patógenas, cuya multiplicación depende principalmente de la temperatura y de la presencia de otros microorganismos competitivos. Estos contaminantes pueden deteriorar sus características físico-químicas y organolépticas, que limitan la durabilidad de este producto y sus derivados, además de provocar problemas económicos y de salud pública (Barrera, 2012).

La leche y los derivados lácteos se encuentran entre los alimentos más consumidos por las poblaciones de la mayoría de las naciones del mundo, sobre todo por sectores vulnerables como los niños, los enfermos y los ancianos. Dadas las características altamente nutritivas de este alimento rico en proteínas, minerales, vitaminas y grasas, es necesario mantener una vigilancia especial sobre su calidad e inocuidad (Muehlhoff *et al.*, 2013).

Mercado *et al.* (2014) define los conceptos de leche adulterada y leche alterada como:

#### **Leche adulterada**

- Aquella a la que se le han sustraído parte de los elementos constituyentes, reemplazándolos o no por otras sustancias.
- Que haya sido adicionada con sustancias no autorizadas.
- Que por deficiencias en su inocuidad y calidad normal hayan sido disimuladas u ocultadas en forma fraudulenta sus condiciones originales.

### **Leche alterada**

- Aquella que ha sufrido deterioro en sus características microbiológicas, fisicoquímicas y organolépticas o en su valor nutritivo, por causa de agentes físico-químicos o biológicos, naturales o artificiales.

La calidad de la leche es un aspecto fundamental en la competitividad de la ganadería vacuna lechera. Para garantizar su consumo, debe estar exenta de microorganismos, agentes patógenos y sustancias tóxicas como los pesticidas (Brousett *et al.*, 2015).

## **2.4. Factores que influyen en la calidad higiénico-sanitaria de la leche**

Entre los factores que afectan la calidad de la leche el ordeñador desempeña un rol de vital importancia en el control de los niveles sanitarios de este producto. Este obrero debe asegurar que se mantenga un estado de pulcritud en las instalaciones y utensilios, que los animales estén limpios y en buen estado de salud, además de observar su propia higiene personal. (FAO, 1996).

Bodman y Rice (2000) y Fernández *et al.* (2010), señalan que para obtener leche de calidad se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: vacas, ambiente en que se desarrollan, bienestar animal, sistema de ordeño, las prácticas o procedimientos del ordeño y el almacenaje o sistema de enfriamiento de la leche.

La calidad de la leche cruda también puede deteriorarse debido a un manejo inadecuado de los utensilios de ordeño, transporte o adulteración (grasas, sales, agua, entre otros), lo que aumenta la carga bacteriana y propicia el desarrollo de propiedades indeseables de acidez, rancidez o agriado. (Álvarez *et al.*, 2012).

### **Enfriamiento y transporte de la leche**

González *et al.* (2010) le confieren una importancia especial al enfriamiento de la leche para mantener su calidad. Consideran que el producto extraído de la vaca debe llegar al local de almacenamiento (centro de acopio) con una carga microbiana que varíe entre 500 a 10 000 UFC·mL<sup>-1</sup> y debe enfriarse a 4 °C, dentro de las dos primeras horas después del ordeño. En los casos en que se utiliza el sistema de tanque de expansión, la temperatura de la leche mezclada no debe pasar los 10 °C y puede alcanzar un máximo de 4 °C en una hora. (Wallen *et al.*,2000) consideran que, si la leche se congela, la eficiencia de enfriamiento del tanque es reducida, la leche desarrolla sabores indeseables, el punto de congelación puede aumentar y se pueden obtener resultados equivocados de adulteración con agua.

Según González (2015) si la leche se obtiene en zonas cálidas requiere enfriamiento mecánico con cámaras frigoríficas o tanques enfriadores de leche, que además de contar con la unidad de refrigeración agiten la leche. Si se disponen de recursos económicos se puede invertir en un pre-enfriamiento rápido para acelerar el proceso. El enfriamiento después del ordeño debe ser inmediato y debe llegar lo antes posible a los 4 °C.

La acción de las proteasas es mayor a temperaturas de refrigeración y se favorece la solubilización de una parte de la caseína y del fosfato de calcio asociado a estas proteínas. Al mantener la leche durante 48h a 3-4 °C, del 10-20% del calcio y del 8-10% del fosfato pasan a la fase acuosa (Roberts, 2007).

El transporte de la leche puede realizarse en cantinas cuando los volúmenes son pequeños o en cisternas de mayor volumen. Se puede transportar sin enfriar si el traslado es de corta duración o enfriada si el traslado implica un largo tiempo de duración que afecte su estado. Su transporte puede ser individual o colectivo si se concentra en centros de acopio (González, 2015).

### **Mastitis**

La mastitis es una inflamación de la glándula mamaria y sus tejidos secretores, que reduce la producción del volumen de leche, altera su composición, su

sabor, además de elevar la carga bacteriana normal (Gasque, 2015). Este autor considera además que en concordancia con sus manifestaciones clínicas esta enfermedad puede clasificarse como clínica o subclínica. Gran número de trabajos realizados en Cuba, en la década del ochenta y en la última década, encontraron una prevalencia superior de mastitis subclínica con respecto a la mastitis clínica (Ruiz *et al.*, 2012).

Para diagnosticar la presencia de mastitis subclínica en los rebaños se utiliza la prueba de california (CMT) (Hidalgo, 2016). La presencia de células somáticas en la leche se considera un indicador para el diagnóstico de la enfermedad. Entre estas células se incluyen leucocitos, neutrófilos, macrófagos, linfocitos eritrocitos y células epiteliales. (Sharma *et al.*, 2011). La leche con elevado porcentaje de células somáticas producto a la mastitis reduce su valor para la industria de manufactura del queso, yogur y otros derivados con las consecuentes pérdidas económicas (Andrade *et al.*, 2017).

La mastitis puede cambiar sustancialmente las características propias de la leche (color, olor, aspecto y composición físico-química), lo que provoca el deterioro o reducción de su vida útil, (Hernández *et al.*, 2015). Además, entre los tratamientos que se aplican para curar esta enfermedad se incluye el uso de antibióticos, pero su presencia en la leche causa que la misma no sea apta para el consumo (Martínez *et al.*, 2011 y Andrade, 2017).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en dos vaquerías situadas en una empresa pecuaria perteneciente a las provincias occidentales del país. Se aplicó una encuesta a quince trabajadores, los cuales son una muestra representativa de la población (se calculó n) de una granja de la empresa con el objetivo de determinar sus necesidades de capacitación acerca de los factores que influyen en la calidad higiénica sanitaria de la leche.

La encuesta contó con seis preguntas (Anexo 1). Para su procesamiento se emplearon herramientas matemáticas simples.

### **3.1 Caracterización de las vaquerías**

Se realizó una caracterización de dos vaquerías de la empresa, en la cual se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: experiencia de personal que labora en las mismas, caracterización de los equipos de ordeño mecanizado que se emplean y evaluación de la higiene de los mismos. Estas valoraciones se realizaron a partir de los resultados que se obtuvieron en tres inspecciones sorpresivas a las unidades.

En las vaquerías estudiadas se realizan dos ordeños, en los horarios de las 4:00 am y 4:00 pm. Las vacas en ordeño son mestizas Holstein y Cebú.



Figura 1. Vacas de la vaquería 1

### Vaquería 1

Cuenta con un administrador y dos vaqueros, que no poseen experiencia previa en el trabajo ganadero, poseen como promedio menos de un año de experiencia en esta labor. El equipo de ordeño existente (modelo  $\alpha$ -Laval) tiene más de veinte años de explotación, aunque funciona con niveles de pulsaciones correctos (60 pulsaciones/minuto) y vacío adecuado (350mm/Hg). En las inspecciones realizadas se comprobó que sus pezoneras estaban porosas y la limpieza del mismo se evaluó de regular, no existía agua caliente para realizar esta labor. La leche se almacena desde el ordeño hasta su recogida en un tanque guarda que no está en buenas condiciones. La tapa no cierra herméticamente, la leche se conserva a una temperatura mayor de 16 °C y el agitador no funciona.



