

**Diseño y verificación de un sistema de diagnóstico de las condiciones sanitarias en el sector quesero artesanal de Honduras**

**Patricio Ramón Lozano Moreno**

**ZAMORANO**  
Carrera de Agroindustria

Agosto, 2001

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

# **Diseño y verificación de un sistema de diagnóstico de las condiciones sanitarias en el sector quesero artesanal de Honduras**

Tesis presentada como requisito parcial  
para optar al título de Ingeniero Agrónomo  
en el Grado Académico de Licenciatura.

Por:

**Patricio Ramón Lozano Moreno**

Honduras, Agosto, 2001

El autor concede a Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

---

Patricio Ramón Lozano Moreno

Honduras: Agosto, 2001

## **DEDICATORIA**

A mis padres y abuelos por brindarme todo su cariño.

A mis hermanas por mantener el equilibrio en mi hogar mientras estuve ausente.

A Dios por permitirme vivir la experiencia de ser un zamorano.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por apoyarme en la realización de mis sueños.

A mis hermanas por su constante aliento.

A la familia Lozano y en especial a mi tía Rebeca, por su ayuda en los tiempos difíciles.

Al Doctor Isidro Matamoros y al profesor Aurelio Revilla por la confianza depositada en mi persona.

Al Ingeniero Joost Teuben por su paciencia y sus enseñanzas.

A la licenciada Elsa Barrientos por su comprensión en todo momento.

A la familia Pilz Contreras por permitirme formar parte de su hogar. Su hijo por siempre.

A Carmen Ugarte y Alejandro Del Río por su incondicional amistad, por los momentos compartidos y confianza mutua.

A Laura Ramos, por su amor y entendimiento en todo momento.

A Alis Zavala por enseñarme que siempre existe el amor.

A Adriana Espinosa por convertirse en un recuerdo inolvidable en Zamorano.

A mis compañeros Hector, Ursula, Sonia, Pedro, Waldo, Wladimir, Graciela y Zoila por haber compartido experiencias inolvidables.

A toda la Cambonia residente en Zamorano por su amistad y por los buenos momentos compartidos.

Diseño y verificación de un sistema de diagnóstico de las condiciones sanitarias en el sector quesero artesanal de Honduras.

**Presentado por**

**Patricio Ramón Lozano Moreno**

**Aprobada:**

---

**Joost Teuben, Ing.**  
**Asesor Principal**

---

**Claudia García, Ph. D.**  
**Coordinador de la Carrera**

---

**Aurelio Revilla, M.S.A.**  
**Asesor**

---

**Antonio Flores, Ph.D.**  
**Decano Académico**

---

**Elsa Barrientos, M.Sc.**  
**Asesor**

---

**Keith Andrews, Ph.D.**  
**Director**

---

**Aurelio Revilla, M.S.A.**  
**Coordinador PIA**

## RESUMEN

Lozano, Patricio. 2001. Diseño y verificación de un sistema de diagnóstico de las condiciones sanitarias en el sector quesero artesanal de Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 53 p.

Las condiciones sanitarias en las queseras artesanales han convertido a los productos lácteos elaborados artesanalmente en productos de alto riesgo para el consumidor. El objetivo de este estudio fue diseñar un sistema de diagnóstico práctico, que evalúe las condiciones sanitarias en las queseras artesanales para poder formular recomendaciones correctivas. La información fue recopilada en las queseras artesanales del departamento de Atlántida, con volúmenes diarios de procesamiento menores a 3000 litros. El estudio preliminar realizado con tres grupos de microorganismos indicadores (*Staphylococcus aureus*, coliformes totales y mesófilos aerobios) no encontró diferencia significativa ( $P>0.05$ ) en la contaminación del queso fresco ni de leche cruda, lo que dirigió la elaboración de un sistema de diagnóstico independiente del volumen de procesamiento. Se realizaron pruebas piloto para relacionar pruebas microbiológicas tradicionales con pruebas empíricas que no necesitaron de un laboratorio sofisticado. Se elaboró una metodología del sistema de diagnóstico, basada en las secciones de las buenas prácticas de manufactura, y se determinó la interacción entre las pruebas piloto con posibles recomendaciones. La implementación del sistema se realizó en tres queseras con cuatro individuos y se comparó la frecuencia en las recomendaciones emitidas, siendo similar la clasificación de las condiciones sanitarias para una quesera artesanal en siete de cada diez veces. Se concluyó que el sistema de diagnóstico puede ser utilizado en cualquier quesera artesanal, independiente de su cantidad de procesamiento diario y que las fuentes de contaminación ubicadas en el estudio preliminar (higiene del personal, contaminación por ambiente y superficies) se encuentran dentro del sistema de diagnóstico, pudiendo ser explicadas en parte por las pruebas empíricas.

**Palabras Claves:** Buenas prácticas de manufactura, evaluación, leche, microorganismos,

---

Dr. Abelino Pitty

# NOTA DE PRENSA

## ¿QUESO ARTESANAL, ES SEGURO CONSUMIRLO?

Desde su origen el queso fue concebido como una forma alternativa de preservar los componentes esenciales de la leche, que si bien es cierto, se encuentran en gran cantidad y proporción; al mismo tiempo ofrecen un sustrato óptimo para el crecimiento de microorganismos.

Considerando lo anterior, ¿serán las condiciones sanitarias en las queseras artesanales, las que afectan la carga microbiana de los productos lácteos, convirtiéndolos en alimentos de alto riesgo para el consumidor?

Con el fin de encontrar los aspectos que influyen directamente en las condiciones sanitarias y en la calidad del producto final, se estableció un estudio para elaborar un sistema que diagnosticara las condiciones sanitarias existentes en el sector quesero artesanal de Honduras. Se esquematizó el sistema basado en las premisas de las buenas prácticas de manufactura y se analizó un factor muy importante dentro de la evaluación práctica, el hecho de realizar pruebas que no necesiten de un laboratorio sofisticado para ser evaluadas. Entonces, fue necesario colocar pruebas empíricas, que permitieran cuantificar la contaminación en el ambiente de una quesera artesanal y compararlas con métodos de laboratorio.

La efectividad de las pruebas indirectas mostró que es posible explicar la contaminación del ambiente, sin un laboratorio sofisticado, lo que llevó al diseño de un sistema de diagnóstico para cada una de las secciones de buenas prácticas de manufactura y para las recomendaciones a fin de corregir cualquier desviación.

Aunque, el estudio se llevó a cabo en las queseras artesanales del Departamento de Atlántida, Honduras, la metodología obtenida es genérica para cualquier establecimiento de procesamiento lácteo artesanal. Sin embargo, el grado higiénico de estos productos depende del sentido de compromiso de los propietarios de estos establecimientos, quienes son los responsables de ponerlas en práctica las recomendaciones emitidas para obtener un producto más higiénico y seguro para el consumidor.

---

Licda. Sobeyda Alvarez

## CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Resumen.....	vi
	Nota de prensa.....	vii
	Contenido.....	viii
	Indice de cuadros.....	xi
	Indice de figuras.....	xii
	Indice de anexos.....	xiii
1.	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1	Generalidades.....	1
1.2	Antecedentes.....	1
1.3	Justificación.....	1
1.4	Objetivos.....	2
2.	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1	<b>DEFINICIONES</b> .....	3
2.1.1	Queso.....	3
2.1.2	Queso artesanal.....	4
2.1.3	Diagnóstico.....	4
2.2	<b>PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESOS ARTESANALES</b>	4
2.2.1	Recepción de leche para quesos.....	4
2.2.2	Descremado de leche.....	4
2.2.3	Coagulación.....	5
2.2.4	Desuerado.....	5
2.2.5	Salado de quesos artesanales.....	6
2.2.6	Prensado de quesos artesanales.....	6
2.2.7	Secado y maduración.....	6
2.3.	<b>BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA (BMP)</b> .....	6
2.4.	<b>CONTAMINACIÓN MICROBIANA</b> .....	8
2.4.1	Definición.....	8
2.4.2	Factores que afectan el crecimiento microbiano.....	8
2.4.2.1	Cantidad de nutrientes en el sustrato.....	8
2.4.2.2	Humedad.....	9
2.4.2.3	Acidez.....	9
2.4.2.4	Temperatura.....	9
2.4.2.5	Oxígeno.....	9
2.4.3	Fuentes de contaminación microbiana.....	9
2.4.3.1	Animal.....	9
2.4.3.2	Utensilios y equipo.....	9
2.4.3.3	Personal.....	9

2.4.3.4	Insectos y vectores.....	10
2.4.3.5	Ambiente.....	10
2.4.3.6	Agua.....	10
2.5.	LEGISLACIÓN.....	11
2.5.1	Código de salud. Secretaría de Salud República de Honduras.....	11
2.6.	ANÁLISIS PARA DEFINIR CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA LECHE .....	11
2.6.1	Características generales de la leche.....	11
2.6.2	Características microbiológicas de la leche .....	11
2.6.3	Análisis para determinar características de la leche y derivados....	11
2.6.3.1	Sedimento.....	11
2.6.3.2	Prueba de reducción.....	11
2.6.3.3	Prueba de acidez.....	12
2.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	13
3.1	UBICACIÓN.....	13
3.2	ANÁLISIS PRELIMINAR.....	13
3.2.1	Preparación y dilución de muestras.....	14
3.2.1.1	Queso fresco.....	14
3.2.1.2	Leche cruda.....	14
3.2.2	Análisis de recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> .....	14
3.2.3	Análisis de coliformes totales y cómputo total de aerobios.....	15
3.3	PRUEBAS PILOTO DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO.....	15
3.3.1	Análisis microbiológico.....	16
3.3.1.1	Muestreo de superficies.....	16
3.3.1.2	Placas de sedimentación.....	16
3.3.1.3	Muestreo de personal.....	17
3.3.2	Análisis de contaminación por pruebas indirectas .....	17
3.4	DISEÑO DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO.....	18
3.4.1	Metodología del sistema de diagnóstico.....	18
3.4.2	Formato del sistema de diagnóstico.....	20
3.5	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO.....	21
3.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	21
4.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	23
4.1	CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE QUESERAS ARTESANALES.....	23
4.1.1	Alcance del estudio preliminar.....	23
4.1.2	Microorganismos en leche cruda.....	23
4.1.3	Microorganismos en queso fresco.....	24
4.2	DISEÑO DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO.....	25
4.2.1	Sección I. Condiciones del establecimiento.....	25
4.2.2	Sección II Diseño de planta.....	27
4.2.3	Sección III. Equipo y utensilios.....	27
4.2.3.1	Material.....	27
4.2.3.2	Presencia de plagas.....	28

4.2.4	Sección V. Personal.....	29
4.2.5	Sección VI. Proceso.....	30
4.2.6	Sección VII. Almacenamiento.....	30
4.3	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	31
5.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	32
6.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	33
7.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	34
8.	<b>ANEXOS</b> .....	37

## ÍNDICE DE CUADROS

## **Cuadro**

1.	Contaminación microbiana en leche cruda a cuatro niveles de procesamiento artesanal en el departamento de Atlántida.....	23
2.	Contaminación microbiana en queso fresco a cuatro niveles de procesamiento artesanal en el departamento de Atlántida.....	24
3.	Clasificación de foco insalubre en tres queseras artesanales.....	25
4.	Contaminación superficial en materiales de infraestructura.....	27
5.	Contaminación superficial en utensilios en queseras artesanales..	28
6.	Niveles de contaminación en placas de contacto en personal.....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Figura

1. Correlación entre partículas de polvo dentro de establecimiento y UFC/placa. Departamento de Atlántida. Honduras..... 26
2. Relación entre polvo y moscas en queseras artesanales. Departamento de Atlántida, Honduras..... 29

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		
1.	Metodología de aplicación del sistema de diagnóstico.....	37
2.	Hoja de evaluación .....	37
3.	Regresión en contaminación del ambiente.....	52
4.	Regresión en sección de recibo.....	53

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 GENERALIDADES

Las propiedades nutricionales, físicas y químicas de la leche sumadas a su fácil accesibilidad, han convertido a los productos lácteos en alimentos importantes dentro de la dieta hondureña. Lamentablemente, son los mismos constituyentes principales de la leche los que además de brindarle ese alto valor nutritivo, se ven afectados por la acción de varios microorganismos, quienes encuentran en los productos lácteos el sustrato óptimo para su crecimiento.

El sector quesero artesanal en Honduras, al igual que en la mayoría de países latinoamericanos posee problemas de orden microbiano debido principalmente a que su fuente de materia prima la constituyen hatos con sistemas precarios de producción. No obstante, las condiciones sanitarias pobres en las que se realiza el procesamiento de la leche; agravan mucho más la carga microbiana.

