



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
Campus Loma Bonita

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

**IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS EN EL
ORDEÑO MECÁNICO DE UNA UNIDAD PRODUCTIVA DE LA
CUENCA DEL PAPALOAPAN**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

PRESENTA:

PERLA ADRIANA MORALES CORCINO

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. CYNTHIA MAGALY ANTONIO CISNEROS

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO, OCTUBRE DE 2012

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada con todo amor y cariño:

A mis padres

Tere y Carlos, que ni con todas las riquezas del mundo podré pagar sus sacrificios hacia mí. Gracias a ellos he logrado mi más grande anhelo, una formación profesional.

A mi hermano

Carlos Alfredo, por sus consejos y apoyo para seguir adelante y ser un buen ejemplo para mí.

A mi sobrino

Sebastián, por los momentos en los que necesitaba confort, él me lo brindaba con un cálido abrazo y una gran sonrisa.

A mis tías (os) y primos (as)

Por brindarme apoyo incondicional en los momentos más difíciles y felices de mi vida, sobre todo por sus consejos para no desistir y lograr terminar mi carrera.

A mis amigos

Adilene, Estela, Alejandro, Evelio, Esteban, Oziel, Osiris, Gonzalo, Alma, Elieter, Joaquín, Eduardo y Román, por los buenos momentos que compartimos, por el apoyo y cariño, pero sobre todo por su valiosa amistad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios,

Por permitirme lograr un éxito más en mi vida, por darme la fuerza para lograr mis sueños, y la fe de seguir adelante.

A la Universidad del Papaloapan,

Por la preparación y educación integral, por todo su apoyo durante mi estancia, y por permitirme ser parte de esta gran institución.

A mi directora de tesis,

Dra. Cynthia Magaly Antonio Cisneros por la paciencia, dedicación y comprensión brindados en el desarrollo de este proyecto, aportando sus conocimientos y sabios consejos.

A mis revisores,

Dr. Sergio Ramírez Ordoñez, M.C. Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez, M.C. Tania Zúñiga Pérez y M.C. Martha E. Aguilera Morales por su apoyo y colaboración en la revisión, y al *Dr. Juan Manuel Pérez Abarca* por su apoyo en el análisis estadístico.

Al titular del rancho “Paso Armadillo”,

Sr. Gabriel Cué Sacre, por las facilidades brindadas para la realización de esta tesis.

ÍNDICE	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos particulares	3
3. HIPÓTESIS	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Producción de leche de bovino en México	5
4.2. Leche y composición química	6
4.3. Anatomía de la glándula mamaria	7
4.4. Mecanismos de síntesis y secreción de la leche	8
4.4.1. Lactogénesis	8
4.4.2. Lactopoyesis	9
4.4.3. Expulsión de la leche	9
4.5. Ordeño	11
4.5.1. Ordeño mecánico	11
4.6. Buenas prácticas pecuarias de ordeño (BPO) y procedimientos operativos estandarizados de Sanitización (POES)	15

4.7. Análisis de riesgos y puntos críticos de control (ARPCC)	18
4.7.1. Identificación de riesgos	20
4.7.2. Puntos críticos de control	21
4.7.3. Límites de control	21
4.7.4. Monitoreo	21
4.7.5. Acciones correctivas	22
4.7.6. Verificación	22
4.7.7. Documentación	23
5. MATERIALES Y MÉTODOS	24
5.1. Localización del área de estudio	24
5.1.1. Animales y área de estudio	24
5.2. Metodología	25
5.2.1. Etapa 1: Pre-requisitos	26
5.2.1.1. Descripción de la unidad de producción	26
5.2.1.2. Diagrama de flujo operacional del proceso de ordeño de la unidad de producción	26
5.2.2. Etapa 2: Conducción de los principios del ARPCC	26
5.2.2.1. Identificación de riesgos (Principio 1)	26
5.2.2.2. Identificación de puntos críticos (Principio 2)	27
5.2.2.3. Identificación de los límites de proceso	29
5.2.3. Etapa 3: Identificación cualitativa de los límites de control	29
5.2.3.1. Observación de la aplicación de los límites de proceso de cada PCC	29

5.2.3.2. Asignación de los límites de control (Principio 3)	29
5.3. Análisis estadístico	30
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
6.1. Etapa 1: Pre-requisitos	31
6.1.1. Descripción de la unidad de producción	31
6.1.2. Diagrama de flujo operacional del proceso de ordeño de la unidad de producción	32
6.2. Etapa 2: Conducción de los principios del ARPCC	37
6.2.1. Riesgos identificados (Principio 1)	37
6.2.2. Puntos críticos de control (Principio 2)	39
6.2.3. Límites del proceso de ordeño	40
6.3 Etapa 3: Identificación cualitativa de los límites de control	42
6.3.1. Observación de la aplicación de los límites de control de cada PCC	42
6.3.2. Asignación de los límites de control (Principio 3)	45
6.4. Análisis estadístico	47
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
7.1. Conclusiones	48
7.2. Recomendaciones	50
8. LITERATURA CITADA	51
9. APÉNDICES	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Características técnicas de las salas de ordeño	13
2	Riesgos identificados en el diagrama de flujo operacional del proceso de ordeño de la unidad de producción	38
3	Puntos críticos de control identificados en los riesgos	39
4	Límites del proceso y límites de control para la unidad de producción	41
5	Número de observaciones de aplicación de las etapas identificadas con riesgos	44
6	Aceptación o rechazo de la hipótesis planteada	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Principales estados de la República Mexicana productores de leche de bovino	5
2	Estructura interna de la glándula mamaria	8
3	Unidad de ordeño y partes que la integran	11
4	Metodología empleada en la identificación de riesgos y puntos críticos de control en el ordeño mecánico de una unidad productiva de la cuenca del Papaloapan	25
5	Diagrama de flujo para la identificación de puntos críticos	28
6	Esquema completo del proceso de ordeño	31
7	Diagrama de flujo operacional del proceso de ordeño de la unidad de producción	34
8	Diagrama de flujo para la identificación de riesgos en un proceso de ordeño	37
9	Porcentajes de frecuencia general	45

ABREVIATURAS

ACTH	Hormona Estimulante de la Corteza Adrenal
ARPC	Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control
ASERCA	Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria
ASME	American Society of Mechanical Engineers
BPH	Buenas Prácticas de Higiene
BPO	Buenas Prácticas de Ordeño
BPP	Buenas Prácticas Pecuarias
CC	Condición Corporal
COFOCALEC	Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados, A.C.
FDA	Food and Drug Administration
GH	Hormona del Crecimiento
GM	Glándula Mamaria
GP	Glándula Pituitaria
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
NOM	Normas Oficiales Mexicanas
NP	No Practicado
OEIDRUS	Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable
OT	Oxitocina
P	Practicado
PCC	Puntos Críticos de Control
POES	Procedimientos Operativos Estandarizados de Sanitización
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SIAP	Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera
T3	Triyodotironina
T4	Tiroxina

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en una unidad de producción de la cuenca del Papaloapan en temporada de sequía con el propósito de identificar los riesgos, puntos críticos y límites de proceso para posteriormente recomendar los límites de control, asociados al proceso de ordeño mecánico vespertino bajo el esquema de los tres primeros principios del ARPCC (análisis de riesgos, puntos críticos de control y límites de control). La metodología se dividió en tres etapas, en la primera se realizó la descripción de la unidad de producción y el diagrama de flujo operacional del proceso de ordeño, en la segunda, se identificaron los riesgos mediante un diagrama de flujo propuesto en este trabajo de tesis, la identificación de puntos críticos y de los límites del proceso, y en la tercera etapa se realizó la observación de la aplicación de los límites de proceso de cada PCC y se asignaron los límites de control. Los resultados mostraron que, el proceso de ordeño puede ser descrito en 12 etapas de las cuales sólo en seis pueden presentarse riesgos físicos, químicos y biológicos. Los puntos críticos: despunte y sellado de la ubre fueron las actividades menos realizadas durante la observación de la aplicación de los límites de proceso de cada PCC del trabajo. De acuerdo al análisis estadístico se concluye que en tres de las etapas (7, 8 y 9) por lo menos en la mitad de los casos, la actividad fue practicada. Por otra parte, se concluye que es posible emplear la información generada para desarrollar el análisis cuantitativo de los agentes biológicos responsables de la contaminación de la leche y con ello tomar decisiones que garanticen la inocuidad de la leche y su empleo en la elaboración de productos lácteos.