Figura 2. Tanque de guarda de la leche de la vaquería 1

### Vaquería 2

Cuenta con un administrador, un ordeñador y dos vaqueros. En este caso el administrador y el ordeñador se habían dedicado la mayor parte de su vida a trabajar como ordeñadores y los trabajadores tenían más de 15 años de experiencia en esta labor. El equipo de ordeño mecanizado existente (modelo De Laval) posee dos años de utilización, funciona con niveles adecuados de pulsaciones (60 pulsaciones/minuto) y vacío (350mm/Hg). Las pezoneras del mismo presentaron escasas porosidades. La higiene se evaluó de bien, se

cuenta con agua caliente para la limpieza. En el caso de esta unidad, se dispone de dos tanques de refrigeración, uno de ellos de repuesto en caso de tener que almacenar la leche de varios ordeños o que la producción de un ordeño sobrepase las cantidades que pueda almacenar el tanque principal. Ambos tanques mantienen la leche obtenida a una temperatura entre 4 y 5 °C, poseen reloj de temperatura, agitador y cierran herméticamente.



Figura 3. Tanques de guarda de la vaquería 2

### 3.1.2 Inspecciones realizadas a las unidades

Durante las inspecciones sorpresa realizadas a las unidades se realizaron observaciones donde se evaluó el estado higiénico del equipo de ordeño y la ejecución de la rutina de ordeño. En esta actividad se tuvieron en cuenta el orden de las operaciones que comprende la rutina de ordeño (despunte, lavado, ordeño y antisepsia final del pezón) y la calidad con que se realizaron cada una de ellas.

### 3.2 Evaluación de la cinética de calidad de la leche en las dos vaquerías estudiadas

La leche producida en cada vaquería se conservó en los tanques guarda de las mismas durante 24h. Se tomaron muestras de 500 mL de leche después de

efectuar el ordeño de la mañana en distintos intervalos de tiempo: 8:00am (0h), 10:30am (2,5h), 4:45pm (8,75h) y 8:00am (24h) del siguiente día. Estas muestras se trasladaron al laboratorio de la leche donde se hicieron los siguientes análisis: acidez, densidad, grasa, sólidos totales, tiempo de reducción del azul de metileno (TRAM), sedimentación y prueba de california para el diagnóstico de la mastitis. Se realizaron tres réplicas del experimento y cada determinación se realizó por triplicado en el laboratorio.

### **3.2.1 Procedimiento para la toma de muestras de leche del tanque de cada vaquería**

Previamente a la toma de la muestra los envases estériles se endulzaron con la leche almacenada en cada uno de los tanques. El traslado al laboratorio se realizó en frascos estériles con tapa de goma, en una nevera con hielo para mantener la temperatura entre 4 y 6 °C. Las muestras fueron procesadas inmediatamente después de su llegada.



Figura 4. Toma de muestra de leche en la vaquería 2

## **3.3 Determinaciones analíticas realizadas**

### **3.3.1 Determinación de la densidad de la leche**

La densidad se determinó según la Norma Cubana NC 119: 2006. Previamente se endulzó una probeta de 250 mL con una pequeña porción de leche de la muestra de ensayo. Posteriormente se añadió la muestra de leche hasta el enrase de la misma, se evitó la formación de espuma, mientras se transfirió la porción de ensayo. Se introdujo el termo lactodensímetro, sumergiéndolo suavemente sin que chocara con las paredes y se dejó flotar libremente hasta su completa estabilización. Finalmente se efectuó la lectura en grados

lactodensímetros, se anotó el punto en que el límite superior del menisco que forma el líquido cortó la escala graduada del instrumento. En el anexo 2 se muestra la tabla de corrección densidad-temperatura que se utilizó para esta determinación.



Figura 5. Determinación de la densidad con el lactodensímetro

### 3.3.2 Determinación de la acidez

Se realizó según la Norma Cubana NC 71: 2000.

**Preparación de la muestra:** Las muestras se mantuvieron a temperatura ambiente hasta que alcanzaron 20 °C y se agitaron hasta lograr una completa homogeneidad.

**Preparación de la porción de ensayo:** con la utilización de una pipeta volumétrica de 10 mL se transfirió la muestra a un vaso de precipitado.

**Determinación:** A la porción de ensayo se le añadieron 5 gotas de solución alcohólica de fenolftaleína al 1 % mezclándola bien, se valoró con solución de hidróxido de sodio 1 M, hasta que se apreció un cambio de color ligeramente rosado, el cual debió permanecer durante 30 segundos.

### 3.3.3 Prueba de california para el diagnóstico de la mastitis

Esta determinación se realizó según la norma cubana NC118: 2001

**Procedimiento:** Se depositaron 2 mL de la muestra de leche a investigar en una cápsula, se añadieron 3 mL de reactivo de California. Se mezclaron cuidadosamente, con movimientos circulares a la capsula y se observó la reacción a los 15 segundos.

**Expresión de los resultados:** En dependencia de las características que presenta la reacción, se brinda uno de los resultados siguientes:

Negativo (-): la mezcla permanece líquida sin que presente la tendencia a la formación del precipitado.

Trazas (T): Se manifiesta una ligera precipitación que es posible observar al inclinar la cápsula, según continúen los movimientos esa precipitación desaparece.

Positivo débil (+): Se observa un precipitado, pero no existe la tendencia a formar gel. En algunas leches la reacción se revierte, desapareciendo los grumos o precipitados tras agitar la cápsula.

Positivo (++) : La mezcla se espesa inmediatamente y se observa la tendencia a gelificarse de modo tal que mientras se rote la cápsula se arremolina hacia el centro de la misma y los costados permanecen visibles.

Positivo fuerte: Se forma un gel bien definido. Generalmente al cesar la rotación de la capsula el gel deja un pico que sobresale del resto de la masa, también se observará que este tiende a adherirse al fondo de la capsula.



Figura 6. Prueba de california para el diagnóstico de la mastitis

### 3.3.4 Prueba de reducción del azul de metileno (TRAM)

Se realizó según la norma cubana NC 282: 2006.

**Preparación de la muestra de ensayo:** La muestra se mantuvo a temperatura ambiente hasta que alcanzó 20 °C y se agitó hasta lograr una completa homogenización.

**Procedimiento:** En un tubo de ensayo se adicionó 1 mL de solución de azul de metileno al 1 % y 10 mL de la muestra de leche. El tubo se tapó y se invirtió sin agitar para obtener una mezcla homogénea y por último se aflojó el tapón. Esta operación se realizó cerca de un mechero.

Las muestras se incubaron en un baño termostático, marca Kottermann, a (37±0,5°C) que se mantuvo tapado para evitar que penetrara la luz.

Las dos primeras lecturas se realizan cada 30 minutos y posteriormente cada una hora a partir del inicio. En cada observación efectuada se invirtieron los tubos de ensayo que no habían comenzado a decolorar (sin agitar), para facilitar la distribución de la crema separada en la superficie.

Los tubos que comenzaron a decolorar no se invirtieron. Se midió el tiempo en que decoloró la columna de leche, las 4/5 partes o totalmente.