## 1.2 ANTECEDENTES

La investigación en torno a la contaminación microbiana existente tanto en la leche como en los principales productos lácteos producidos de manera artesanal en Honduras ha sido escasa. Según el Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO), en este país, no existe un verdadero control de la calidad microbiológica de los alimentos, debido a que los antecedentes relacionados a esta problemática se enfocan sólo a investigaciones referentes a intoxicaciones. Sin embargo, este mismo centro de estudios, dirigió un proyecto de investigación sobre la contaminación microbiológica en los productos lácteos producidos de forma artesanal enfocando su atención a los productos distribuidos en los mercados de Tegucigalpa. Dentro de este estudio se determinó que mucha de la carga microbiana existente en los productos lácteos provenía del agua utilizada en su elaboración, así como también del grado de manipulación de los productos durante su elaboración hasta su venta.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

La carente situación higiénica de los procesadores artesanales, quienes no disponen de elementos básicos para la elaboración correcta de productos lácteos, hace que las condiciones sanitarias bajo las cuales se producen estos tengan un alto grado de contaminación, lo que convierte a estos productos en potenciales causantes de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA).

En busca de evaluar de manera más objetiva las condiciones sanitarias existentes en establecimientos de esta índole, el presente estudio diseñó e implementó un sistema de diagnóstico para monitorear las condiciones sanitarias en las queseras artesanales, tomando en cuenta los factores más importantes de contaminación desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado. Los resultados obtenidos por medio de la implementación del sistema sirvieron como base para determinar la calidad microbiológica existente en el sector quesero artesanal, además de identificar las posibles causas de contaminación y poder tomar medidas correctivas según el caso.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo general

Diseñar y verificar un modelo de diagnóstico de las condiciones sanitarias y la calidad microbiológica de los productos lácteos producidos por el sector quesero artesanal hondureño.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Identificar los aspectos dentro de las queserías artesanales que influyen directamente en las condiciones sanitarias y en la calidad del producto final.

Elaborar una serie de análisis físicos, químicos y microbiológicos que permitan evaluar de manera más objetiva las condiciones sanitarias de las queserías del sector artesanal.

Elaborar un procedimiento para efectuar dichas pruebas de manera rápida y confiable dentro de estos establecimientos.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

**En el presente capítulo se identifican los conceptos y definiciones necesarios para el entendimiento del proceso de elaboración de quesos artesanales, así como de los lineamientos de control de las condiciones sanitarias. Posteriormente, se incluye una descripción de las buenas prácticas de manufactura y los factores que afectan el crecimiento microbiano.**

### 2.1 DEFINICIONES

#### 2.1.1 Queso

Existen diferentes puntos de vista que han utilizado los científicos para definir al queso, sin embargo, no se puede aseverar que existen definiciones acertadas o erróneas sino conviene inclinarse hacia las que se consideren de mayor utilidad para el presente estudio.

Según Alais (1985), se entiende por queso al producto obtenido por coagulación y posterior desuerado de la leche, siendo en este último donde se separa el lactosuero de la cuajada.

Revilla (1996), posee un punto de vista similar y define al queso como un producto fresco o madurado, obtenido por coagulación y desuerado, a partir de leche entera, estandarizada, descremada o crema proveniente de algunos mamíferos. Ambos autores recalcan la fase de coagulación y posterior desuerado, lo que involucra una selección de los componentes insolubles de la leche.

Por otro lado Santos (1987), da un criterio más elaborado al definir al queso como el producto sano que se elabora con la cuajada de la leche entera, parcial o totalmente descremada, de vaca o de especie animal, con adición de crema o sin ella; por la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos u otra enzima apropiada y con o sin tratamiento posterior por calentamiento, presión o por medio de fermentos de maduración, mohos especiales o sazónamiento.

La finalidad de la elaboración del queso, es conservar los dos componentes insolubles de la leche como son la caseína y la materia grasa. Sin embargo, las propiedades de los constituyentes principales de la leche y del queso (carbohidratos, grasas y proteínas) son afectadas por la acción de los microorganismos, quienes encuentran en los productos lácteos el sustrato óptimo para su crecimiento.

### 2.1.2 Queso artesanal

En el caso de los quesos es necesario diferenciar aquellos de elaboración industrial de los producidos en forma artesanal. Holgado (1997), sugiere que el queso artesanal es elaborado con leche recién ordeñada de una zona definida, con volúmenes relativamente pequeños de leche, por medio de la coagulación de la caseína y que no es sometido a un proceso de pasteurización.

### 2.1.3 Diagnóstico

**El término diagnóstico proviene del griego *diágnosis*, que etimológicamente significa distinguir o conocer. Salvat (1988), define a diagnóstico como el reconocimiento de algún ente a través de sus características propias de género o especie.**

## 2.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESOS ARTESANALES

### 2.2.1 Recepción de leche para quesos

Para obtener quesos de buena calidad es indispensable tener una materia prima en condiciones óptimas. Lastimosamente, las condiciones precarias de los productores de leche que proveen la materia prima a las plantas procesadoras artesanales hacen que esta posea una alta carga microbiana. Las fuentes de contaminación microbiana de la leche son múltiples y van desde la propia contaminación en el animal, la contaminación humana y del ambiente, hasta la adquirida por mal manejo de la leche y utensilios de transporte de la misma. Artesanalmente, la leche cruda es entregada a las queseras artesanales por recolectores o por los propios ganaderos, utilizando bestias o vehículos.

Según Demeter y Elbertzhagen (1971), la leche cruda con un contenido de gérmenes de 250 000 a 500 000 UFC/cm<sup>3</sup> se considera en general como buena. Sin embargo, esta leche debe estar libre de agentes perjudiciales como los productores de *Glosopeda* o *Tifus* (Lerche,1989).

Dentro del proceso utilizado por los procesadores artesanales la leche no es sometida a proceso de pasteurización, lo que constituye un alto riesgo para la salud humana. Erróneamente a escala artesanal, la adición elevada de sal se considera como la práctica más común para evitar el crecimiento de microorganismos en el producto final.

### **2.2.2 Descremado de leche**

El descremado consiste en separar la crema de la leche descremada a partir de la leche entera. En condiciones artesanales podemos observar que existen dos formas de realizar el descremado. La primera es el descremado espontáneo y la segunda por medio de centrifugación o sea, usando una descremadora.

**En el primer método se produce una separación parcial de la crema mediante el reposo de la leche, este proceso se lleva a cabo en menor tiempo cuando el tamaño del glóbulo graso es mayor (Revilla, 1996). Sin embargo, el tiempo que permanece la materia prima en reposo favorece la proliferación microbiana e indudablemente el grado de contaminación.**

El uso de centrifugación como vía para descremar la leche ofrece varias ventajas entre las que se puede mencionar la velocidad del descremado, menor contaminación microbiana y una mejor separación de la grasa de la leche. Siendo tan eficiente al dejar 0.005% a 0.04% de grasa en la leche descremada (Revilla, 1996).

### **2.2.3 Coagulación**

La mezcla de leche entera, descremada o estandarizada sin pasteurizar se deposita en las tinas de proceso, las mismas que generalmente son de cemento, plástico o fibra de vidrio,

para proceder a la coagulación y formación de la cuajada. Es poco común el uso de cultivos fermentativos, siendo la acidez proporcionada exclusivamente por los microorganismos que están presentes en la leche (Borjas, 1998).

Para ayudar a la coagulación se agrega generalmente cuajo de doble fuerza en una proporción de 0.01% sobre la cantidad de litros de leche a cuajar, obteniéndose los resultados en un tiempo de 30 a 45 minutos aproximadamente.

El corte de la cuajada se determina a través de pruebas indirectas, tales como la del plato o el corte transversal. La forma recomendada por los expertos para la cuajada es en forma de cubo de 1 cm por lado, sin embargo la falta de liras a nivel artesanal hace que, con la mano o con paletas de madera se agite la cuajada y se obtenga bloques irregulares, lo que afecta gravemente el rendimiento de la leche para quesos.<sup>1</sup>

#### **2.2.4 Desuerado**

El desuerado a medias es practicado comúnmente por los procesadores artesanales de Honduras, este consiste en agitar la cuajada con las manos para que salga más suero de la cuajada. Después se deja reposar de 5 a 10 minutos para que el coágulo precipite y así poder sacar suero desprendido hasta llegar a un nivel en que ya se vea la cuajada (Borjas, 1998).

Es muy común que el suero sea extraído por la parte superior con jarras u otros recipientes lo que afecta aún más la carga microbiana del producto.

#### **2.2.5 Salado de quesos artesanales**

**El salado de los quesos regula el desarrollo de microorganismos, favorece el desuerado de la cuajada y mejora el sabor de la misma. Sin embargo, la cantidad y el momento de empleo de la sal dependen del tipo de queso (Santos, 1987).**

Borjas (1998), asevera que la cuajada para obtener ese fuerte sabor a sal se deja en salmuera en una proporción de 7% sobre la leche inicial, por un período de 24 horas.

---

<sup>1</sup> CHI HAM, L. 2000. Variaciones en rendimiento de queso fresco artesanal en la Costa Norte de Honduras. La Ceiba, Honduras. Comunicación Personal

Posteriormente se procede a desuerar completamente la cuajada y se la traslada a moldes para ser prensada.

#### **2.2.6 Prensado de quesos artesanales**

**El propósito del prensado es endurecer la cuajada eliminando el suero sobrante, eso se realiza por presión ya sea propia de la masa del queso (autoprensado) o aplicando una fuerza externa. El proceso de prensado puede durar de 24 a 48 horas, tomando en cuenta las características de la cuajada.**

**La prensa más común utilizada en las queseras artesanales de Honduras es la de tornillo (presión externa), la cual aplica presión sobre la superficie del molde a través de la rotación de un tornillo colocado sobre el molde haciendo posible la pérdida de suero.**

**El tornillo se coloca de tal manera que proporciona la presión adecuada; siendo en un principio una presión menor para evitar la pérdida violenta de suero, lo cual también afecta en gran manera el rendimiento.**

#### **2.2.7 Secado y maduración**

Para el secado, una vez fuera del molde, se voltea los quesos cada dos días para que se produzca un secado homogéneo y evitar daños en la cara en contacto con el estante. La

maduración es a temperatura ambiente 27 a 33°C con una humedad relativa entre 75%-80%.

### **2.3 BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA (BPM)**

Según Mortimore y Wallace (1994), se entiende por buenas prácticas de manufactura, a todas aquellas actividades que aseguren que los alimentos sean elaborados bajo ciertas condiciones sanitarias, evitando la contaminación gruesa por materiales extraños, microbios o por sustancias químicas.

Las buenas prácticas de manufactura son parte del sistema de control de calidad de una industria procesadora de alimentos y pueden ser aplicadas a cualquier sistema de producción independientemente de su volumen. Estas prácticas de manufactura están dirigidas a controlar la calidad del producto (Milk Industry Foundation, 1967).

Las buenas prácticas de manufactura están encaminadas al control de varias áreas:

- Control de plagas.
- Limpieza y saneamiento.
- Monitoreo microbiológico.
- Administración de buenas prácticas de manufactura.
- Prácticas de control de calidad.

Cuando se comienza a implementar planes para conseguir buenas prácticas de manufactura, es necesario realizar un diagnóstico sanitario previo.<sup>2</sup>

Los aspectos a considerar dentro las buenas prácticas de manufactura, están enfocados en siete aspectos básicos: establecimiento, diseño de planta/local, equipo y utensilios, higiene, personal, proceso y empackado (Teuben y Barrientos, 2000).

Para facilitar el monitoreo de estos puntos, se crearon los Procedimientos estándar de operación (PEO), los cuales describen las operaciones a realizar, explican el procedimiento a seguir para ejecutar esa labor, los materiales a usar, los pasos de la operación y las precauciones a tomar; de esa forma, se asegura la calidad del producto en cada paso dentro de la cadena de valor.

Dentro de los procedimientos a ser monitoreados se encuentra: la higienización, por la importancia del contenido microbiológico en los productos lácteos. Según Schmidt (1990), la higienización comprende dos procesos: la limpieza y la desinfección. La primera, consiste en la eliminación de los contaminantes que dejan las materias primas, los subproductos del proceso y las contaminaciones ajenas a los alimentos. Por su parte, la desinfección es la reducción decimal del número de microorganismos patógenos y no patógenos presentes (Alais, 1985). Sin embargo, no se debe confundir la esterilización

---

<sup>2</sup> TEUBEN, J. 2000. Requisitos necesarios para la implementación de un plan de buenas prácticas de manufactura. Departamento de Tecnología de Alimentos. Zamorano, Honduras. Comunicación Personal.

con la desinfección ya que la esterilización es la eliminación total de los microorganismos.

