

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



“Determinación de riesgos microbiológicos en la producción de leche, en un proyecto comunitario, en San Miguel Ixtahuacán, San Marcos”

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

PRESENTADO POR

Ericka Lorena Pérez Muñiz

Patricia Alejandra Reyes Márquez

**PARA OBTAR AL TÍTULO DE
QUÍMICAS BIÓLOGAS**

Guatemala, Julio del 2015

JUNTA DIRECTIVA

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda	Decano
Licda. Elsa Julieta Salazar Meléndez de Ariza, M.A.	Secretaria
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	Vocal I
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Br. Michael Javier Mó Leal	Vocal IV
Br. Blanqui Eunice Flores de León	Vocal V

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por ser el motor de nuestra vida y permitirnos culminar esta etapa que representa el inicio de nuestra vida profesional.

A NUESTROS PADRES

Por ser nuestros guías en la vida, su apoyo y amor incondicional.

A UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

En especial a la facultad de Ciencias Químicas y Farmacia por ser nuestra segunda casa en donde hemos aprendido lo necesario para nuestra formación profesional.

A Dra. Karin Herrera, Licda. María del Carmen Bran y Lic. Federico Nave, por la orientación y asesoría para el desarrollo de la presente investigación.

Al Departamento de Microbiología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Laboratorio Microbiológico de Referencia- LAMIR- , y al Departamento de Medio Ambiente Mina Marlín, por contribuir y apoyar el desarrollo de esta investigación.

INDICE

1. Ámbito de la investigación	1
2. Resumen	2
3. Introducción	3
4. Antecedentes	4
4.1. Lugar de estudio	4
4.1.1 San Marcos.....	4
4.1.2. San Miguel Ixtahuacán.....	4
4.2. Leche	5
4.2.1. Composición de la leche.....	5
4.2.2. Propiedades físicas de la leche.....	8
4.2.3. Propiedades químicas de la leche.....	8
4.2.4. Obtención de la leche.....	9
4.3. Ganado utilizado en Guatemala para la producción de leche	9
4.3.1. Raza Holstein.....	10
4.3.2. Raza Jersey.....	10
4.4. Condiciones de la industria lechera en Guatemala	10
4.4.1. Tipología de fincas con bajos insumos (sistema de producción de ganado criollo)...	11
4.4.2. Tipología de producción con medianos insumos(sistema de producción semitecnificado)	11
4.4.3. Fin principal de la producción de leche.....	12
4.4.4. Producción manual.....	12
4.4.5. Producción mecánica.....	13
4.5. Control de calidad en la producción de leche	15
4.5.1. Riesgos microbiológicos asociados a la leche.....	15
4.5.2. Factores que afectan directamente el crecimiento bacteriano.....	16
4.5.3. Principales grupos de bacterias que se encuentran en la leche.....	17
4.6. Recuentos bacterianos en la leche	21
4.6.1. Leche cruda.....	21
4.6.2. Leche pasteurizada.....	21
4.7. Diversidad de sabores y aspectos físicos de la leche por acción bacteriana	22
4.7.1. Leche salada.....	22
4.7.2. Leche amarga.....	22
4.7.3. Leche azul.....	22
4.7.4. Leche amarilla.....	22
4.7.5. Leche roja o sanguinolenta.....	22
4.7.6. Leche viscosa.....	23
4.7.7. Leche de vacas ordeñadas en exceso.....	23
4.7.8. Leche de vacas enfermas.....	23

4.8. Factores a tomar en cuenta para una producción óptima	23
4.8.1. Instalaciones adecuadas.....	24
4.8.2. Cuarto de ordeño.....	27
4.8.3. Los vestidores.....	27
4.8.4. Pileta.....	27
4.8.5. Los drenajes.....	28
4.9. La lechería	28
4.9.1. Leche pasteurizada.....	29
4.9.2. Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPMs).....	30
4.9.3. Procedimientos Operativos Estándares (POEs), para la producción de leche.....	34
5. Justificación	36
6. Objetivos	37
6.1. Objetivo General.....	37
6.2. Objetivo específico.....	37
7. Hipótesis	38
8. Materiales y métodos	39
9. Resultados	51
10. Discusión de resultados	59
11. Conclusiones	63
12. Recomendaciones	64
13. Referencias bibliográficas	65
14. Anexos	70

1. **Ámbito de investigación**

El presente trabajo de investigación fue realizado en el municipio de San Miguel Ixtahuacán, departamento de San Marcos; el objetivo principal del trabajo fue determinar los riesgos microbiológicos en la producción de leche como herramienta para evaluar las condiciones higiénico-sanitarias en la producción primaria de leche, y de tal forma implementar un programa de buenas prácticas de manufactura para disminuir al mínimo estos riesgos. Para lo cual se analizaron muestras de agua, superficies y leche cruda provenientes del área de producción de leche, en la granja piloto de mina Marlín. Los parámetros evaluados para la determinación de riesgos microbiológico fueron: coliformes totales, fecales, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* y *Shigella*.

2. Resumen

Con el fin de determinar los riesgos microbiológicos en la producción de leche en un proyecto comunitario en San Miguel Ixtahuacán, San Marcos, se tomaron muestras de leche en distintos turnos de trabajo, así como también muestras de superficies, de agua y de higiene de manos del personal encargado de la producción de leche. Las muestras fueron tomadas de abril a octubre del año 2011 en la granja piloto de la Mina Marlín.

Se logró determinar que las condiciones de ordeño influyen en la inocuidad de la leche que se produce a través de este proyecto. Debido a que la leche se mantiene estéril en las glándulas mamarias de la vaca, al ordeñar se deben tomar las medidas de higiene que eviten la contaminación y proliferación de microorganismos en la misma. Para la evaluación de las medidas de higiene se realizaron muestreos para determinar los riesgos microbiológicos que estos pueden llegar a representar e influir en la carga bacteriana que la leche pudiese tener. Es por ello que a través de la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) se logró disminuir la cantidad de coliformes totales, encontrando valores menores en los recuentos de coliformes totales en muestras de leche con respecto al primer muestreo, en el recuento de Coliformes fecales de las muestras de agua el resultado disminuyó a $<1\text{NMP}/100\text{mL}$, logrando también la erradicación de la contaminación por *E. coli*, por lo que desde el cuarto muestreo se observó la ausencia de esta en muestras de agua, leche y superficies.

Una de las limitantes de esta investigación fue el tiempo de lactancia de cada vaca, pues éste es corto. Por lo tanto, no se logró empezar y terminar el muestreo con las mismas vacas, tampoco se logró obtener las muestras de las mismas vacas en los distintos turnos de trabajo, pues la cantidad de leche de las mismas varía dependiendo de la raza y edad.

Los resultados demostraron que factores como el agua, manipulación de operarios y superficies de contacto, influyen directamente en la calidad e inocuidad de la leche, por lo que es necesaria la correcta implementación de las BPM en la producción de leche para disminuir los riesgos microbiológicos asociados a estos factores.

3. Introducción

La leche es un alimento con propiedades nutritivas; desde su síntesis en la glándula mamaria hasta su llegada al consumidor, la leche se encuentra sometida a un gran número de riesgos que hacen peligrar la calidad original. Los riesgos, ya sea en forma aislada o en conjunto, afectan negativamente sobre la calidad higiénica y nutricional del producto y consecuentemente la salud pública y económica de cualquier país.

Es grande el desafío para quienes trabajan en el sector lechero en el municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos, no sólo producir mayor cantidad de leche sino también de alta calidad higiénica (Peñate, 2006), y para ello deben contemplarse aspectos fundamentales, como lo son la higiene microbiológica, higiene química e higiene estética. El personal también debe ser capacitado, pues el nivel de educación e higiene de la mayoría es baja. Es por esta razón, que el principal fin de este trabajo, fue determinar los riesgos microbiológicos en el proceso de producción de leche e implementar buenas prácticas de manufactura, a través de capacitaciones.

Para lograr este propósito se llevó a cabo un muestreo del proceso de producción de leche, se analizaron los puntos críticos de contaminación antes de la implementación de buenas prácticas de manufactura y se evaluó la higiene del personal manipulador de la leche. Al finalizar se realizó una evaluación de las manos del personal manipulador, el agua de lavado, superficies de trabajo y de la leche producida.

Se determinaron los factores y fuentes de contaminación externa que contribuyen a la contaminación de la leche a través de análisis microbiológicos utilizando el método de número más probable (NMP) y reportando como ausencia o presencia de *Escherichiacoli* en las superficies de trabajo, el agua y las manos del personal. El estimado de densidad poblacional se obtuvo del patrón de ocurrencia de ese atributo en diluciones seriadas y el uso de una tabla probabilística.

4. Antecedentes

4.1. Lugar de estudio

4.1.1. San Marcos

El Departamento de San Marcos se encuentra situado en la región suroccidental de Guatemala. Su extensión territorial es de 3,791 km². Limita al norte con Huehuetenango, al sur con el Océano Pacífico y Retalhuleu, al este con Quetzaltenango; y al oeste con el estado mexicano de Chiapas. La cabecera departamental se encuentra a una distancia de 252 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala (Villatoro, 2000).

El departamento de San Marcos se encuentra dividido en 29 municipios (Anexo, figura 1). La tasa de analfabetismo en mujeres es de 46.15% y la de hombres es de 53.85% (Villatoro, 2000).

4.1.2. San Miguel Ixtahuacán

El municipio de San Miguel Ixtahuacán, se encuentra ubicado a 64 km al norte de la cabecera departamental de San Marcos y a 314 km de la ciudad capital. Colinda al norte con Concepción Tutuapa (San Marcos) San Gaspar Ixchil y San Ildefonso Ixtahuacán (Huehuetenango); al este con Santa Bárbara (Huehuetenango); al sur con Sipacapa, Tejutla y Comitancillo (San Marcos); al oeste con Concepción tutuapa (San Marcos). Se caracteriza por un clima templado con una temperatura mínima de 13°C y una máxima de 30°C (Villatoro, 2000).

En el municipio de San Miguel Ixtahuacán, se encuentran tres ríos importantes: río Cuilco, río Cantzela y río Tzala. Actualmente cuenta con 19 aldeas y 40 caseríos (Villatoro, 2000).

Entre las principales actividades económicas se encuentran el comercio, remesas familiares de EE.UU., maíz, frijol, papa y café. En lo que respecta a producción pecuaria, ganado vacuno, equino, ovino y porcino. Generándose como consecuencia la

elaboración de productos lácteos en algunos lugares, sin embargo esta es baja, no sólo por el poco conocimiento acerca de la producción de la leche sino también por el bajo nivel socioeconómico de la población en general, lo cual contribuye a malas prácticas higiénicas (Villatoro, 2000).

Predominan los idiomas, Mam y el Castellano. El 95% de las comunidades tienen carreteras como vías de acceso, de las cuales el 93% es de terracería y el 2% es asfalto (Villatoro, 2000).

En mina Marlín se encuentra instalada una microempresa láctea, la cual inició en el año 2010, con el fin de generar fuentes de trabajo a las comunidades cercanas y proveerles conocimientos acerca de este oficio. Actualmente la microempresa láctea cuenta con 35 vacas y dos establos que cumplen con las condiciones adecuadas. Una de las metas de ésta microempresa es la implementación de BPM para la producción óptima de leche (Villatoro, 2000).

4.2. Leche

La leche es un líquido secretado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos tras el nacimiento de la cría, siendo su función natural la de ser el alimento exclusivo de los mamíferos jóvenes. Este líquido se caracteriza por ser de composición compleja, blanco y opaco de sabor dulce y reacción iónica (pH) próximo a la neutralidad (Alais, 2003).

Los mamíferos nacen en muy diferentes niveles de madurez fisiológica, es por esta razón que se pueden encontrar leches más ricas que otras principalmente en base a componentes nitrogenados y sales (Alais, 2003).

4.2.1. Composición de la leche

La leche se sintetiza en la glándula mamaria, pero una gran parte de sus constituyentes provienen del suero de la sangre. Su composición química es muy compleja y completa, lo que refleja su gran importancia en la alimentación de las crías. La composición de la leche depende de las necesidades de la especie durante el periodo de crianza.

Su diversificada composición, en la que entran grasas (donde los triglicéridos son la fracción mayoritaria con el 98% del total lipídico y cuyos ácidos grasos que los forman son mayormente saturados), proteínas (caseína, albúmina y proteínas del suero) y glúcidos (lactosa, azúcar específica de la leche), la convierten en un alimento completo. Además, la leche entera de vaca es una importante fuente de vitaminas (vitaminas A, B, D3, E). La vitamina D es la que fija el fosfato de calcio a dientes y huesos, por lo que es especialmente recomendable para niños (Tevalán, 2007).

4.2.1.1. Lactosa

La lactosa es un disacárido presente únicamente en leches, representando el principal y único hidrato de carbono. La lactosa se sintetiza en la glándula mamaria por un sistema enzimático en el que interviene la α -lactoalbúmina para después segregarse en la leche. Es un 15% menos edulcorante que la sacarosa y contribuye junto con las sales, al sabor global del alimento. Hay ciertos sectores de la población (sobre todo de raza negra y mestizos latinoamericanos) que no toleran la leche debido a su contenido de lactosa. Esto se debe a que la mucosa del intestino delgado no sintetiza la lactasa que es la enzima que hidroliza el enlace glucosídico y separa el azúcar en glucosa y galactosa (Rivella, 1995).

4.2.1.2. Lípidos

Las propiedades de la leche son el reflejo de los ácidos grasos que contiene. Los grupos de lípidos presentes en la leche son: triacilglicéridos, esteroides y sus ésteres diacilglicéridos, monoacilglicéridos, fosfolípidos, ácidos grasos libres y algunos carbohidratos (Rivella, 2007).

Los triacilglicéridos se encuentran como pequeñas partículas llamadas glóbulos. Contienen una gran cantidad de ácidos grasos, identificándose hasta 400 tipos diferentes en la leche de vaca (los aceites tiene entre 8 y 10). La leche es el alimento que tiene la composición lipídica más compleja. Sin embargo, el 96% del total lo conforman sólo 14 ácidos grasos, siendo los más importantes el ácido mirístico, el ácido palmítico y el ácido oleico. La gran cantidad de grasas se debe a la alimentación del bovino y a la intensa actividad del rumen (James,2000).

Tabla No1.Componentes lipídicos de la leche

Lípido	Total de lípidos (%)	Concentración (g/L)
Triacilglicéridos	96-98	31.00
Diacilglicéridos	2.10	0.72
Monoacilglicéridos	0.08	0.03
Fosfolípidos	1.10	0.35
Ácidos grasos libres	0.20	0.08
Colesterol	0.45	0.15
Esteres de esteroides	Rastros	Rastros
Hidrocarburos	Rastros	Rastros

Fuente: Tevalán F.J.(2007).

4.2.1.3. Caseína

La caseína es una proteína de la leche del tipo fosfoproteína que se separa de la leche por acidificación y forma una masa blanca. Las fosfoproteínas son un grupo de proteínas que están químicamente unidas a una sustancia que contiene ácido fosfórico, por lo tanto su molécula contiene un elemento fósforo. La caseína representa cerca del 77 al 82% de las proteínas presentes en la leche y el 2.7% en la composición de la leche líquida (Tevalán, 2007).

Cuando coagula con renina, es llamada paracaseína, y cuando coagula a través de la reducción del pH es llamada caseína ácida. Cuando no está coagulada se le llama caseinógeno. La caseína es un sólido blanco-amarillento, sin sabor ni olor, insoluble en agua. Se dispersa bien en un medio alcalino, como una solución acuosa de hidróxido de sodio, formando caseinatos de sodio (Tevalán, 2007).