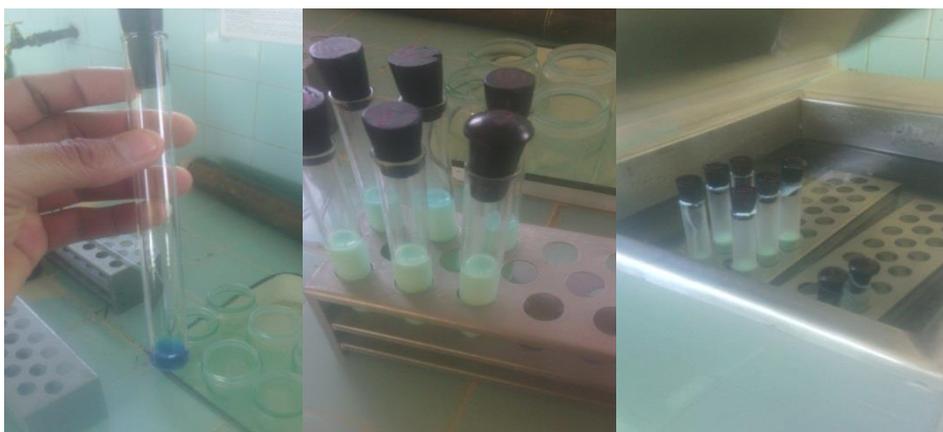


Figura 7. Preparación de las muestras para la prueba del TRAM

### 3.3.5 Prueba de sedimentación

Se realizó con el empleo de la norma cubana NC 595: 2011.

Se añadieron 500 mL de leche por la parte superior del lactosedimentador, previamente se agitó la muestra. Se tapa la parte superior del mismo y se inyecta aire con un insuflador de goma hasta que toda la leche pase a través del disco de algodón. Se extrae el disco de algodón y se seca a temperatura ambiente.

Para expresar los resultados se compara el disco de algodón con la serie de discos patrones y se expresa el resultado (grados de impureza) según la tabla establecida en la norma.

Grados de impureza:

0. Leche limpia- sin vestigios de impureza
1. Leche casi limpia- pequeños vestigios de impureza
2. Leche medianamente limpia- Capa de sedimentación aparente
3. Sucia- Capa de sedimento muy aparente
4. Muy sucia- Sedimento abundante

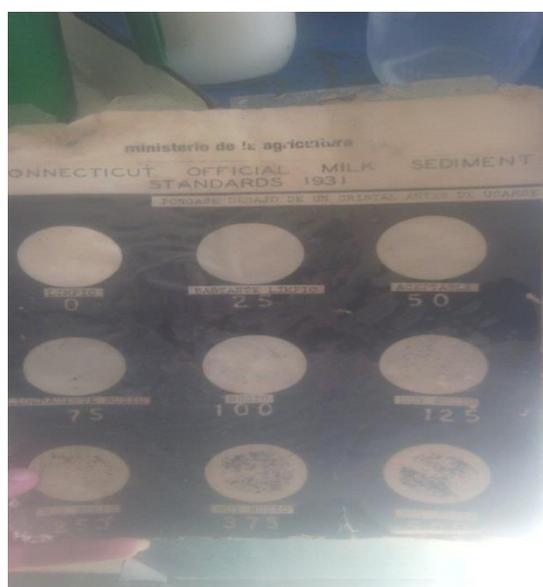


Figura 8. Tabla que expresa el nivel de sedimentación



Figura 9. Disco de algodón

### 3.3.6 Determinación del porcentaje de grasa de la leche

La grasa se determinó con el empleo del método de Gerber (Nielsen, 2003).

Se utilizó la pipeta volumétrica de seguridad, se tomaron 10 mL de ácido sulfúrico y se transfirieron a un butirómetro.

Se adicionaron 11 mL de la muestra de leche al butirómetro y se añadió 1 mL de alcohol amílico. Se tapó el butirómetro con un tapón, se agitó hasta que los coágulos de caseína se disolvieron por completo.

La solución resultante se calentó en un baño de agua a temperatura  $(65 \pm 2) ^\circ\text{C}$  y se centrifugó durante 5 minutos. Se colocó nuevamente el butirómetro en el baño de agua durante 5 minutos y se hizo coincidir con ayuda del tapón, el menisco inferior de la columna de grasa con el cero o una división entera de la escala. Se efectuó la lectura, tomando como límite la parte inferior del menisco superior. La cantidad de grasa se expresó en %.



Figura 10. Equipos del laboratorio de calidad de la leche. Butirómetro (A) y centrifugadora (B)

### **3.3.7 Determinación de los sólidos totales**

Los sólidos totales se determinaron según las Normas Cubanas establecidas (Norma Cubana NC 6731: 2001).

### **3.4 Procesamiento estadístico**

Los datos fueron procesados según paquete Statgraphic plus 5.1 sobre WINDOWS. Se determinó el ajuste a una Distribución Normal mediante la prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov-Smirnov y la Homogeneidad de Varianza mediante las Pruebas de Bartlett (Sigarroa, 1985). En los casos en que los datos cumplieron los requisitos exigidos se procesaron mediante ANOVA de clasificación simple o multifactorial y la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Los datos que no cumplieron con estas premisas fueron comparados mediante la Prueba de Kruskal-Wallis y la Prueba de Rangos Múltiples de Student-Newman-Kwels (SNK).

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados obtenidos en el procesamiento de la encuesta

El procesamiento de la encuesta permitió observar que existen diferencias en la preparación de los trabajadores, la aplicación de los procedimientos y las condiciones tecnológicas en las vaquerías de la empresa.

Los trabajadores de las vaquerías reconocen como factores que afectan la calidad higiénico-sanitaria de la leche: la deficiente calidad del agua, la no realización de la antisepsia final del pezón (sellaje), la mala higiene y limpieza del equipo de ordeño y la incidencia de mastitis.

En la tabla 4 se aprecia que el 82 % de los encuestados ordenaron adecuadamente los pasos que se deben seguir durante la ejecución de la rutina del ordeño. El 100 % conoce el tiempo establecido que debe transcurrir entre el inicio y el final del ordeño. El 100 % menciona las soluciones de propolina o yodo como las sustancias que se emplean para la realización del sellaje. El 100 % conoce el tiempo de explotación del equipo con el que opera para la realización de esta actividad, sin embargo, se constató que las condiciones tecnológicas no son homogéneas en todas las vaquerías. En cuanto al número de pulsaciones que debe realizar el equipo de ordeño por minuto el 75.2 % respondió correctamente y el 24.8 % incorrectamente. El 40 % de los encuestados reconoció acertadamente la presión a la que debe funcionar el equipo y el 60 % no logró responder correctamente esta pregunta.

Estos resultados indican que es necesario realizar acciones de capacitación en la empresa, con el objetivo de incrementar el conocimiento de los obreros que laboran en las vaquerías acerca de los factores que determinan la calidad higiénico-sanitaria de la leche producida. Al respecto (Fernández, 2010) considera dentro de los procedimientos adecuados para el ordeño la necesidad de que los obreros dominen la técnica del ordeño. Este criterio coincide con los planteamientos de (Martínez *et al.*, 2017) al referirse a la importancia de acelerar la capacitación y la transferencia de tecnologías al sector lechero, especialmente a los productores de base, como parte del propio sistema productivo.

En este análisis también debe tenerse en cuenta que la presencia de mastitis en los rebaños es uno de los factores que frecuentemente afectan la calidad higiénico-sanitaria de la leche. La falta de conocimientos y la necesidad de capacitar a los trabajadores sobre las buenas prácticas agropecuarias está relacionada con la alta incidencia de esta enfermedad (Botero *et al.*, 2012 y Romero, 2016). La existencia de mastitis puede generar problemas a la salud humana por producir intoxicaciones alimentarias asociadas a la presencia de bacterias patógenas y sus toxinas en la leche (Hernández *et al.*, 2015).

**Tabla 4.** Resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta para determinar el nivel de conocimientos que poseen los obreros de la empresa acerca de los factores que influyen en la calidad higiénico-sanitaria de la leche.