Palabras clave: ARPCC, control, despunte, leche, ordeño, riesgos, sellado.

ABSTRACT

This work was performed in a production unit of region of Papaloapan in dry season in order to identify risks and critical points associated with the afternoon milking process under the scheme of a hazard analysis and critical control points (HACCP). The methodology is divided into three stages, in the first case stage were obtained, the description of the production unit and the operational diagram of the milking process, in the second, were identified the risks identified using a diagram proposed in this thesis, as the identification of critical points and process limits, finally in the third stage was carried out observing the application process limits each PCC and assigned control limits according vident normative. The results showed that, the milking process can be described in 12 stages of which can occur only in six stages physical, chemical and biological risks. Critical points: emergence and udder sealing least activities were performed during the observation of the application of processing limits each work PCC. According to the statistical analysis it is concluded that in three stages (7, 8 and 9) about 12 of the cases if performed. We conclude that it is possible to use the information generated in this study, to develop quantitative analysis of biological agents responsible for the contamination of milk and thus make decisions that ensure the safety of milk and its use in the dairy processing.

Keywords: HACCP, milk, milking, risk, sealed, tipping.

1. INTRODUCCIÓN

Una herramienta que ayuda a disminuir la contaminación de los alimentos es el Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (ARPCC o HACCP, por sus siglas en inglés). El ARPCC se define como una serie de pasos sistemáticos que permiten identificar peligros y proponer medidas para su control con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos (FAO, 1997; Codex Alimentarius, 1999; Antonio, 2008). Una de las ventajas más importantes que ofrece este sistema es la prevención de enfermedades toxi-infecciosas que se originan por el consumo de alimentos contaminados (Antonio, 2008).

El ARPCC, se conforma primeramente por los pre-requisitos, los cuales son las buenas prácticas pecuarias (BPP) y los procedimientos de operación estandarizados de Sanitización (POES), ambos aumentan la exigencia de la industria sobre los productores y facilitan la adopción de sistemas de identificación y trazabilidad de los animales como instrumentos para el control, la prevención y la erradicación de enfermedades animales, y la mejora de la inocuidad de los alimentos (Suárez *et al.*, 2007).

El ARPCC consta de siete principios los cuales son: identificación de los riesgos, identificación de puntos críticos de control, identificación de los límites de control, monitoreo, acciones correctivas, verificación y documentación. En este sentido, Cerf y Donnat (2011) reportan que la identificación de riesgos es el principio más importante y completamente aplicable a producción primaria ya que su conducción de manera horizontal con BPP minimiza los riesgos transmitidos de una etapa a otra y por lo tanto la incidencia de éstos en procesos de obtención de leche.

La leche obtenida en las unidades de producción ubicadas en el sureste mexicano (región del Papaloapan), se caracteriza por tener una calidad baja debido a un manejo deficiente del ganado, fallas en el proceso de ordeño y almacenamiento y transporte de la leche. Lo anterior ha propiciado que los productores tengan que enfrentar problemas como el incremento de los casos de mastitis en los animales y el rechazo de la leche en los centros de acopio por cambios en las características químicas de la leche, por lo que se puede aplicar el ARPCC con el propósito de minimizar los riesgos asociados con la falta de higiene en la obtención de la leche, identificando el problema en el área específica.

La unidad de producción “Paso Armadillo” es una de las afectadas, se encuentra ubicada en la región media baja del Papaloapan, produce cerca de 700 L de leche por semana empleando el proceso de ordeño mecánico en sala tipo Tándem. Dicha unidad comercializa la leche obtenida a la empresa Nestlé, sin embargo, en algunas ocasiones se ha rechazado el producto por presentar contaminación. Con base a lo anterior se plantearon las siguientes preguntas ¿Qué técnica permite identificar los riesgos asociados con la contaminación de la leche?, ¿Cómo se pueden identificar los puntos críticos en cada una de las etapas del proceso de ordeño mecánico? Y ¿Cuáles son los límites operativos para controlar los puntos críticos identificados? Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue identificar los riesgos y puntos críticos que afectan directamente la inocuidad de la leche obtenida mediante ordeño mecánico en una unidad de producción ubicada en San Juan Bautista, Tuxtepec, Oaxaca.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Identificar los riesgos y puntos críticos en el proceso de ordeño mecánico de una unidad productiva de la cuenca del Papaloapan.

2.2. Objetivos particulares

1. Describir las actividades del proceso de ordeño mecánico.
2. Diseñar del diagrama de flujo operacional del proceso de ordeño de la unidad de producción.
3. Identificar el tipo de riesgo relacionado con la obtención de leche.
4. Identificar los puntos críticos asociados al proceso de obtención de leche.
5. Identificar los límites del proceso y de control en el proceso de ordeño.

3. HIPÓTESIS

Los puntos críticos de un proceso de ordeño mecánico en una unidad productiva de la cuenca del Papaloapan pueden ser identificados mediante la metodología de un análisis de riesgos, bajo la siguiente secuencia: descripción de la unidad de producción, identificación de puntos críticos, asignación de límites de proceso y de control.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Producción de leche de bovino en México

Una de las ramas de la ganadería de mayor relevancia a nivel nacional es la producción de leche de bovino. A pesar de que se ha desarrollado de manera heterogénea hay unidades productivas que cuentan con tecnología avanzada en el equipo de ordeño, manejo sanitario, reproductivo, genético, alimentario, y trabajadores altamente capacitados (Castro *et al.*, 2001).

De acuerdo con la SAGARPA (2009) los cinco estados de la República Mexicana que produjeron cerca del 56% de leche fueron Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato y Jalisco (Figura 1), en donde la región de La Laguna (Coahuila y Durango), primer centro ganadero de importancia, produjo cerca de 2 millones de L de leche (OIEDRUS, 2012).

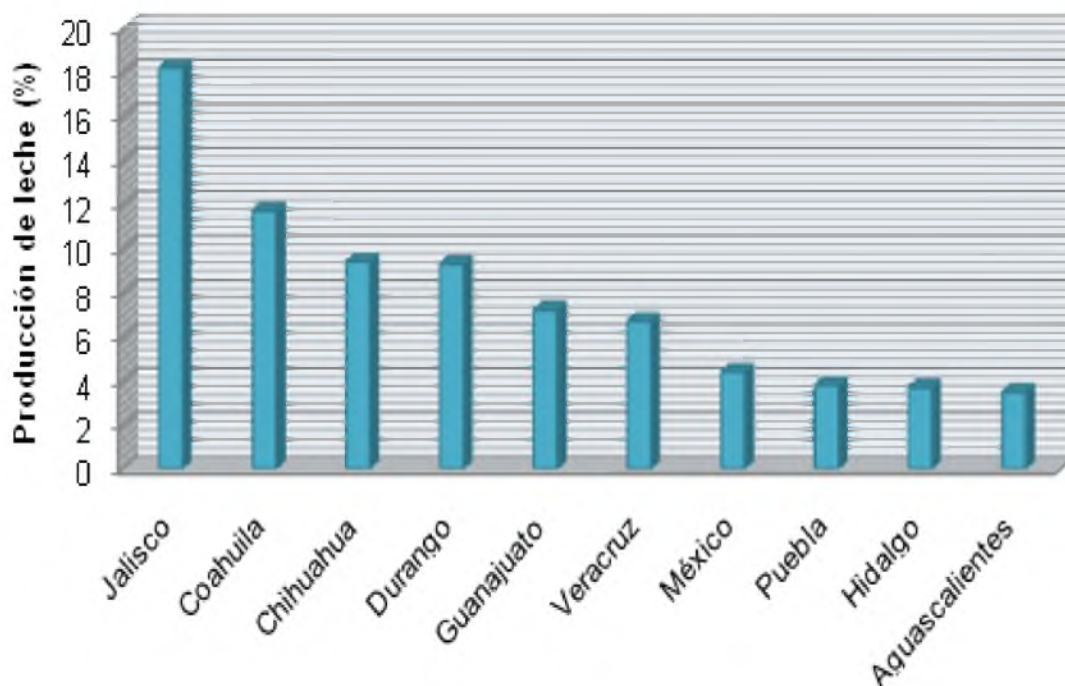


Figura 1. Principales estados de la República Mexicana productores de leche de bovino.