4.2.1.4. Suero de la leche

El suero es el conjunto de todos los componentes de la leche que no se integran en la coagulación de la caseína, y de acuerdo con el tipo de leche (es decir, de la especie de la que proviene)(Tevalán,2007).

4.2.2. Propiedades físicas de la leche

La leche de vaca tiene una densidad media de 1.032 gramos por litro (g/l). Es una mezcla compleja y heterogénea compuesta por un sistema coloidal de tres fases:

4.1.2.1. Solución: Los minerales así como los hidratos de carbono se encuentran disueltos en el agua.

4.1.2.2. Suspensión: Las sustancias proteicas se encuentran en el agua.

4.1.2.3. Emulsión: La grasa en agua se presenta como emulsión. Contiene una proporción importante de agua (cerca del 87%). El resto constituye el extracto seco que representa 130 g/l y en el que hay de 35 a 45 g de materia grasa. Otros componentes principales son los glúcidos lactosa, las proteínas y los lípidos. Los componentes orgánicos (glúcidos, lípidos, proteínas, vitaminas), y los componentes minerales (Ca, Na, K, Mg, Cl). La leche contiene diferentes grupos de nutrientes. Las sustancias orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas) están presentes en cantidades más o menos iguales y constituyen la principal fuente de energía. Estos nutrientes se reparten en elementos constructores, las proteínas, y en compuestos energéticos, los glúcidos y los lípidos (Salvador,2000).

4.2.3. Propiedades químicas de la leche

El pH de la leche es ligeramente ácido (pH comprendido entre 6.6 y 6.88). Otra propiedad química importante es la acidez, o cantidad de ácido láctico, que suele ser de 0.15-0.16% de la leche, proteínas (la caseína se presenta en 80% del total proteínica, mientras que las proteínas del suero lo hacen en un 20%) y las enzimas (Tevalán, 2007).

La actividad enzimática depende de dos factores: la temperatura y el pH y está presente en todo el sistema de diversas formas. La fosfatasa se inactiva a temperaturas de pasteurización su ausencia indica que se realizó bien la pasteurización. La reductasa es producida por microorganismos ajenos a la leche y su presencia indica que está contaminada. La xantoxidasa en combinación con nitrato de potasio (KNO_3) inhibe el crecimiento de bacterias butíricas. La lipasa oxida las grasas y da olor rancio a los productos y se inhibe con pasteurización. La catalasa se incrementa con la mastitis y si bien no deteriora el alimento, se usa como indicador microbiológico (Tevalán, 2007).

4.2.4. Obtención de la leche

La leche producida en las células alveolares y acumuladas en el sistema excretorio de la ubre, se obtiene al amamantar al ternero o por el ordeño. La vaca colabora en forma activa en el proceso de obtención de la leche, por medio de varios estímulos que pueden ser visuales, acústicos, térmicos o por manipulación en forma de masaje en la ubre, lo cual permite una descarga de oxitocina y ésta produce la contracción de las células mioepiteliales lo cual resulta en un aumento de la presión intramamaria en la excreción de la leche en los alvéolos y conductos lactóforos. El intervalo entre recepción del estímulo y la respuesta en la ubre varía entre 15 y 120 segundos (James, 2000).

Al principio del ordeño, la presión intramamaria se mantiene constante. Al aumentar el vaciado de la ubre disminuye la presión hasta que alcanza el valor de cero. Es recomendable hacer el ordeño inmediatamente después de la estimulación. Cualquier factor, susto, dolor, ruido, etc., que disturbe al animal durante el ordeño resulta en la disminución de la presión intramamaria y la excreción de leche se interrumpe (Tevalán, 2007).

4.3. Ganado utilizado en Guatemala para la producción de leche

La selección del ganado lechero es un factor importante para producir leche de buena calidad. Existen varias razas de ganado, sin embargo se considera que las más aptas para la producción de leche de buena calidad son las Holstein y la Jersey, para regiones como Guatemala (Mason, 1996).

4.3.1. Raza Holstein

Las vacas Holstein son conocidas por su alta producción de leche en comparación con otras razas. Algunas ventajas de esta raza son: posee una curva de lactancia mayor (días de ordeño), es la más utilizada para explotación de doble propósito, alta producción de leche, lo que permite obtener una mayor cantidad de sólidos totales en la leche (Mason, 1996).

4.3.2. Raza Jersey

El animal Jersey llama la atención por su pequeño tamaño, el color de su pelaje va desde el bayo claro hasta el casi negro, pasando por el marrón y no son extrañas las manchas blancas. Sus extremidades muestran huesos finos y magníficos aplomos; la ubre está adherida en forma muy firme; es bien balanceada y nivelada, con textura fina, indicativa de alta producción y larga vida útil (Tevalan, 2005).

La raza Jersey es una de las pocas que desde sus orígenes ha sido orientada exclusivamente a la producción de leche. Es la segunda raza lechera en el mundo en cuanto a número de ejemplares y es considerada la mejor para producir leche en cualquier sitio del mundo (Tevalan, 2005).

Entre las ventajas económicas que le proporciona esta raza al productor de leche se encuentran: mejor adaptación a diferentes zonas topográficas, mayor eficiencia en el pastoreo, eficiencia en la producción de leche (más cantidad de leche por peso vivo), presenta menor intervalo entre partos y estos ocurren sin problema alguno, lo que se traduce en un mayor número de crías a lo largo de su vida útil, que por lo general pasa de 10 años. Estos dos rasgos establecen diferencias notables con otras razas lecheras. Su tamaño (1.25 metros) hace que la raza Jersey siga siendo la única pequeña entre las razas lecheras (Tevalan, 2005).

4.4. Condiciones de la industria lechera en Guatemala

Se pueden encontrar dos principales tipologías en los sistemas de producción de productos lácteos, los cuales son: tipología de fincas con bajos insumos y tipologías de fincas de producción con medianos insumos (Rivella, 1995).

4.4.1. Tipología de fincas con bajos insumos (sistema de producción de ganado criollo)

Debido a limitantes, como son la deficiente alimentación, la cual se agrava en la época seca, manejo inapropiado de los pastos en época lluviosa, manejo sanitario y reproductivo inadecuado, productores que dedican la mitad de sus parcelas para la siembra de otros cultivos, hacen que la producción sea baja (Tevalan,2005).

Son fincas que disponen de áreas limitadas para el pastoreo, con áreas pequeñas destinadas a producir pasto, no se utilizan fertilizantes ni suplementan al ganado, el consumo de concentrado no existe, el producto de la explotación es para consumo familiar, las ganancias son muy pocas, con tendencias a desaparición del centro de producción. No cuentan con alimento seguro durante todo el año por los cambios de clima (Tevalan,2005).

4.4.2. Tipología de producción con medianos insumos (sistema de producción semitecnificado)

Cuentan con corrales de manejo contruidos con duela de madera y postes, a veces en lugar de duela usan alambre espigado o alambre liso de alta resistencia, por el alto costo de la madera actualmente. Piso de torta de cemento, techo de lámina con albergue para terneros, sala de ordeño y un cuarto de utensilios de ordeño, bebederos de cemento, pozo y depósito de agua (Tevalan,2005).

A los ocho días de nacidos los terneros se separan de las madres, al medio día se llevan a pastorear hasta cuando tienen aproximadamente de ocho a nueve meses de edad. Durante la época lluviosa, la principal alimentación del ganado es mediante el pastoreo. Durante la época crítica se les suministra a las vacas en producción 60 libras de ensilaje, cinco onzas de la mezcla urea, sal y minerales. La monta es natural, el toro permanece con las hembras aptas para la reproducción todo el año. Se seleccionan los vientres en base a la producción de leche, comportamiento reproductivo y defectos físicos (Tevalan,2005).

4.4.3. Fin principal de la producción de leche

El proceso del ordeño, es el proceso más importante de la operación total de la granja, constituyéndose un proceso crítico desde el punto de vista de la obtención de un máximo rendimiento y de conservar las ubres sanas. Los malos procedimientos de ordeño pueden fácilmente dar como resultado una apreciable pérdida en la producción (Charley, 1998).

4.4.4. Producción manual

Primero se inmoviliza a la vaca, se utiliza el rejo o lazo para manear las patas de la vaca, para ello se ofrece un alimento nutritivo en el comedero, esto permite sujetar, tranquilizar y estimular adecuadamente a las vacas. Una vez que se termina de asegurar a la vaca, el ordeñador tiene obligatoriamente que lavarse las manos y los brazos, utilizando mucha agua clorada y jabón, así eliminará los agentes de contaminación que tiene en las manos, dedos y uñas (Charles, 1990).

Luego debe lavar los pezones con agua clorada; para clorar el agua se debe colocar 50 gramos de cloro granulado por cada 1000 litros de agua potable. Para el adecuado lavado de pezones, el ordeñador debe utilizar un sólo balde para traer y llevar el agua que necesite. En ésta actividad se debe usar abundante agua limpia. Los pezones de la vaca se deben desinfectar utilizando la toalla empapada con la solución yodada (30 mililitros o centímetros cúbicos de yodo concentrado disuelto en un litro de agua), aquí se debe evitar que la toalla contenga demasiada solución desinfectante y escurra por encima de los pezones. La toalla se tiene que pasar por cada pezón dos veces, asegurando que se desinfecten en su totalidad, luego el ordeñador también debe desinfectar sus manos y regresar la toalla al recipiente que contiene la solución desinfectante; de allí en adelante, el ordeñador sólo puede tocar los pezones de la vaca y el balde de ordeño (Taylor, 1999).

El ordeño debe realizarse en forma suave y segura, esto se logra apretando el pezón de la vaca con todos los dedos de la mano; para garantizar que la leche salga sin mayor esfuerzo, se deben realizar movimientos suaves y continuos, luego a partir de ese

momento, se debe ordeñar utilizando el método que se conoce con el nombre de “ordeño halado suave”, aplicándolo hasta agotar o escurrir la ubre. En ningún momento se debe practicar el ordeño conocido como “ordeño martillo”, el cual consiste en doblar el dedo pulgar de la mano sobre el pezón de la vaca, haciendo de ésta forma mucha presión para que pueda salir la leche (López,2003).

La cantidad recomendada de tiempo que se dispone para extraer o sacar la totalidad de la leche de la vaca es de seis a siete minutos; al exceder de ese tiempo se produce una retención natural de la leche por parte de la vaca, afectando de esta manera la buena y sana producción de leche y propiciando el apareamiento de mastitis, lo que resulta en una significativa reducción de los ingresos y ganancias de la finca o el negocio de producción de leche (López, 2004).

4.4.5. Producción mecánica

En el ordeño mecánico se aplica continuamente vacío al extremo del tetón, pero en una forma alternada sobre el exterior de la taza forrada del mismo. Esta aplicación pulsante de vacío tiene un promedio de 48 a 60 veces por minuto. Contrario a lo que mucha gente cree, la leche no se exprime del tetón al adquirir la taza forrada del tetón. Esta acción de masaje al tetón ayuda a impedir el congestionamiento de sus paredes. La leche se elimina del tetón cuando se aplica el vacío a la parte exterior de la taza forrada. El nivel de vacío generalmente varía entre 10 y 16 pulgadas de mercurio, dependiendo del diseño de la marca de la máquina particular (Alais, 2003).

Existen dos tipos generales de ordeñadoras mecánicas:

4.4.5.1. El tipo piso: tiene las tazas para el tetón conectadas a una uña que a su vez se conecta a una cubeta que se asienta en el piso aproximadamente a 90 centímetros de distancia (Alais,2003).

4.4.5.2. El tipo suspendido: tiene la taza para el tetón conectada directamente al borde de la cubeta, la cual se cuelga bajo la vaca inmediatamente enfrente de la ubre (Alais,2003).

El procedimiento de ordeño mecánico se podría plantear de la siguiente forma:

4.4.5.3. Preparar cada vaca lavándole la ubre y aplicándole masaje con una tela limpia o una toalla de papel humedecida en agua caliente (aproximadamente 48.9°C) que contenga un desinfectante adecuado. Se comprueba que la leche de cada cuarto con una taza limpia (Castillo del ,2004).

4.4.5.4. Un minuto después de comprobar la leche, se coloca y ajusta en forma adecuada la ordeñadora mecánica. Cuando el ordeño ya esté casi terminado, se vacía aplicando masaje a la ubre con una mano y tirando hacia debajo de la uña con la otra, en el caso de una máquina suspendida, se cambia la suspensión de la cubeta, tirando con fuerza sobre las tazas para el pezón y aplicando masaje a la ubre con ambas manos. Si se continúa la operación después que la leche se haya agotado puede dar como resultado la inhibición de los tetones en la ubre (constricción) y se causen lesiones en la parte inferior de la ubre. Si se prefiere se puede agotar a mano en vez de a máquina, sin embargo, se prefiere generalmente el vaciado a máquina (Castillo del ,2004).

4.4.5.5. El proceso de ordeño deberá terminarse aproximadamente en cuatro minutos. Una vez que se han quitado las tazas de los pezones de la vaca, deberán sumergirse en agua limpia para eliminar la leche y a continuación, en una solución con un desinfectante adecuado (Castillo del ,2004).

4.4.5.6. Una vez que se ha quitado la máquina ordeñadora, los tetones deben sumergirse en una botella que contenga un desinfectante adecuado. Se elimina la gota de leche que queda en el tetón. Esto tiende a reducir la atracción de las moscas y disminuye el peligro de que adquieran bacterias que pueden introducirse a la ubre a través del canal estriado (Castillo del ,2004).

4.4.5.7. Es esencial que adquiera el ordeñador, buenos hábitos de ordeño. Cada una de las fases de la operación deben ajustarse a un patrón que le permita laborar a un ritmo razonable, tomar el tiempo adecuado para el estímulo después de colocar la

ordeñadora, cerciorarse de que la ordeña sea completa, impedir que la máquina quede colocada demasiado tiempo en la vaca y evitar también la pérdida de tiempo del operador o de la máquina. Es importante el cuidado y el lavado de la máquina (Castillo del, 2004).

4.5. Control de calidad en la producción de leche

El control de la calidad de la leche, tiene como fin principal la obtención de una leche con características como las siguientes: libre de todo microorganismo patógeno, una cuenta baja de microorganismos totales, libre de sedimentos y materias extrañas, de un ligero sabor dulce y un gusto y aroma suave, libre de olores extraños, que cumpla con los requisitos estatales en cuanto al contenido mínimo de grasas, sólidos no grasos y total de sólidos (Charley, 2004).

Al medir la cantidad de la leche se debe observar su apariencia y olor; la cuenta bacteriana es la prueba que con más frecuencia se usa para determinar la contaminación. Se han desarrollado gran número de pruebas de la calidad física y química para usarse en los productos a medida que se reciben, así como en las operaciones de elaboración (A.A.P.P.A. 2003).

4.5.1. Riesgos microbiológicos asociados a la leche

Debido al elevado valor nutritivo de la leche, ésta constituye un medio muy apropiado para el desarrollo de microorganismos. Es por ello que la evaluación de puntos críticos en la producción de leche, son factores que se deben tener en cuenta desde tres puntos de vista:

4.5.1.1. Tecnológico: la extracción de leche en la central lechera debe ser bajo condiciones adecuadas.

4.5.1.2. Económico: este es un factor que afecta al productor, ya que si produce leches con mala calidad microbiana estas serán rechazadas.