Conocimientos evaluadas	Respuestas correctas (%)
Orden de la rutina del ordeño	82
Intervalo de tiempo que debe transcurrir entre el inicio y el final del ordeño.	100
Empleo de soluciones para realizar la antisepsia final del pezón.	100
Conocen el tiempo de explotación del equipo de ordeño de cada vaquería.	100
Número de pulsaciones que debe realizar el equipo de ordeño por minuto.	75,2
Presión a la que debe funcionar el equipo de ordeño	40

#### 4.2. Evaluación de la cinética de calidad de la leche en dos vaquerías con diferentes condiciones de producción

La tabla 5 muestra los resultados obtenidos en la evaluación de la cinética de la calidad de la leche conservada 24 h en el tanque de la vaquería 1.

**Tabla 5.** Indicadores de la calidad de la leche almacenada durante 24 h en la vaquería 1. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los muestreos de un mismo indicador según prueba Duncan ( $P \leq 0,05$ ).

Indicador	Tiempo de colecta (h)				
	0 h	2,5 h	8,75 h	24 h	DS
<b>Acidez (%)</b>	0,1400 <sup>b</sup>	0,1483 <sup>ab</sup>	0,1467 <sup>ab</sup>	0,1533 <sup>a</sup>	0,0055
<b>Densidad (g/mL)</b>	1,0302	1,0302	1,0297	1,0300	0,0002
<b>Grasa (%)</b>	3,87	3,87	4,27	4,30	0,2409
<b>Sólidos totales (%)</b>	12,32 <sup>b</sup>	12,32 <sup>b</sup>	12,68 <sup>ab</sup>	12,80 <sup>a</sup>	0,2448

### Acidez

La acidez de la leche se mantuvo en el rango de 0,1400 a 0,1533%, dentro de los valores establecidos para este producto según Mercado *et al.* (2014), quienes plantean que este parámetro expresado como ácido láctico debe mantenerse en el rango de 0,13 a 0,18 g ácido láctico/100 mL. Se aprecia un aumento del mismo en el muestreo que se realizó a las 24 h con respecto al tiempo 0 h (Tabla 5). La acidez se eleva debido al aumento de la concentración de ácido láctico asociado a la contaminación de la leche con bacterias mesófilas aerobias fermentadoras de lactosa (Romero, 2012).

La proliferación de microorganismos productores de ácido láctico esta en correspondencia con la temperatura de almacenamiento de la leche (16 °C), la falta de agitación en el tanque y las evaluaciones de regular de las ejecuciones de la rutina de ordeño y la higiene del equipo obtenidas en esta vaquería. Las malas prácticas de manipulación e higiene, la refrigeración a temperaturas inadecuadas y el prolongado almacenamiento de la leche pueden incrementar el número de microorganismos en este producto, desde su obtención hasta llegar al consumidor (Martínez *et al.*, 2014).

### Densidad

Los resultados obtenidos en la densidad se encuentran en el rango aceptado (1,029-1,0302g/mL), según Mercado *et al.*, (2014) y Martínez *et al.*, (2017). No se apreciaron diferencias entre los muestreos realizados (Tabla 5).

Este parámetro disminuye cuando se adiciona agua (Artica, 2016); por lo que el resultado obtenido indica que la leche producida en la vaquería no fue adulterada.

La adición de agua disminuye el valor nutritivo de la leche y puede ser una fuente de contaminación. Aspecto de especial relevancia en Cuba donde este alimento se destina fundamentalmente a la dieta de niños, ancianos y enfermos.

### **Porcentaje de grasa**

El contenido de grasa en la leche mostró valores entre 3,87 y 4,3% (Tabla 5) sin diferencias estadísticas entre los tiempos de colecta establecidos. Estos resultados coinciden con el criterio de (Agudelo y Bedolla, 2005) al plantear que la grasa constituye cerca de un 3% de la leche.

Los porcentajes observados en el experimento están en correspondencia con el genotipo bovino existente en la unidad. En otros estudios de calidad de la leche en los que se analizó la grasa producida en animales mestizos entre las razas Holstein y Criolla se encontraron valores de grasa entre 3,99 y 4,30% (Fernández y Tarazona, 2015). Los resultados que se obtuvieron en esta investigación se consideran típicos de los genotipos con alto grado de rusticidad que se explotan en el sector campesino cubano, así como de la alimentación que reciben, basada fundamentalmente en materiales fibrosos, pastos y forrajes (Martínez *et al.*, 2015).

### **Sólidos totales**

Los sólidos totales alcanzaron valores entre 12,32 y 12,80 % (tabla 5), considerados dentro de los establecidos según Agudelo y Bedolla, (2005).

Martínez y Gómez, (2013) encontraron valores mayores a 11,3 % que los relacionan con factores raciales. Las razas cebuinas y sus cruces tienden a producir un menor volumen de leche y concentran más los sólidos totales (López *et al.*, 2009).

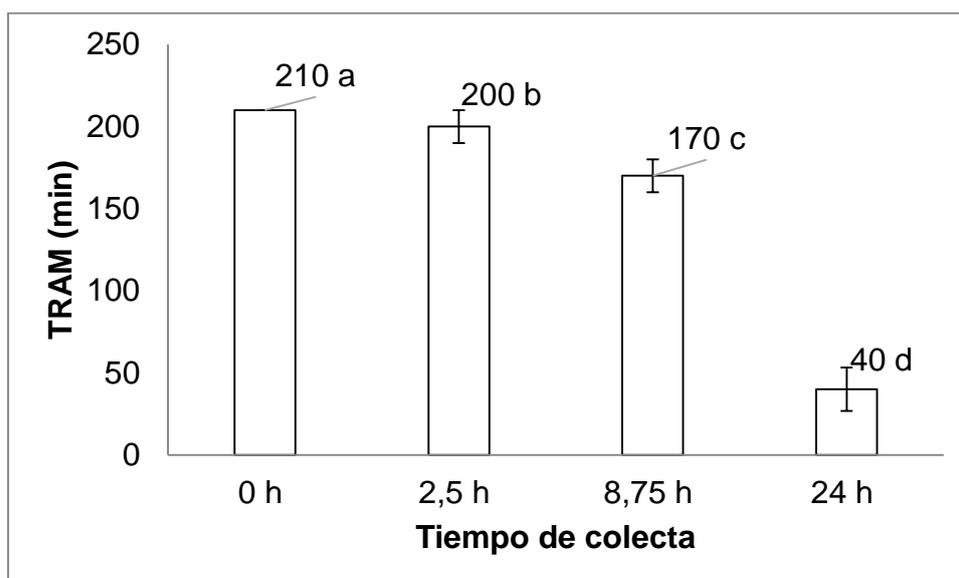
El último muestreo realizado a las 24h alcanzó valores superiores y mostró diferencias con los obtenidos en los primeros tres muestreos. El incremento de este parámetro puede estar asociado a la entrada de leche procedente del segundo ordeño al tanque, ya que se conoce que existen diferencias en la cantidad y composición de la leche obtenida en los ordeños de la mañana y la tarde (Calzadilla *et al.*, 1983).

### **TRAM**

Se apreció una disminución significativa del TRAM en los diferentes muestreos posterior a la toma inicial de muestras (0 h), que alcanzó un tiempo mínimo de 40 min a las 24 h (Figura 11). El valor observado en el primer muestreo (210 min) indica que la leche obtenida no es de buena calidad microbiológica, según criterio de (Luigi *et al.*, 2013). Posteriormente se incrementa el deterioro de su calidad favorecido por el almacenamiento prolongado a temperaturas superiores a 4 °C y la falta de homogenizador en el tanque. Este efecto fue descrito por Albujar *et al.*, (2009), al plantear que los valores del TRAM decrecen a medida que disminuye la calidad inicial de la leche.

Los resultados obtenidos en este parámetro se encuentran vinculados a la poca experiencia de los obreros que trabajan en esta vaquería y la falta de conocimientos relacionados con la rutina de ordeño que posteriormente se comprobó en las inspecciones efectuadas a la unidad, en las cuales se evaluaron de regular la ejecución de la rutina del ordeño y la higiene del equipo. Estos criterios concuerdan con lo planteado por Navarro *et al.*, (2011) quienes consideran que la elevación de la tasa de contaminación microbiológica de la leche está influenciada por la inadecuada ejecución de la rutina de ordeño y la deficiente higiene del mismo.