Fuente: OIEDRUS, 2012

Según los datos generados a partir del último censo agropecuario por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2007), 54% de la producción de leche nacional, proviene de ganado especializado ubicado en Jalisco con 18.8%, región Lagunera con 19.2%, Chihuahua con 9.3% y Veracruz con 6.9%. Mientras que el 44% de ganado de doble propósito se encuentra ubicado en Veracruz con 15%, Jalisco con 10%, Sinaloa con 8%, Sonora con 6% y Chiapas con 5.5% (ASERCA, 2010).

A pesar de que el estado de Oaxaca ocupa el decimo sexto lugar nacional como productor de leche aportando el 1.4% del total; en el 2011 se produjeron 147, 933 L. Tomando como base esta producción, el distrito de San Juan Bautista Tuxtepec registró una producción del 17 %, es decir cerca de 25,000 L anuales lo cual indica que dentro de la región del Papaloapan existe una producción de leche considerable (SIAP, 2011).

4.2. La Leche y composición química

De acuerdo a la norma general para el uso de términos lecheros del Codex Alimentarius (1999), la leche es la secreción mamaria de animales lecheros obtenida a partir de uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o elaboración posterior. El producto debe excluirse obtenido cinco días posteriores al parto y quince días antes del mismo (Hernández *et al.*, 2008).

La presencia de nutrientes en la leche depende de la etapa fisiológica en la que se encuentre la vaca por ejemplo, la leche secretada inmediatamente después del parto se denomina calostro. El primer calostro contiene el doble de

extracto seco (grasa, proteína, sustancias minerales y compuestos minoritarios) que la leche madura (Santos, 2003). Los componentes químicos de la leche de vaca se encuentran distribuidos heterogéneamente en el componente mayoritario que representa cerca del 80%, de agua, 46% de lactosa, 36% de lípidos, 32% de sustancias nitrogenadas y 7.% de sustancias minerales (Schlimme *et al.*, 2002; Agudelo y Bedoya, 2005). A éstos se añaden otros componentes numerosos, presentes en cantidades mínimas: lecitinas, vitaminas, enzimas, nucleótidos, gases disueltos, algunos de los cuales tienen una gran importancia debido a su actividad biológica (Alais, 2003).

4.3. Anatomía de la glándula mamaria

La ubre representa un conjunto de cuatro glándulas de origen dérmico, considerada como una glándula sudorípara modificada y cubierta externamente por una piel suave al tacto. Su apariencia es sacular redondeada, uniéndose a la pared abdominal por medio del aparato suspensorio, separadas por membranas específicas que dividen las glándulas anteriores de las posteriores; cada glándula contiene su propio conjunto de ductos que conducen la leche hasta el seno lactífero glandular. La glándula mamaria comprende las siguientes estructuras anatómicas: una estructura externa formada por un aparato suspensorio y una estructura interna (Ávila y Gutiérrez, 2010). La estructura interna consta de un estroma (armazón del tejido conectivo) y un parénquima (parte epitelial y secretora) que generalmente cuando está en reposo tiene una coloración gris amarillenta o ámbar y cuando está en producción tiene una coloración rosa pálido, además de los conductos, vasos y

nervios (Gasque, 2008; Spreer, 1991). La Figura 2, muestra la estructura interna de la glándula mamaria.

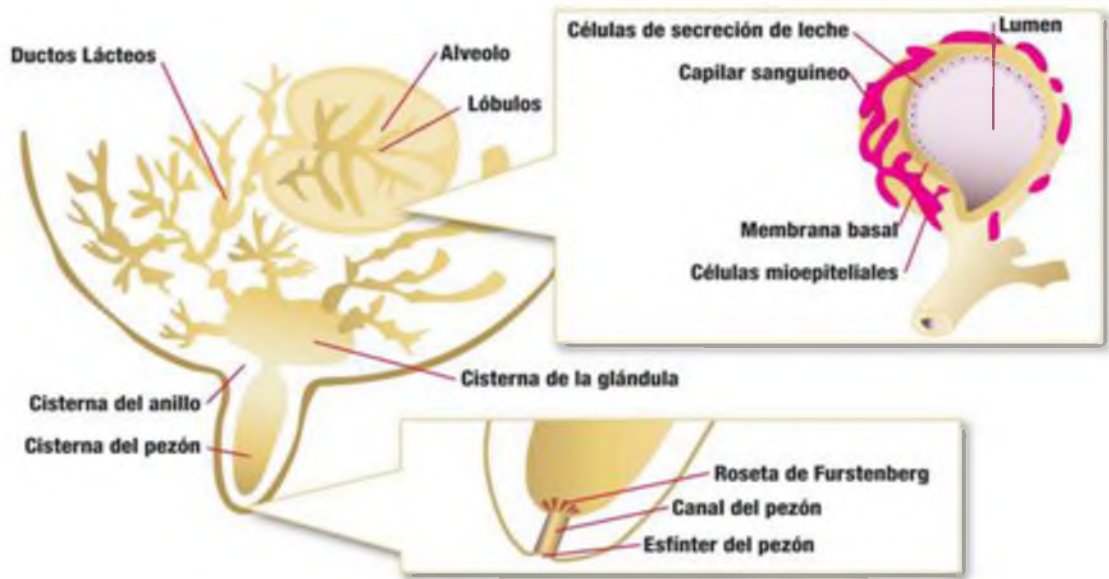


Figura 2. Estructura interna de la glándula mamaria.
Fuente: DeLaval, 2009.

4.4. Mecanismos de síntesis y secreción de la leche

Para que inicie la secreción de la leche es necesario un equilibrio hormonal específico. Para una mejor explicación, este apartado se dividió en tres secciones: lactogénesis, lactopoyésis y expulsión de la leche (Blanco *et al.*, 2002).

4.4.1. Lactogénesis. Es la diferenciación por medio de la cual las células alveolares mamarias adquieren la capacidad de secretar la leche; por conveniencia se define como un proceso de dos estadios. El primer estadio consiste en la diferenciación enzimática y citológica parcial de las células

alveolares y coincide con la secreción limitada de la leche antes del parto. El segundo estadio comienza con la secreción copiosa de todos los componentes de la leche poco tiempo antes del parto y continúa varios días después del mismo en la mayoría de las especies. Las dos teorías principales que explican este fenómeno son: 1) que aumenta el estímulo producido por las hormonas lactogénicas, en especial prolactina (PRL) y glucocorticoides y 2) que la secreción láctea se libera de la acción inhibitoria de la progesterona (Blanco *et al.*, 2002). La producción de leche es controlada por las hormonas lactogénicas, PRL y hormona de crecimiento (GH) (Glauber, 2007).

4.4.2. Lactopoyesis. En esta etapa se conservan el número de células alveolares, la actividad de síntesis por célula y la eficiencia del reflejo de expulsión de leche. Existe un aumento notable de la producción de leche, la cual alcanza su pico máximo 2 a 8 semanas después del parto y disminuye de manera gradual. La disminución de la producción se debe a que el grado de pérdida de células mamarias excede el grado de división celular. Esta pérdida de células secretoras disminuye la producción de leche al avanzar la lactación (Blanco *et al.*, 2002).

4.4.3. Expulsión de la leche. La secreción de la leche es el resultado de una combinación de procesos de síntesis y filtración realizados por las células alveolares. Las células mioepiteliales están cubriendo inmediatamente cada alveolo y las células del músculo liso que rodean los pequeños ductos, corren en la misma dirección y dan ciertas contracciones en los ductos cortos, lo cual

van aumentando el diámetro de los ductos hacia el lumen, lo que permite aumentar el flujo de la leche (Blanco *et al.*, 2002).