4.5.1.3. Sanitario: en este punto está el factor realmente importante, ya que la leche en mal estado puede constituir un vehículo de transmisión de enfermedades zoonóticas

causadas por los microorganismos patógenos o sus toxinas, siendo las vacas o los ordeñadores y personas que manipulan la leche la fuente de contaminación más importante.

En otras ocasiones la contaminación viene producida por falta de higiene, poca limpieza de las vacas, del medio ambiente, de los sistemas de ordeño, conducciones de leche, ollas o sistemas de refrigeración. Todos éstos, ya sea en forma aislada o en conjunto, conspiran en forma negativa sobre la calidad higiénica y nutricional del producto y consecuentemente, conspiran en contra de la salud pública y economía de cualquier país (Bourgeois,1994).

Es por esta razón que los puntos críticos de control (PCC), se hacen esenciales en esta etapa ya que al aplicarse los controles se previene, elimina o reduce a un nivel aceptable un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos (FAO-OMS, Comisión del Codex Alimentarius. 2002).

4.5.2. Factores que afectan directamente el crecimiento bacteriano

Existen cinco factores críticos que permiten el crecimiento o inhibición bacteriana, siendo estos: ambiente, temperatura, humedad, aire y reacción. Los elementos de origen químico y mineral comunes en los alimentos son tan necesarios a las bacterias como lo son para los miembros del reino animal. La leche, es asimismo un alimento excelente para las bacterias (Hernández, 2005).

Las bacterias no se desarrollan o se multiplican favorablemente en el punto de congelación; sin embargo, entre los 21°C y 60°C se obtiene un desarrollo y reproducción extremadamente rápidos. El crecimiento bacteriano varía en relación a su temperatura óptima, pero casi todas las bacterias que comúnmente se encuentren en la leche crecen en temperaturas que oscilan entre los 21°C y 60°C. Estas mismas bacterias se multiplican muy lentamente a temperaturas menores de 10°C. Por esta razón la leche y sus derivados deben enfriarse rápidamente después del ordeño o el proceso y conservarse refrigerada hasta que se utilice (James, 2000).

A temperaturas ligeramente superiores a los 60°C, las bacterias comienzan a perecer. Existen microorganismos capaces de resistir condiciones extremas y con lo cual dificultan el proceso de pasteurización, los primeros se conocen como termodúricos, u organismos resistentes al calor y los últimos se conocen como termofílicos, o amantes del calor. Estos dos tipos no son patógenos, sin embargo, constituyen un verdadero problema en la comprobación de la eficacia de la pasteurización. Su control es en extremo difícil bajo condiciones comerciales y se necesitan métodos bacteriológicos especiales para determinar su presencia y cantidad (Hernández, 2005).

La pasteurización no debe confundirse con la esterilización. Cuando algo es estéril no queda ningún organismo viviente en ello. Para esterilizar la leche, debe calentarse en pequeñas cantidades a presión de vapor de agua hasta aproximadamente 132.4°C durante 10 o 15 minutos, o hervirla durante 20 minutos tres días consecutivos (Schmidt, 1966).

Las bacterias obtienen su mejor alimento de las soluciones acuosas, el agua es absolutamente esencial para su crecimiento y desarrollo. Los alimentos secos, tales como la leche en polvo y las frutas secas, pueden contener ciertas bacterias, el secado puede matar algunos organismos pero no destruye a todos. La humedad y la temperatura son factores importantes que afectan el crecimiento bacteriano (Hernández, 2005).

4.5.3. Principales grupos de bacterias que se encuentran en la leche

Las principales bacterias, encontradas en los productos lácteos, son las bacterias lácticas, las cuales forman ácidos. Existen muchas clases de bacterias formadoras de ácidos que hacen que la leche se agrie. El tipo más común está representado por *Streptococcus lactis*. Estos organismos son responsables de la acidez normal de la leche, la que se produce por la acción de las bacterias sobre la lactosa o azúcares de la leche. La lactosa se convierte en ácido láctico que provoca que la leche se espese o cuaje y que adquiera un sabor acidulado. Aun cuando todas las bacterias constituyen un riesgo en la industria láctea, estos organismos productores de ácidos son

indispensables para la elaboración de quesos. También son importantes para la elaboración de crema agria o madurada y para la producción de ciertas bebidas de leche agria (Alais, 2003).

Otra clase de bacilos formadores de ácidos son *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus bulgaricus*(Castro, 2000).

Así también se pueden distinguir dos grandes categorías de bacterias gracias al método de coloración de Gram, las bacterias “gram positivo” y las bacterias “gram negativo”, las primeras se caracterizan por mayores exigencias nutritivas y una sensibilidad más elevada a los agentes bactericidas, que las gram negativo, sin embargo estas últimas son más sensibles que las gram positivo a sustancias inhibitoras (Alais, 2003).

4.5.3.1. Bacterias gram positivo

La leche fresca puede contener muchas bacterias gram positivo entre éstas:

4.5.3.1.1. *Corynebacterium*: Bacilos finos, que se representan en agrupaciones características. Estas bacterias tienen poca importancia práctica por sus actividades y su temperatura óptima bastante elevada.

4.5.3.1.2. *Propionibacterium*: Bacterias propiónicas, que tienen importancia en la maduración de quesos.

4.5.3.1.3. *Brevibacterium*: Bacterias con forma de bastoncillos cortos (cocoides), no fermentadoras de lactosa, utilizadas en procesos de maduración de quesos.

4.5.3.1.4. *Micrococcus*: No son patógenos, se encuentran desprovistos de coagulasa y hemolisina y son habitantes comunes de la piel del hombre y de los animales. Forman parte de la microbiota inocua de la leche luego del ordeño (Castro, 2000).

4.5.3.2. Bacterias gram negativo, anaerobias facultativas

Las enterobacterias son huéspedes normales del intestino de los mamíferos; su presencia en la leche puede atribuirse a una contaminación de origen fecal, suelen ser menos abundantes en la leche que otras bacterias gram negativo, sin embargo tienen

gran importancia desde dos puntos de vista:

4.5.3.2.1.Higiénico: varias especies de estas familias son responsables de enfermedades infecciosas, que pueden adquirir carácter epidémico.

4.5.3.2.2.Tecnológico: una propiedad bioquímica de las enterobacterias, es la fermentación de los azúcares con formación de gas y ácidos, algunas especies producen sustancias viscosas o sabor desagradable (Revilla, 1995).

4.5.3.3. Coliformes

Las bacterias a que se les atribuyen mayormente trastornos gastrointestinales son las bacterias coliformes de los géneros: *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Proteus*. Lo que se ha demostrado claramente que algunas *Escherichiacoli* de los grupos O, son causantes de la aparición de gastroenteritis agudas en niños y rara vez en adultos, actuando solos o en asociación con enterovirus (Judkins, 1993).

Se ha observado que en las mastitis del ganado vacuno, se encuentran a veces *E. coli* enteropatógenos de los tipos que provocan con frecuencia gastroenteritis infantiles. La investigación microbiológica de los coliformes forma parte de los exámenes de leche cruda y pasteurizada en la mayor parte de los laboratorios de análisis de leche. Los resultados que se obtienen demuestran que estos microorganismos nunca aparecen en la leche correctamente pasteurizada, que ha dado prueba de fosfatasa negativa, excluyendo la recontaminación (Peñate, 2006)

La lucha contra los microorganismos coliformes presentes en la leche se basa en las siguientes medidas: separación de la leche procedente de los cuartos mamarios afectados, enfriamiento y conservación a temperaturas inferiores a 10 °C, tratamiento térmico apropiado y la prevención de toda contaminación posterior (Peñate, 2006).

4.5.3.3.1.*Escherichiacoli*: Suele encontrarse junto a muchos otros en el contenido intestinal del hombre y de los animales formando parte de la microbiota normal. Este microorganismo puede causar infecciones intestinales y extraintestinales generalmente graves, tales como infecciones del aparato excretor, cistitis, meningitis,

peritonitis, mastitis y septicemia. Su presencia en alimentos indica contaminación fecal, por una mala higiene durante la elaboración del alimento (Adams,1997).

4.5.3.4. Organismos patógenos

Aun cuando no se encuentran comúnmente en la leche, los organismos patógenos pueden producir serios resultados si están presentes. Las enfermedades que han sido propagadas por la leche incluyen la tuberculosis, fiebre tifoidea, fiebre escarlatina, poliomielitis, fiebre de malta, faringitis séptica, difteria y trastornos digestivos en los niños y convalecientes; de todas éstas enfermedades, las únicas cuyo origen ha sido la vaca, son la tuberculosis y la fiebre de malta (Judkins, 1981).

4.5.3.4.1. *Brucella*: Es el microorganismo causante de la fiebre de malta o fiebre ondulante; las causas más comunes son por la leche de una ubre infectada y por malas prácticas de manufactura. El organismo que la causa pertenece al género *Brucella*. La brucelosis está ampliamente difundida entre el ganado y produce grandes pérdidas económicas, sin embargo, el número de víctimas infectadas es relativamente pequeño. El mejoramiento de las medidas sanitarias junto con la pasteurización han hecho que las epidemias de origen lácteo disminuyan (Judkins,1981).

4.5.3.4.2. *Staphylococcus aureus*: Puede provocar en los humanos gastroenteritis por toxina, y la infección puede derivar de ubres infectadas o bien a través de portadores humanos (López, 2004).

4.5.3.4.3. *Salmonella*: La mayoría son consideradas patógenas para el hombre, aunque difieren en cuanto a las características y gravedad de la enfermedad que causan. La salmonelosis es una enfermedad zoonótica puesto que la fuente principal de la enfermedad humana la constituyen los animales infectados. La transmisión tiene lugar por la vía fecal-oral por medio de la cual el contenido intestinal de un animal infectado es ingerido con un alimento. La carne, la leche, las aves de corral y los huevos son los vehículos principales (Adams,1997).

4.5.3.4.4. *Shigella*: Es la causante de la disentería bacilar. Está integrada por cuatro especies, que se diferencian por la gravedad de la enfermedad que causan cada una de ellas, siendo todas patógenas para el hombre. La shigelosis es común en zonas en las que la eliminación de aguas residuales es inadecuada y el microorganismo podría transmitirse a partir de las heces por medio de las moscas (Adams,1997).

4.6. Recuentos bacterianos en la leche

El recuento aeróbico en placa de bacterias heterótrofas de la leche se reporta como el número de bacterias por centímetro cúbico (mililitro). A continuación se encuentra un listado del número máximo de bacterias permitido en la leche de diferentes clases, mediante el recuento de placa (Potter, 1999).

4.6.1. Leche cruda Certificada: debe llevar los requisitos de la American Milk Commission. La norma común es de 10,000 o menos por mililitro.

Clase A: para pasteurización 200,000 bacterias o menos por mililitro.

Clase B: para pasteurización 1,000,000 bacterias o menos por mililitro.

Clase C: leche para pasteurización que cubra los requisitos de la clase B (Potter, 1999).

4.6.2. Leche pasteurizada

Clase A: 30,000 bacterias o menos por mililitro.

Clase B: 50,000 bacterias o menos por mililitro.

Clase C: la que no cubra los requisitos de la clase B. (Según el Servicio de Salubridad Pública de los EE.UU, 1953.)(Potter, 1999).

La leche que tiene una elevada cuenta bacteriana a lo anterior, se considera indeseable, ya que puede indicar: leche vieja, refrigeración impropia o uso de métodos carentes de higiene en la producción y manejo. La leche con un alto número de bacterias es más posible que sea perjudicial a la salud pública que la que tenga una cuenta baja (Schmidt, 1966)

4.7. Diversidad de sabores y aspectos físicos de la leche por acción bacteriana

4.7.1. Leche salada: La leche salada tiene un olor corrompido y un sabor salado. No se presenta con mucha frecuencia. La causa no es conocida, pero parece que se presenta más a menudo en las vacas de avanzado período de lactación o con vacas que han sido muy ordeñadas con mucho descaso para la reproducción (Belitz, 1997).

4.7.2. Leche amarga: Este es un tipo común de leche anormal. Puede deberse a la clase de alimento que la vaca haya comido; en este caso, la leche tendrá un sabor amargo recién ordeñada. Ciertas bacterias, el origen de las cuales es desconocido, también pueden ser la causa de la leche amarga en forma permanente. En este último caso, el problema se resuelve teniendo mucho cuidado en cuanto a la limpieza de la producción y la pasteurización, hasta que ésta condición desaparezca. La leche amarga también puede deberse a la lipasa, una enzima que hidroliza la grasa en glicerol y ácidos grasos. Los ácidos grasos hacen que la leche se amargue (Belitz, 1997).

4.7.3. Leche azul: Es causada por una bacteria denominada *Bacillus cyanogenes*. La leche no es azul cuando se ordeña, sino que desarrolla dicha coloración al permanecer en reposo. La solución inmediata es la pasteurización de la leche fresca, la que deberá seguirse de una cuidadosa limpieza de todo el equipo para el manejo de la leche. Poco se conoce acerca del origen de este microorganismo (Belitz, 1997).

4.7.4. Leche amarilla: Sucede lo mismo que sucede en la leche azul, a excepción de la bacteria que lo ocasiona (Belitz, 1997).

4.7.5. Leche roja o sanguinolenta: Este defecto generalmente es causado por la sangre, que se incorpora a la leche por la ruptura de algún vaso sanguíneo de la ubre. La sangre es más pesada que la leche y generalmente se observará cerca del fondo de la botella de leche o adherida al tazón de un separador en los residuos. Esto se puede curar si se logra mantener tranquila a la vaca durante el ordeño, pero generalmente se requiere de tratamiento para dar tiempo a que sane tratándose de un caso grave. En ocasiones, la leche roja es causada por bacterias, el origen de las cuales es poco

conocido. Existen cierto número de tipos de bacterias que producen la coloración roja de la leche pero raras veces causan dificultades (Revilla, 1995).

4.7.6. Leche viscosa: La leche ordeñada de vacas con afecciones bacterianas en la ubre, conocida como inflamación de la ubre, en ocasiones es viscosa. En realidad es que tiene demasiadas heces. Es casi imposible colar la leche que tiene sedimento con estopillas de algodón. Lo que provoca esta condición no se ha comprendido claramente. Las vacas pueden afectarse por una lesión en la ubre por echarse en un piso frío o por una alimentación defectuosa. Algunas vacas la contraen con frecuencia y es preferible desecharlas. La verdadera leche viscosa es causada por bacterias que se desarrollan después que la leche ha sido ordeñada. Dicha leche, al pasarla por un cedazo de alambre, formará hilos de varios metros de longitud. Esta leche no es perjudicial para la salud, pero es un problema, ya que no se puede vender en estas condiciones, no puede dedicarse a otro uso posible que no sea para la alimentación de cerdos. Se cree que el agua superficial sea la fuente de estos microorganismos y en ocasiones posiblemente una ubre enferma. El aseo cuidadoso de los utensilios generalmente eliminará este inconveniente (Kroger, 1976).

4.7.7. Leche de vacas ordeñadas en exceso: Esta leche tiene casi todos los inconvenientes que se han mencionado anteriormente. La leche anormal es más común en el caso de vacas próximas al final de su período de lactancia (Belitz, 1997).

4.7.8. Leche de vacas enfermas: Esta es posible que sea anormal en carácter y peligro para la salud. No se debe correr el riesgo de usar o vender la leche procedente de vacas enfermas (Belitz, 1997).

4.8. Factores a tomar en cuenta para una producción óptima

La leche es el alimento natural perfecto para los niños y adultos. Para una producción óptima de la leche, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos: la leche que suele contener organismos infecciosos propaga rápidamente la enfermedad, absorbe con facilidad los malos olores y se altera fácilmente (Judkins, 1981).