Este resultado tiene una relevancia especial si se tiene en cuenta que la leche con bajos tiempos de reducción del azul de metileno puede estar contaminada con microorganismos que dañen la salud de los consumidores. Además, causa problemas en la elaboración de productos lácteos y disminuyen la calidad de los mismos (Nieto *et al.*, 2012).



**Figura 11.** Tiempo de Reducción del Azul de Metileno (min) determinado en muestras de leche procedentes de la Vaquería 1. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los muestreos según prueba Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Las barras encima de las columnas representan la desviación estándar.

### **Mastitis**

Al efectuar la prueba de California se encontraron trazas de mastitis en todos los muestreos realizados.

De acuerdo a las deficiencias detectadas en la rutina del ordeño y la higiene del equipo en esta vaquería, debe contemplarse dentro de las propuestas para mejorar la calidad de la leche producida capacitar al personal y transportar la leche en el menor tiempo posible (Martínez *et al.*, 2014). También puede valorarse por parte de la dirección de la empresa la posibilidad de adquirir un nuevo equipo de ordeño que garantice la adecuada conservación de la leche hasta su recogida.

### **Sedimentación**

En la Tabla 6 se aprecian los resultados obtenidos en la prueba de sedimentación realizada a la leche muestreada en la vaquería 1. En las valoraciones analizadas se apreciaron distintos criterios que incluyen desde

leche limpia hasta sucia. Estos resultados obedecen a que durante las inspecciones realizadas a esta unidad se comprobó que el tanque donde se conserva la leche no cierra de manera hermética, lo que favorece la entrada de polvo y suciedades. Esta situación repercute directamente en el incremento de la contaminación de la leche, lo cual se evidencia en los resultados obtenidos en el TRAM.

**Tabla 6.** Resultados de la prueba de sedimentación realizada a las muestras de leche procedentes de la vaquería 1.

Hora de muestreo	Repeticiones		
	0 h	Limpio	Ligeramente sucio
2,5 h	Ligeramente sucio	Ligeramente sucio	Sucio
8,75 h	Ligeramente sucio	Aceptable	Aceptable
24 h	Ligeramente sucio	Sucio	Aceptable

Los resultados de la cinética de los indicadores de calidad de la leche evaluados en la vaquería 2 se reflejan en la tabla 7.

**Tabla 7.** Indicadores de calidad de la leche durante 24 h de almacenamiento en la vaquería 2. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los muestreos de un mismo indicador según prueba Duncan ( $P \leq 0,05$ ).

Indicador	Tiempo de colecta (h)				
	0 h	2,5 h	8,75 h	24 h	DS
<b>Acidez (%)</b>	0,141	0,146	0,151	0,148	0,0040
<b>Densidad (g/mL)</b>	1,030	1,031	1,031	1,031	0,0005
<b>Grasa (%)</b>	3,70 <sup>b</sup>	3,70 <sup>b</sup>	3,96 <sup>a</sup>	3,76 <sup>b</sup>	0,1230
<b>Sólidos totales (%)</b>	12,30 <sup>b</sup>	12,29 <sup>b</sup>	12,65 <sup>a</sup>	12,41 <sup>b</sup>	0,1697

### Acidez

La acidez de la leche después de su conservación durante 24 h, se mantuvo en un rango normal entre 0,141-0,151 % (Tabla 7) sin que se aprecien diferencias

entre los muestreos realizados. Según Belloque *et al.*, (2009) el valor mínimo de este indicador debe ser 0,13% y el máximo 0,17%. Este resultado pudo estar relacionado con las condiciones idóneas de refrigeración en el tanque de esta vaquería, donde la temperatura es estable entre 4 y 5 °C y el funcionamiento del homogenizador facilita su mantenimiento en todos los puntos del volumen almacenado. Estas condiciones evitan la proliferación de microorganismos contaminantes que afectan el pH de la leche; lo cual, unido a la buena rutina de ordeño empleada en la unidad y a la adecuada limpieza del equipo de ordeño, contribuyen a la obtención de una leche menos contaminada con microorganismos.

### **Densidad**

La densidad de la leche se mantuvo entre 1,030-1,031 g/mL (tabla 7), dentro del rango establecido según (Mercado *et al.*, 2014).

### **Grasa**

El porcentaje de grasa de las muestras analizadas mostró valores entre 3,70 y 3,96%, los cuales están en correspondencia con las características genéticas de los animales presentes en la unidad. No se apreciaron diferencias estadísticas en este indicador en los muestreos a las 0 y 2,5 h; sin embargo, los valores a las 8,75 h fueron superiores. Este resultado está relacionado con la entrada de leche fresca al tanque de almacenamiento procedente del ordeño de la tarde. Posterior al muestreo efectuado a las 8,75 h, se observó una disminución de este parámetro a las 24 h (3,76%), el cual es estadísticamente similar a los primeros dos muestreos realizados. Este descenso puede estar vinculado al crecimiento en el número y actividad de los microorganismos psicrófilos en la leche, que crecen a temperaturas inferiores a 7°C. Estos microorganismos producen enzimas proteolíticas y lipasas termoestables que degradan algunos componentes de la leche y deterioran su calidad y la de sus derivados (Novoa y Restrepo, 2007 y López y Barriga, 2016). No obstante, el contenido de grasa obtenido a las 24 h puede ser valorado como bueno según el criterio de Gallego *et al.*, (2017). En este caso se debe tener en cuenta que el tiempo de almacenamiento de este producto no excedió las 24 h. Según

Belloque *et al.*, (2009) y López y Barriga, (2016) no es recomendable conservar la leche refrigerada por más de 72h.

En este análisis debe tenerse en cuenta además, que en las determinaciones realizadas a las muestras de leche de esta vaquería se encontró una cruz de mastitis. La leche procedente de vacas que padecen esta enfermedad presenta un alto contenido de células somáticas (Sharma *et al.*, 2011). También puede contener microorganismos que secretan enzimas proteolíticas que dañan la caseína y facilitan que los glóbulos de grasa sean más susceptibles a la lipólisis, lo que provoca sabores rancios y acortan su utilidad en anaquel (Fuentes *et al.*, 2013).

### **Sólidos totales**

El contenido de sólidos totales en las muestras de leche se mantuvo entre los valores establecidos como normales (12,29-12,65%). La cinética de este parámetro tuvo un comportamiento similar al de la grasa (tabla 7) ya que no se apreciaron diferencias entre los tiempos de colecta 0 y 2,5 h y se observó un aumento en los resultados del muestreo a las 8,75 h luego de incorporar la leche del segundo ordeño para disminuir a las 24 h donde se registraron valores similares a los dos primeros tiempos. El resultado observado a las 24 h, puede estar relacionado con una degradación de los componentes mayoritarios de los sólidos totales de leche (grasa, proteína y lactosa) (Saborío, 2011), debido a un aumento de la actividad proteolítica y lipolítica de los microorganismos psicrófilos. Este autor también refirió que la incidencia de mastitis en los rebaños puede causar una disminución en este indicador, debido a la presencia de enzimas en la leche que causan rupturas de la grasa y la proteína láctea. En la leche de esta vaquería se detectó la presencia de una cruz de mastitis.

### **TRAM**

En todos los muestreos efectuados en esta vaquería se apreció que el TRAM alcanzó un valor de 5 h y 30 minutos, por lo cual se puede clasificar como leche

de buena calidad, ya que el valor de esta prueba supera las 4 h (Santiago, 2007 y Luigi *et al.*, 2013). Estos resultados concuerdan con las evaluaciones satisfactorias que obtuvieron los obreros de esta vaquería en la ejecución de la rutina de ordeño y la limpieza del equipo durante las inspecciones realizadas y con la experiencia que poseen en la labor que desempeñan.