La ausencia de las hormonas de las glándulas adrenales (cortisol), tiroideas (T3 y T4) y pituitaria (prolactina), inhiben o detienen la lactación, también son necesarias la GH, lactógeno placentario, estrógenos y progesterona (Ávila y Gutiérrez., 2010). Cuando la secreción de la leche ha seguido por un largo periodo después de un ordeño, los alveolos, los conductos y la cisterna de la glándula y el pezón están llenos de leche. El estímulo de las terminaciones de los nervios de los pezones, que son sensibles al tacto, presión y calor, activa ciertos mecanismos de la glándula pituitaria (GP) que hacen que se libere la oxitocina (OT) del lóbulo posterior, ésta hormona es llevada por la sangre hasta la glándula mamaria, donde actúa sobre las pequeñas células mioepiteliales que rodean al alveolo, haciendo que se contraigan, la presión creada de este modo, obliga a la leche a salir del alveolo y de los conductos pequeños. La hormona epinefrina, que se secreta de las glándulas adrenales, cuando el animal se irrita o se asusta, bloquea parcial o totalmente el mecanismo de liberación de la leche (Ávila y Gutiérrez., 2010).

Además de las hormonas que participan en la expulsión de la leche, el mantenimiento de la secreción láctea también depende del estímulo del ordeño en donde participan la secreción de prolactina, ACTH y OT. Además, en el proceso de ordeño, la leche es extraída de la glándula mamaria, lo que es requerido para que se realice la síntesis posterior de la leche (Ávila y Gutiérrez., 2010).

4.5. Ordeño

La extracción de la leche de la glándula mamaria se hace en dos formas básicas: la natural, que es realizada por el becerro y la artificial, que es realizada por el hombre, ya sea en forma manual o en forma mecánica (Ávila y Gutiérrez., 2010).

4.5.1. Ordeño mecánico. Es la extracción de leche de la ubre por medio de máquinas que funcionan simulando la acción del becerro. La presión negativa que se ejerce sobre el pezón varía de entre los 250 y los 400 mm Hg (Ávila y Gutiérrez., 2010). La parte que se pone en contacto con el pezón de la vaca es una vaina de goma llamada pezonera, la cual está incluida en un casco metálico o de acrílico llamado concha. La pezonera se abre y cierra a consecuencia de la acción del pulsador (Figura 3). El propósito del pulsador es provocar, en forma intermitente vacío parcial y presión atmosférica al espacio entre las pezoneras y la concha. La bomba utilizada en el ordeño mecánico debe proporcionar un flujo de 170-280 L/min de acuerdo a la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME).

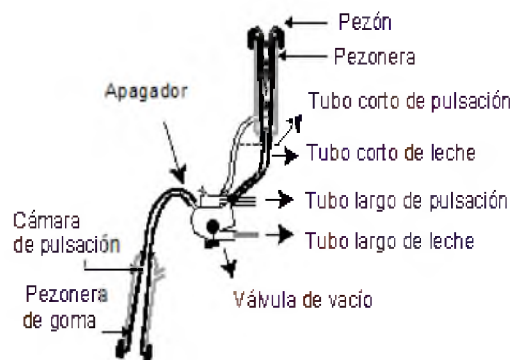


Figura 3. Unidad de ordeño y partes que la integran.

La sala de ordeño juega un papel fundamental en el proceso de obtención de la leche pues debe ser una parte armónica con el sistema general de producción de una explotación. Cuando el ganado está al libre pastoreo es imprescindible disponer de un área independiente para realizar el ordeño: La sala de ordeño; donde se sitúa el tanque de refrigeración y una sala de máquinas permite delimitar claramente la zona de alimentación, alojamiento entre otras y con ello se puede conseguir una mayor higiene y limpieza en la operación del ordeño y conservación de la leche (Callejo, 2010).

Los sistemas de ordeño pueden clasificarse por su mejor adecuación a algunos factores tales como el número de vacas en producción, sistema de alimentación, ergonomía y seguridad, si se piensa que a largo plazo la explotación crecerá, entre otros (Callejo, 2010). En general el criterio de elección de la sala tiene que ver con aspectos técnicos y económicos pero también con aspectos comerciales y comodidad.

En el Cuadro 1 se describen los tipos de salas en donde se observan ventajas y desventajas de cada una de ellas (Callejo, 2010). La sala tipo espina de pescado es la más utilizada en las grandes producciones de leche debido a que permite ordeñar un gran número de vacas por hora y el manejo no es muy complejo, pero el acceso a la ubre no permite un manejo fácil para el ordeñador. La sala tipo Tándem, en las unidades de ordeño se encuentran acomodadas lateralmente, por lo general 4 y 4 a cada lado, y permite una postura cómoda para el ordeñador y un fácil manejo de la ubre, es por ello que es de las salas más utilizadas en las producciones lecheras medianas.

Cuadro 1. Características técnicas de las salas de ordeño.

Tipo de sala	Ventajas	Desventajas
Paralelo clásico	<ul style="list-style-type: none">• Postura cómoda para el ordeñador.• Rendimiento de ordeño: 30-60 vacas/h/hombre.• Salida rápida de las vacas.• Manejo individual hacia el animal.	<ul style="list-style-type: none">• Superficie necesaria en la sala 11 m y fosa de 2 m.
Tándem	<ul style="list-style-type: none">• Postura cómoda para el ordeñador• Acceso a toda la ubre.• Manejo individual del animal.• Rendimiento de ordeño: 50-80 vacas/h/hombre.	<ul style="list-style-type: none">• Superficie necesaria en la sala mayor a la sala en paralelo.• Distancia largas de recorrido en fosa.• Sistema de cierre y apertura de puertas complicado.• Mayor inversión económica.
Espina de pescado	<ul style="list-style-type: none">• Postura cómoda para el ordeñador• Acceso total a la ubre• Rendimiento de ordeño: 100 vacas/h/hombre• Posibilidad de ampliación• Sistema sencillo de puertas	<ul style="list-style-type: none">• No hay posibilidad de manejo individual del ganado.• Acceso lateral a la ubre.
Rotativas	<ul style="list-style-type: none">• Ordeño continuo• El ordeñador permanece fijo.• Las vacas se desplazan en plataformas.• Optimización de la mano de obra• Rendimiento de ordeño elevado.• Ergonomía del trabajo de ordeño.	<ul style="list-style-type: none">• Inversión económica elevada.

Fuente: Callejo, 2010.

Desde el punto de vista sanitario, la forma de ordeñar el ganado representa un papel importante en el estado de salud de las ubres y en la calidad de la leche que se produce. Existe una gran cantidad de reportes científicos en relación con este tema, por ejemplo, Ávila *et al.* (2002) evaluaron la calidad sanitaria de la leche en tanques de almacenamiento obtenida por el

método manual y mecánico, estableciendo como primer paso un desarrollo adecuado de las prácticas de ordeño en ambos grupos, el estudio se realizó durante cinco semanas con 35 vacas de diferentes grupos genéticos, en un sistema semi-estabulado en la unidad de producción de doble propósito, en sus resultados obtuvieron que la leche en tanque, obtenida por ordeño mecánico obtuvo 1.4 veces más de ufc/ml de mesófilos aerobios que la correspondiente al ordeño manual.

De acuerdo a los resultados obtenidos por Cepero *et al.* (2005) se evidenció que la bacteria *Staphylococcus aureus* fue el microorganismo de mayor incidencia en las superficies investigadas, así como en el agua utilizada, ya que el conteo de mesófilos viables y coliformes fue alto. Los autores comprobaron que existen violaciones de las normas establecidas en España, además resaltan que el despunte de la ubre se realiza conjuntamente con el lavado y a veces después del mismo, el masaje de la glándula mamaria es insuficiente así como la desinfección final.

En otro caso, se identificaron los agentes bacterianos y se determinó el conteo de células somáticas en la leche de 160 cuartos de 40 bovinos mestizos doble propósito; 20 ordeñados en forma manual y 20 en forma mecánica. En este trabajo se concluyó que la leche obtenida de animales ordeñados mecánicamente predomina la presencia de patógenos mayores que provocan la inflamación de la glándula mamaria reflejada en un elevado conteo de células somáticas (Faría *et al.*, 2005).

De acuerdo a lo reportado por Fernández *et al.* (2008) y Chacón y Padilla (2005) el problema de mastitis puede controlarse utilizando un sellador de

barrera, después del ordeño. En este trabajo se observó que el sellador de barrera disminuyó en un 66% las infecciones recurrentes causadas por bacterias y en un 100 % causadas por coliformes fecales, mientras que el yodo convencional es 2.33 veces menos efectivo para el control de mastitis lo que puede provocar un 48% más de pérdidas en producción que el compuesto de yodo-povidona (Chacón y Padilla, 2005).