En cuanto a la desinfección, los factores que más influyen son el poder intrínseco de los agentes desinfectantes, la relación de tiempo con concentración, la temperatura, el pH y los microorganismos en su estado de desarrollo (York, sf.).

Las buenas prácticas de manufactura están relacionadas con varios aspectos, llegando a constituirse en una preocupación de primer orden para la industria alimentaria. Además constituyen un pre requisito los para sistemas de garantía de calidad. Debe quedar en claro que estas prácticas no controlan procesos sino la calidad de los productos elaborados bajo estos procesos.

Finalmente, cabe mencionar que la implementación de un programa de buenas prácticas de manufactura, en cualquier línea de proceso, está interrelacionada con un sistema de monitoreo de la calidad, cuyos estándares estarán dictados por normas gubernamentales, internacionales y comerciales.

## **2.4 CONTAMINACIÓN MICROBIANA**

### **2.4.1 Definición**

Se entiende por microorganismos a todas las formas simples de vida, de muy pequeñas dimensiones, por lo que para ser observados se necesita de la ayuda de un microscopio. Dentro de la industria láctea son de real importancia las bacterias y los hongos, debido a que su alta actividad bioquímica puede causar grandes deterioros en los alimentos (Demeter y Elbertzhagen, 1971).

Las bacterias, son organismos unicelulares que se multiplican principalmente por división binaria. Su clasificación se realiza en base a morfología, pruebas bioquímicas, serológicas y recientemente en base a perfiles de ADN.

Las bacterias presentan un desarrollo muy bien definido por fases. Estas etapas son: Etapa de adaptación, etapa logarítmica, etapa estacionaria y fase de mortalidad (American Public Health Association, 1992).

Los hongos, constituyen un grupo de microorganismos que se encuentran en la naturaleza, variando enormemente en su estructura y métodos de reproducción. Los hongos se dividen en levaduras y mohos. Las levaduras son organismos celulares de forma esférica, elíptica o cilíndrica; cuya reproducción se lleva a cabo por gemación y su crecimiento implica un sistema de enzimas capaces de descomponer grandes cantidades de sustratos.

Los mohos son un grupo heterogéneo de hongos multicelulares que poseen una estructura ramificada llamada micelio, el cual consta de ramificaciones llamadas hifas, que son las responsables de secretar las enzimas que degradan el alimento. (Fields, 1979).

#### 2.4.2 Factores que afectan el crecimiento microbiano

### **Según Revilla (1996), existen varios factores esenciales para el crecimiento de los microorganismos siendo los más importantes:**

**2.4.2.1 Cantidad de nutrientes del sustrato.** La célula microbiana en pos de sobrevivir debe obtener una fuente de energía y sintetizar protoplasma de su ambiente exterior. La capacidad de un organismo de sintetizar moléculas de su ambiente exterior está relacionada con el sistema de enzimas que éste posea, dependiendo de su código genético (Banwart, 1989).

**2.4.2.2 Humedad.** El agua es un elemento necesario para mantener el metabolismo normal de los microorganismos, si bien es cierto que varios de ellos pueden mantenerse vivos en condiciones de poca humedad, su reproducción y estado metabólico es disminuido por la ausencia de agua. El agua, al ser un disolvente universal, es usada como medio de transporte de los nutrientes a las células microbiales y para eliminar desechos de las mismas.

**2.4.2.3 Acidez.** El pH de un alimento, además de otros factores ambientales, determina el tipo de microorganismos que van a crecer y dominar en el alimento, causar deterioro o crear peligros potenciales a la salud (Banwart, 1989).

Según (Revilla, 1996), el grado de acidez o alcalinidad del medio donde se encuentran los microorganismos es de suma importancia debido a que cada microorganismo posee un mínimo, un óptimo y un máximo pH para su crecimiento. Los microorganismos pueden crecer en un amplio rango de pH, sin embargo las variaciones de pH pueden influenciar el crecimiento y las posibles conexiones de los microorganismos con el medio.

**2.4.2.4 Temperatura.** La temperatura determina en cierto grado la tasa de crecimiento, el crecimiento total, el metabolismo y la forma de la bacteria (Revilla, 1996).

**2.4.2.5 Oxígeno.** El oxígeno es necesario para los microorganismos con el fin de oxidar sus alimentos y de esa forma obtener energía. Existen diferentes formas que los microorganismos usan para obtener oxígeno. Algunos usan el oxígeno libre y se los denomina aerobios, otros lo obtienen de los alimentos y se los llama aeróbicos (Fields, 1979). Se asume que una gran parte de los microorganismos que crecen en la superficie

de los productos lácteos necesitan oxígeno libre para cumplir con sus funciones vitales, siendo el sistema de empaque una excelente barrera de protección para estos productos.

### **2.4.3 Fuentes de contaminación microbiana**

La contaminación microbiana de los quesos puede darse antes del proceso, por la contaminación inicial de la leche, durante el proceso y posterior al proceso durante el almacenamiento.

Las fuentes de contaminación son:

**2.4.3.1 Animal.** La leche de la ubre sólo en ocasiones muy excepcionales está libre de gérmenes. Normalmente sufre contaminaciones durante el ordeño, al contacto con el aire y con los equipos para su transporte y almacenamiento. Los principales microorganismos que pueden provenir del interior de la ubre son: *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Corynebacterium*, *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Mycobacterium*, *Brucella*, *Leptospira* y *Coxiella* (Revilla, 1996).

**2.4.3.2 Utensilios y equipo.** Dentro del procesamiento de la leche, ésta es expuesta a una gran cantidad de superficies lo que trae consigo un alto riesgo de contaminación, siendo desde el punto de vista cuantitativo los utensilios y el equipo las fuentes más importantes de contaminación.

**2.4.3.3 Personal.** El ser humano es un excelente vector para la transmisión de enfermedades hacia la leche. Según Revilla (1996), los principales microorganismos que pueden ser introducidos en la leche por el ser humano son: *Mycobacterium tuberculosis*, *Corynebacterium diphtheriae*, *Salmonella*, *Shigella* y *Streptococcus pyogenes*.

**Actualmente existen regulaciones a nivel gubernamental las cuales aseguran que todo establecimiento envuelto con alimentos, debe asegurar que sus empleados que manipulan los alimentos sean instruidos y supervisados sobre normas de higiene y su implicación en sus actividades laborales ( Forsythe y Hayes, 1998).**

**2.4.3.4 Insectos o vectores.** Las plagas son vectores de enfermedades, cada mosca que cae en la leche representa miles de UFC/cm<sup>3</sup> y por eso se dice que en una planta lechera

donde se pueda contar 20 moscas hay que dudar de su higiene y de la sanidad de sus productos (Revilla, 1996).

**2.4.3.5 Ambiente.** La contaminación existente en el medio ambiente es muy importante para garantizar la seguridad y calidad de los productos alimenticios. APHA (1992), enfatiza que las fuentes de contaminación ambiental incluyen desde la materia prima, los equipos de proceso, las prácticas de manufactura, los desechos y animales o plagas además de nichos microbiológicos que pueden favorecerse en varios lugares de las instalaciones. Los orígenes de este crecimiento microbiano que puede ser transferido al producto, se originan principalmente de “hábitats” donde existe un ambiente no higiénico o han sido sometidos a procesos deficientes de limpieza y desinfección.

**2.4.3.6 Agua. La presencia de agua y nutrientes, existentes en los alimentos, son elementos esenciales para la formación de nichos de crecimiento microbiano. Sumando a eso, las condiciones de actividad del agua, pH y temperatura seleccionarán los tipos de microorganismos que crecerán en ese ambiente (APHA, 1992).**

## **2.5. LEGISLACIÓN**

### **2.5.1. Código de salud. Secretaría de Salud República de Honduras**

**Artículo 63.-** En el local, sitio o puesto de venta debe efectuarse control periódico y eficiente de moscas, cucarachas, ratas y ratones.

**Artículo 74.-** Se entiende por materia prima toda sustancia que para ser utilizada como alimento requiere sufrir algún tratamiento o transformación de naturaleza química, física o biológica.

**Artículo 81.-** Los establecimientos industriales de producción de alimentos deberán estar ubicados en lugares aislados de cualquier foco de insalubridad y separados convencionalmente de conjuntos habitacionales.

**Artículo 84.-** Las superficies que estén en contacto con alimentos o con bebidas, deben ser de tal calidad que no modifiquen sus características organolépticas, físico químicas y biológicas y estar libre de contaminación.

## **2.6. ANÁLISIS PARA DEFINIR CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA LECHE**

### **2.6.1 Características generales de la leche**

Según Santos (1987), la leche es la materia prima principal para la elaboración de quesos por lo que debe presentar ciertas características para así obtener un queso de mejor calidad.

La leche fresca de vaca deberá presentar un aspecto normal, estará limpia y libre de calostro, preservadores, antibióticos, colorantes, materias extrañas y sabores u olores objetables o extraños. La leche se obtendrá de vacas acreditadas como sanas, es decir libres de toda enfermedad infecto contagiosa tales como la tuberculosis, brucelosis o mastitis (Revilla, 1996).

La naturaleza físico química de la leche deberá ser normal, especialmente con referencia al equilibrio en minerales, especialmente al Calcio, mineral esencial para la coagulación y obtención de la cuajada.

### **2.6.2 Características microbiológicas de la leche**

Revilla 1996, clasifica a una leche como clase A cuando su contenido microbiano no patógeno es menor a 400 000 UFC/cm<sup>3</sup>.

### **2.6.3 Análisis para determinar características de la leche y derivados**

**2.6.3.1 Sedimento.** La prueba de sedimento tiene por objeto identificar todo material extraño presente en la leche, lo cual indica una falta de higiene en el ordeño y en el transporte de la leche. Sin embargo, según Revilla (1996), un alto grado de sedimentos no indica un alto grado de contenido bacterial, así como tampoco un bajo contenido de sedimentos indica un bajo contenido bacterial.

**Existen dos alternativas para determinar el sedimento en la leche que llega a una planta.**

## **El primero es con la muestra en agitación y el segundo en reposo, el mismo que es recomendado para leche cruda en tambos de 20 a 40 litros.**

**2.6.3.2 Prueba de reducción.** Es un método indirecto que indica el grado de infección microbiológica de la leche. Se basa en la rapidez con que un colorante que es añadido a la leche se transforma con el hidrógeno de las sustancias nutritivas producidas por las enzimas bacterianas. (Demeter y Elbertzhagen, 1971). Cuando más bacterias existieran en la leche, la rapidez de cambio va a ser mayor. Sin embargo, la prueba de reducción no es apropiada para el análisis de leche recientemente ordeñada.

**2.6.3.3 Prueba de acidez.** La acidez de la leche se obtiene por valoración al añadir un volumen conocido de solución alcalina para alcanzar el punto de cambio de un indicador, generalmente fenolftaleína (pH 8.4).

La leche presenta una acidez normal, debida a la caseína, a las sustancias minerales y a las reacciones secundarias de los fosfatos. Santos (1987), define como acidez normal de la leche un rango de pH de 6.5 a 6.7.

La acidez desarrollada es debida a la degradación microbiana de lactosa, la cual produce ácido láctico y otros ácidos, la cual puede bajar el pH entre 4 y 5 (Alais, 1985).

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. UBICACIÓN

La información necesaria para la realización del Sistema de Diagnóstico de las Condiciones Sanitarias en las Queseras Artesanales de Honduras, se recolectó en 31 queseras artesanales involucradas en el Proyecto de Rehabilitación Post - Mitch Zamorano-USAID, Componente de Producción y Procesamiento de leche, en el Departamento de Atlántida, Honduras.

Para realizar los estudios microbiológicos correspondientes, fue necesario utilizar las instalaciones del Centro de evaluación de alimentos, ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana (Zamorano) en el Departamento Francisco Morazán, Honduras.

### 3.2 ANÁLISIS PRELIMINAR

El estudio microbiológico preliminar cuantificó la presencia de tres grupos de microorganismos indicadores, *Staphylococcus aureus*, coliformes totales y número total de mesófilos aerobios, los mismos que ayudaron a guiar el estudio; al identificar las posibles fuentes de contaminación y determinar si existe variación en la contaminación microbiana debida al nivel de procesamiento diario.

El tamaño de muestra para el estudio preliminar siguió los lineamientos del diagnóstico realizado por el proyecto Zamorano-USAID a principios del 2000, subdividiendo al universo (31 queseras) en cuatro niveles (bloques), según la cantidad diaria de leche procesada.