Este resultado es de gran importancia ya que las bacterias mesófilas aerobias, que se detectan mediante esta determinación, integran el grupo más amplio de microorganismos que pueden estar presente en la leche y este indicador se aplica como criterio de calidad de la leche cruda y se usa como base para las bonificaciones y sanciones por parte de la industria (Navarro *et al.*, 2011).

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que las buenas prácticas de higiene durante la obtención, el almacenamiento, el transporte y el manejo de este alimento, son importantes para conservar su calidad e inocuidad (Riverón *et al.*, 2015).

### **Sedimentación**

En la prueba de sedimentación realizada a la leche procedente de esta vaquería se encontraron resultados de bastante limpio y aceptable. Esto se debe a las buenas condiciones higiénicas y técnicas que posee el equipo de ordeño, el cual garantiza el cierre hermético del tanque.

En la leche del tanque se detectó la presencia de una cruz de mastitis, a pesar de que en las inspecciones realizadas a esta unidad se comprobó que en la misma existía una buena higiene y la rutina del ordeño se ejecutaba de manera correcta. Este análisis coincide con los planteamientos de (Hidalgo, 2016) al considerar que el cumplimiento de la rutina del ordeño no garantiza que el rebaño esté libre de la enfermedad, ya que sobre su presentación influyen otros factores como la genética, la edad y las influencias ambientales.

Aunque este resultado se encuentra dentro de los valores permisibles, se debe tener en cuenta que los altos niveles de células somáticas afectan la calidad de la leche ya que provocan alteraciones en la síntesis de la misma y cambios en sus componentes durante su almacenamiento (Riverón *et al.*, 2015).

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que existe una estrecha relación entre las condiciones de producción y almacenamiento de la leche con su calidad higiénico-sanitaria. Al evaluar la cinética de calidad de la leche en cada unidad de producción se comprobó que la vaquería 1 obtuvo un producto con menor calidad. Este hecho se vincula con las deficiencias detectadas en las inspecciones realizadas a la unidad y la escasa experiencia del personal que en ella labora. Estas dificultades facilitaron la entrada al tanque de almacenamiento de una leche de menor calidad al inicio del experimento, que continuo su deterioro durante las siguientes 24 h. Este proceso se favoreció por el deficiente almacenamiento de este producto. Entre los indicadores analizados, el TRAM mostró las mayores variaciones. Sin embargo, es importante tener en cuenta que tiempos superiores de almacenamiento pudieran causar cambios notables en otros indicadores como el contenido de grasa y los sólidos totales.

#### **Valoración cualitativa del impacto económico-social de esta investigación**

En la empresa pecuaria donde se realizó la presente investigación las pérdidas por calidad de la leche ascienden a más de 2 millones de pesos. La determinación de los factores que influyen en la calidad higiénico-sanitaria de este producto en vaquerías con diferentes condiciones de obtención y almacenamiento permitirá realizar valoraciones útiles a la dirección de esta entidad. La información que se deriva de este trabajo se utilizará para elaborar planes de medidas que contribuirán a resolver los principales problemas diagnosticados y en consecuencia a disminuir las pérdidas por este concepto.

Entre las dificultades que se encontraron en el análisis de los resultados se encuentra la necesidad de capacitar a los obreros de la empresa en la temática estudiada. Para solucionar este problema se recomendó a la dirección de esta entidad la realización de capacitaciones a los obreros. Esta acción repercutirá en el incremento de los conocimientos de los trabajadores en la labor que realizan y permitirá elevar su nivel cultural.

El indicador que mostró mayor variación al evaluar la cinética de calidad de la leche fue el TRAM, el cual permite conocer el grado de contaminación de la

leche con microorganismos. Este resultado tiene una gran importancia ya que una parte de la leche producida en la empresa se destina al consumo directo de los habitantes de los poblados cercanos a las vaquerías, sin que la misma sea pasteurizada en el ECIL , por lo que la disminución de este indicador puede repercutir negativamente en la salud de los consumidores. El análisis de este resultado puede contribuir a la toma de medidas que permitan garantizar la seguridad e inocuidad de este alimento.

Al finalizar la fase investigativa de este trabajo se entregó un informe de los resultados obtenidos que fue analizado en el consejo de dirección de la empresa para implementar las recomendaciones que se derivaron del mismo.

## 5 CONCLUSIONES

1. La calidad de la leche producida depende de las condiciones existentes en cada vaquería, dentro de las que deben considerarse los recursos humanos (conocimientos y experiencia), equipo de ordeño, manejo, higiene y almacenamiento de este producto.
2. La vaquería 1 obtuvo una leche de menor calidad higiénico-sanitaria después de 24h de almacenamiento, en correspondencia con las condiciones tecnológicas del equipo de ordeño existente en esta unidad y las necesidades de capacitación del personal que en ella labora.
3. El indicador de calidad higiénico-sanitaria de la leche que presentó una mayor variación después de almacenar la leche 24h en la vaquería 1 fue el TRAM.

## 6 RECOMENDACIONES

- Impartir programas de capacitación que aborden la temática de calidad higiénico-sanitaria de la leche a los obreros de la empresa.
- Respetar los horarios establecidos para la recogida de la leche; realizar esta acción lo más cercano posible a la extracción de la misma, independientemente de las condiciones existentes en cada unidad.
- Garantizar la existencia de equipos de ordeños adecuados que mantengan la leche refrigerada a temperaturas entre 4-5 °C y con agitación, que permitan mantener una temperatura constante en el tanque de almacenamiento.
- Realizar mantenimientos de forma periódica a los equipos de ordeño

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agudelo, D. V. y Bedoya, D.V. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. Revista lasallista de investigación.2 (1): 38-42.
2. Aguilar, R.; Bu, A.; Dresdner, J.; Fernández, P.; González, A.; Polanco, Carmen.; Tansini, R. 2004. La ganadería en Cuba: desempeño y desafíos. Montevideo. Editorial Prontografica .pp 17-18. ISBN 000-0000-00-0.
3. Albuja, R.; Ludeña, Fanny y Castillo, Liliana.2009. Evaluación de la conservación de leche cruda en distintas regiones del Perú, mediante la activación del sistema lactoperoxidasa. Anales Científicos. UNALM, vol. 70 (4):36-48. ISSN 0255-0407.
4. Álvarez, F.G.; Herrera, H.J.; Alonso, G.B.; Barreras, A.S. 2012. Calidad de la leche cruda en unidades de producción familiar del sur de Ciudad de México; ArchMedVet44, 237-242.
5. Andrade, M.; Muños, M.; Artieda, J. R.; Ortiz, P.; González, R.; Vega,V. 2017. Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche. REDVET Revista electrónica Veterinaria. 18 (11): 1-16.
6. Artica, L. 2016. Métodos para el análisis fisicoquímico de la leche y derivados lácteos, tercera edición, Ediciones TEIA. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. Perú. pp 93-103.
7. Astiz, S. 2010. La producción de leche de calidad y origen: ¿Cómo se trabaja en las explotaciones de bovino lechero? Friziona Española.178:106-111.
8. Ballard, O. y Morrow, A. L. 2013. Human milk composition: nutrients and bioactive factors. *PediatricClinics of North America*, 60(1), 49-74.
9. Barrera, Juana A. 2012.Determinación de la vida útil de la leche cruda envasada y después pasteurizada (LTLT) vs leche pasteurizada y envasada por procedimientos tradicionales. Tesis en opción al título de Licenciado en Ciencias de los Alimentos. Universidad Austral de Chile.
10. Belloque, J.; Chicon, R. y Recio, I. 2009. Quality Control. En: A. Y. Tamime, Milk Processing and Quality Management. Edit. Blackwell Publishing Ltd., United Kingdom. pp.73-77. ISBN: 978-1-405-14530-5.