Por otro lado, es evidente que la exposición de la leche a factores diversos compromete su integridad, por lo tanto se han encaminado esfuerzos por minimizar las posibles causas de contaminación en ella. Por ejemplo, la SAGARPA (2009), promueve en su manual de buenas prácticas pecuarias (BPP) como el objetivo principal, la obtención de un producto de calidad nutricional que garantice la rentabilidad y la oferta de productos inocuos para el consumidor. Por su parte la Ley Federal de Sanidad Animal (2012) establece las disposiciones aplicables al cumplimiento de las BPP en los siguientes sectores: a) mejoramiento genético, b) alimentación, c) sanidad, d) manejo, e) infraestructura productiva y servicios, f) redes de acopio, g) normatividad.

4.6. Buenas prácticas pecuarias de ordeño (BPO) y procedimientos operativos estandarizados de Sanitización (POES)

Las buenas prácticas pecuarias (BPP) son un conjunto de procedimientos, actividades, condiciones y controles que se aplican en las unidades de producción y procesamiento primario, con el objeto de disminuir los peligros asociados a agentes físicos, químicos y biológicos. COFOCALEC (2010) las define como, buenas prácticas de producción en explotaciones

lecheras que permiten que la leche sea producida por animales sanos y bajo condiciones generalmente aceptadas. Y los procedimientos operativos estandarizados de sanitización (POES), son medidas que implican una serie de actividades documentadas de limpieza y sanitización que se realizan en las instalaciones, equipos y utensilios antes, durante y después del proceso productivo (SAGARPA, 2009).

Se ha comprobado que una protección y un mantenimiento inadecuados de los locales donde se alojan y ordeñan las vacas productoras de leche son factores que contribuyen a la contaminación de la leche. Las instalaciones para el alojamiento de los animales deben estar limpias, secas y satisfacer el bienestar y salud de los animales. De acuerdo al manual de BPP editado por SAGARPA (2009), se sugieren las siguiente secuencias de prácticas: i) En la preparación de la ubre: aplicación de pre-sellado, manipulación del pezón y despunte; ii) colocación de la unidad de ordeño: el pezón debe de estar seco, limpio y desinfectado; iii) ordeño: observar que el caudal de leche que se recibe en el colector sea suficiente y evitar caída en las unidades de ordeño durante esta acción; iv) retirado de la unidad de ordeño: observar el colector y cuando el flujo disminuya, cortar el vacío de la unidad y esperar un par de segundos y retirar la unidad de ordeño, nunca jalarla; y v) sellado: aplicar una solución desinfectante y de protección y realizarlo por inmersión en la solución desinfectante, cubriendo toda la superficie del pezón.

Por otro lado Ruegg *et al.* (2000), mencionan siete hábitos para la rutina de ordeño, dentro de los cuales está mantener a las vacas tranquilas y limpias antes del ordeño para disminuir la ocurrencia de infecciones intramamarias. En

ese mismo contexto, Magariños (2000), indica que la leche constituye un excelente medio de cultivo para bacterias mesófilas como las patógenas, cuya multiplicación depende principalmente de la temperatura y de la presencia de otros microorganismos competitivos o de sus metabolitos. Estos factores negativos pueden evitarse con la aplicación de BPP. Es importante tener presente que la calidad de la leche, debe entenderse bajo tres aspectos fundamentales: tecnológico, económico y sanitario. Si se pretende obtener leche de buena calidad, la atención debe centrarse en los procesos de producción y mantener las vacas con una adecuada sanidad, especialmente en lo que a mastitis se refiere. El origen de la contaminación microbiana de la leche puede provenir tanto de la ubre como del medio ambiente y equipo de ordeño (Magariños, 2000). Posteriormente, Ruegg (2003), concluyó que el control de la mastitis y la producción de leche de alta calidad dependen del mantenimiento de estándares excelentes de higiene, y que en los sistemas actuales de producción se han creado nuevos desafíos para el mantenimiento de la higiene en las instalaciones, enfatizando el monitoreo en la higiene de las instalaciones para minimizar el desarrollo de la mastitis ambiental.

Evidentemente, el no cumplimentar adecuadamente los procedimientos operativos estandarizados de sanitización (POES) y la falta de buenas prácticas pecuarias (BPP) e higiene (BPH) son aspectos que limitan la implementación del concepto ARPCC como mecanismo de disminución de la incidencia de enfermedades microbianas transmitidas por alimentos y constituyen un freno para que este se utilice en las explotaciones como sistema de garantía de calidad (Suárez *et al.*, 2007).

Finalmente, Cerf y Donnat (2011), reportan que la seguridad alimentaria se obtiene a través de la cuidadosa aplicación de las Buenas Prácticas de Higiene (BPH) en los sistemas de producción para que los productores sean capaces de detectar y controlar posibles transferencias de riesgos en la producción.

De la misma manera Díaz (2012) concluyó en un estudio realizado en explotaciones lecheras de pequeña y mediana dimensión que, la seguridad alimentaria de la leche se garantiza mediante la aplicación de buenas prácticas pecuarias.

4.7. Análisis de riesgos y puntos críticos de control (ARPCC)

A casi 40 años de la implementación del ARPCC en la elaboración de la comida para los astronautas norteamericanos, el sistema se ha convertido en un requisito imprescindible para todos los que pretenden producir alimentos seguros. Ha contribuido a ello su inclusión en normativas internacionales y nacionales, la preocupación de las autoridades sanitarias en extender y fomentar su aplicación y el interés sostenido de la industria alimentaria por ponerlo en práctica (Silvestre, 2005).

Consiste en una aproximación sistemática para la prevención de riesgos (biológicos, químicos y físicos) asociados al consumo de alimentos. Inicia con la identificación de riesgos o peligros en cada etapa del proceso, y hace énfasis en las medidas preventivas, es decir control de puntos críticos (SAGARPA, 2009). De acuerdo a Hunter (2004), es un procedimiento eficiente que permite asegurar la calidad de elaboración en un producto.

Por otro lado, el sistema ARPCC, es un instrumento para evaluar los peligros y establecer sistemas de control que se centran en la prevención en lugar de basarse principalmente en el ensayo del producto final. Todo sistema de ARPCC es susceptible de cambios que pueden derivar de los avances en el diseño del equipo, los procedimientos de elaboración o el sector tecnológico (NOM-251-SSA, 2010).

La implementación de un análisis de riesgos ha tomado gran importancia en el sector alimentario, tecnológico y agropecuario, su aplicación se ha reportado en empacadoras de embutidos (Salgado *et al.*, 2006), rastros tipo inspección federal (TIF) (Maldonado *et al.*, 2005), alimentación animal (Tejedor, 2006), producción de huevo (Pérez *et al.*, 2006), rastros de ganado porcino (Suasnavas *et al.*, 2007), pollo enlatado (Ramírez, 2007), buenas prácticas agrícolas (Gutiérrez *et al.*, 2009), ensilaje para peces (Llanes *et al.*, 2010) y ordeño manual (Posada *et al.*, 2010).

En otros trabajos se ha reportado que el análisis de riesgos debe llevarse a cabo con un buen programa de pre-requisitos además de las BPP para asegurar el éxito del mismo (Wallace y Williams, 2001). No obstante, Cerf y Donnat (2011) sugieren que el análisis de riesgos no es completamente aplicable en producción primaria, sin embargo, la seguridad alimentaria se obtiene mediante la aplicación cuidadosa de prácticas correctas de higiene en la unidad de producción. Los peligros de una actividad pueden ser transferidos a otra actividad, como una reacción en cadena, lo cual representaría un error considerarla como una actividad independiente. En ese trabajo (Cerf y Donnat, 2011) se aconseja un análisis horizontal con las BPP y hacer las siguientes

modificaciones: enumerar los peligros potenciales transferidos de una actividad a otra, conducir un análisis de riesgos, realizar acciones correctivas para controlar el peligro. Se propone un estudio en dos etapas: en la primera parte el propósito es analizar la desviación de las BPP y en la segunda se identifica la interacción entre actividades no específicas. La investigación realizada por Cerf y Donnat (2011) representa el trabajo más relevante relacionado con este tema.