El recuento de los microorganismos indicadores se realizó tanto en la materia prima como en el producto terminado, en tres establecimientos por cada nivel. Para evitar la variación por tipo de producto se seleccionó queso fresco como producto terminado homólogo en cada quesera.

#### 3.2.1 Preparación y dilución de muestras

Debido al carácter del estudio se utilizaron recipientes y utensilios estériles para recolectar las muestras. El transporte de las muestras hacia el laboratorio se hizo en una nevera con hielo tratando de mantener temperaturas menores a 10°C.

Para la cuantificación y aislamiento de los microorganismos indicadores, tanto en productos lácteos sólidos como en leche fluida, se utilizó el procedimiento aprobado por la “American Public Health Association” (APHA, 1992) que se detalla a continuación.

##### 3.2.1.1 Queso fresco

1. Se pesó 10 g de la muestra en un “beaker” de 100 ml.
2. Se agregó agua de dilución hasta llegar a 100 ml, para obtener una dilución de uno en diez, (1:10).
3. Se homogeneizó la mezcla en un Stomacher® por 30 segundos.
4. Se realizaron diluciones consecutivas de 1:1 000 y 1:10 000.
5. Se inocularon las diluciones en tres medios específicos para cada grupo de microorganismos.

##### 3.2.1.2 Leche cruda

1. Se midió aseptícamente 11 ml de leche cruda y se agregó a un frasco de 99 ml de agua de dilución (buffer de fosfato) para la dilución de 1:10.
2. Se realizaron diluciones consecutivas hasta llegar a 1 en 10 000 (10<sup>-4</sup>).
3. Se inocularon las diluciones en tres medios específicos para cada grupo de microorganismos.

### 3.2.2 Análisis de Recuento de *Staphylococcus aureus*

#### Materiales

- Pipetas
- Frascos de dilución con buffer de fosfato.
- Espátulas estériles
- Mechero
- Incubadora
- Placas Rápidas Petrifilm™ para *S. aureus*, con su difusor plástico y sus discos reactivos de Tnasa

#### Procedimiento

1. Se depositó 1 ml de la muestra diluida en el centro de la película inferior de la placa de recuento rápido.
2. Seguidamente, se bajó la película superior de la placa sobre la muestra para evitar la presencia de aire.
3. Se colocó el difusor plástico en el centro de la placa y se incubó por 24 horas a 35°C.
4. Después de 24 horas de incubación, se elevó la temperatura del incubador a 62°C por 60 minutos.
5. Se retiraron las placas de la incubadora y se colocó el disco reactivo Petrifilm™ Tnasa en el pozo de cada placa.
6. Las placas conteniendo el disco reactivo fueron colocadas nuevamente en la incubadora durante 3 horas a 37°C. Se retiraron las placas de la incubadora y se interpretaron los resultados.

### 3.2.3 Análisis de coliformes totales y cómputo total de aerobios

#### Materiales

- Pipetas
- Frascos de dilución con buffer de fosfato.
- Espátulas estériles
- Mechero
- Incubadora
- Placas Rápidas Petrifilm™ para Cómputo total de aerobios.
- Placas Rápidas Petrifilm™ para Coliformes..

#### Procedimiento

1. Se depositó 1 ml de la muestra diluida en el centro de la película inferior de la placa de recuento rápido correspondiente a cada microorganismo.
2. Seguidamente, se bajó la película superior de la placa sobre la muestra para evitar la presencia de aire.
3. Se colocó el difusor plástico en el centro de la placa y se incubó, por 24 horas en el caso de coliformes y por 48 horas para mesófilos aerobios, a 35°C.
4. Se retiraron las placas de la incubadora y se interpretaron los resultados.

### 3.3 PRUEBAS PILOTO DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO

Una vez identificado el posible grado de contaminación, tanto en leche fluida como en queso fresco, se procedió a realizar pruebas de contaminación del ambiente, contaminación en equipo y utensilios y pruebas sobre la higiene de los trabajadores que operan en las plantas artesanales.

El estudio de la contaminación ambiental se llevó a cabo en forma paralela por métodos tradicionales (microbiología) y por métodos indirectos los cuales no necesitan de un laboratorio sofisticado, esto con el fin de encontrar una relación entre estas metodologías.

Se identificó las diferentes plagas debido a sus signos de existencia, como marcas o daños posibles en el alimento. La cuantificación de insectos se realizó mediante papel adhesivo con feromonas, el cual se colocó en las diferentes secciones de la quesera.

### **3.3.1 Análisis microbiológico.**

Para las pruebas de contaminación ambiental y del personal se realizaron los siguientes estudios:

**3.3.1.1 Muestreo de superficies.** El muestreo de superficies verificó el estado de las superficies que están en permanente contacto con el producto y que inciden en la contaminación del mismo.

Para realizar el muestreo de las superficies se creó una matriz que asoció los diferentes materiales utilizados en la zona, tanto para superficies de edificación como para equipo y utensilios, con el universo de las queseras (31 queseras). Cada muestra de superficie fue evaluada en tres ocasiones con intervalos de tiempo de 30 días entre cada toma de datos.

#### **Materiales**

- Hisopos de algodón estériles.
- Pipetas de 0.1 y 1 ml.
- Tubos con 5 ml de buffer estéril ( $\text{KH}_2\text{SO}_4$ ).
- Placas de recuento rápido Petrifilm™ para cómputo total de aerobios.
- Agua de dilución

#### **Procedimiento**

1. Se definió el área a examinar, en  $25 \text{ cm}^2$  por muestreo.
2. Se aplicó el hisopo con un ángulo de 30 grados con la superficie.
3. Se movió el hisopo 3 veces sobre la superficie predefinida.
4. Se colocó el hisopo en un tubo con 5 ml de agua de dilución.
5. Se agitó fuertemente el hisopo en el agua de dilución.
6. Se realizaron placas rápidas por duplicado en 1:100 y 1:1 000.
7. Se incubó a una temperatura de  $35^\circ\text{C}$  por 48 horas.
8. El procedimiento se repitió en un total de tres áreas por equipo.

**3.3.1.2 Placas de sedimentación.** El muestreo de contaminación ambiental se realizó por medio de placas de sedimentación con medio de cultivo "Plate Count Agar" (PCA).

Se colocaron las placas en áreas donde se realiza la elaboración de quesos, obteniéndose la contaminación ambiental causada por polvo y otros agentes; que debido a las condiciones precarias donde se elaboran los alimentos pueden contribuir en la carga microbiana final del producto.

El tiempo que se mantuvo las placas al contacto con el ambiente fue de 30 minutos. La recolección de los datos se realizó por duplicado en cinco establecimientos seleccionados al azar.

Una vez tomadas las muestras se incubaron a 35° C por 48 horas, siendo colocadas en posición invertida.

**3.3.1.3 Muestreo de personal.** Para obtener la carga microbiana proveniente del personal que labora en la planta se utilizaron cuatro tratamientos debido a la variación de labores por parte de los trabajadores en los distintos establecimientos. Los tratamientos aplicados en placas de contacto con medio PCA, aplicados en cinco establecimientos fueron:

1. Contaminación de manos sin lavar.
2. Contaminación de manos lavadas con 500 ml de agua embotellada.
3. Contaminación de manos lavadas con agua y 25 cm<sup>3</sup> de solución con jabón.
4. Contaminación de manos lavadas con agua y jabón y desinfectadas con solución de cloro 200 ppm.

#### **Materiales**

1. Agua embotellada.
2. Jabón comercial.
3. Solución de cloro 200 ppm.
4. Probeta de 50 ml.
5. Pipetas de 0.1 y 1.0 ml.
6. Tubos con tapón de rosca con 5 ml de buffer estéril (KH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
7. Placas Petri desechables.
8. Agua de dilución.
9. Medio de cultivo “Plate Count Agar” (PCA).

#### **Procedimiento**

Para el muestreo de personal se escogieron al azar dos empleados por establecimiento y la toma de datos fue por duplicado, dentro de cada uno de los establecimientos seleccionados, apegándose al siguiente procedimiento.

1. Se aplicaron dos tratamientos por persona.
2. Una vez aplicado el tratamiento se colocaron tres dedos en el centro de la placa con el medio de cultivo.
3. Se incubó a 35°C por 48 horas
4. Se interpretaron los resultados.

### **3.3.2 Análisis de contaminación por pruebas indirectas**

Debido a la falta de recursos por parte de estos establecimientos, se trataron de encontrar pruebas alternativas que no necesiten de un equipo sofisticado a fin de relacionarlas con los resultados obtenidos en el laboratorio. Las pruebas indirectas se realizaron en cinco establecimientos seleccionados al azar.

#### **• Sedimentos en la leche de recibo**

La prueba de sedimento fue por el método sin agitación y tenía por objeto detectar las partículas de suciedad en la leche. Para homogeneizar el nivel de productores por establecimiento, se utilizaron seis productores por cada establecimiento.

#### **• Colado con tela de manta**

Esta prueba consistió en medir la cantidad de partículas que retiene una manta de un metro cuadrado de área, al momento de realizar el colado de la leche que llega a las queseras artesanales. La prueba se realizó con los mismos productores seleccionados para la cuantificación de sedimentos.

- **Medición de partículas, usando papel adhesivo cuadrulado**

Esta prueba empírica consistió en colocar papel adhesivo cuadrulado en  $\text{cm}^2$  en la misma zona donde se colocaron las placas de sedimentación, durante 24 horas, para relacionar ambos métodos. Esta prueba se realizó por duplicado en cada establecimiento.

- **Conteo de insectos**

Esta prueba tenía por objeto cuantificar la cantidad de insectos en un área específica de la quesera artesanal. Se colocó una placa adhesiva con hormona ( $500 \text{ cm}^2$ ) durante 24 horas. Para cada establecimiento evaluado se hizo el conteo por duplicado y se obtuvo un promedio de ambas lecturas. Se utilizaron los mismos establecimientos seleccionados para la medición de partículas.

- **Acidez de la leche**

La acidez de la leche se determinó por el método de acidez titulable expresada como ácido láctico (ATECAL) y por medio de la prueba con alcohol etílico al 68%. Una vez cuantificada la acidez, por ambos métodos se procedió a realizar la prueba de sedimento y se tomó una muestra para analizar el conteo total de colonias, en la misma leche.

### **3.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO**

#### **3.4.1 Metodología del diseño del sistema de diagnóstico**

El objetivo principal del sistema de diagnóstico de las condiciones sanitarias fue evaluar de manera rápida un establecimiento de procesamiento artesanal, basado en un criterio microbiológico.

A pesar de existir un gran número de factores que pueden causar una variación en la contaminación, se identificaron los principales agentes de variación, mediante el estudio preliminar y se ubicaron siete secciones de evaluación siguiendo el esquema de las buenas prácticas de manufactura.

- **Sección I. Condiciones del establecimiento**

Esta primera sección evaluó la contaminación causada por basura y polvo. Para la medición de focos insalubres se estudió la disposición inadecuada de los desperdicios, causantes de enfermedades alimentarias o brotes de intoxicación además de daño al ambiente.

Para las condiciones del estudio y debido a la diversidad de materiales presentes en los desperdicios de las plantas artesanales de leche, se agruparon los desechos en cuatro grupos:

1. Desechos orgánicos: suero, agua estancada, cuajada disuelta, papel, cortezas de frutas, pastos en descomposición, etc.
2. Plástico y similares (polímeros de Carbono).
3. Metales y aleaciones, incluyendo metales puros.
4. Vidrios y espejos.

La valoración de cada grupo se realizó mediante porcentaje ajustado de la presencia por metro cuadrado y el nivel de degradación en el ambiente del material (Anexo 1).

La medición de partículas macroscópicas fue mediante una prueba indirecta utilizando papel adhesivo cuadrulado y los resultados se asociaron con pruebas microbiológicas de contaminación del ambiente en platos de sedimentación.

- **Sección II. Diseño de planta**

El estudio de los diferentes materiales fue evaluado mediante comparación de medias en un muestreo microbiológico de superficies, bajo una prueba de diferencia mínima significativa "LSD", además se identificó el estado y estado de saneamiento de las edificaciones.

- **Sección III. Equipo y utensilios**

El grado de contaminación en equipo y utensilios fue evaluado también mediante comparación de medias en un muestreo microbiológico de superficies y bajo una prueba de mínima diferencia significativa.

- **Sección IV. Higiene**

1. La sección de higiene fue evaluada mediante observación de los estados básicos de limpieza, siendo estos:
  1. Sin lavado ni desinfección.
  2. Lavado con agua.
  3. Limpieza con agua y detergente.
  4. Limpieza con agua y detergente y posterior desinfección con Cloro.