La leche de elevada calidad higiénica, en consecuencia debe ser baja en recuento bacteriano, pura y libre de microorganismos infecciosos, de buen aroma y libre de contaminantes. Algunas condiciones que están relacionadas con la calidad de la leche son la clase de establo, clase de lechería, estado de salud de la vaca, estado de salud del personal, rutina de la alimentación, preparación de la vaca para ordeño, preparación del personal que ordeña, clase de bote utilizado para ordeño, tipo de ordeño, métodos de enfriamiento, métodos de limpieza de los utensilios y control de insectos (James, 2000).

Todos los factores antes mencionados, pueden afectar el recuento bacteriano, pero los que tienen un efecto más grande son: la salud de la vaca, la clase de bote que se use, el uso de ordeñadoras mecánicas, el enfriamiento de la leche y la limpieza de los utensilios, con un claro énfasis en los dos últimos (James, 2000).

Los principales factores que afectan el sabor son: la rutina de la alimentación y la clase de alimento, la preparación de la vaca para ordeñar, la ventilación del establo, el traslado de la leche del establo y la limpieza de los utensilios (Judkins, 1981).

Los principales factores que afectan la sedimentación de la leche son: la rutina de la alimentación, la preparación de la vaca para ordeñar, la clase de bote que se use y el colado de la leche (Judkins, 1981).

La acidez de la leche es causada por la acción de ciertas bacterias sobre la lactosa o azúcares de la misma, las cuales afectan la cuenta bacteriana. (Judkins, 1981).

4.8.1. Instalaciones adecuadas

Los requisitos para un buen establo para vacas son: ubicación apropiada, paredes y techo lisos y herméticos, suficiente luz, suficiente espacio, buena ventilación, piso adecuado, sujeción correcta y un buen método de dispersión del estiércol (García, 2005).

La ubicación debe estar exenta de alrededores que puedan ser focos de contaminación, tales como lodo, hoyos, grandes corrales, retretes y gallineros. Para la ventilación debe emplearse ya sea un sistema de circulación o ventanas inclinadas o deslizantes. Una mala ventilación no sólo afecta la calidad de la leche a causa de los malos olores que el aire del establo pueda impartir a la leche, sino que también influye en la salud de las vacas y por ello, indirectamente en la calidad de la leche (García, 2005).

El establo debe estar construido de tal forma que la temperatura no baje de 4.4°C. Los pisos deben ser de concreto o de algún otro material impermeable y de fácil limpieza. Los barrotes giratorios hacen los mejores amarres y mantienen a las vacas sobre el piso del establo de manera que el estiércol caiga en el canalón. Las paredes pueden ser mampostería o pueden estar con aplanado o cubiertas con madera. Las juntas deberán ser herméticas y de fácil limpieza. Los techos deben ser de una construcción compacta y de acabado terso. El estiércol no se debe apilar cerca del establo o en el corral de las vacas, sino que debe depositarse en un pozo o en los campos (García, 2005).

Las instalaciones para el ganado lechero deberán proveer de: condiciones de crianza saludables y confortables para el ganado, adecuadas al clima de la zona, también de condiciones de trabajo adecuadas para el personal e Integrar los manejos de ordeño, alimentación y manipulación del estiércol (García, 2005).

El clima óptimo para la vaca lechera está dado por la asociación de la temperatura ambiental de 13°C a 18°C, una humedad relativa de 60% y viento de 6 a 8 km/h. Usualmente en zonas de alta humedad relativa, el incremento de temperatura será más adverso que en zonas de baja humedad (García, 2005).

Cuando la temperatura ambiental excede los 24°C a 27°C, aún con baja humedad relativa, la vaca ya se encuentra en estrés de calor. La productividad lechera también se ve afectada por el calor del verano, asociada a una marcada depresión en el consumo de alimento. Además existen más abortos, retenciones de placenta, metritis, mastitis y nacimiento de crías más pequeñas (García, 2005)

El ganado debe tener instalaciones y equipamiento adecuados para reducir los efectos del calor. Dentro de las instalaciones lo más conveniente y económico es el uso de sombras. Las sombras deberán ubicarse indispensablemente sobre lugares como pasadizos de alimentación, comederos y mandiles de comedero, bebederos, en zonas de descanso dentro del corral, corral de espera y zona de ordeño (García, 2005). Las sombras dentro del corral deben orientarse de norte a sur, para permitir que tanto en la mañana como al atardecer llegue luz solar bajo la sombra, excepto en zonas de excesiva insolación donde se deberá orientar de este a oeste para mantener una zona de menor temperatura continua (García, 2005).

Las sombras deben ubicarse para proyectarse sobre la zona que deseamos proteger, por ejemplo: comedero, bebedero y no fuera de ella, especialmente entre las 10 de la mañana a cinco de la tarde cuando la fuerza del sol es más intensa. Los materiales para la construcción de las sombras deben ser livianos, que no exijan una estructura de soporte muy compleja ni pesada. Deben ser durables y de un costo de depreciación anual, económica. Los materiales más comunes son paja y hojas de palmeras, las cuales sólo requerirían ser impermeables en zonas que sean lluviosas (García, 2005). En zonas muy calurosas, adicional a la existencia de suficiente sombra, se puede implementar el uso de ventiladores, instalados en las zonas de congregación del ganado como los corrales de espera del ordeño, en la propia sala de ordeño, mandiles de alimentación, los que se activarán en horas específicas del día o mediante el auxilio de termostatos a las horas de mayor temperatura ambiental (García, 2005).

Otra posibilidad es el uso de aspersores de agua, los que permiten el enfriamiento del ganado por evaporación del agua finamente asperjada en las áreas que se quieren refrescar. Este último sistema debe asociarse a una ventilación adecuada (natural o con ventiladores) que evite dejar el piso o la piel del ganado húmeda, pero siempre se debe tomar en cuenta la humedad ambiental de la zona (García, 2005).

4.8.2. Cuarto de ordeño

Para que la leche pueda sacarse del establo, éste debe estar equipado con un cuarto de ordeño. Éste no deberá ser demasiado grande y solo deberá utilizarse para la leche, no para las herramientas u otros artículos. Deberá estar protegido con ventanas de malla de alambre durante el verano (García, 2005).

4.8.3. Los vestidores

Sirve para que los ordeñadores o empleados se cambien de ropa cada vez que realizan un ordeño. Sus dimensiones deben ser de: 1.8 metros de largo por 1.8 metros de ancho y al igual que el local de utensilios, su construcción tiene que ser con $\frac{1}{2}$ pared de bloque o ladrillo y el complemento con doble tela metálica, permitiendo así una adecuada iluminación y ventilación (García, 2005).

4.8.4. Pileta

Es una pequeña pila con agua que facilita antes de entrar a la sala de ordeño, la limpieza de los cascos y las patas de las vacas. Las medidas de la pileta son: dos metros de largo por 1.5 metros de ancho y 25 centímetros de profundidad. La pileta debe ubicarse en la entrada que utilizan las vacas para llegar a la sala de ordeño, de esta forma permite que los animales den uno o dos pasos dentro del agua, limpiando sus cascos y patas. La pileta se mantiene llena con agua limpia (García, 2005).

Se recomienda que al ordeñar con ternero la pileta se ubique de forma que estos al entrar al local de ordeño también se laven sus cascos. La pileta tendrá un orificio de salida del agua para facilitar su limpieza; el agua se tiene que cambiar cada dos o tres días, según la cantidad de sucio que recolecte durante su uso (García, 2005).

La disposición del agua es tan importante como contar con un aprovisionamiento permanente y limpio. El mayor consumo de agua se da a la par del tiempo de mayor consumo de alimento; por lo tanto es razonable equipar los corrales con abrevaderos cercanos a los pesebres. Otro momento de fuerte consumo de agua es

inmediatamente después de haberse ordeñado, por lo tanto se debe disponer de agua a la salida de la sala de ordeño o en el camino hacia los corrales (García, 2005).

4.8.5. Los drenajes

Los drenajes del local de ordeño deben ubicarse inmediatamente atrás de la posición que ocuparán las vacas al momento de ordeñarlas, y tendrán una profundidad mínima de 15 centímetros y un ancho de 30 centímetros (García, 2005).

El canal interno tiene que unirse con el externo, que es el que recoge las aguas llovedizas que provienen del techo y que luego las deposita junto al agua sucia que se encuentra en la pila de oxidación instalada a 30 metros de la sala de ordeño (García, 2005).

4.9. La lechería

La producción de leche plantea problemas fundamentales, a menudo desconocidos, a pesar de que de ellos depende tanto la salud pública como la actividad de la industria lechera. No es posible llevar a cabo, sin inconvenientes, ningún tratamiento o transformación de una leche de mala calidad (Bourgeois, 1994).

La producción de una leche cada vez mejor es la base de todas cuantas mejoras pueden hacerse no sólo en favor de la calidad de la leche de consumo, sino también de la de todos los productos derivados. Antes de abordar los problemas de la producción, es necesario definir exactamente el fin que debe proponerse alcanzar el productor: obtener de su rebaño la máxima cantidad de leche sana, limpia, rica en constituyentes (Bourgeois, 1994).

Los problemas que surgen para alcanzar este objetivo afectan a los animales, a la obtención de la leche y a su conservación en el establo antes de su utilización y de su envío a la fábrica (Bourgeois, 1994).

4.9.1. Leche pasteurizada

Es la leche natural, entera, desnatada o semidesnatada, sometida a un proceso tecnológico adecuado que asegure la destrucción de los microorganismos patógenos no esporulados y reduzca significativamente la microbiota basal, sin modificación sensible de su naturaleza fisicoquímica y características nutritivas y sensoriales (Bozzetti, 2003).

La pasteurización se lleva a cabo en cambiadores de calor, en los que se consiguen temperaturas de 72°C durante 15 minutos, así inactiva los microorganismos patógenos en su forma vegetativa. Para que la leche no se altere tan rápidamente se conserva en refrigeración a 6°C no más de siete días. Las características organolépticas no cambian (Schmidt, 1966).

La elaboración de leche pasteurizada consta de las siguientes fases: control de materias primas, eliminación de impurezas, pasteurización, refrigeración, envasado higiénico, refrigeración y comercialización (Bozzetti, 2003).

La pasteurización, que permite la conservación durante un tiempo determinado, se basa en las leyes de destrucción térmica de los microorganismos. Se toma en consideración esencialmente el número de microorganismos presentes, la temperatura a la que tiene lugar el proceso y el tiempo durante el cual se mantiene dicha temperatura. La pasteurización a baja temperatura (de 63 a 65°C durante 30 minutos) ha sido sustituida prácticamente por la pasteurización a alta temperatura (de 72 a 75°C durante 15 minutos) (Schmidt, 1966).

Después de la pasteurización la leche debe conservarse a una temperatura no superior a los 4°C debido a que el método de la pasteurización solo destruye las formas vegetativas y no las esporuladas. Esta también es la razón por la cual la leche pasteurizada se debe consumir en un periodo de tiempo no superior al mes, al contrario que la leche UHT que ha sido esterilizada en su totalidad,

destruyendo formas vegetativas y esporuladas, por lo que dura más tiempo (Bourgeois, 1994).

Los pasteurizadores utilizados para pasteurizar la leche, son intercambiadores de calor, de placas o tubos, que utilizan como manantial de calor agua caliente, vapor o, en algunos casos, radiaciones infrarrojas. Son de acero inoxidable y constan de varias secciones: sección de intercambio de calor entre la leche fría que entra y la leche caliente que sale; sección de calentamiento, donde la leche alcanza la temperatura deseada; sección de mantenimiento, donde esta temperatura se mantiene durante el tiempo deseado; y sección de enfriamiento final de la leche, primero mediante intercambio de calor con agua fría y luego con agua helada (Bourgeois, 1994).

4.9.2. Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPMs)

Son una herramienta básica para la obtención de productos seguros para el consumo humano, que se centralizan en la higiene y forma de manipulación. Se entienden como todos los procesos y procedimientos que controlan las condiciones operacionales dentro de un establecimiento tendientes a facilitar la producción de alimentos inocuos (Contreras, 2005).

También como parte importante de la implementación de las BPMs, se encuentra el diseño de procedimientos operativos estándares (POEs), que permiten definir como llevar a cabo las actividades especificadas por protocolos, normalmente descritos como un listado cronológico de los pasos a seguir (Contreras, 2005).

4.9.2.1. Ventajas de las BPMs

Son útiles para el diseño y funcionamiento de los establecimientos, y para el desarrollo de procesos y productos relacionados con la alimentación y por ende contribuyen al aseguramiento de una producción de alimentos seguros, saludables e inocuos para el consumo humano. También son indispensable para la aplicación del Sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control), de un programa de Gestión de Calidad Total o de un Sistema de Calidad como ISO 9000 por lo cual se pueden asociar con el Control a través de inspecciones del establecimiento (Contreras, 2005).

4.9.2.2.Etapas a tomar en cuenta para la implementación de BPMs

4.9.2.2.1.Personal

Todos los empleados involucrados en la manipulación de productos en la industria alimentaria, deben velar por un manejo adecuado de los mismos, de forma tal que se garantice la producción de alimentos inocuos y saludables (Revilla, 1995).

4.9.2.2.2.Capacitación

El personal involucrado en la manipulación de alimentos, debe ser previamente capacitado en BPMs. Debe existir un programa de capacitación que incluya todas las etapas de las buenas prácticas de manufactura, dirigido a todo el personal de la empresa. Los programas, deberán ser ejecutados, revisados y actualizados periódicamente (Contreras, 2005).

4.9.2.2.3.Prácticas higiénicas

El personal que manipula alimentos deberá bañarse diariamente antes de ingresar a sus labores. Como requisito fundamental de higiene se deberá exigir que los operarios se laven cuidadosamente las manos con jabón desinfectante o su equivalente: antes de comenzar su labor diaria, después de manipular cualquier alimento crudo o antes de manipular alimentos cocidos que no sufrirán ningún tipo de tratamiento térmico antes de su consumo y después de llevar a cabo cualquier actividad no laboral como comer, beber, fumar, sonarse la nariz o ir al servicio sanitario (Charley, 1998).

Toda persona que manipule alimentos deberá utilizar guantes en buen estado, de un material impermeable y cambiárselos diariamente; se deben lavar y desinfectar antes de ser usados nuevamente. Las uñas de las manos deberán estar cortas, limpias y sin esmaltes, no deben usar anillos, aretes, relojes, pulseras o cualquier adorno u otro objeto que pueda tener contacto con el producto que se manipule. Se debe evitar comportamientos que puedan contaminar el producto, por ejemplo: fumar, escupir, masticar o comer, estornudar o toser, tener el pelo, bigote y barba bien recortados, cuando proceda. No deberá utilizar maquillaje, uñas o pestañas postizas, además de

utilizar uniforme y calzado adecuados, cubrecabezas y cuando proceda ropa protectora y mascarilla (Contreras, 2005).

4.9.2.2.4. Control de salud

Todo el personal cuyas funciones estén relacionadas con la manipulación de los alimentos deberá someterse a exámenes médicos previo a su contratación, la empresa deberá mantener constancia de salud actualizada, documentada y renovarse como mínimo cada seis meses. Se deberá regular el tráfico de manipuladores y visitantes en las áreas de preparación de alimentos (Contreras, 2005).

No deberá permitirse el acceso a ninguna área de manipulación de la leche a las personas de las que se sospecha que padecen o son portadoras de alguna enfermedad que eventualmente pueda transmitirse por medio de la leche. Cualquier persona que se encuentre en esas condiciones, deberá informar inmediatamente a la dirección de la empresa sobre los síntomas que presenta y someterse a examen médico, si así lo indican las razones clínicas o epidemiológicas (Contreras, 2005).