Además, Arce *et al.* (2010) mencionan que los peligros biológicos pueden presentarse en cualquier etapa de la cadena alimentaria como consecuencia de errores en los procedimientos de manipulación o de procesado. La detección de dichos errores, su rápida corrección y su prevención en el futuro son el principal objetivo de cualquier sistema de aseguramiento de la calidad, y que el sistema ARPC se reconoce internacionalmente como el mejor método para garantizar la seguridad de los productos y para controlar los riesgos originados por los alimentos.

La aplicación de un análisis de riesgos en la industria alimentaria, se basa en 7 principios: 1) identificación de riesgos, 2) identificación de puntos críticos, 3) asignación de límites de control, 4) monitoreo, 5) acciones correctivas, 6) verificación, y 7) Documentación (Antonio, 2008 y NOM-251-SSA, 2009).

4.7.1. Identificación de riesgos. El propósito de este principio es identificar aquellos riesgos físicos, químicos y biológicos, con una probabilidad elevada de manifestarse y cuya falta de control puede ocasionar daño severo al consumirlo, por tal motivo este principio consiste en desarrollar una lista de los

peligros que resultan de tal importancia porque causan una lesión o enfermedad, al no controlarse efectivamente. Al realizar un análisis de riesgos (ARCP), los problemas de seguridad debe ser diferenciados de los problemas de calidad (FDA, 2011).

4.7.2. Puntos críticos de control (PCC). Es cualquier etapa en el proceso de elaboración del alimento que pueda ser controlada y cuyo control es esencial para prevenir, eliminar o reducir hasta niveles aceptables el riesgo identificado en la etapa anterior (sección 4.7.1.).

4.7.3. Límites de control. Es el valor mínimo y/o máximo que debe presentar un parámetro de riesgo, ya sea físico, químico o biológico, en un punto crítico. Se establece para eliminar o reducir a un nivel aceptable la probabilidad de que se manifieste un peligro sanitario dentro del alimento. Todos estos parámetros deben derivar de fuentes confiables y vigentes de acuerdo a lo establecido en cada país (Antonio, 2008). Los límites críticos pueden basarse en factores tales como: temperatura, tiempo, dimensiones físicas, humedad, nivel de humedad, actividad de agua (aw), pH, acidez titulable, concentración de sal, cloro disponible, viscosidad o la información sensorial, tales como aroma y apariencia visual. Los límites críticos deben tener una base científica (FDA, 2011).

4.7.4. Monitoreo. Este principio persigue tres propósitos: el primero es proveer del elemento esencial en el proceso de administración para la

seguridad sanitaria, el segundo es detectar la pérdida de control o la desviación del punto crítico y por lo tanto realizar una medida correctiva, y el tercero, proveer de información escrita que facilite el proceso de verificación. Ya que el monitoreo es una secuencia de observaciones y determinaciones que permiten mantener el control sobre el punto crítico (Antonio, 2008). Un alimento puede resultar peligroso si un proceso no se controla adecuadamente y se produce una desviación (FDA, 2011).

4.7.5. Acciones correctivas. El objetivo principal de las medidas correctivas es evitar que los alimentos de baja calidad sanitaria, lleguen a las manos de los consumidores. En este punto es necesario tomar acciones directas sobre el problema, cambiar parámetros de temperatura, tiempo y hasta capacitar correctamente al personal (Antonio, 2008). Por lo tanto, las acciones correctivas deben incluir los siguientes elementos: (a) determinar y corregir la causa de incumplimiento, (b) determinar la disposición de no conformidad del producto y (c) registrar las acciones correctivas que se han tomado (FDA, 2011).

4.7.6. Verificación. Son procedimientos de comprobación para determinar si el sistema ARPCC funciona eficazmente; podrán utilizarse métodos, procedimientos y ensayos de comprobación y verificación, incluidos el muestreo aleatorio y el análisis. La frecuencia de las comprobaciones deberá ser suficiente para confirmar que el sistema ARPCC está funcionando (Antonio, 2008). Un sistema eficaz de ARPCC requiere pocas pruebas de producto final,

ya que las garantías suficientes validadas están construidas al inicio del proceso. Por lo tanto, en lugar de depender de análisis del producto final, las empresas deben basarse en revisiones frecuentes de su plan de ARPCC (FDA, 2011).

4.7.7. Documentación. Es fundamental contar con un sistema de registro eficaz y preciso. Se deben documentar los procedimientos del sistema y el registro deberá ajustarse a la naturaleza y magnitud de la operación en cuestión (Antonio, 2008). Generalmente, los registros mantenidos por el sistema debe incluir el listado del equipo de ARPCC y responsabilidades asignadas, una descripción de los alimentos, su distribución, uso previsto, y consumidores, la verificación del diagrama de flujo, un resumen de la tabla de los riesgos, PCC, límites de control y verificación (FDA, 2011).

Cullor (2010), reporta que la FDA considera la posibilidad de fundamentar el programa de garantía y seguridad de los alimentos en los Estados Unidos, en el ARPCC. Esto ayudaría a disminuir los problemas de seguridad alimentaria, en ese país. Además, la implementación de los principios del análisis de riesgos, permite una mayor supervisión por parte de las dependencias gubernamentales a través de requisitos mínimos necesarios para los procedimientos operativos. La responsabilidad alimentaria, no es única del fabricante, en ella participan no solo el distribuidor de alimentos, también los responsables de obtener la materia prima, sin duda un primer paso para competir en el mercado mundial.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la unidad productiva denominada “Paso Armadillo” localizada en el ejido de San Bartolo, en el Municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, en las coordenadas 96° 7' Oeste, 18° 5' Norte, a una altitud de 20 msnm, el clima en el lugar es cálido húmedo con una temperatura media de 25°C. Dicho estudio se realizó durante el periodo de septiembre del 2011 al 2 de marzo de 2012.

5.1.1. Animales y área de estudio. Se trabajó con 100 vacas lecheras procedentes de las cruces entre Holstein y Gyr (Apéndice A), de las cuales 70 tenían becerro. Las crías se utilizaban como apoyo durante el ordeño para estimular la bajada de la leche, no obstante, en algunas ocasiones se utilizó 1 mL de oxitocina comercial con el mismo propósito. La condición corporal (CC) fue evaluada tomando como base a una escala que va de 1 al 5, con puntuaciones intermedias entre enteros (Edmonson *et al.*, 1989).

La unidad de producción cuenta con 350 hectáreas de las cuales se aprovechan cerca del 50% del total de manera integral, en actividades como la agricultura de maíz y limón, compra-venta de equinos, compra-venta de ganado de doble propósito y producción de leche para su venta al mayoreo.

El programa de pre-requisitos se estableció de acuerdo al Codex alimentarius (1999) y la FDA (2011), consistió en la creación de un equipo de trabajo y la identificación de las responsabilidades de cada miembro.

5.2. Metodología

La metodología empleada en esta tesis fue diseñada con el propósito de identificar los riesgos y puntos críticos de control en un proceso de ordeño mecánico de una unidad de producción primaria en el ordeño vespertino, de la cuenca del Papaloapan, dicha unidad de producción es la que presenta una mayor producción en la zona. Cabe mencionar que este trabajo es una investigación no experimental de tipo descriptivo, con un diseño transeccional descriptivo.