La presencia de plagas se identificó de acuerdo a sus signos de existencia para plagas mayores como roedores, gatos o perros. Para la cuantificación de insectos se aplicó la prueba indirecta diseñada para el efecto.

Finalmente la presencia de sustancias peligrosas fue incluida en esta sección debido a que su mayor uso es como control de plagas.

- **Sección V. Personal**

La evaluación del personal se realizó mediante un muestreo microbiológico de la contaminación causada por manipuleo del producto, en placas de contacto con medio "PCA" y se adicionó un área dentro de la hoja de registro del sistema para evaluación del uniforme.

- **Sección VI. Proceso**

La sección de proceso fue evaluada mediante regresiones entre la prueba de sedimento y la prueba de colado en manta, ATECAL versus la prueba de alcohol.

- **Sección VII Almacenamiento**

Las condiciones de almacenamiento fueron evaluadas mediante observación del estado de bodegas y estantes en varias secciones a lo largo del sistema de diagnóstico. Sin embargo, el empaque utilizado junto con la temperatura interna del producto en bodega se registraron dentro de esta sección.

### **3.4.2 Formato del sistema de diagnóstico**

Una vez identificadas las herramientas de evaluación de las condiciones artesanales, mediante las pruebas piloto, fue necesario elaborar una base de datos que permitiera tabular los datos provenientes de la aplicación de las pruebas microbiológicas, indirectas u observables en la inspección de una quesera artesanal.

El formato del sistema de diagnóstico constó en tres partes:

- **Metodología del sistema de diagnóstico.** La cual especificaba los materiales necesarios y el procedimiento a seguir para evaluar cada sección de las buenas prácticas de manufactura.

- **Hoja de evaluación.** Elaborada con ayuda de una hoja electrónica en el programa Excel y que permitió de manera ordenada clasificar cada establecimiento según los parámetros establecidos para el sistema.
- **Hoja de recomendaciones.** La hoja de recomendaciones tiene el objeto de emitir recomendaciones con base cuantificativa de las fuentes de contaminación en una quesera artesanal. Su elaboración se basó en los puntos de verificación en una planta de manejo de alimentos, adaptándola para las diferentes secciones de buena práctica de manufactura y para las condiciones económicas de los propietarios de este tipo de establecimientos.

Las premisas básicas en el diseño del formato fueron:

Orden de ejecución y diferencia estadística encontrada entre variables (superficies).

Cuantificación de cada sector de las buenas prácticas de manufactura.

Funcionalidad para emitir recomendaciones.

### 3.5 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO

El estudio de implementación identificó, mediante comparación, la frecuencia entre recomendaciones emitidas por los encuestadores. El estudio seleccionó grupos de cuatro personas, tres de ellas, técnicos agrícolas con un conocimiento mínimo de procesamiento lácteo y un profesional con experiencia en el área de procesamiento de lácteos a nivel artesanal; para aplicar el sistema.

Este estudio se realizó en tres ocasiones en tres diferentes establecimientos escogidos al azar dentro del departamento de Atlántida. No se permitió ningún tipo de comunicación entre las personas involucradas para evitar presión de grupo en las respuestas y recomendaciones emitidas.

La concordancia entre los individuos que utilizaron el sistema fue evaluada mediante un análisis de frecuencia en las recomendaciones emitidas por sección del sistema.

### 3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó con la ayuda del programa “Statistical Analysis System 6.12”. Para el estudio preliminar se adoptó un modelo de bloques completos al azar. El objetivo de este análisis era identificar diferencia estadística en el nivel de contaminación entre los cuatro niveles de proceso diario.

Para comparar la contaminación en la superficie de los diferentes materiales se realizó una comparación de medias, para la contaminación en superficies, bajo una prueba de mínima diferencia significativa “LSD”.

Las pruebas ambientales utilizaron correlaciones y regresiones para tratar de encontrar una relación entre las variables polvo/m<sup>2</sup>, moscas/m<sup>2</sup> y UFC/plato.

La sección de proceso también utilizó correlaciones y regresiones entre las variables ATECAL, prueba de alcohol, sedimentos en mg y colado en manta.

Finalmente se utilizó una distribución de frecuencias en las recomendaciones realizadas durante la aplicación del sistema.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE QUESERAS ARTESANALES

#### 4.1.1 Alcance del estudio preliminar

Según el estudio de diagnóstico realizado por el programa USAID–ZAMORANO, a principios del 2000, en el departamento de Atlántida existen 31 queseras catalogadas como artesanales; cuyos volúmenes de procesamiento diario son menores de 3 000 litros.

El estudio preliminar realizó pruebas para *Staphylococcus aureus*, Coliformes totales y recuento total de unidades formadoras de colonias en queso fresco como en leche fluida, para 12 unidades productivas (tres queseras por cada nivel) correspondientes al 39% del universo.

#### 4.1.2 Microorganismos Indicadores en leche cruda

Cuadro 1. Contaminación microbiana de leche cruda a cuatro niveles de procesamiento artesanal en el Departamento de Atlántida, Honduras. 2001

Nivel de procesamiento	Mesófilos aerobios		Coliformes totales		<i>S. aureus</i>
Litros/día	UFC/ml				
50 a 500	$2.3 \times 10^5$	a	$7.5 \times 10^4$	a	$5.4 \times 10^4$
501 a 1000	$9.7 \times 10^5$	a	$7.8 \times 10^4$	a	$6.9 \times 10^4$
1001 a 2000	$2.7 \times 10^5$	a	$9.5 \times 10^3$	a	$8.8 \times 10^4$
2001 a 3000	$9.7 \times 10^4$	a	$1.7 \times 10^4$	a	$9.2 \times 10^4$

Como se puede observar en el Cuadro 1 no existe diferencia significativa en la contaminación total de la leche cruda que llega a las queseras artesanales en el Departamento de Atlántida ( $P=0.41$ ), por lo que puede asumirse su similitud higiénica y ser clasificada como de alto grado de contaminación, tomando en cuenta que el contenido de microorganismos no patógenos en leche cruda, según el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), debe ser menor a 400 000 UFC/cm<sup>3</sup>. Sin embargo, esta puede tener una menos grave contaminación con coliformes dependiendo de la higiene al momento de realizar el ordeño.

Es muy frecuente que no se tome ninguna precaución higiénica al momento de ordeñar, siendo la leche un medio donde caen pelo de animales, estiércol y polvo, los que aportan miles de microorganismos que son expuestos a temperaturas altas de transporte, aumentando en forma considerable la acidez y la carga microbiana de la materia prima.

El alto nivel de *Staphylococcus aureus* en la leche cruda (Cuadro 1), >1 000 UFC/ml muestra que existen condiciones pobres de salud en el ganado de la zona, basado en que números altos de *Streptococcus pyogenes* y *Staphylococcus aureus* están asociados con la producción de mastitis. Además, según la literatura revisada cuando estos microorganismos están presentes en la leche cruda, pueden producir toxinas que pueden ser transmitidas a los humanos si la leche es ingerida sin pasteurizar.

#### 4.1.3 Microorganismos indicadores en queso fresco

Cuadro 2. Contaminación microbiana en queso fresco artesanal a cuatro niveles de procesamiento en el Departamento de Atlántida, Honduras. 2001.

Nivel de procesamiento	Mesófilos aerobios		Coliformes totales		<i>S. aureus</i>
Litros/día	UFC/g				
50 a 500	9.1 X 10 <sup>4</sup>	a	900	a	6.6 X 10 <sup>4</sup> a
501 a 1000	9.0 X 10 <sup>4</sup>	a	750	a	8.4 X 10 <sup>4</sup> a
1001 a 2000	8.8 X 10 <sup>4</sup>	a	720	a	1.1 X 10 <sup>7</sup> a
2001 a 3000	8.4 X 10 <sup>4</sup>	a	690	a	1.0 X 10 <sup>7</sup> a

El análisis preliminar para producto terminado mostró que el grado de contaminación total en queso fresco artesanal es independiente del nivel de procesamiento (P>0.05). Por lo tanto, era solamente necesario elaborar un sistema de diagnóstico; ya que las fuentes de contaminación eran independientes del nivel de proceso.

El grado de contaminación por coliformes, tampoco varía con el nivel de proceso, pero demuestra una relación muy estrecha con el nivel higiénico con el que se maneja el establecimiento, especialmente en el uso de baños y letrinas.

Los resultados similares en cuanto a *Staphylococcus aureus* (Cuadro2), no muestran diferencias en cuanto a la contaminación por manipulación del producto. Principalmente, se debe a la técnica de salado que predomina en los establecimientos artesanales, donde el salado se hace a mano como norma general. Además la manipulación tanto de la cuajada como del producto en prensas y estantes es realizada indistintamente, existiendo contaminación cruzada entre los diferentes tipos de quesos que posee cada uno de los establecimientos. El contacto con los quesos es de forma directa con la superficie de las manos.

## 4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO

El sistema de diagnóstico de las condiciones sanitarias tiene por objeto ser la base para orientar al propietario de un establecimiento artesanal a adoptar cambios en la sanidad de su negocio y poder monitorear esos cambios con una base microbiológica. Basado en esta premisa, la precisión matemática de las pruebas utilizadas en el sistema de diagnóstico no debe ser de delicada importancia, sino la cuantificación del problema y ubicación de las medidas correctivas a corto plazo y con un bajo costo.

Siendo las buenas prácticas de manufactura (BPM), las regulaciones que describen los métodos, instalaciones y controles requeridos para asegurar que los alimentos sean procesados, preparados y mantenidos en condiciones sanitarias buenas y aptos para el consumo, el sistema de diagnóstico basó su diseño en los siete aspectos de esta metodología. No obstante, los riesgos potenciales dentro de cada sección fueron evaluados mediante las pruebas piloto (muestreo microbiológico, pruebas indirectas), las mismas que dieron origen al formato de tabulación y recomendaciones.

#### 4.2.1 Sección I. Condiciones del establecimiento

La simple observación reveló que en esa sección los principales problemas son la presencia de focos insalubres, causados por acumulación de basura y desperdicios del proceso. Además, de la existencia de olores desagradables por la falta de un sistema adecuado de drenaje, lo cual poseía una relación estrecha con la presencia de plagas, especialmente moscas (*Musca domestica L.*). No obstante, al aplicar la metodología de valoración mediante promedio ajustado; se encontró que el material que se encuentra en mayor proporción causando un foco insalubre en las queseras artesanales del departamento de Atlántida fue el grupo de los desechos orgánicos seguidos de los polímeros de carbono, específicamente plástico; estos últimos de mayor riesgo para el ambiente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación de materiales de foco insalubre en tres queseras artesanales. Departamento de Atlántida. Honduras. 2001

Material de foco insalubre	Promedio ajustado (%)							
	rep1		rep2		rep3		Promedio	
	Interior	Exterio	Interior	Exterio	Interior	Exterio	Interior	Exterior
D. Orgánicos	47	r 26	72	r 18	60	r 46	60	30
Polímeros de Carbono	36	38	28	50	40	35	35	41
Metal	0	15	0	12	0	12	0	13
Cristales	17	21	0	20	0	7	6	16

Como se puede observar en el Cuadro 3, las queseras artesanales son carentes de un adecuado sistema de tratamiento de aguas, enfrentado problemas de reflujos de efluentes tanto en el interior como en el exterior del establecimiento.

La cercanía de la mayoría de los establecimientos a las vías de circulación de vehículos, orientó al estudio a realizar una correlación con la cantidad de polvo por m<sup>2</sup> con UFC en placas de sedimentación con 30 minutos de exposición.