Si algún trabajador presenta síntomas como ictericia, diarrea, vómitos, fiebre, dolor de garganta con fiebre, lesiones de la piel visiblemente infectada (furúnculos, cortes, etc.), secreción de oídos, ojos o nariz, deberá comunicárselo al encargado del establecimiento para que se examine la necesidad de someter a una persona a examen médico y excluirla temporalmente de la manipulación de alimentos (Contreras, 2005)

4.9.2.2.5. Almacenamiento y distribución

La materia prima, producto semi-elaborado y los productos terminados deberán almacenarse y transportarse en condiciones apropiadas que impidan la contaminación y proliferación de microorganismos y que protejan contra la alteración del producto o los daños al recipiente o envases, durante el almacenamiento deberá ejercerse una inspección periódica de materia prima y productos terminados, a fin de garantizar su inocuidad: en las bodegas para almacenar las materias primas, materiales de

empaques, productos intermedios y productos terminados, deben utilizarse tarimas adecuadas, que permitan mantenerlos a una distancia mínima de 15 cm sobre el piso y estar separadas por 50 cm como mínimo entre sí y de la pared, deben respetar las especificaciones de estiba. Debe existir una adecuada organización y separación entre materias primas aceptadas y rechazadas y entre esas y el producto terminado (Rivella, 1997).

4.9.2.2.6. Higiene del ordeño

Inmediatamente después del ordeño, la leche será colocada en un lugar limpio y dispuesto de tal modo que se evite todo efecto nocivo en su calidad. Si la leche no se recoge antes de las dos horas siguientes al ordeño, deberá ser enfriada a una temperatura igual o inferior a 8°C, en caso de que se recoja diariamente, y de 6°C cuando no se efectúa la recogida todos los días. Durante su transporte a los establecimientos de tratamiento y/o de transformación, la temperatura de la leche enfriada no superará los 10°C (Contreras, 2005).

4.9.2.2.7. Higiene de los locales, del material y del equipo

El material y los instrumentos, o su superficie, que hayan de entrar en contacto con la leche (utensilios, recipientes, cisternas, etc., destinados al ordeño, a la recogida o al transporte) estarán fabricados con un material liso, fácil de lavar, limpiar y desinfectar, resistente a la corrosión y que no libere en la leche una cantidad de elementos tal que pueda poner en peligro la salud humana, alterar la composición de la leche o ejercer una influencia nociva sobre sus propiedades organolépticas (Revilla, 1995).

4.9.2.2.8. Leche cruda de vaca

La leche cruda de vaca destinada a la producción de leche de consumo tratada térmicamente, de leche fermentada, cuajada, gelificada o aromatizada y de natas cumplirá las siguientes normas: contenido de gérmenes a 30°C (por ml) < 100.000, contenido de células somáticas (por ml) < 400.000 (Contreras, 2005).

4.9.3. Procedimientos Operativos Estándares (POEs), para la producción de leche

Los POEs son documentos escritos que definen como llevar a cabo las actividades especificadas por protocolos, normalmente están descritos como un listado cronológico de los pasos a seguir. Deben ser revisados a conciencia por los operadores y aplicarse antes, durante y después de cada procedimiento. La implementación se refiere a las formas y métodos que se pondrán en marcha, para llevar a cabo una producción óptima y ordenada de leche (Potter, 1999).

Los POEs no deben ser escritos para explicar cómo se supone que deben funcionar los procedimientos, sino cómo funcionan. Esto asegura que la información es adecuada y que el documento invita y no desalienta (Potter, 1999).

4.9.3.1. Utilidad de los POEs en las BPMs

Los procedimientos operativos estandarizados (POEs), si bien son parte integrante de las BPM, requieren ser objeto por separado, de un muy bien documentado programa que contenga claves como procedimiento de limpieza y desinfección a seguir antes, durante y después de las operaciones, frecuencia para la ejecución de cada procedimiento e identificación del responsable de dirigirlo; así también se debe tener una vigilancia diaria de la ejecución de los procedimientos, una evaluación de la efectividad de los POEs, sus procedimientos en la prevención de la contaminación y la toma de acciones correctivas cuando se determina que los procedimientos no logran prevenir la contaminación (Comisión del codexalimentarius, 2000).

El sabor, olor y mantenimiento de la calidad de la leche pueden ser influenciados por las prácticas higiénicas en la sala de ordeño, por lo que los POEs, son una herramienta eficaz para la producción de esta (Comisión del codexalimentarius, 2000).

El énfasis de un POE está puesto en la prevención de una posible contaminación directa o adulteración del producto. Por ello cada establecimiento tiene la posibilidad de diseñar el plan que desee, con sus detalles y especificaciones particulares (Comisión del codexalimentarius, 2000).

Las plantas deben desarrollar procedimientos que puedan ser eficientemente realizados, teniendo en cuenta la política de la dirección, el tamaño del establecimiento y la naturaleza de las operaciones que se desarrollan. También deben prever un mecanismo de reacción inmediato frente a una contaminación. Los encargados de la inspección del plan deben exigir que el personal lleve a cabo aquellos procedimientos establecidos y actúe si se producen contaminaciones directas de los productos. Además de que las plantas deben tener flexibilidad para determinar quién será la persona a cargo siempre y cuando tenga autoridad in situ. La importancia de este punto radica en que la higiene constituye un reflejo de los conocimientos, actitudes, políticas de la dirección y los mandos medios (Comisión del *codexalimentarius*, 2000).

La mayoría de los problemas asociados con una higiene inadecuada podrían evitarse con la selección, formación activa y motivación del equipo de limpieza (Comisión del *codexalimentarius*, 2000).

Los procedimientos pre-operacionales son aquellos que se llevan a cabo en los intervalos de producción y como mínimo deben incluir la limpieza de las superficies, de las instalaciones, y de los equipos y utensilios que están en contacto con alimentos. El resultado será una adecuada limpieza antes de empezar la producción. El personal designado será además el que realizará las correcciones del plan, cuando sea conveniente (Comisión del *codexalimentarius*, 2000).

5. Justificación

Con el objeto de obtener leche de buena calidad (inocua), en un proyecto comunitario en San Miguel Ixtahuacán, San Marcos se llevó a cabo la determinación de riesgos microbiológicos en la producción de leche, para que esto fuese efectivo el personal encargado de la ejecución fue capacitado en buenas prácticas de manufactura (BPMs). Logrando así reducir los riesgos microbiológicos asociados al proceso de producción de la misma.

El grado socioeconómico y educativo de la población de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos es bajo, por tales características este grupo de trabajadores en el proyecto lechero se benefició a través de las capacitaciones e implementación de BPM para la producción de leche.

Por medio de la determinación de riesgos microbiológicos se implementó un plan de Buenas Prácticas de Manufactura lo que permitió aumentar significativamente la calidad de la leche al momento de su producción, generando un valor agregado a la misma, lo que permite mayores posibilidades de ingreso al mercado (Comisión del Codex Alimentarius, 2000). Se considera que esto beneficiará al personal, el consumidor y la comunidad, que consume los productos lácteos de ese proyecto.

6.Objetivos

6.1. General

Implementar un programa de buenas prácticas de manufactura en la producción de leche en San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.

6.2. Específico

6.2.1. Determinar los riesgos de contaminación en la producción de leche a través del análisis microbiológico de agua, manos y superficies.

6.2.2. Aplicar un programa de buenas prácticas de manufactura a través de capacitaciones del personal.

7. Hipótesis

No se fórmula por ser estudio descriptivo

8. Materiales y métodos

8.1. Universo de Trabajo

8.1.1. Universo

- Personal dedicado a la producción de leche, en un proyecto comunitario en San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.

8.1.2. Muestra

- 20 muestras de leche derivadas del proceso mecánico.
- 21 muestras de manos de los trabajadores.
- 21 muestras de superficies.
- 20 muestras de agua utilizada para limpieza, lavado de manos y proceso de producción

8.2. Recursos

8.2.1. Humanos

- Asesora: Dra. Karin Herrera
- Estudiantes: Ericka Pérez, Alejandra Reyes
- Supervisor del Proyecto: Ing. Oliver Cano
- Personal dedicado a la manipulación de leche

8.2.2. Físicos

- Granja piloto, Mina Marlín, San Miguel Ixtahuacán (San Marcos).
- Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.
- Biblioteca de la USAC
- Papelería y útiles de escritorio
- Internet

8.2.3. Institucionales

- Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia USAC.
- Montana Exploradora de Guatemala S.A.
- Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC.

8.2.4. Instrumentales

- Computadoras y accesorios.
- Programas estadísticos de computadoras.
- Instrumentos de laboratorio para análisis de alimentos.

8.3. Materiales y equipo

8.3.1. Materiales

- Hieleras
- Frascos estériles de 100ml
- Hielo artificial
- Algodón
- Alcohol al 70%
- Papel parafilm
- Tubos con rosca
- Piletas de 10 ml
- Macropipetores
- Micropipetores
- Cucharones de aluminio
- Asas de nicromo
- Gradillas
- Cajas de petri
- Guantes estériles
- Papel kraft
- Cubetas
- Cloro 0.5%

- Tips de 1 ml
- Tips de 0.1ml
- Mascarillas
- Cofias
- Bata

8.3.2. Equipo

- Stomacher
- Lámpara UV
- Incubadoras
- Mecheros
- Gabinete de seguridad bacteriológico
- Refrigeradoras
- Balanza semianalítica
- Balanza
- Cámara Quebec
- Autoclave

8.4. Reactivos y medios de cultivo

- Agar cromocult
- Caldo letheen
- Agar tripticasa soya
- Caldo LMX
- Reactivo de Kovacs
- Agar Baird Parker
- Yema de huevo con telurito de sodio
- Agua peptonada

8.5. Material didáctico

- Jabón líquido desinfectante
- Mayordomo

- Hojas tamaño carta
- Lapiceros
- Lavamanos
- Computadora
- Retroproyector

8.6. Metodología

8.6.1. Muestra de agua

8.6.1.1. Fundamento

Para el análisis microbiológico de agua se utilizó la metodología de Número Más Probable (NMP), esta técnica se basa en la determinación de presencia o ausencia (positivo o negativo) en réplicas de diluciones consecutivas de atributos particulares de microorganismos presentes en muestras de suelo u otros ambientes como el agua. El estimado de densidad poblacional se obtuvo del patrón de ocurrencia de ese atributo en diluciones seriadas y el uso de una tabla probabilística (Revilla, 1995).

8.6.1.2. Procedimiento

Dependiendo del lugar de procedencia de la muestra así fue el procedimiento empleado.

Toma de agua de pileta o pozo: Se identificó el frasco con hora, fecha y lugar de procedencia de la muestra, luego se introdujo el frasco destapado con la boca hacia abajo sosteniéndolo por la base. Girar el frasco e impulsarlo suavemente hacia arriba de tal manera que al salir a la superficie se haya llenado 3/4 partes de su volumen total. Por último se tapó el frasco y se conservó a una temperatura de cuatro a 10°C (Revilla, 1995).

Toma de muestra de agua de grifo: Se identificó el frasco con hora, fecha y lugar de procedencia de la muestra, seguidamente se limpió y

desinfectó con alcohol al 70% la salida del agua, hasta que no haya suciedad u oxido. Luego se pasó una llama de fuego alrededor de la salida del agua y se abrió la llave para dejar correr el agua durante un minuto. Se disminuyó la velocidad de salida del agua y se llenó el frasco 2/3 partes de su capacidad. La muestra se conservó a una temperatura de cuatro a 10°C (Doyle, 2001).

Al ingresar al laboratorio, se realizaron tres series de cinco tubos con LMX, una serie con LMX doble y dos series con LMX simple.

En la serie de tubos con LMX doble se agregaron 10 ml de la muestra, en una de las series de tubos con LMX simple se agregó 1 ml de muestra y en la otra serie se agregaron 0.1 ml de la muestra. Luego se homogenizó en el vórtex cada tubo e incubó a 37 °C por 24 horas (ICMSF, 1996).

Tras las 24 horas de incubación se interpretaron los tubos utilizando una tabla de Mc Grady en donde se observó si los tubos habían cambiado de coloración (color verde), lo cual fue indicativo de la presencia de coliformes totales, si tras exponer los tubos a luz ultravioleta éstos tuvieron fluorescencia, indicaron la presencia de Coliformes termotolerantes, luego a los tubos que florecieron se les agregó reactivo de Kovacs y si se observó la formación de un anillo rojo cereza en la superficie se confirmó la presencia de *Escherichiacoli* en la muestra (Vandevenne, 2002).

8.6.1.4. Control de calidad de la metodología

Para la toma de muestras, se utilizaron frascos comerciales estériles sellados individualmente con capacidad de 100 ml. Al destapar el frasco y durante toda la práctica se evitó contaminar la boca del frasco y el interior del tapón, además de hacer uso de guantes, cofia, bata y mascarilla.

Para muestras de agua clorada, se agregaron 0.1 ml de solución de tiosulfato de sodio al 10%, para inactivar el cloro. La temperatura de almacenamiento de la muestra fue entre cuatro y 10°C. Las muestras no excedieron las 24 horas después de su toma para ser analizadas (Charley, 1998).

8.6.2. Muestra de leche

8.6.2.1. Fundamento

Para el análisis de muestras de leche, se utilizó la metodología de Recuento Aeróbico en Placa (RAP), en este método se utilizó un agar para conteo; es considerado el principal método de enumeración de microorganismos, pero no el único. Este método, asume que cada célula microbiana presente en una muestra forma una colonia visible y separada al mezclarse con un medio sólido que permita su crecimiento. Los resultados de los conteos se informaron como número de organismos o unidades formadoras de colonias (UFC/g, si la muestra analizada es sólida o UFC/ml, si esta es líquida) (Revilla, 1995).

8.6.2.2. Procedimiento

El procedimiento de muestreo utilizado fue a partir de la obtención de leche por proceso mecánico, por tal razón la leche ya se encontró almacenada en tanques. Para ello fue necesario el uso de mascarilla, cofia y guantes estériles. Primero se identificó el frasco, luego se abrió y sostuvo la tapa con la misma mano, seguidamente se introdujo el cucharón dos veces en la leche volcando la misma dentro del tanque, este estuvo previamente esterilizado. Se tomó la muestra introduciendo un cucharón como mínimo 15 a 20 cm por debajo del nivel de leche del tanque, se colocó el contenido de la leche dentro del frasco evitando derrames, completando 3/4 partes del frasco, cerrando herméticamente y colocando muestras en frío, aproximadamente a 4°C (Pascual, 2000).

Al llegar al laboratorio, se sacaron las muestras de leche y se colocó 1 ml de cada muestra pura en cajas de petri; luego se vertieron 15 ml de agar cromocult en cada caja. Se homogenizó y dejó solidificar. Luego se incubaron las cajas a 37°C por 24 horas (Kroger, 1976). Por último se realizaron los conteos e interpretaron resultados (anexos).

8.6.2.3. Control de calidad de la metodología

Para el aseguramiento de la correcta toma de muestra de leche, se evitaron las corrientes de aire, no hablar mientras estuvo abierto el frasco, así también se mantuvo la muestra refrigerada hasta la llegada al laboratorio, sin excederlas 24 horas para su análisis (Charley, 1998).

Para la toma de muestras, se utilizaron cucharones y frascos estériles. La capacidad de los frascos fue de 100 ml.