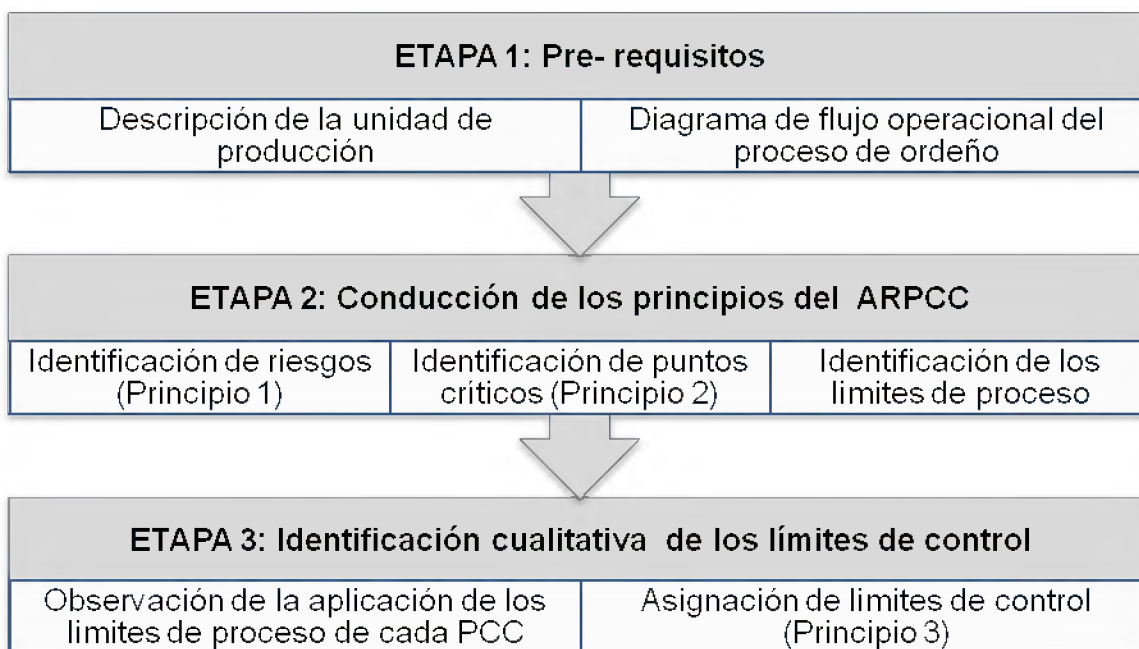


Figura 4. Metodología empleada en la identificación de riesgos y puntos críticos de control en un ordeño mecánico de una unidad productiva de la cuenca del Papaloapan.

La Figura 4 muestra la metodología empleada en el presente trabajo, la cual fue dividida en tres etapas. En la primera etapa se realizaron ocho visitas a la unidad de producción con la finalidad de realizar el diagrama de flujo

operacional del proceso de ordeño. En la segunda etapa se identificaron los riesgos físicos, químicos y biológicos; mediante la metodología de la SAGARPA (2009) se determinaron los puntos críticos. Finalmente, en la tercera etapa se realizaron 24 visitas para observar de la aplicación de los límites de proceso de cada PCC y evaluar cuál de ellos presentaba mayor incidencia y por último se asignaron los límites de control establecidos.

5.2.1. Etapa 1. Pre-requisitos

5.2.1.1. Descripción de la unidad de producción. Para la descripción de la unidad productiva, se realizaron 8 visitas y se realizaron preguntas al encargado para obtener la información necesaria para la descripción detallada.

5.2.1.2. Diagrama de flujo operacional del proceso de ordeño de la unidad de producción. Se elaboró un diagrama de flujo secuencial del proceso de ordeño de acuerdo a lo recomendado por la SAGARPA (2009), con la ayuda de las 8 visitas que se realizaron para obtener la información para la descripción de la unidad de producción.

5.2.2. Etapa 2: Conducción de los principios del ARPCC

5.2.2.1. Identificación de riesgos (Principio 1). Se identificaron los riesgos del proceso de obtención de leche de la unidad de producción dentro del diagrama de flujo operacional del proceso de ordeño, los cuales fueron etiquetados como físicos, químicos y biológicos según el caso:

- a) Riesgos físicos: material extraño que no corresponda a las características físicas y/o visibles de la leche por ejemplo basura, insectos, heces, entre otros.
- b) Riesgos químicos: aquellos que afectan negativamente la composición química de la leche como son el pH por el aumento del ácido láctico, antibióticos o calostro.
- c) Riesgos biológicos: contaminación de bacterias en la leche por la presentación de alguna enfermedad en el animal por ejemplo la cantidad de células somáticas ó inadecuado manejo de la higiene.

Para determinar si los riesgos que se presentan en el proceso de ordeño son físicos, químicos o biológicos se diseñó el diagrama de flujo el cual se presenta en la sección de Resultados y discusión (Figura 8). El diagrama está constituido por cinco preguntas: 1) ¿Se puede asegurar la existencia de un riesgo?, 2) ¿El riesgo impide el desarrollo del proceso de ordeño?, 3) ¿El riesgo es identificable fácilmente y no requiere de un análisis de laboratorio?, 4) ¿Se requiere de al menos una determinación cualitativa? y 5) ¿Se requiere de análisis cualitativo y cuantitativo? Mediante el resultado de estos cuestionamientos se puede identificar riesgos físicos, químicos o biológicos.

5.2.2.2. Identificación de puntos críticos (Principio 2). Se utilizaron los protocolos recomendado por la FDA (2011) y la SAGARPA (2009), los que sugieren realizar una serie de preguntas para determinar la certeza del punto crítico.

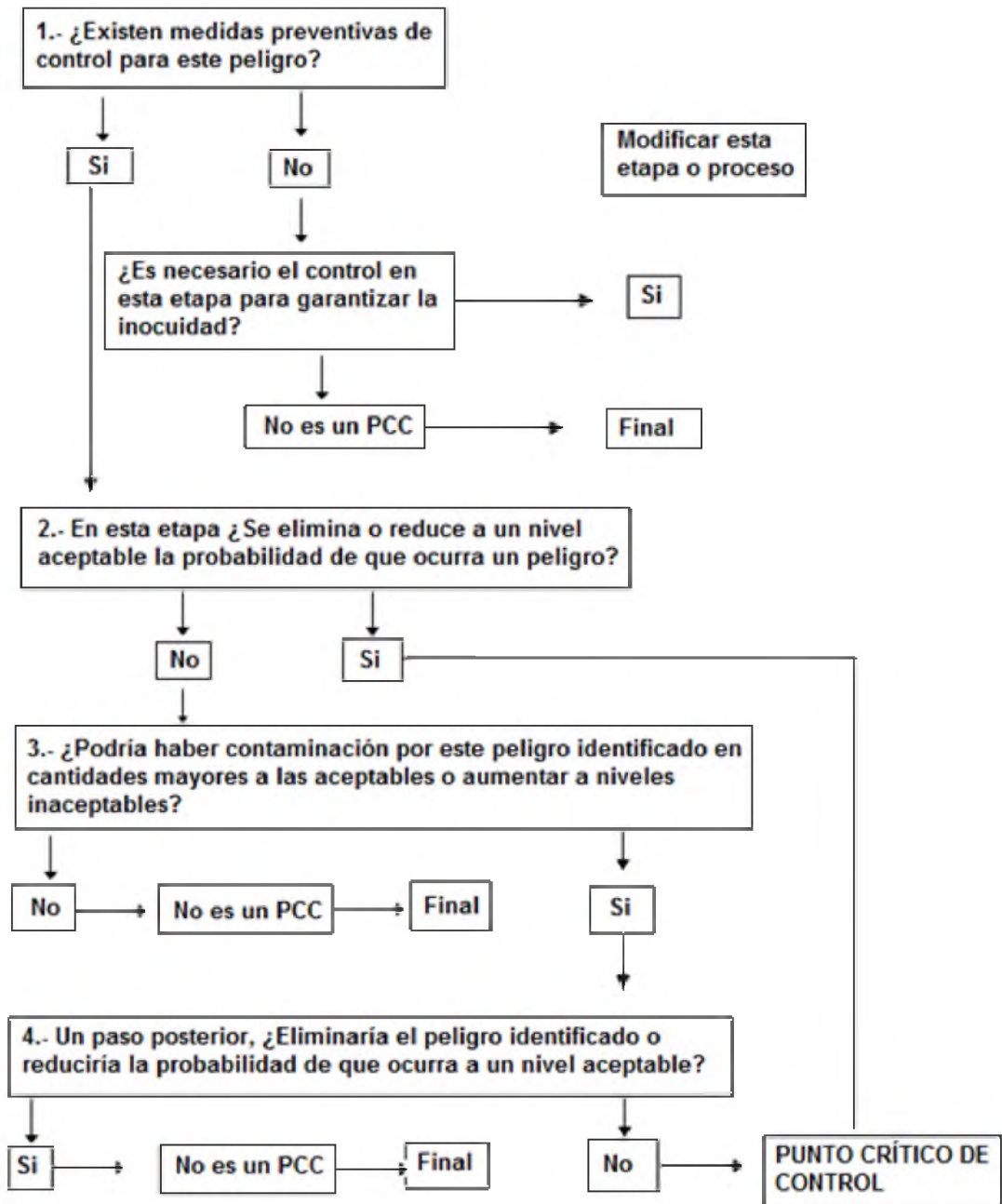


Figura 5. Diagrama de flujo para la identificación de puntos críticos.
Fuente: SAGARPA, 2009

La secuencia de preguntas (Figura 5) se utilizó en cada uno de los riesgos previamente identificados y se determinó cuáles de ellos corresponden a puntos críticos. Éste método se ha utilizado en trabajos previos y ha mostrado

ser eficiente y confiable en la determinación de puntos críticos (Lies-Beekhis *et al.*, 2011).