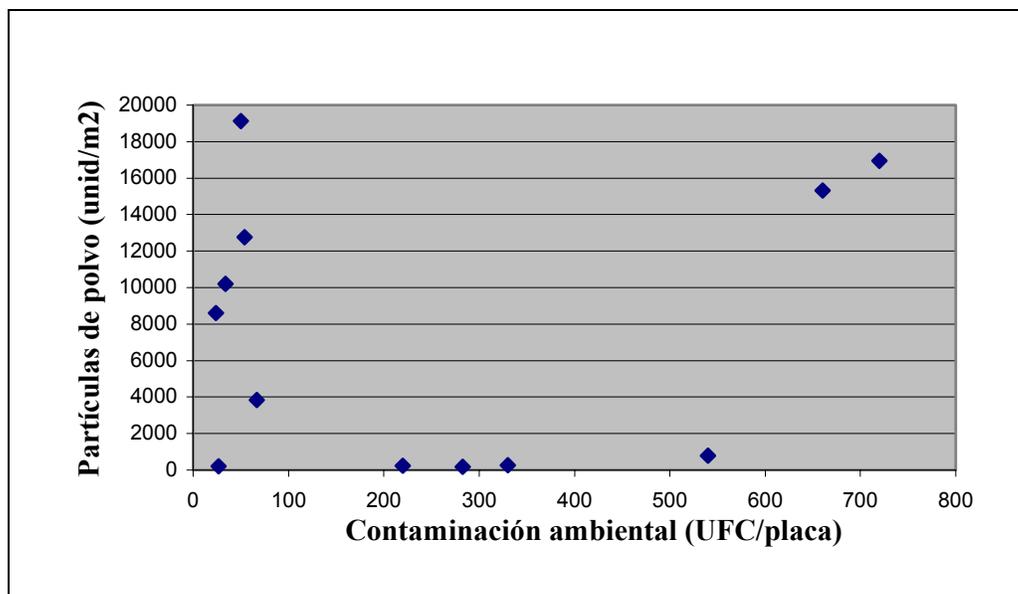


Figura 1. Correlación entre partículas de polvo dentro de establecimiento y UFC/placa. Departamento de Atlántida. Honduras. 2001

La figura 1 muestra que la relación directa encontrada es muy débil ( $R=0.15$ ), siendo la presencia de polvo dentro del establecimiento en solamente el 15% de los casos, asociada con una mayor contaminación ambiental. Debido a esto fue necesario introducir la variable de moscas por m<sup>2</sup> para tratar de explicar la contaminación del ambiente en un establecimiento artesanal.

Una regresión múltiple mostró que la combinación de estas variables puede explicar el 83% de la variación en la contaminación del ambiente (Anexo 3).

$$\text{UFC/plato} = 215 - 8.4 \times 10^{-15} (\text{polvo/m}^2)^4 + 8.9 \times 10^{-10} (\text{moscas/m}^2)^4$$

(Adj R sq= 0.83)

#### 4.2.2 Sección II. Diseño de planta

En las queseras artesanales las superficies con las que está edificado el establecimiento no siempre son las más adecuadas por ser de materiales porosos (cemento sin pulir), no degradables e incluso tóxicos (pintura con base de Plomo).

Se encontró diferencia significativa en la contaminación total entre todos los materiales evaluados a través de muestreo de superficies, siendo el vidrio el material menos contaminante y la tierra el mayor.

Cuadro 4. Contaminación superficial en materiales de infraestructura dentro de las queseras artesanales del Departamento de Atlántida, Honduras. 2001

Material del establecimiento	Contaminación superficial UFC/cm <sup>2</sup>	
V Vidrio (1)	2.2 X 10 <sup>4</sup>	a
A Azulejo (2)	3.0 X 10 <sup>5</sup>	b
Fc Fibro cemento (3)	1.7 X 10 <sup>5</sup>	c
C Cemento (4)	2.8 X 10 <sup>5</sup>	d
M Madera (5)	4.8 X 10 <sup>5</sup>	e
c Cartón (6)	5.2 X 10 <sup>5</sup>	f
T Tierra (7)	2.4 X 10 <sup>7</sup>	g

Finalmente, cabe mencionar que la hoja de evaluación en la sección de diseño de planta ordenó en forma descendente los diferentes materiales de acuerdo a las diferencias significativas encontradas en la contaminación superficial (Anexo 1).

#### 4.2.3 Sección III Equipo y utensilios.

4.2.3.1 Material. El tipo de material de cada uno de los utensilios (tinajas, liras, tambos, moldes, cuchillos) que entran en contacto directo con el producto fue evaluado mediante un muestreo de superficies y su clasificación se realizó bajo una comparación de medias.

Cuadro 5. Contaminación en superficies de utensilios en queseras artesanales. Departamento de Atlántida, Honduras. 2001

Material del establecimiento	Contaminación superficial UFC/cm <sup>2</sup>	
I Acero Inoxidable (1)	2.2 X 10 <sup>4</sup>	a
F Fibra de Vidrio (2)	8.0 X 10 <sup>4</sup>	b
P Plástico (3)	4.8 X 10 <sup>5</sup>	c
M Madera (4)	5.2 X 10 <sup>5</sup>	d
A Azulejo (5)	5.6 X 10 <sup>5</sup>	e
C Cemento (6)	7.8 X 10 <sup>5</sup>	f
L Latón (7)	5.8 X 10 <sup>5</sup>	a

Como se observa en el Cuadro 5 la superficie que muestra mayor contaminación es el cemento sin pulir seguido del azulejo. No obstante, a pesar de no encontrar diferencia significativa en cuanto a carga microbiana entre el acero inoxidable y el latón ( $P=0.001$ ) este último debe ser categorizado como de extremo riesgo ya que la composición de la leche puede ser alterada por este material y hacerla peligrosa para la salud humana.

Es necesario mencionar que el tiempo de uso excesivo y el uso de materiales de limpieza en varios equipos puede alterar su grado de contaminación, ya que produce daños en las superficies causados por ralladuras o agujeros donde se acumula suciedad, lo que aumenta su carga microbiana superficial.

**4.2.3.2 Presencia de plagas.** Un animal plaga es un animal que vive en el alimento o sobre él y causa merma, alteración, contaminación o es molesto de algún modo. Las plagas más comunes encontradas en las queseras artesanales son roedores, moscas, hormigas, cucarachas, perros, gatos y pájaros.

Se encontró que existe una relación directa intermedia entre la cantidad de moscas por metro cuadrado y UFC/ plato ( $r=0.49$ ). Por tal motivo, no se puede asegurar que con un mayor número de insectos por metro cuadrado va a existir mayor cantidad de UFC en el ambiente. Sin embargo, existe una relación directa alta entre la cantidad de moscas y el polvo por metro cuadrado ( $R=0.83$ ), es decir, que a mayor cantidad de polvo se puede concluir que va a existir una mayor cantidad de moscas por metro cuadrado. (Figura 2).

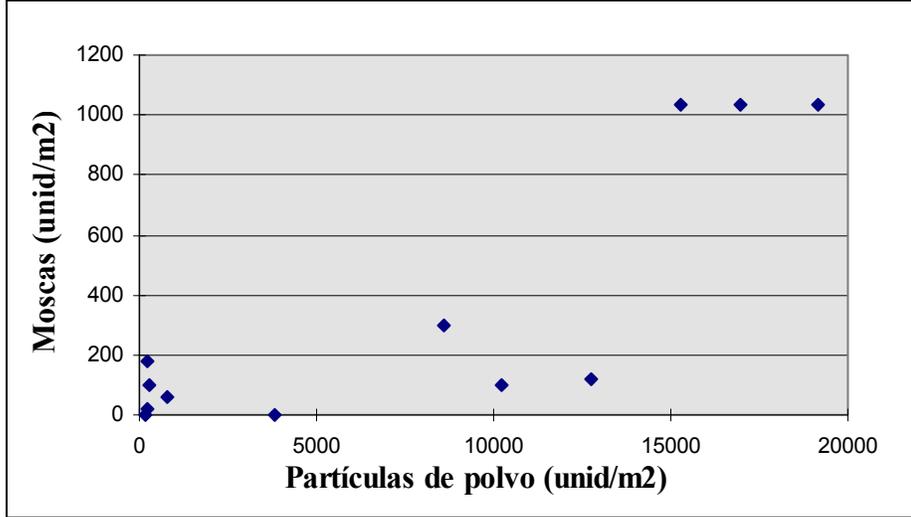


Figura 2. Relación entre polvo y moscas en queseras artesanales. Departamento de Atlántida, Honduras. 2001

#### 4.2.4. Sección V. Personal

La contaminación por contacto humano es principalmente debida a mucosas de la epidermis o a suciedad en la superficie de las manos. Sin embargo, existe un inconveniente al tratar de identificar el estado de higiene del trabajador de una quesera artesanal, por que no es completamente sincero cuando se trata de buscar información respecto a higiene.

Cuadro 6. Niveles de contaminación en placas de contacto en personal. Departamento de Atlántida, Honduras. 2001.

Tratamientos	Nivel de contaminación					Promedio
	Ques1	Ques2	Ques3	Ques4	Ques5	
Sin Lavarse	4	3	4	4	3	4
Agua	3	2	3	3	3	3
Agua+jabón	2	2	2	3	2	2
Agua+jabón+clor	1	1	2	1	1	1

o

El Cuadro 4 explica las diferencias en contaminación encontradas entre los diferentes tratamientos. No se realizó una prueba de separación de medias debido a que los grados de contaminación siguen un patrón de caracterización visual. Por lo tanto, se puede clasificar la higiene de los operarios de un establecimiento al observar los patrones de

higiene de los mismos y clasificarlos basados en una base microbiológica, dentro de los cuatro niveles predeterminados (Anexo 1).

El uso de uniforme, botas y la no presencia de joyas es una práctica que debería ser obligatoria, lastimosamente, entre las 31 queseras artesanales del departamento de Atlántida apenas un 12.9% usaba en forma permanente una gabacha.

#### 4.2.5 Sección VI. Proceso

A pesar de conocer la calidad microbiológica de la leche que ingresa a las queseras artesanales, fue necesario evaluar el grado de acidez y de sedimentos de la misma. Se encontró a través de una correlación que el nivel de sedimentos expresado en miligramos según la escala APHA, puede ser explicado en el 91% de los casos por la escala determinada para la cantidad de partículas en la prueba de colado con manta. Además se pudo relacionar el % ATECAL; el cual puede ser explicado en un 92% de los casos por la escala adoptada para la prueba con alcohol etílico al 70%.

Al encontrar relaciones directas tan elevadas, un estudio de regresión aplicado encontró que el 75 % de la variabilidad en el nivel de sedimentos en leche cruda y el 83% de la variabilidad en el porcentaje de ATECAL pueden ser expresados mediante pruebas indirectas.

$$\text{Sedimentos} = 2.21 + 0.1025 (\text{manta})^3$$

(Adj R sq.= 0.75)

$$\% \text{ATECAL} = 0.1511 + 0.0097(\text{OH})^2$$

(Adj R sq. = 0.83)

La sal que usan los procesadores artesanales, varía dependiendo del nivel económico que posea el propietario y de la temporada de venta del producto. Se identificó que en la mayoría de los casos es generalizado el uso de sal refinada pero no yodada, por su bajo costo.

Las dosificaciones de cuajo que usan los productores artesanales son indebidas y no siguen las recomendaciones del fabricante, sino son guiadas por el grado de experiencia y las condiciones climáticas para cuajar la leche.

#### 4.2.6 Sección VII. Almacenamiento

Los productos lácteos artesanales son almacenados en estantes dentro de bodegas a temperatura ambiente (25 a 30°C) o empacados en bolsas plásticas y colocados en refrigeradores caseros con temperaturas alrededor de los 10°C.

A través del muestreo de superficies utilizado en la sección de diseño de planta se detectó la presencia de mohos y levaduras en las bodegas de almacenamiento de producto, debido

a la falta de limpieza y desinfección de las mismas y a los materiales de construcción de estantes y edificios que son de madera y cemento sin revestir, respectivamente.

#### 4.3 IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE DIAGNÓSTICO

Basado en el objetivo principal del estudio, el formato del sistema de diagnóstico brinda una manera rápida de emitir recomendaciones sobre las condiciones sanitarias de un establecimiento. Sin embargo, fue la fase de implementación la encargada de evaluar al sistema en condiciones reales y ajustar posibles discordancias entre la realidad del campo y el diseño preliminar adoptado.

La metodología del sistema fue de fácil entendimiento para los encuestadores y en ninguna de las observaciones se detectaron problemas para completar las secciones de las buenas prácticas de manufactura. El tiempo promedio de las cuatro personas en cada establecimiento para completar las hojas de evaluación y de recomendaciones fue en promedio de 37 minutos.

Cuadro 6. Frecuencia de recomendaciones por sección del sistema de diagnóstico en tres queseras artesanales. Departamento de Atlántida, Honduras. 2001.

Sección BPM's	Frecuencia (%)		
	rep1	rep2	rep3
Establecimiento	52	76	62
Diseño de Planta	51	54	61
Equipo y Utensillos	52	68	79
Higiene	52	68	79
Personal	60	94	94
Proceso	50	59	59
Almacenamiento	43	61	63
<b>PROMEDIO</b>	<b>51</b>	<b>69</b>	<b>71</b>

El Cuadro 6 muestra que al implementar el sistema, la frecuencia de concordancia entre individuos que utilicen el sistema de diagnóstico depende del grado de adaptación al mismo. No obstante, una vez adaptados en promedio, siete de cada diez recomendaciones basadas en el sistema de diagnóstico van a ser similares independientemente del mismo individuo quien aplique el sistema o del grado de conocimiento sobre procesamiento de leche del mismo.