11. Bodman, G. y Rice, D. 2000. Bacteria in milk sources and control. New Guide. Published by Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska-Lincoln.
12. Botero, Luz.; Vertel, Melba.; Florez, Lizbeth.; Medina, J. 2012. Calidad composicional e higiénico-sanitaria de leche cruda entregada en época de seca por productores de Galera, Sucre. *Vitae*.19 (1):314-316.
13. Brousett, Magaly.; Torres, Ana.; Chambi, A.; Mamani, Bethy.; Gutiérrez, H. 2015. Calidad fisicoquímica, microbiológica y toxicológica de leche cruda en las cuencas ganaderas de la región Puno –Perú. *Scientia Agropecuaria*. 6(3):165-176.
14. Brousett-Minaya, M.; Chambi, R. A.; Mamani, V. B. (2015). Calidad fisicoquímica, microbiológica y toxicológica de leche cruda en las cuencas ganaderas de la. región Puno–Perú. . *Revista de Investigación Universitaria*, 4 (2), 33-43. *Revista Infociencia*, ISSN 1029-5186, Vol.22, No.3, septiembre-diciembre. pp 1–12.
15. Cabrera, J. 2017. Apuntan crecimiento en producción de carne y leche en Cuba. [Web@radiorebelde.icrt.cu](mailto:Web@radiorebelde.icrt.cu). Consultado el 27 de mayo del 2019
16. Calzadilla, D.; Castro, A.; Soto, E. y Andrial, P. 1983. Manual de Bovinotecnia. Ediciones EMPES, La Habana, Cuba.
17. Casado, P. y García, J. 1985. La calidad de la leche. Factores que influyen la calidad. *Industrias Lácteas Españolas* 73: 25-33
18. FAO-FEPALE. 2012. Situación de la lechería en América Latina y El Caribe en 2011, observatorio de la cadena lechera. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. División de producción y sanidad animal.
19. Fernández, A.A.; Martínez, L.; Paredes, L.F.; Quispe, Gige Giovanna.; Pareja, J. C.; Moore, J.; Pérez, L.M. y Lázaro, CH. E. 2010. Tecnología productiva en lácteos. Calidad de la leche. Primera edición. Solid OPD. Perú. Pp 8-32.
20. Fernández, J.; & Tarazona, G. 2015. Factores que Influyen en la Composición de la Leche en el Sector el Retorno, Parroquia Sabanilla,

- Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe -Ecuador. Revista Politécnica. Septiembre, 36.
21. Fernández, A.; Berrocal, L.; Moore, J.; Paredes, L.; Pérez, L.; Quispe, Gigi.; Charlotty, E.; Ortiz, L.; Pareja, J.; Palomino, W. 2010. Tecnología Productiva en Lácteos. Calidad de la leche.
  22. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, (FAO). 1996. Procesamiento de la leche. Disponible en: [http://www.fao.org/inpho/vlibrary/new\\_else/x5692s/x5692s02.htm](http://www.fao.org/inpho/vlibrary/new_else/x5692s/x5692s02.htm). Consultado el 28 de mayo del 2019
  23. Fuentes, G.; Ruiz, Rocío. A.; Sánchez, J.I.; Ávila, Dolores. y Escutia, J. 2013. Análisis microbiológico de la leche de origen orgánico: atributos deseables para su transformación. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. Diciembre: 419-432.
  24. Gallego, L.A.; Machecha, Liliana. y Angulo, J. 2017. Producción, calidad de leche y beneficio: costo de suplementar vacas Holstein con *Tithonia diversifolia*. Agron. Mesoam. 28(2): 357-370. ISSN 2215-3608, doi:10.15517/ma.v28i2.25945.
  25. Gasque, R. 2015. Mastitis bovina. Sitio argentino de Producción Animal. (en línea) Disponible en: <http://www.produccionanimal.com.ar>. Consultado el 28 de mayo del 2019.
  26. Gonzalez, G.; Molina, B. y Coca, R. 2010. Calidad de la leche cruda. Primer foro sobre Ganadería Lechera de la zona alta de Veracruz. México. 8p.
  27. González, P. 2015. Manual buenas prácticas de ordeño. Primera edición. Ed. Caritas de Perú. pp 8-31.
  28. Hernández, Jenny Carolina.; Angarita, Maritza.; Benavides, D.A.; Prada, F. 2015. Agentes etiológicos de mastitis bovina en municipios con importante producción lechera del departamento de Boyacá. Revista Investigación en Salud Universidad de Boyacá. 2 (2): 162 - 176.
  29. Hernández, R.; Armenteros, Mabelyn.; Arbeledo, María Antonia.; Agüero, F.; Álvarez, A.; Felipe, Laudelina.; Funes, F.; García, R.; Martínez, R.O.; Mejías, R.; Ponce, P.; Rodríguez, Juana.; Simón, L.;

- Uffo, Odalys. 2009. Lechería una mirada a la cadena productiva. Ed. ACPA, pp7-15.
30. Hidalgo, María Isabel. 2016. Prevalencia de mastitis subclínica en 20 fincas en San Pedro de los Milagros-Antioquia. Trabajo de Tesis para optar por el título de Médico Veterinario. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de ciencias administrativas y agropecuarias. Caldas–Antioquia. Colombia
31. Inga, L.F. 2017. Control de la calidad en la densidad de la leche. Unidad académica de ciencias químicas y de la salud. Universidad técnica de Machala. Machala. Ecuador. pp.8-26.
32. Jensen RG. 2002. The composition of bovine milk lipids. *J DairySci* 85, 295-350.
33. Křížová Ludmila.; Hanuš, O.; Klimešová2, Marcela.; Nedělník, J.; Kučera, J.; Roubal, P.; Kopecký, H.; Jedelská, Radoslava. 2016. Chemical, physical and technological properties of milk as affected by the mycotoxin load of dairy herds. *Arch. Anim. Breed.*, 59, 293–300.
34. Khan, I.; Bule. M.; Ullah, R.; Nadeem, M.; Asif, S.; Niaz, K. 2019. The antioxidant components of milk and their role in processing, ripening, and storage: Functional food. *Veterinary World*, EISSN: 2231-0916.
35. López, A. L. y Barriga, D. 2016. La leche composición y características. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica. España.
36. López, R.; Vite, C.; García, J.G. y Martínez, P.A. 2009. Reproducción y producción de leche de vacas con distinta proporción de genes *BosTaurus*. *Archivos de Zootecnia*, 58 (224): 683-694.
37. Luigi, Teresita.; Rojas, Legna. y Valbuena, O. 2013. Evaluación de la calidad higiénico-sanitaria de leche cruda y pasteurizada expendida en el estado Carabobo, Venezuela. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo*. 17 (1): 25-33.
38. Mahgoub, S.; Osman, A.; Sitohy, M. 2013. Preservative action of 11S (glysinin and 7S) ( $\beta$ -conglycinin) soy globulin on bovine raw milk stored