Se limpió el gabinete de seguridad bacteriológico con alcohol al 70% y se colocó la luz UV 15 minutos antes de empezar a trabajar (Charley, 1998).

8.6.3. Muestra de manos

8.6.3.1. Fundamento

Para el análisis de muestras de manos se utilizó la técnica de Recuento Aeróbico en Placa (RAP) (Charley, 1998).

8.6.3.2. Procedimiento

El muestreo se realizó antes y después del lavado de manos. El medio de cultivo estuvo a temperatura ambiente antes de tomar la muestra, luego se pidió a la persona que tocara con los dedos de uno en uno el agar en la mitad de la caja de cultivo, de la misma forma la otra mano en la otra mitad de la caja. Después se colocó papel parafilm a cada caja para evitar deshidratación de la misma, se incubaron las cajas a temperatura ambiente de 24- 48 horas y se procedió a la interpretación de los resultados (crecimiento de colonias rosadas, presencia de coliformes totales; crecimiento de colonias moradas, presencia de *E. coli*) (Pascual, 2000)

8.6.3.3. Control de calidad de la metodología

Los medios de cultivo utilizados para muestras de manos, se prepararon bajo estricta asepsia e higiene de la campana utilizada para su preparación, los medios fueron autoclaveados para asegurar la esterilización de los mismos, fueron tomados también parámetros de pH y contaminación para lo cual se sometió a incubación el 10% de las cajas previamente preparadas para confirmar que no se encontraban contaminadas. El parámetro de crecimiento en el medio de cultivo fue evaluado por medio de la utilización de una cepa control de *Escherichia coli*.

8.6.4. Muestra de superficies

El equipo y los instrumentos que se utilizaron en la producción de leche conformaron otro medio de contaminación del producto, por lo que su monitoreo fue de vital importancia.

8.6.4.1. Fundamento

La metodología empleada para el muestreo de superficies, fue el hisopado de las mismas en un medio de transporte, para la posterior inoculación en cajas de petri con agar cromocult(Castro, 2001).

8.6.4.2. Procedimiento

Se humedeció el hisopo con caldo Lethen y se pasó por las superficies de contacto de los equipos o de las superficies ambientales, por lo menos en tres direcciones distintas y se colocó el hisopo en caldo de cultivo (Castro, 2001).

Se sembró en agar cromocult para identificar coliformes totales y *E. coli*, y se dejó incubar de 24-48 horas y se observó si había crecimiento de colonias, si este era el caso se procedió a determinar el número de colonias presentes.

8.6.4.3. Control de calidad de la metodología

El caldo Lethen fue evaluado para el parámetro de esterilidad incubando el 10% del lote preparado con lo cual se comprobó que se encontraba en condiciones estériles, los hisopos utilizados fueron autoclaveados para el muestreo, para comprobar la esterilidad de los mismos fue utilizada la cinta testigo.

Las cajas de petri con agar cromocult fueron evaluadas para el parámetro de esterilidad incubando el 10% del lote preparado con el cual se comprobó que se encontraban estériles; fue tomado también el parámetro de pH, y como control de crecimiento fue utilizada una cepa control de *E.coli*, la inoculación de las cajas preparadas se realizó dentro del gabinete de seguridad previamente desinfectado.

8.6.5. Muestras de leche para la determinación de *Staphylococcus aureus*

8.6.5.1. Fundamento

La metodología utilizada para la determinación de *Staphylococcus aureus*, fue el Recuento Aeróbico en Placa (RAP) (Castro, 2001).

8.6.5.2. Procedimiento

Se preparó una dilución 1:10 del alimento analizado, usando como diluyente agua peptonada al 0.1% y se homogenizó. A partir del homogenizado anterior, se realizaron las diluciones adecuadas (1:100 y 1:1000). De cada dilución se transfirieron asépticamente 1 ml o 0.1 ml en cajas de petri, y se vertió el agar Baird Parker dejándolo solidificar e incubar de 24 a 48 horas.

Agar Baird-Parker: Es uno de los medios más recomendados, contiene yema de huevo, telurito de potasio y otros componentes. *S. aureus* reduce el telurito a telurio metálico, produciéndose colonas negras con una zona clara alrededor de las mismas (lipólisis de la yema de huevo). Debido a que es un medio no muy inhibitorio pueden crecer otras especies de *Staphylococcus*,

las cuales pueden formar colonias negras, pero sin hidrólisis de la yema de huevo.

8.6.5.3. Control de calidad de la metodología

La preparación del agar Baird Parker, se realizó bajo condiciones de esterilidad por medio del uso del autoclave y utilizando el gabinete de seguridad previamente esterilizado para la preparación del mismo, fue tomado el parámetro de pH, así como también se utilizó una cepa ATCC de *Staphylococcus aureus* como control de crecimiento. El 10% del lote preparado fue incubado luego de su preparación para verificar la esterilidad del medio. La metodología utilizada para el recuento de Coliformes fecales, totales, muestreo de superficies, manos y determinación de *S. aureus*, *Salmonella* y *Shigella* en leche. Fue realizado en todos los muestreos realizados y en distintos turnos con el fin de comparar el impacto de las capacitaciones sobre buenas prácticas de manufactura.

8.6.6. Implementación del Programa de Buenas Prácticas de Manufactura para la producción de leche.

Para lograr la implementación y verificación del programa de Buenas Prácticas de Manufactura para la producción de leche, se llevaron a cabo 8 muestreos periódicos realizados de marzo a septiembre del año 2011 además se capacito al personal y se le evaluó después de cada capacitación.

8.7. Diseño experimental

8.7.1. Tiempo de ocurrencia: prospectivo.

8.7.2. Período y secuencia de estudio: de abril a noviembre del año 2011.

8.7.3. Control de variables por el investigador

Variable Independiente: Proceso de producción mecánico de leche. Buenas prácticas de manufactura antes y después de la capacitación.

Variable dependiente: Carga bacteriana.

8.8. Tipo de Diseño

Análisis para muestras de leche: diseño por conveniencia con 18 réplicas, pero que representan todas las variables que pueden afectar el proceso de producción de leche siendo estos, el operario, la vaca, uso de agua utilizada para la limpieza en el lugar de ordeño.

8.8.1. Tipo de muestreo: por conveniencia.

8.8.2. Procedimiento

8.8.2.1. Se visitó el lugar de estudio para conocer el procedimiento utilizado para la extracción, recolección y almacenamiento de la leche.

8.8.2.2. Se observaron las medidas higiénicas que tomaba el personal en el área de trabajo.

8.8.2.3. Se recolectaron muestras por conveniencia del producto lácteo en los distintos turnos de trabajo.

8.8.2.4. Se realizó un monitoreo del lavado de manos del personal.

8.8.2.5. Se tomaron muestras de superficies y de manos del personal que entraba en contacto con el producto, así como del agua de utilizaban para dar de beber a las vacas, para limpieza y para lavado de manos.

8.8.2.6. Se realizaron capacitaciones acerca de buenas prácticas de manufactura para el personal encargado del ordeño y producción de leche

8.8.2.7. Se analizaron resultados en laboratorio.

8.8.2.8. Se implementaron procedimientos operativos estándar (POE) en la industria láctea.

8.8.2.9. Se Muestrearon área de trabajo (superficies), producto lácteo y manos de empleados.

8.8.2.10. Se analizaron resultados en laboratorio, se tabularon los resultados obtenidos y se compararon con los resultados del primer muestreo, verificando de esta manera la eficacia de la implementación de las buenas prácticas higiénicas.

8.8.2.11. Se realizó la última capacitación e informe de progreso.

8.8.2.12. Se diseñó y elaboró el manual de buenas prácticas de manufactura para la producción de leche.

8.9. Análisis estadístico

Para muestras de leche, se realizó un análisis descriptivo de los datos obtenidos de los recuentos de coliformes totales y fecales indicando los resultados consecutivos obtenidos en cada uno de los muestreos, en el caso de las muestras de agua y superficies se tomaron los datos que pudieron completarse en cada ordeño, debido a que tanto el agua y los recipientes contenedores son de uso común, para lo que se realizó un análisis descriptivo, comparando los resultados entre cada muestreo luego de realizadas las capacitaciones sobre las Buenas Prácticas de Manufactura .

9.Resultados

Con el fin de determinar los riesgos de contaminación microbiológica en la producción de leche, se llevaron a cabo muestreos periódicos de muestras de leche obtenidas por procedimiento mecánico, muestreo de agua, superficies y manos de los operarios, para verificar si estos influían en la carga bacteriana que la leche pudiera albergar.

A las muestras de agua recolectadas se les realizó determinación de *Escherichia coli*, coliformes fecales y totales, logrando determinar que durante el muestreo 2 para la determinación de *E. coli*, el agua representó un riesgo microbiológico debido a la presencia de esta especie en los puntos muestreados (tablas No. 1 -3).

Tabla No. 1. Determinación de *Escherichiacoli* en agua

Muestreo No.	Cañería principal	Chorro pila área de ganado	Pileta área de ganado	Pozo 3	Piscina	Tubería de distribución	Tubería de depósitos (atrás del área de ganado)	Riesgo de contaminación microbiológica
1	Ausente	Ausente	Ausente	– ¹	–	–	–	Ausente
2	Presente	Presente	Presente	–	–	–	–	Presente
3	Ausente	Ausente	Ausente	–	–	–	–	Ausente
4	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	–	–	–	Ausente
5	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	–	Ausente
6	–	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	–	Ausente
7	–	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	–	Ausente
8	–	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Fuente: Datos experimentales.

¹ND= No datos (cambio de tubería).

En los análisis realizados a las muestras de agua para la determinación de coliformes totales, se puede observar que hubo una disminución en el número más probable por 100 mililitros (NMP/100 ml) a partir de la mitad de los muestreos (tabla No. 2), luego de tomar las medidas correctivas, como la cloración y la limpieza de estructuras en donde se quedaba almacenada el agua. Además de que en la mayoría de muestreos el NMP fue <2, el cual es un valor permisible conforme la norma COGUANOR NTG 29001.

Tabla No.2.Determinación de coliformes totales en agua.

Muestreo No.	Cañería principal (NMP/100mL ¹)	Chorro pila área de ganado (NMP/100mL)	Pileta área de ganado (NMP/100mL)	Pozo 3 (NMP/100mL)	Piscina (NMP/100mL)	Tubería de distribución (NMP/100mL)	Tubería de depósitos atrás del área del ganado (NMP/100mL)	Riesgo Microbiológico
1	<2	<2	<2	² -	-	-	-	Ausente
2	5	<2	9	-	-	-	-	Ausente
3	920	≥2400	14	-	-	-	-	Presente
4	1600	540	<2	<2	-	-	-	Presente
5	<2	<2	<2	<2	<2	-	-	Ausente
6	-	1600	920	<2	-	<2	-	Presente
7	-	<2	49	<2	-	<2	-	Ausente
8	-	<2	≥2400	<2	-	<2	<2	Presente

Fuente: Datos experimentales.

¹= Número Más Probable por 100 mililitros.

²= No se colectó muestra (cambio de tubería).

En la determinación de coliformes fecales en muestras de agua, se observa que los resultados de NMP/100mL son más bajos que en la determinación de coliformes totales, así mismo el resultado obtenido es menor de 1NMP/100mL, en la mayoría de los puntos de muestreo a partir del tercer muestreo. En el único caso en donde el agua representa un riesgo microbiológico es en el Muestreo No. 2 en donde se encontró presencia de coliformes fecales (tabla No. 3).

Tabla No.3.Determinación de coliformes fecales en agua.

Muestreo No.	Cañería principal (NMP/100mL ¹)	Chorro pila área de ganado (NMP/100mL)	Pileta área de ganado (NMP/100mL)	Pozo 3 (NMP/100mL)	Piscina (NMP/100mL)	Tubería de distribución (NMP/100mL)	Tubería de depósitos atrás del área del ganado (NMP/100mL)	Riesgo Microbiológico
1	<2	<2	<2	² -	-	-	-	Ausente
2	6	4	4	-	-	-	-	Presente
3	<2	<2	<2	-	-	-	-	Ausente
4	<2	<2	<2	<2	-	-	-	Ausente
5	<2	<2	<2	<2	<2	-	-	Ausente
6	-	<2	<2	<2	<2	<2	-	Ausente
7	-	<2	<2	<2	<2	<2	-	Ausente
8	-	<2	<2	<2	<2	<2	<2	Ausente

Fuente: Datos experimentales.

1= Número Más Probable por 100 mililitros.

2= No se colectó muestra (cambio de tubería)

Para las muestras de leche fue utilizado el método de recuento aeróbico en placa para la determinación de *E.coli* y coliformes totales. Se determinó la presencia de *E.coli*, en los muestreos 1 y 2 de dos muestras de diferentes vacas, tanto en el turno de la mañana como de la tarde, por lo que se pudo concluir que la leche no era apta para el consumo humano y que constituía un riesgo microbiológico. En los siguientes muestreos no se observó presencia alguna de *E.coli*, lo cual hace apta la leche para el consumo humano sin constituir un riesgo microbiológico (tabla No. 4 y 5).

Tabla No.4.Determinación de *E. coli* en leche, en el turno de mañana.

Muestreo	VACA											
	Sonia	Riesgo Microbiológico	Barros a	Riesgo Microbiológico	Flory	Riesgo Microbiológico	Negra	Riesgo Microbiológico	Blanca	Riesgo Microbiológico	Sibucana	Riesgo Microbiológico
1	p ¹	Presente	A	Ausente	p	Presente	A	Ausente	²	-	-	-
2	p	Presente	A	Ausente	p	Presente	A	Ausente	-	-	-	-
3	A	Ausente	-	-	A	Ausente	-	-	A	Ausente	-	-
4	A	Ausente	A	Ausente	A	Ausente	-	-	A	Ausente	-	-
5	A	Ausente	-	-	A	Ausente	-	-	A	Ausente	-	-
6	A	Ausente	-	-	A	Ausente	-	-	A	Ausente	p	Presente
7	A	Ausente	-	-	A	Ausente	-	-	A	Ausente	A	Ausente
8	A	Ausente	-	-	A	Ausente	-	-	A	Ausente	A	Ausente

Fuente: Datos experimentales.

P¹= Presente²= No se reportandatos por falta de ordeño

A= Ausente

Tabla No. 5. Determinación de *E. coli* en leche, en el turno de tarde.

Muestreo	VACA										
	Sonia	Riesgo Microbiológico	Flory	Riesgo Microbiológico	Negra	Riesgo Microbiológico	Blanca	Riesgo Microbiológico	Sibucan a	Riesgo Microbiológico	
1	A	Ausente	p	Presente	-	-	²	-	-	-	
2	p	Presente	p	Presente	A	Ausente	-	-	-	-	
3	A	Ausente	A	Ausente	-	-	A	Ausente	A	Ausente	
4	A	Ausente	A	Ausente	-	-	A	Ausente	A	Ausente	
5	A	Ausente	A	Ausente	-	-	A	Ausente	A	Ausente	
6	A	Ausente	A	Ausente	-	-	A	Ausente	A	Ausente	
7	A	Ausente	A	Ausente	-	-	A	Ausente	A	Ausente	
8	A	Ausente	A	Ausente	-	-	A	Ausente	A	Ausente	

Fuente: Datos experimentales.