La tendencia en el porcentaje de cada sección del sistema, nos muestra que con una adaptación a la metodología de aplicación del sistema de diagnóstico, los individuos evaluados lograron aumentar en un 20% su concordancia en las recomendaciones hasta estabilizarse en un promedio de siete de cada diez.

## 5. CONCLUSIONES

El grado de contaminación total en leche fluida y en queso fresco en el Departamento de Atlántida es completamente independiente del nivel de proceso diario y sobrepasa los límites de tolerancia de las normas de salud.

El sistema de diagnóstico puede ser aplicado en cualquier quesera artesanal, independiente del nivel de proceso diario de la misma.

Los desechos orgánicos se presentan con mayor frecuencia en los focos insalubres existentes en las queseras artesanales y están relacionados con la presencia de plagas. Es importante, recalcar que muchos de estos desperdicios no solamente contaminan estos establecimientos, sino en ciertos casos pueden ser la causa de contaminación de aguas.

La eficiencia de la limpieza y el estado de saneamiento del equipo afectan la clasificación de materiales realizada en el sistema de diagnóstico, debido a que el uso de instrumentos de limpieza inadecuados puede causar ralladuras en las superficies, lo que alteraría el nivel de contaminación encontrado.

Existe una relación entre el número de moscas y la cantidad de polvo por metro cuadrado, que explica medianamente la contaminación del ambiente en una quesera artesanal.

A pesar de no existir diferencia significativa en la contaminación microbiana de la leche que llega a las queseras artesanales, su nivel de sedimentos y acidez pueden ser explicados a través de pruebas indirectas.

El grado de concordancia en las recomendaciones emitidas al implementar el sistema depende de la instrucción del encuestador con la metodología de aplicación del mismo y es independiente del grado de conocimiento del encuestador sobre procesamiento de leche.

## **6. RECOMENDACIONES**

Es necesario determinar un período óptimo para poder volver a evaluar un establecimiento artesanal basado en el estudio de diagnóstico diseñado en este estudio.

El diseño de planta o posibles remodelaciones a realizarse en un establecimiento artesanal, debe enfocarse por separado de la vivienda del propietario.

La base de datos del sistema de diagnóstico para las secciones de diseño de planta y equipo debe ser reorganizada si existiesen nuevos materiales que fueran usados dentro de las queseras artesanales.

Conviene realizar estudios de costos de cada una de las recomendaciones emitidas y el tiempo de retorno a la inversión.

Determinar la época de mayor aceptación a cambios, por parte de los procesadores y relacionarla con la estacionalidad de los precios del queso.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

ALAIS, C. 1985. Ciencia de la leche. Trad. por Antonio Lacasa. 4 ed. Barcelona, España. Continental. 549p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, INC. 1992. Recommended methods for the microbial examination of foods. 4 ed. New York, USA. APHA. 207p.

BANWART, G. 1989. Basic Food Microbiology. 2 ed. New York, USA. Chapman & Hall. 773p.

BORJAS, E. 1998. Tecnificación de los procesos de manufactura y caracterización de quesos artesanales centroamericanos para exportación. Tesis de Ing. Agr. Zamorano, Honduras. 29p.

DEMETER, K.; ELBERTZHAGEN, H. 1971. Elementos de microbiología lactológica. 8 ed. Zaragoza, España. Acribia. 150p.

FIELDS, M. 1979. Fundamental of food microbiology. Connecticut, USA. AVI Publishing Company. 432p.

FORSYTHE, S.; HAYES, P. 1998. Food Hygiene, Microbiology and HACCP. 3 ed. Gaithersburg, USA. Chapman & Hall. 379p.

HOLGADO, F. 1997. Investigaciones: Quesos artesanales. España. Consultado 22 feb. 2001. Disponible en [http://www.tucuman.com/produccion/1997/97jul\\_17.htm](http://www.tucuman.com/produccion/1997/97jul_17.htm)

LERCHE, M. 1989. Inspección veterinaria de la leche. Trad. por Jaime Escobar. 3 ed. Zaragoza, España. Acribia. 375p.

MILK INDUSTRY FOUNDATION, 1967. Manual for milk plant operators. 3 ed. Washington, USA. AVI Publishing Company. 838p.

MORTIMORE, S.; WALLACE C. 1994. HACCP enfoque práctico. Zaragoza, España. Acribia. 291p.

REVILLA, A. 1996. Tecnología de la Leche; microbiología de la leche. 3 ed. 8y Rev. Zamorano, Honduras. Zamorano Academic Press. 396p.

SALVAT. 1988. Diccionario Universal. México, D.F. Salvat. 675p.

SANTOS, A. 1987. Leche y sus derivados. México, D.F. Pegaso. 215p.

SCHMIDT, K.F. 1990. Elaboración artesanal de mantequilla, yogurd y queso. Trad por Oscar Torres. Zaragoza, España. Acribia. 116p.

TEUBEN, J; BARRIENTOS, E. 2000. Manual de laboratorio de microbiología. Zamorano, Honduras. 95p.

YORK, G. sf.. Influencia de la propiedades físico químicas en la selección de productos sanitarios para plantas de alimentos. Universidad de California, USA. 19p.

## **ANEXOS**

**SISTEMA DE DIAGNÓSTICO**  
**DE**  
**LAS CONDICIONES SANITARIAS**  
**EN EL**  
**SECTOR QUESERO ARTESANAL**  
**DE**  
**HONDURAS.**

Por : **Patricio Lozano Moreno**

Agosto, 2001  
Zamorano, Honduras

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente sistema tiene por objeto monitorear las condiciones sanitarias existentes en un establecimiento de procesamiento artesanal de lácteos, basado en criterios microbiológicos y pruebas indirectas que no necesiten de un equipo sofisticado y costoso. De esa forma se puede emitir recomendaciones que pudieran mejorar las condiciones en un establecimiento de esta índole.

El sistema consta de tres partes:

1. Instructivo para la implementación del sistema de diagnóstico.
2. Formato de tabulación de datos.
3. Lista de recomendaciones post implementación del sistema de diagnóstico.

Cada una de las partes siguió la metodología de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), subdividiendo al estudio en siete secciones:

Sección I *Condiciones del Establecimiento.*

Sección II *Diseño de Planta.*

Sección III. *Equipo y Utensilios.*

Sección IV *Higiene.*

Sección V *Personal.*

Sección VI *Proceso.*

Sección VII. *Almacenamiento.*

El instructivo del sistema además de brindar la información sobre materiales y procedimientos necesarios para la implementación del sistema, emite la interrelación entre el formato de tabulación de datos y la hoja de recomendaciones.

El formato de evaluación está diseñado en una hoja electrónica con el fin de facilitar la entrada de datos en el momento de realizar las pruebas. Sin embargo, es necesario estar familiarizado con la codificación del sistema.

La hoja de recomendaciones tiene como base una lista de verificación de plantas procesadoras de alimentos, no obstante los parámetros de selección se basan en las pruebas diseñadas para el estudio realizado para este sistema de diagnóstico.

## **INSTRUCTIVO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO**

El instructivo del sistema de diagnóstico especifica la metodología a seguir en cada una de las secciones de las buenas prácticas de manufactura y los criterios de evaluación para cada una de las pruebas diseñadas para este estudio con sus posibles recomendaciones.

La interacción con la hoja de recomendaciones es a través de la numeración de las mismas (Ver hoja de recomendaciones)

- **Sección I. Condiciones del Establecimiento.**

**Materiales.**

- Cinta métrica o anillo de un metro cuadrado.
- Guantes desechables estériles.
- Calculadora.
- Papel adhesivo cuadriculado en cm<sup>2</sup>

**Metodología.**

Porcentaje ponderado

Regresión de UFC con polvo y moscas por m<sup>2</sup>

**Procedimiento.**

***Foco insalubre y alrededores.***

1. Determinar área aproximada de los alrededores de quesera y área interna del establecimiento.
2. Tomar una muestra al azar para el área interior y otra para el área externa.
3. Delimitar un área de un m<sup>2</sup> en cada lugar seleccionado.
4. Determinar si existe un control de entrada de plagas a los desechos.
5. Separar los materiales en cuatro grupos: Desechos orgánicos, plásticos y similares (polímeros de Carbono), metales y cristales.
6. Cuantificar el número de unidades sólidas o el volumen total de los líquidos.
7. Multiplicar el número de unidades de cada grupo por el nivel de contaminación y obtener los porcentajes.
8. Tabular los resultados en la hoja de evaluación e identifique los dos grupos con mayor porcentaje ponderado.
9. Realizar la prueba por duplicado y calcular el promedio.

***Polvo.***

1. Colocar el papel adhesivo cuadriculado en una área tomada al azar dentro de la quesera, 24 horas antes de realizar el análisis.
2. Después de las 24 horas, cuente las partículas de polvo en el papel adhesivo y convierta los resultados a número de unidades por metro cuadrado.
3. Realizar la prueba por duplicado.
4. Calcular la cantidad de UFC agregando la cantidad de moscas/m<sup>2</sup> de la Sección IV.

$$\text{UFC/plato} = 215 - 8.2 \times 10^{-15} (\text{polvo/m}^2)^4 + 8.9 \times 10^{-10} (\text{moscas/m}^2)^4$$

\*("R square" 0.57)

5. Emitir recomendaciones basadas en el siguiente cuadro de clasificación.

**Identificación de recomendaciones**

<b>Material de foco insalubre</b>	<b>Fuente de contaminación</b>	<b>Recomendaciones posibles</b>
Desechos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de efluentes</li> <li>• Falta de filtros de sólidos.</li> <li>• Basureros destapados</li> <li>• No reciclaje de papel</li> <li>• No control de malezas y frutos caídos.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">5 6,8 1,3,4 9 2</p>
Bolsas o neumáticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polímeros de carbono</li> </ul>	7,5,1
Metales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojalatas</li> </ul>	7,9
Vidrios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Botellas y otros</li> </ul>	7,1,9

**Condición ambiental basada en placas de contacto y sedimentación.**

<b>Número de colonias</b>	<b>Clase</b>
0-3	0 Bueno
3-9	1 Suficiente
10-29	2 Insuficiente
30-90	3 Malo
>90	4 Muy malo

Fuente: Teuben,J. y Barrientos, E. 2000

**Sección II Diseño de Planta.**

**Materiales.** Ninguno.

**Metodología .**

Observación.

Separación de medias basada en contaminación superficial.

**Procedimiento.**

1. Identificar el material usado con mayor frecuencia en techos, piso, pared, puerta, ventanas y baños dentro del establecimiento.
2. Clasificarlo según orden numérico del sistema de diagnóstico.
3. Revisar superficies de materiales en cuanto a:
  - Presencia de fisuras
  - Residuos
  - Ubicación
4. Determinar el estado de saneamiento de cada área, de acuerdo a las prácticas diarias utilizadas en el establecimiento y clasificarlas con base en el formato del sistema de diagnóstico.
5. Determinar la frecuencia de saneamiento.

**Identificación de recomendaciones.**

<b>Sección</b>	<b>Ideal</b>	<b>Fuentes de contaminación</b>	<b>Posibles Recomendaciones</b>
Techo	C lu HJCI (0.5)	Material Estado Saneamiento	11 12,13,15 14
Piso	A ul HJCI (2)	Material Estado Saneamiento	17,19 5,8,16,18 14
Pared	A L HJCI (2)	Material Estado Saneamiento	20 21 14
Puertas	V up HJCI (0.5)	Material Estado Saneamiento	23 22,24 14,25
Ventana	V up HJCI (0.5)	Material Estado Saneamiento	27,28 10,26 14
Baño	A Luptl HJCI (2)	Material Estado Saneamiento	20 29,31 30,14

### **Sección III y IV. Equipo, Utensilios e Higiene.**

#### **Materiales.**

Ninguno.

#### **Metodología.**

Observación.

Separación de medias basada en contaminación superficial.

#### **Procedimiento.**

1. Identificar material usado con mayor frecuencia en la confección de tinajas, tambos, liras, moldes y estantes.
2. Clasificarlo según orden numérico del sistema de diagnóstico.
3. Revisar superficies de materiales en cuanto a:
  - Frecuencias de limpieza y desinfección de equipo.
  - Ubicación
4. Clasificar el estado de saneamiento de cada área de acuerdo a las prácticas diarias utilizadas en el establecimiento.
5. Determinar la frecuencia de limpieza y desinfección del equipo o utensilio.

#### *Moscas*

1. Colocar placa adhesiva con feromona 24 h antes de realizar diagnóstico junto a hoja adhesiva para recuento de polvo.

2. Contar el número de unidades por placa y extrapolarlo a metros cuadrados.
3. Aplicar regresión junto con cantidad de polvo.