- either at 4 or 25 °C. Journal of dairy research 80 174- 183 Doi: 10.1017/S0022029913000095
39. Martínez A., Villoch A., Ribot A. & Ponce P. Diagnóstico de Buenas Prácticas Lecheras en una cooperativa de producción. Rev. Salud Anim. 36 (1): 22-26, 2014.
  40. Martínez, Ailin.; Ribot, A.; Villoch, Alejandra.; Montes de Oca, Nivian.; Remón, Dianys. 2017. Calidad e inocuidad de la leche cruda en las condiciones actuales de Cuba. Rev. Salud Animal.39 (1): 51-61. ISSN: 2224-4697.
  41. Martínez, Ailin.; Villoch, Alejandra.; Ribot, A.; Montes de Oca, Nivian.; Riverón, Yamilka. y Pastor Ponce, P. 2015. Calidad e inocuidad en la leche cruda de una cadena de producción de una provincia occidental de Cuba. Rev. Salud Animal. 37 (2): 79-85. ISSN: 2224-4700.
  42. Martínez, María Marcela.; Gómez, C. A.2013. Calidad composicional e higiénica de la leche cruda recibida en industrias lácteas de Sucre, Colombia. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial. 11 (2):93-100.
  43. Martínez, R.; Tepal, J.A.; Hernández, L.; Escobar, Meyli, C.; Amaro, R.; Blanco, M.A. 2011. Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca. Manual de capacitación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México.
  44. Mercado, Marcela.; González, Viviana.; Rodríguez, Deycib. y Carrascal, Ana Karina. 2014. Perfil sanitario nacional de leche cruda para consumo humano directo. Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, p.1-142.
  45. Mestawet, T.A.; Gima, A.; Adnøy, T.; Devold, T.G.; Narvhus, J.A. yVegarud, G.E. 2012. Milk production, composition and variation at different lactation stages of four breeds in Ethiopia. Small Rum Res, 105: pp. 176-181
  46. Muehlhoff, E.; Bennett, A.; McMahon, D. 2013. Milk and dairy products in human nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ISBN 978-92-5-107863-1. 276 pp. Disponible en: [tp://www.fao.org/docrep/018/i3396e/i3396e.pdf](http://www.fao.org/docrep/018/i3396e/i3396e.pdf). [Consultado el13 de marzo de 2019].

47. Navarro. J.; Novoa. R.; Casanovas. E. 2011. Evaluación de parámetros de calidad de la leche bufalina al final de la lactancia en la Provincia de Cienfuegos. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504. Volumen 12 Número 6.
48. Nielsen, S. 2003. Food Analysis. Editorial. Kluwer Academic/Plenum Publ. p. 131-142.
49. Nieto, D.; Berisso, R.; Demarchi, O.; Scala, E. 2012. Manual de buenas prácticas de la ganadería bovina para la agricultura familiar. Ed. Estudio a b. Buenos Aires. Argentina. pp 35-60.
50. Norma cubana NC 118. Prueba de California para el diagnóstico de Mastitis. Vig. 2001.
51. Norma cubana NC 119. Determinación de la densidad o peso específico de la Leche. Vig. 2006.
52. Norma cubana NC 282. Prueba de Reducción del Azul de Metileno (TRAM). Vig. 2006.
53. Norma cubana NC 595. Prueba de sedimentación. Vig. 2011.
54. Norma cubana NC 6731. Leche, crema y leche evaporada. Determinación del contenido de sólidos totales. Vig. 2001.
55. Norma cubana NC 71. Determinación de acidez. Vig. 2000.
56. Novoa, C. F. y Restrepo, L.P. 2007. Influencia de bacterias psicrótrofas en la actividad proteolítica de la leche. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 54 (1): 9-16.
57. Pacheco, Meylin.; Landa, Y.; López, J.R.; Hernández, Aymara.; Brutau, Kresla.; Lopetegui, C. M.; Fajardo, D.; Méndez, F.; Sánchez, Mirta.; Hernández, Urselia.; Ujrbano, Lisania.; Dubuochet, Laura.; Alayo, Yusimit. Rodríguez, D. 2017. Libro de carne. La Habana. Agrocadenas. pp 15-29.
58. Ponce, C. 2003. Conferencia en el Taller Regional de la FAO sobre producción de leche en pequeña escala. La Paz, Bolivia
59. Riverón, Yamilka. y Ponce, P. 2015. Calidad e inocuidad en la leche cruda de una cadena de producción de una provincia occidental de Cuba. Rev. Salud Animal. 37 (2): 79-85. ISSN: 2224-4700.

60. Roberts. L. 2007. La calidad de la leche. Aspectos relacionados con la calidad en la producción de quesos. Seminario: Mejora de la eficiencia y de la competitividad de la Pymes queseras argentinas.
61. Romero, Miriam Patricia. 2012. Análisis de un posible caso de síndrome de leche anormal (SILA) en la zona de Pupiales (Nariño). Trabajo de tesis para optar por el título de Zootecnista. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Pp 24-29
62. Romero, Nayibi Viviana. 2016. Análisis de la calidad de la leche en ganadería pequeña grandes pertenecientes al área 5 de Zipaquirá Cundinamarca. Tesis presentada para optar por el título de Zootecnista. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Salle. Bogotá. Colombia.
63. Ruíz. AK.; González, D.; Peña, J. 2012. Situación de la mastitis bovina en Cuba. REDVET.: 13. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121212.html>. Consultado el 25 mayo de 2019
64. Saborío, A. 2011. Factores que influyen el porcentaje de sólidos totales de la leche. ECAG. 56:70-73.
65. Santiago, María. 2007. Manual de normas de control de calidad de leche cruda. Clave VST-DP-NR-005
66. Sharma, N.; Singh, N.K.; Bhadwal, M.S. 2011. Relationship of Somatic Cell Count and Mastitis: An Overview. Asian-Aust. J. Anim. Sci. Vol. 24, No. 3 : 429 – 438
67. Sigarroa, A. 1985. Biometría y Diseño Experimental. La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 743 p.
68. Uffo, Odalys.; Kent, A.; Acosta, A.; Martínez, Siomara. 2014. Caracterización molecular del ganado Siboney de Cuba. Biotecnología Aplicada. 30:232-233.
69. Wallen, S.; Kubik, D.; James, S.; Borer, D.; Bodman, G.; ERICKSON, D.; Rice, D.; Cole, P. y Owen, F. 2000. Producing milk with a low bacteria count. Available in: <http://www.inar.unl.edu/pubs/dairy/g678htm>. Consultado el 28 de mayo del 2019.

## Anexos:

Anexo 1:

Encuesta sobre calidad higiénico-sanitaria de la leche que se aplicó a los trabajadores de las vaquerías:

- 1- Puede mencionar que factores influyen en la calidad higiénico-sanitaria de la leche.
- 2- Ordene las operaciones que deben realizarse durante el ordeño:
  - \_Lavado
  - \_Sellaje
  - \_Ordeño
  - \_Despunte
  - \_Ecurrido
- 3- Entre la colocación de las pezoneras (comienzo del ordeño) y el final de esta operación deben transcurrir:
  - \_3 minutos
  - \_7 minutos
  - \_15 minutos
- 4- Mencione que sustancias emplean en su vaquería para realizar el sellaje del pezón.
- 5- Cuantos años de explotación posee el equipo de ordeño y cada cuanto tiempo recibe mantenimiento.
- 6- Las pezoneras del equipo de ordeño se cambian cuando:
  - \_Cada 6 meses.
  - \_Cuando presentan algún defecto, porosas, agrietadas o ensanchadas.
  - \_Una vez al año.

## Anexo 2: Tabla de corrección Densidad-temperatura

20°C	1,0300	1,0305	1,0310	1,0315	1,0320
19°C	1,0298	1,0303	1,0308	1,0313	1,0318
18°C	1,0296	1,0301	1,0306	1,0311	1,0316
17°C	1,0294	1,0299	1,0304	1,0309	1,0314
16°C	1,0292	1,0297	1,0302	1,0307	1,0312
15°C	1,0290	1,0295	1,0300	1,0305	1,0310
14°C	1,0288	1,0293	1,0298	1,0303	1,0308
13°C	1,0286	1,0291	1,0296	1,0301	1,0306
12°C	1,0284	1,0289	1,0294	1,0299	1,0304
11°C	1,0282	1,0287	1,0292	1,0297	1,0302
10°C	1,0280	1,0285	1,0290	1,0295	1,0300
9°C	1,0278	1,0283	1,0288	1,0293	1,0298
8°C	1,0276	1,0281	1,0286	1,0291	1,0296
7°C	1,0274	1,0279	1,0284	1,0289	1,0294
6°C	1,0272	1,0277	1,0282	1,0287	1,0292
5°C	1,0270	1,0275	1,0280	1,0285	1,0290
4°C	1,0268	1,0273	1,0278	1,0283	1,0288