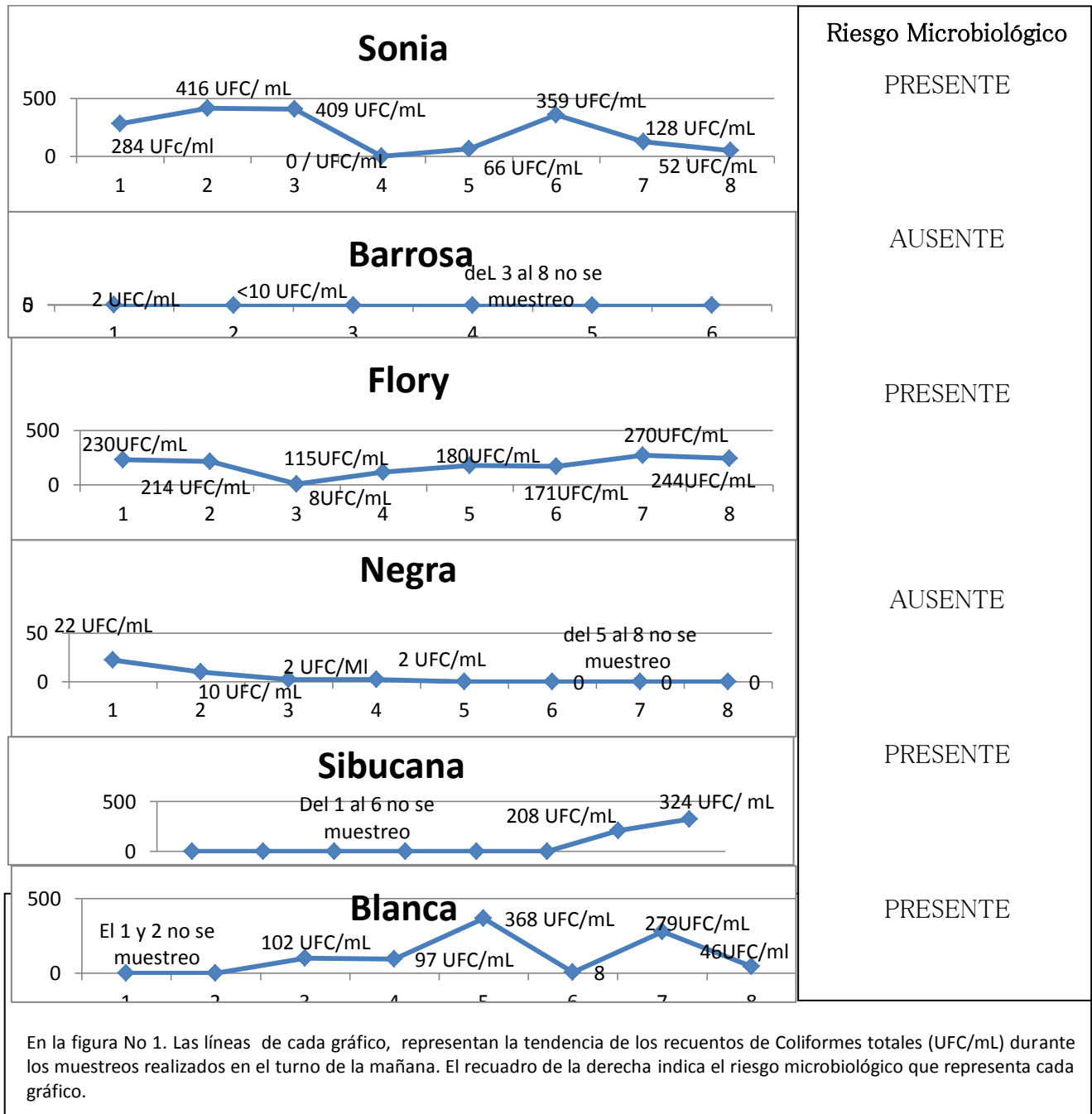
P¹= Presente²= No se reportandatos por falta de ordeño

A= Ausente

El recuento de coliformes totales en las distintas muestras tomadas fue variable. Se encontró que en el turno de la mañana la mayoría de los resultados de las muestras reportó recuentos más bajos en el último muestreo realizado, excepto en la muestra

de vaca “Flory” que obtuvo un recuento más alto que en el primer muestreo que se le realizó. En los muestreos realizados por la tarde los recuentos más bajos fueron los de las muestras de las vacas “Sonia” y “Flory” (Figura No. 1 y No.2).

Figura No.1. Gráficas de tendencia de coliformes totales en leche, turno mañana, por medio del método de RAP³.

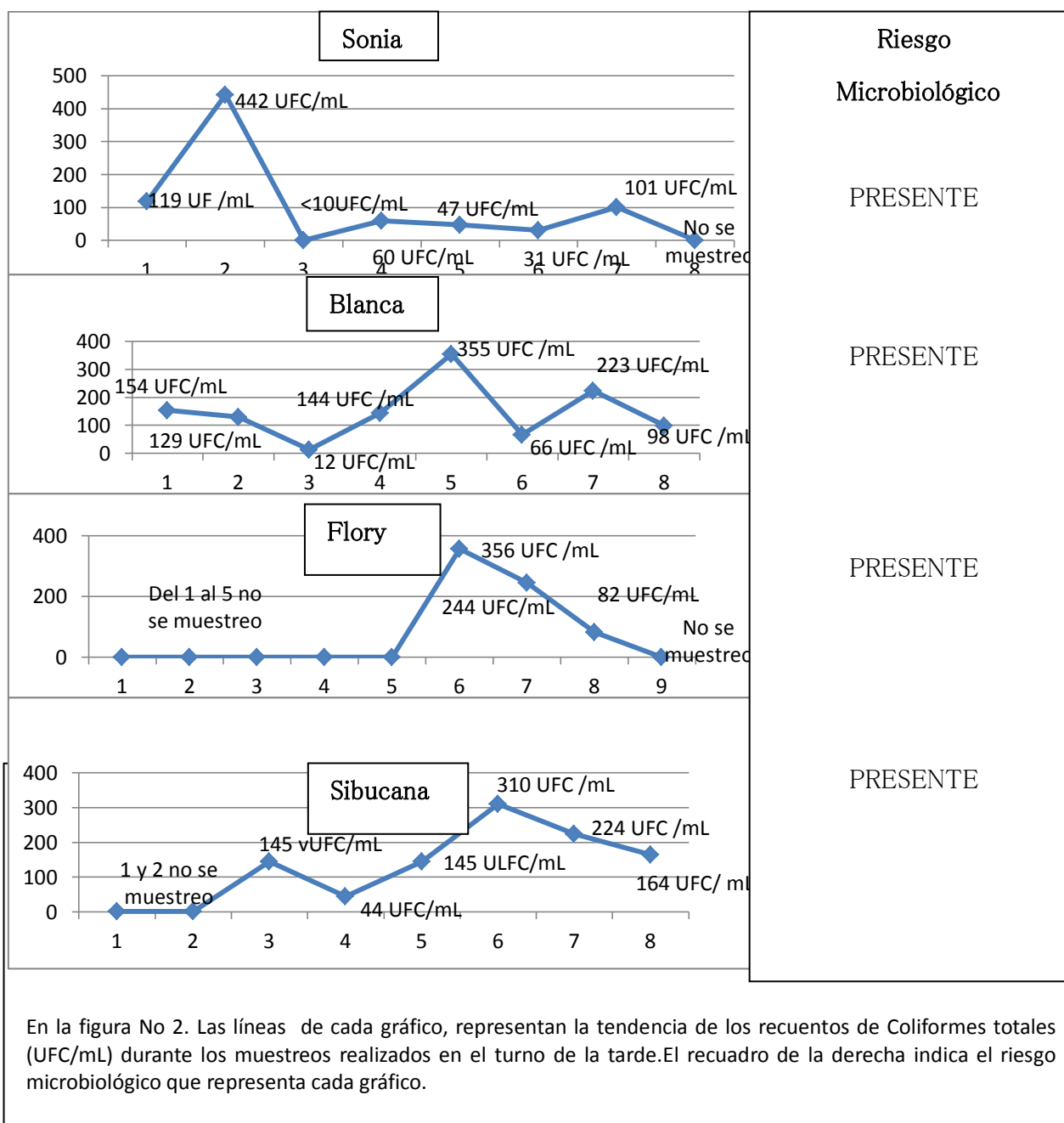


Fuente: Datos experimentales.

UFC/mL= Unidades Formadoras de Colonias por mililitro

³= RAP=Recuento aeróbico en placa.

Figura No.2. Gráficas de tendencia de coliformes totales en leche, turno tarde, por medio del método de RAP.



Fuente: Datos experimentales.

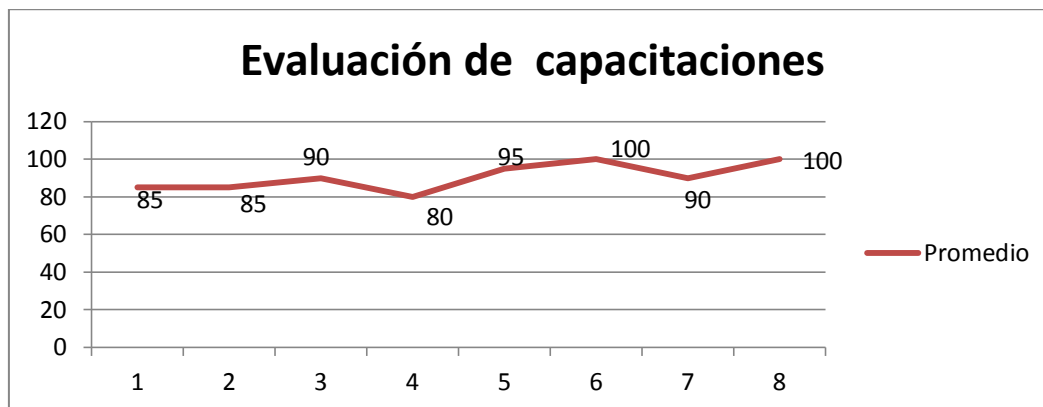
UFC/mL= Unidades Formadoras de Colonias por mililitro

³= RAP=Recuento aeróbico en placa

En las dos figuras en las que se muestra la tendencia del recuento de coliformes totales, se puede observar que a pesar de que los recuentos en la mayoría de casos disminuyeron conforme se fueron realizando los muestreos y aplicando los procedimientos del programa de buenas prácticas de manufactura, solamente los

recuentos de dos vacas se encontraron dentro de los límites permisibles y en todos los demás casos existe riesgo microbiológico, pues el recuento de coliformes totales aún se encontró elevado por lo que la leche no entra dentro de la clasificación Clase A, de la norma COGUANOR 34 041 NGO.

Figura No. 3. Promedio de los resultados de las evaluaciones sobre las capacitaciones en BPM.



Fuente: datos experimentales

Al final de cada capacitación se evaluó a cada uno de los participantes, la figura No. 3 presenta el promedio de la nota de evaluación al final de cada capacitación, lo cual permitió comparar el impacto de las capacitaciones en BPM.

En la evaluación de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* y *Shigella* se obtuvieron muestras de leche a partir del muestreo 4. En todas las muestras evaluadas no se detectó *S. aureus*, *Salmonella* y *Shigella*. Por consiguiente no hay riesgo microbiológico con estos patógenos.

En todos los muestreos que se les realizaron a las superficies y recipientes que entran en contacto directo con la leche, no se detectó la presencia de *E.coli*. Por lo tanto las superficies y recipientes no representan un riesgo microbiológico para la leche.

Para evaluar el riesgo de contaminación por higiene deficiente de las manos, se realizó la determinación de *E. coli* en manos del personal, antes y después del lavado de las mismas. Se logró determinar que *E.coli* fue ausente durante todos los muestreos realizados. Es decir no se registró un riesgo microbiológico en las manos del personal.

10. Discusión de resultados

La leche es un alimento de elevado valor nutritivo, debido a sus características constituye un medio muy apropiado para el desarrollo de microorganismos. Es por ello que la utilización de buenas prácticas de manufactura, constituye el conjunto de procedimientos que garantizan la higiene e inocuidad de los productos alimenticios (Charley, 2004).

Con la aplicación de BPM en la producción de leche se reduce significativamente el riesgo de contaminación microbiológica ocasionada por el mal lavado de manos, contaminación cruzada por medio de utensilios de cocina y la contaminación del agua, se reduce también el riesgo de infecciones e intoxicaciones alimentarias a los consumidores, resumiendo todo el proceso en: leche segura y de buena calidad para el consumo humano (Comisión del Codex Alimentarius, 1993a).

En la presente investigación se determinaron algunos riesgos microbiológicos que pueden influir de forma directa o indirecta en la contaminación de la leche, entre los cuales se puede mencionar la manipulación no higiénica por los operarios, el agua utilizada en el proceso de ordeño, los recipientes y superficies que pueden llegar a tener contacto con la leche, constituyéndose en los principales riesgos de contaminación en la producción de leche en la granja piloto, Mina Marlín, en San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.

Para determinar la asociación de los procesos mencionados anteriormente, se tomaron muestras de agua, manos de los operarios, de superficies y de utensilios que son utilizados en el proceso de producción así mismo de muestras de leche en los distintos turnos de trabajo con el fin de determinar si estos influían en la carga bacteriana que la leche pudiera llegar albergar (FAO-OMS, Comisión del Codex Alimentarius. 2002)

Como se puede observar (tablas No 1- 3), se tomaron muestras de agua de todo el sistema de tuberías desde el pozo principal hasta los puntos en donde se realiza el

lavado del sistema de ordeño, utensilios y otros, así como también de donde el ganado toma agua y los operarios realizan el lavado de manos, a estas muestras se les realizó determinación de coliformes fecales, coliformes totales y *E.coli*, los cuales son los microorganismos utilizados como indicadores de contaminación fecal y por lo tanto su presencia indica malas prácticas higiénicas (Adams, 1997), en las muestras de agua se determinó en tres muestreos consecutivos la presencia de *E.coli*, con lo cual se puede concluir, que el agua representa riesgo microbiológico en el proceso de producción.

En la determinación de coliformes totales en agua (tabla No. 2), hubo un descenso en las concentraciones de coliformes totales conforme se fueron llevando a cabo los muestreos. Los recuentos más elevados se obtuvieron en los muestreos 3 y 4 en dos muestras diferentes, pues durante estos dos muestreos la cloración no fue realizada en el rango de tiempo establecido por el programa de buenas prácticas de manufactura, sin embargo los recuentos encontrados no excedían los límites permisibles por las normas nacionales, con lo cual se concluyó que el parámetro de coliformes totales en agua no representa riesgo microbiológico.

En el caso de las concentraciones de coliformes fecales en muestras de agua (tabla No. 3), se pudo observar que estas fueron menores que las de coliformes totales. Los únicos datos con presencia de *E.coli* fueron los de 3 muestras, constituyéndose en riesgo microbiológico, al momento de ser utilizada en el proceso de producción de leche (tabla No. 1), en el resto de muestras analizadas no se observó presencia de *E.coli*, lo cual concuerda con el seguimiento del plan de BPM y por lo que se determinó que el agua era apta para utilizarla en el proceso de producción de leche pues se encontraba libre de contaminación fecal.

Los factores que influyeron en que los recuentos de coliformes fecales y totales fueran más bajos, y en ausencia de *E. coli*, en los muestreos sucesivos fueron: el cambio de tuberías y la cloración del agua en plazos consecutivos más cortos, así como también la correcta limpieza de recipientes y otras superficies que se encontraban en contacto directo con la leche en las cuales no se encontró ningún indicador microbiológico de

contaminación (Adams, 1997). Cabe resaltar que una de las limitantes de este estudio fue el tiempo de lactancia de cada vaca, pues al ser corto, no se logró empezar y terminar el muestreo con las mismas vacas en los distintos turnos de trabajo

Los resultados de las determinaciones realizadas para el análisis de coliformes totales y fecales en las muestras de leche fueron variables en cada uno de los turnos y muestreos (tabla No. 5), en los muestreos realizados en los distintos turnos la mayoría de las muestras presentaron concentraciones más bajas tanto de coliformes totales como fecales, que en muestreos anteriores, siendo este un parámetro favorable para los criterios de inocuidad del producto, mediante la implementación de BPM.