<b>Equipo y utensilios</b>	<b>Ideal</b>	<b>Fuentes de contaminación</b>	<b>Posibles Recomendaciones</b>
Tina	I AJCI (>)	Material	32,34, 39,40
Tambo			
Liras		Saneamiento	33,35, 36,37,38,
Moldes			
Estantes			

<b>Plagas y sustancias peligrosas</b>	<b>Ideal</b>	<b>Recomendaciones posibles</b>
Moscas	<20 unidades en área total	13, 15
Hormigas y cucarachas	0 unidades	2,3
Roedores	0 unidades	4, 15,20,22,56
Aves, Perros, gatos	0 unidades	6,22
Plaguicidas	Área alejada de alimentos	59

#### **Sección IV Personal.**

##### **Materiales**

Calculadora.

##### **Metodología.**

Observación.

##### **Procedimiento.**

1. Identificar el número de empleados en la quesera.
2. Obtener porcentaje de empleos que utilizan botas, gabacha, gorra y uso de joyas con base al número total de empleados.
3. Obtener porcentaje en higiene de trabajadores con base en cuatro niveles utilizados.
  - Nivel 1: Manos lavadas con agua, jabón y desinfectadas con cloro.
  - Nivel 2: Manos lavadas con agua y jabón.
  - Nivel 3: Manos lavadas con agua.
  - Nivel 4: Manos no lavadas.
4. Identificar el tipo de manipulación durante el proceso y en el producto terminado.
5. Emitir recomendaciones en base a hoja de verificación.

##### **Interacción de recomendaciones.**

Sección de Higiene	Ideal	Fuente de contaminación	Recomendaciones posibles
Uniforme	100% BGgN	No uniforme uso de joyas	41,45,46
Higiene	100% S Ts	Estado salud personal	42,47
Manipulación	G (4)	Contaminación por mucosas	43
Visitas	0% visitas	Agentes extraños	48

## Sección V. Proceso.

### Materiales.

- Jeringa con alcohol al 70%.
- Tasa de cerámica (recipiente de cerámica)
- Probador de sedimento con discos de 3.175 cm.
- Tela de manta de 1 m<sup>2</sup> con soportes metálicos.

### Metodología.

Prueba de sedimentos mediante el método sin agitación.

Regresiones: de prueba de sedimento versus manta, acidez por alcohol versus ATECAL.

### Procedimiento.

1. Identificar el número total de productores que suplen leche a la quesera.
2. Colocar tela manta limpia y desinfectada en el tanque o recipiente de recibo de leche.
3. Otorgar puntuación con base en la siguiente escala:
  - 1. Presencia de partículas en menos del 10% del área de la manta.
  - 2. Presencia de partículas en 10 a 25% del área de la manta.
  - 3. Presencia de partículas entre 25 a 50% del área de la manta.
  - 4. Presencia de partículas de 50 a 75% del área de la manta.
  - 5. Presencia de partículas mayor al 75% del área de la manta.
4. Mezclar 5 ml de leche y con igual cantidad de alcohol etílico al 70% en la tasa de cerámica.
5. Observar la formación de gránulos y otorgar valor según escala:
  - 1. No formación de coágulos de leche.
  - 2. Formación de coágulos en 50% y presencia de leche normal en 50%.??
  - 3. Formación mayor al 50% de coágulos de leche.
6. Emitir recomendaciones basadas en la condición de la leche.

### Interacción de recomendaciones.

Sección de proceso	Fuente de contaminación	Posibles recomendaciones
Sedimentos en la leche	Higiene en el ordeño.	54,50

Acidez de la leche	Transporte inadecuado. Leche ácida	49,55
Producción	Contacto con mucosas	52,51
Insumos	No limpios	53

$$\text{APHA en mg} = 2.21 + 0.102559 \times \text{Manta}^3$$

\*(Adj R sq=0.75)

$$\% \text{ ATECAL} = 0.151092 + 0.009797 \times \text{Escala de alcohol}^2$$

\*(Adj R sq= 0.83)

## Sección VII. Almacenamiento.

### Materiales.

Termómetro para alimentos.

### Metodología.

Observación

Medición de temperatura.

### Procedimiento.

1. Averiguar si existe un área específica para el almacenamiento de los productos terminados (quesos u otros).
2. Determinar si existen contenedores individuales o estantes para los productos clasificados por fecha de elaboración.
3. Verificar presencia visible de hongos en quesos almacenados.
4. Determinar el tiempo de limpieza de la bodega.
5. Medir la temperatura interna del queso en almacenamiento.

**Posibles recomendaciones:** 55,56,57,58,59,60,61

## LISTA DE RECOMENDACIONES POST IMPLEMENTACIÓN.

### Sección I. Establecimiento.

#### *Foco insalubre, polvo.*

- 1. Colocar basureros, preferiblemente con pedal, cerca al área de producción.
- 2. Controlar malezas, hojas o frutos caídos alrededor de la planta.
- 3. Colocar trampas para roedores o plagas en el exterior del establecimiento cerca de los depósitos de basura.
- 4. Tapar basureros externos para evitar presencia de roedores o animales domésticos.
- 5. No permitir la acumulación de residuos o regreso de efluentes en el sistema de

**drenaje.**

- 6. Tapar el drenaje y colocar trampas de sólidos.
- 7. Eliminar posibles depósitos de agua y desperdicios de construcción.
- 8. Ubicar colador o filtro en las tinas de proceso para evitar pérdida de sólidos  
**contaminantes en el piso.**
- 9. Determinar la frecuencia de eliminación de basura.
- 10. Reparar mallas metálicas para evitar la entrada de polvo.

## **Sección II. Diseño de Planta.**

### **Techo**

- 11. Eliminar partículas que pudieran desprenderse del techo y entrar en contacto con el producto.
- 12. Proteger las instalaciones eléctricas del techo con cobertores que no permitan el  
**contacto del vidrio con el producto.**
- 13. Eliminar insectos o animales en descomposición del techo de la planta.
- 14. Incrementar frecuencia de limpieza y complementar con desinfección.
- 15. Cubrir agujeros para evitar entrada de plagas al local.

### **Piso**

- 16. Diseñar el desnivel del piso de tal manera que permita el flujo de los desechos líquidos al desagüe.
- 17. Cubrir el piso con material apropiado para evitar accidentes del personal y rellenarlas fisuras y grietas para evitar acumulación de materiales.
- 18. Incrementar frecuencia de limpieza del piso.
- 19. Adecuar corredor exterior con cemento y no de tierra.

### **Pared**

- 20. Eliminar grietas o agujeros en paredes. Se recomienda pintarlas de color blanco o cubrir las con azulejo hasta 1.5 m de altura.
- 21. Evitar las esquinas en las intersecciones de las paredes con el piso, para facilitar la limpieza.

### ***Puerta.***

- 22. Abrir las puertas sólo en el momento necesario para permitir la entrada de materiales o del personal.
- 23. Colocar sistema de abertura por presión y evitar agarraderas que puedan acumular contaminación en Las manos del personal.
- 24. Eliminar óxido y hongos de la zona inferior de la puerta.
- 25. Construcción de pediluvios.

### **Ventanas**

- 26. Ubicar las ventanas donde se necesite una mayor entrada de luz.
- 27. Cambiar el material de las ventanas para evitar la entrada de olores o humo.
- 28. Cambiar las ventanas de madera que desprenden astillas o tienen comején (polilla).

### ***Sanitarios***

- 29. Aislar los servicios sanitarios del área de producción.
- 30. Colocar un lavamanos con agentes limpiadores cerca a los servicios sanitarios para el lavado de manos del personal.
- 31. No almacenar sustancias tóxicas en los servicios sanitarios del establecimiento.

### **Sección III y IV. Equipo y Utensilios, e Higiene.**

- 32. Cambiar, de preferencia hacia Acero Inoxidable, el material del equipo a utilizarse en la quesera.
- 33. Colocar el equipo de tal manera que facilite la limpieza de todos lugares.
- 34. Eliminar la acumulación de residuos en las mangueras.
- 35. Implementar un sistema de limpieza estandarizado (SOP)
  1. Eliminar residuos por medio manual o con agua.
  2. Lavar con una solución detergente todas las áreas del equipo, comenzando del interior hacia el exterior.
  3. Cepillar durante 5 minutos cada área que estuvo en contacto con el alimento(Cepillos o pastes adecuados para el equipo).
  4. Enjuagar el detergente con agua
  5. Esperar que escurra el exceso de agua
  6. Aplicar una solución desinfectante con 200 ppm Cloro.
- 36. Aumentar la frecuencia de limpieza y desinfección.
- 37. Elaborar un manual que detalle la forma de llevar a cabo la limpieza de todo el establecimiento.
- 38. Implementar un sistema de limpieza y desinfección pre y post operación.
- 39. Almacenar los productos de limpieza lejos de los alimentos o ingredientes.
- 40. No realizar limpieza de utensilios en el piso.

### **Sección IV Personal.**

- 41. Implementar el uso de uniforme en el personal (gorro, gabacha y botas, como mínimo)
- 42. Mejorar la higiene del personal ( corte de pelo, barba y baño diario) y poseer tarjeta de salud.
- 43. Debe instruir al personal sobre el lavado y desinfección de manos .
- 44. Implementar procedimientos ante accidentes de personal.
- 45. Eliminar cualquier objeto de joyería, así como relojes, cadenas o pulseras de cualquier material.
- 46. Prohibir la ingesta de cualquier tipo de alimento dentro de las instalaciones, al igual que fumar.
- 47. Colocar un botiquín de primeros auxilios para ayudar a un trabajador que pueda sufrir un accidente.
- 48. No permitir la entrada de personal ajeno a la planta especialmente al área de producción.

**Sección V Proceso.**

- 49. Implementar pruebas para verificar el estado de la leche.
- 50. Llevar un registro de producción, por producto y por cantidad de insumo utilizado.
- 51. Cubrir las tinajas para proteger el alimento contra fuentes de contaminación ( polvo, moscas, roedores, etc.)
- 52. Implementar el uso de liras.
- 53. Uso de insumos limpios y reglamentarios (Sal yodada).
- 54. Colar la leche en doble manta y desinfectarla entre cada productor.
- 55. Eliminar envases de transporte de leche que puedan acumular residuos o acidifiquen la leche.

**Sección VII Almacenamiento.**

- 56. Mantener el producto en contenedores limpios y desinfectados.
- 57. El empaque del producto no debe afectar el olor, sabor o color original del producto siendo higiénico a la vez para el consumidor.
- 58. Evitar el contacto directo del producto con las manos del personal. Uso de guantes desechables o bolsas plásticas limpias y desinfectadas.
- 59. Limpiar y ordenar la bodega, alejando del producto aquellas sustancias que pueden contaminarlo.
- 60. Implementar un registro del producto terminado en bodega para evitar pérdidas.
- 61. Transportar el producto en un vehículo cerrado como mínimo (mejor si es refrigerado).

### Anexo 3. Cuadro de salida de regresión en contaminación del ambiente.

Model: MODEL1  
 Dependent Variable: UFC

#### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	2	478007.20847	239003.60424	8.184	0.0094
Error	9	262841.04153	29204.56017		
C Total	11	740848.25000			
Root MSE		170.89342	R-square	0.6452	
Dep Mean		250.75000	Adj R-sq	0.5664	
C.V.		68.15291			

#### Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
INTERCEP	1	214.882524	58.46097043	3.676	0.0051
PM4	1	-8.42152E-15	0.00000000	-3.066	0.0134
MOSM4	1	8.879271E-10	0.00000000	3.910	0.0036

#### Anexo 4. Cuadros de salida de regresión en sección de recibo.

Model: MODEL1 Dependent Variable: APHA					
Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	364.24135	364.24135	91.936	0.0001
Error	28	110.93332	3.96190		
C Total	29	475.17467			
Root MSE		1.99045	R-square	0.7665	
Dep Mean		5.51333	Adj R-sq	0.7582	
C.V.		36.10254			
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
INTERCEP	1	2.217786	0.50019602	4.434	0.0001
MANTA3	1	0.102559	0.01069619	9.588	0.0001

Model: MODEL1 Dependent Variable: ATECAL					
Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	0.03222	0.03222	146.181	0.0001
Error	28	0.00617	0.00022		
C Total	29	0.03839			
Root MSE		0.01485	R-square	0.8392	
Dep Mean		0.18733	Adj R-sq	0.8335	
C.V.		7.92455			
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
INTERCEP	1	0.151092	0.00404118	37.388	0.0001
OH2	1	0.009707	0.00080290	12.091	0.0001