A pesar de ser resultados más bajos en los recuentos sucesivos, la leche obtenida durante los muestreos no entran dentro de la clasificación A pero si puede llegar a ser clasificada como B o C dentro de la norma COGUANOR 34 041 NGO, por recuentos de UFC / mL encontrados.

En conclusión se registraron resultados de presencia de *E.coli* en muestras de leche (tabla No. 4), en los dos primeros muestreos y ausencia de la misma en muestreos sucesivos, con excepción del sexto muestreo, cuando de la muestra de la vaca "Sibucana" se obtuvo presencia de *E. coli*, siendo este el primer periodo de ordeño que tuvo la vaca. Con relación a los datos obtenidos (tabla No. 4), la ausencia de *E. coli*, en muestreos sucesivos refleja que la leche obtenida se encontraba libre de contaminación fecal, y que no constituía un riesgo microbiológico para el consumo humano. (Adams, 1997).

En los análisis realizados para la determinación de *Staphylococcus aureus*, *Shigella* y *Salmonella*, no se detectó a estos microorganismos patógenos en las muestras de leche analizadas. La ausencia de *S.aureus*, *Shigella* y *Salmonella*, demuestran la existencia de una leche cruda de buena calidad tanto para su industrialización como para su destino a leche fluida.

Para la verificación de las capacitaciones secuenciales sobre el correcto lavado de manos, se llevaron a cabo muestreos para la determinación de *E.coli*, antes y después del lavado de manos, obteniendo resultados de ausencia de *E.coli* en todos los muestreos, lo cual indica que el personal realizó correctamente el lavado de manos y esto también evitó la contaminación de la leche, además de reducir el riesgo de contaminación por manipulación.

Estos resultados muestran la eficacia de las capacitaciones que se impartieron durante las visitas a la mina Marlín, para lo cual se tomaron en cuenta las BPM diseñadas y compartidas para la producción de leche con el fin de fortalecer algunas áreas dentro del proceso de producción y garantizar la inocuidad de la leche. Como producto se obtuvo de forma secuencial la ausencia de *E. coli* en las muestras recolectadas, lo que indicó la inocuidad microbiológica de la misma y un recuento menor de coliformes totales.

11. Conclusiones

11.1. El agua utilizada en el proceso de producción, fue el principal riesgo microbiológico de contaminación de la leche, al presentar recuentos elevados y *E. coli*, antes de aplicar las medidas correctivas.

11.2. Las manos de los operarios así como las superficies evaluadas no constituyeron un riesgo de contaminación de la leche.

11.3. La aplicación del programa de buenas prácticas de manufactura contribuyó a eliminar los riesgos de contaminación microbiológica en el proceso de producción de leche.

12. Recomendaciones

12.1. Al desarrollar otros estudios de investigación sobre este tema evaluar parámetros fisicoquímicos y organolépticos, para la obtención de resultados más completos con respecto al producto evaluado.

12.2. Que se promueva la continuidad del programa de buenas prácticas de manufactura para mantener la calidad obtenida en el estudio y realizar muestreos periódicos para evaluar este fin.

13. Referencias bibliográficas

Amiot, J. (2003.) Trad. Oria, R. *Ciencia y tecnología de la leche*. España: Acribia, 730 pp..

Academia del Área de Plantas Piloto de Alimento (A.A.P.P.A.) (2003). *Introducción a la industria de alimentos*. México: Limusa, 2da. Edición, 119pp.

Adams M. y Moss M. (1997) *Microbiología de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia, ,520 pp.

Alais, Ch. y Lacasa, A. (2003). *Ciencia de la leche*. Barcelona, España: Reverté, 890 pp.

Avila, S. y Gasque, R. (2009). Cap. 3 Grupos genéticos de ganado bovino, destinados a la producción de leche. *Producción de leche con ganado bovino*. Mexico, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 2da. Edición, Manual Moderno.

Belitz, H. y Grosch, W. (1997). *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia, 570 pp.

Bourgeois, C. (1994). *Microbiología alimentaria. Aspectos microbiológicos de la seguridad y calidad alimentaria*. Zaragoza, España: Acribia, 750 pp.

Blanc, B. (2001). *La leche, yogur y derivados*. París, Francia: Symp, 367 pp.

Castro, J. (2001). *Introducción al análisis de los alimentos*. Barcelona, España: universal, 480 pp.

Charley, H. (1998). *Tecnología de alimentos procesos fisicoquímicos en la preparación de alimentos*. México: Limusa, 767 pp.

Comisión del Codex Alimentarius.(1993a).*Código de prácticas de higiene para alimentos poco ácidos elaborados asépticamente*. Roma, Italia: Vol. 1. Supl. 1, 58 pp.

Comisión del Codex Alimentarius, (2000). *Leche y productos lácteos*.Roma, Italia: Volumen 12, 1520 pp.

Contreras, F. yCarrascal, C. (2005).*Manual de buenas prácticas de manufactura para las microempresas lácteas*. Bogotá, Colombia: Universidad Javeriana: Pontifisa, 478 pp.

Castillo del, R. (2004). *Productos lácteos*. Tercera edición,Barcelona, España: UPS. 235 pp.

Díaz, R., Gamazo, C. y Lopez, G. (1999). *Manual práctico de microbiología*. Segunda edición,Barcelona, España:Masson,856 pp.

FAO-OMS Comisión del Codex Alimentarius. (1999). *Normas alimentarias higiene de los alimentos*. Requisitos generales Vol I, 1256 pp.

FAO-OMS Comisión del CodexAlimentarius (2002) "*Higiene de los alimentos*". Textos Básicos, 1457pp.

FAO-ICTA UNIVERSIDAD NACIONAL. (1985-1989) Manuales correspondientes a Cursos en tecnología y control de calidad de leches y derivados, 678pp.

Fedegan, Consejo nacional lácteo (1999). *Protocolos Operativos estandarizados para la red de laboratorios de ensayo de la cadena láctea*. Acuerdo de Competitividad de la cadena Láctea colombiana IICA. Colección de documentos serie competitividad No.12.1.999.

García, L. (2005). *Comercialización de la leche y sus derivados*. Barcelona, España 347pp.

Gasque, G.(1993). *Enciclopedia del ganado bovino*. México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México: Manual Moderno. 534pp.

Gasque, G., Avila, T. y Blanco, O. (1989). *Enciclopedia temática pecuaria*. México, Facultad de Medicina veterinaria y zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. 367pp.

Hernández, A. (2005). *Microbiología Industrial*. México: Limusa, 213pp.

ICMSF (1996). *Microorganismos de los alimentos. Características de los patógenos microbianos*. Zaragoza, España: Acribia, 932pp.

James, M. (2000). *Microbiología moderna de los alimentos*. España: Acribia, 4ta. Edición, 578 pp.

Judkins, H., y Keener H.(1981). *La leche su producción y procesos industriales*. Argentina: Continental, 789pp.

Kroger, M. (1976). *Actividad microbiológica*. México: Limusa, 59 pp.

López, A. y Bylund, M.(2003). *Manual de industrias lácteas*. Madrid, España: Edición Vicente, 689pp.

López, A., García, M. y Quintero, R.(2004). *Biotechnología alimentaria*. 5ta. Edición México: Limusa, 324pp.

Pascual, M., y Calderón, V. (2000). *Microbiología alimentaria, metodología*

analítica para alimentos y bebidas. 2da. Edición, Madrid, España: Díaz de Santos,147pp.

Peñate, H. (2006). *Formulación y evaluación de proyectos. Un enfoque práctico para las empresas pecuarias*. Guatemala, (Tesis de Licenciatura)Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 75pp.

Potter, N. y Hotchkiss, J.(1999). *La ciencia de los alimentos*. 5ta. Edición, Zaragoza, España: Acribia,667pp.

Putnam, P. (1991).*Hand book of animal Science*.[Libro de mano de Ciencia Animal].Estados Unidos:AcademicPress Inc. 657pp.

Revilla, A. (1995). *Tecnología de la leche, procesamiento, manufactura y análisis*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José Costa Rica: Tomas Sarain, 399 pp.

Salvador,A.yGasque, R.(2000).*Enciclopedia Bovina*. México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

Sallenave, J. (1994). *La Gerencia Integral*. Bogotá, Colombia: Grupo Norma, 263 pp.

Schmidt, H. (1966). *Química y tecnología de los alimentos*.Santiago de Chile:Salesiana, 520 pp.

Taylor, R. (1999).*Scientificfarm animal production*.[La producción científica de animales de granja]. 5ta. Edición,Estados Unidos: Prentice Hall, 1234pp.

Tevalán, F.(2007).*Estudio de prefactibilidad para la implementación de una oficina de Comercialización de ganado lechero de cría, en la asociación de criadores de ganado jersey de Guatemala*. Guatemala, (Tesis de Licenciatura) .Universidad de

San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina veterinaria y zootecnia, 85pp.

Vandevenne, C. y Ribes, M. (2002). Métodos de análisis microbiológicos de alimentos.
Madrid España, Díaz de Santos, 343pp.

Villatoro, J. (2000) Monografía mínima del departamento de San Marcos, Guatemala:
CENALTEX, 35 pp.

Zapata, J. (1985). Producción de leche. Palmira, Colombia: Instituto
Colombiano Agropecuario.

14. Anexos

Tabla No.1 Guía de usos de conservantes, tiempos y temperaturas de conservación en el análisis de muestras de leche cruda.

Conservante	Dosis	Temperatura	Tiempo de conservación	Usos
Sin conservante		0 a 4 ⁰ C	24 hrs	Microbiología, conteo de células somáticas.
Sin conservante		-15 a -30 ⁰ C	1 semana	Microbiología, inhibidores.
Azidiol	4 gotas / 100ml	0 a 8 ⁰ C	72hrs.	Microbiología, recuento de células somáticas

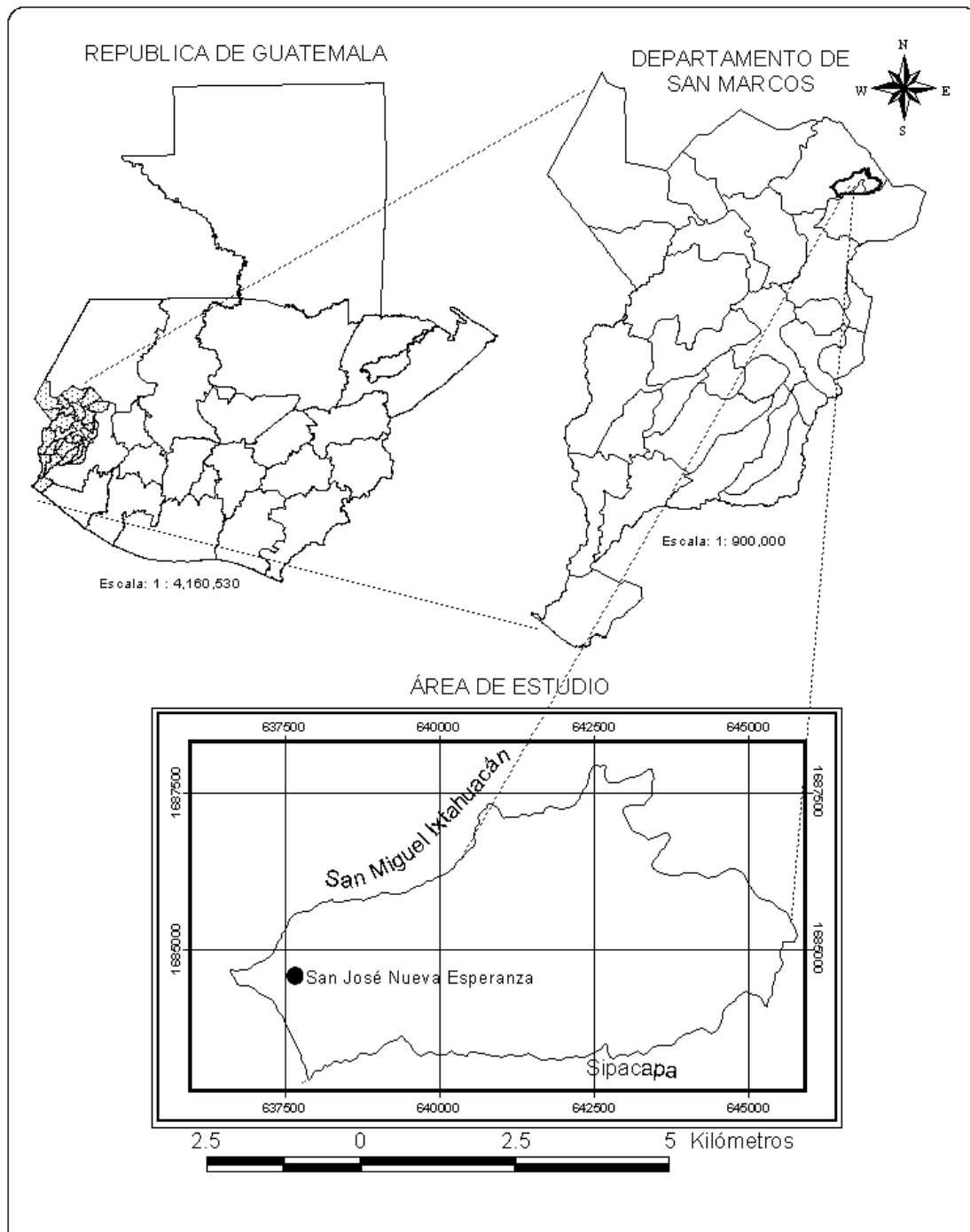
Fuente: Pascual, M. (2000). Microbiología alimentaria, Metodología analítica para alimentos y bebidas.

Tabla No.2 Cálculo para el conteo de Colonias (RAP)

Todas las cajas sin crecimiento	Cajas con menos de 25 colonias	Cajas entre 25 y 250 colonias	Cajas con más de 250 colonias	Cajas con crecimiento excesivo
El resultado se expresa como el menor de la dilución más baja sembrada.	Se toma la dilución menor y se reporta como recuento aeróbico en placa estriado o se toma como 25 veces la dilución menor donde aparecen colonias.	El conteo final se obtiene aplicando la siguiente fórmula: $N = \frac{\Sigma}{[(1 \times N_1) + (0.1 \times N_2)] / D}$ En donde: N: número de colonias /ml. Σ : suma de todas las colonias de las cajas contadas. N1: Número de cajas contadas de la dilución más baja. N2: número de cajas contadas de la dilución siguiente más alta. D: dilución menor contada.	Seleccionar los duplicados de la dilución con el conteo más cercano a 250. Si hay menos de 10 colonias por cuadro del contador de colonias, seleccionar 12 cuadros (seis verticales y seis horizontales). Si hay más de 10 por medio de colonias por cm ² , entonces contar únicamente 4 cuadros. En ambos casos obtenga el promedio de colonias por cm ² y multiplicar este valor por el factor de dilución.	El conteo excede de 100 colonias por cm ² , se informa como muy numeroso para contar.

Fuente: Pascual, M. (2000). Microbiología alimentaria, Metodología analítica para alimentos y bebidas.

Figura 4. Mapa lugar de estudio



Fuente: Datos proporcionados por el departamento de Medio Ambiente de Mina Marlin, San Marcos, Guatemala