5.2.2.3 Identificación de los límites de proceso. Se midieron los valores mínimos y máximos a cada punto crítico, con la finalidad de evaluar la ejecución de la actividad en cada una de las etapas del proceso de ordeño de esta unidad de producción. Los límites de proceso y límites de control (sección 5.2.3.2) fueron comparados con la finalidad de evaluar la ejecución de las actividades en cada una de las etapas del proceso de ordeño de la unidad de producción.

5.2.3. Etapa 3: Identificación cualitativa de los límites de control.

5.2.3.1. Observación de la aplicación de los límites de control para cada PCC. Se realizaron 24 visitas constantes a la unidad de producción para realizar la observación de la aplicación de los límites del proceso. El formato de la observación que se utilizó fue con base a lo sugerido por Lies-Beekhuis *et al.* (2011), usando la letra NP cuando el límite del proceso no era practicado y la letra P cuando era practicado.

5.2.3.2. Asignación de los límites de control. Son los límites sugeridos por el manual de BPP de la SAGARPA, y por lo tanto no son iguales a los límites del proceso. Estos límites se asignaron a las etapas en donde se observó mayor porcentaje de NP.

Después de las 24 visitas constantes realizadas en la observación de la aplicación de los límites, se recomendaron dichos límites de control con la finalidad de minimizar la ocurrencia de riesgos en el proceso de ordeño adoptando el registro utilizado por Lies-Beekhuis *et al.* (2011).

Por último, se obtuvieron los registros en la bitácora, de cada uno de los aspectos del ARPCC que se realizaron en este trabajo, se presenta como parte de los resultados, es decir identificación de riesgos, identificación de PCC, asignación de límites de proceso y límites de control. Esta información será suficiente para establecer las bases científicas de una evaluación posterior.

5.3. Análisis estadístico

La naturaleza del experimento requiere una prueba de hipótesis para cada límite de proceso, en cada uno de ellos se usó la prueba binomial de Bernoulli y se probó con la hipótesis nula $H_0: p=0.5$, es decir en aproximadamente 12 de los casos realizó la etapa, contra la hipótesis alternativa $H_a: p < 0.5$, que significa que la actividad se realizó menos de la mitad de las veces. La estadística a probar es $p=Y/n$, Y = número de casos afirmativos (practicados con) y $n=24$, a un nivel de significancia de $\alpha= 0.05$.

La unidad de ordeño estaba conectada directamente a un pulsador el cual bombea la leche al tanque receptor mediante una fuerza y este a su vez al tanque de almacenamiento (Figura 6). La línea de flujo de aire bajo vacío operaba mediante una bomba manipulable mecánicamente, el regulador y el manómetro fueron los dispositivos que indicaron el flujo de aire que se succionaba para lograr el vacío en la línea.

La sala de ordeño de la unidad de producción está relacionada con cinco áreas que son: praderas, comederos-bebederos, sala de ordeño, área de tanques de almacenamiento y trampa de manejo (Figura 7).

Se realizaron dos ordeños al día: a las 5:00 p.m.; en el horario de verano la rutina cambió a 4:00 a.m. y 4:00 p.m. Para el desarrollo del proceso fueron requeridos cuatro trabajadores, tres de ellos en la manipulación directa del equipo de ordeño y uno como apoyo en las áreas de corrales, tanque de almacenamiento, comederos y bebederos.

La CC de las vacas al momento de realizar el estudio osciló entre 2.5 y 3. En promedio se obtuvieron 1,400 L de leche diarios (700 L por ordeño). La leche recién ordeñada tiene una temperatura de 37°C (Mujika, 2005), y es descargada y almacenada en un tanque de refrigeración (Apéndice C) a 4°C. La producción obtenida se comercializó con una empresa internacional destinada a la producción de leche ultrapasteurizada y leche en polvo, ubicada en Ciudad Isla, Veracruz.

6.1.2. Diagrama de flujo operacional del proceso de ordeño de la unidad de producción. En este trabajo de tesis, el diagrama de flujo se

elaboró como resultado del segundo paso requerido para la identificación de puntos críticos. Se observó que las actividades principales en la sala de ordeño fueron: el lavado de la ubre, estimulación de la glándula mamaria, colocación de pezoneras, retiro y enjuague de pezoneras y el lavado de la sala de ordeño.

Posada *et al.* (2010) realizaron un diagrama de flujo para cada actividad: pre-ordeño, post-ordeño, manejo de las vacas y manejo de la leche, limpieza y desinfección de equipos y utensilios; con el propósito de determinar los puntos críticos en un ordeño manual. Y el diagrama de flujo realizado en este trabajo se hizo en general, es decir que en él, se muestran cada una de las actividades que se realizan en las etapas, desde la parte de acarreo del hato, pasando por el ordeño, hasta el traslado de la leche a tanques de refrigeración.

El diagrama de flujo operacional del proceso de ordeño en la presente investigación (Figura 7), contempla 12 etapas repartidas antes, durante y después del ordeño. Antes del ordeño se incluye el traslado del hato desde las praderas hasta el área de comederos y bebederos (etapa 1) y suplementación del hato (etapa 2). Las etapas durante el ordeño son el lavado de la ubre (etapa 3), estimulación de la glándula mamaria (etapa 4), colocación de pezoneras (etapa 5), retiro de pezoneras (etapa 6), enjuagado de pezoneras (etapa 7) y lavado de la sala de ordeño (etapa 8). Las actividades desarrolladas después del ordeño son: traslado de la leche a tanques de refrigeración (etapa 9), baño garrapaticida (etapa 10), traslado del hato a comederos y bebederos (etapa 11) y traslado del hato a las praderas (etapa 12).

A continuación una descripción detallada de cada una de las etapas del diagrama de flujo con sus respectivas áreas (apéndice D):

a) Praderas: se dirige al hato lechero, dos horas antes de que inicie la hora del ordeño vespertino donde se encontraban pastoreando, actividad que se realiza, de acuerdo a la experiencia del encargado de la unidad de producción, con la finalidad de que las vacas no se encuentren fatigadas.

b) En comederos y bebederos: se complementó al ganado con levadura. Otra finalidad de esta área es el descanso previo al ordeño. Las instalaciones estaban compuestas por un techo de lámina, piso de cemento con ranuras para evitar que las vacas resbalaran y comederos y bebederos en cantidad de espacio suficiente.

c) En la sala de ordeño: ingresaron a la sala grupos constantes de ocho vacas. Como primer paso se enjuagó la ubre con agua y posteriormente se procedió a estimular la glándula mamaria y posterior bajada de la leche con la presencia del becerro o la aplicación de 1 ml de OT. Después se colocaron las pezoneras; al final del ordeño se retiraron y se enjuagaron con yodo y agua en una relación de 0.2:1. Posterior al ordeño el hato era transferido al área de comederos donde permaneció con los becerros mientras se alimentó con levadura. Finalmente las vacas se trasladaban hacia las praderas donde pastoreaban sin la cría. La sala de ordeño se limpió de acuerdo con el siguiente protocolo: bombeó doble en toda la línea con agua a temperatura ambiente, con agua fría a 20°C y agua caliente a 45°C. Como solución sanitizante se utilizaron 60 mL de hipoclorito de sodio y 500 g de jabón comercial disueltos en 50 L de agua aproximadamente. En cuanto a los ordeñadores, se observó que no

contaban con ropa adecuada de trabajo, y no usaban guantes como lo menciona la SAGARPA (2009.).

d) En tanques de almacenamiento: la leche extraída se pasa al tanque recolector, que tiene una capacidad de 50 L y una vez que éste se lleno se manda al tanque de refrigeración (Apéndice C) en donde mantiene una temperatura de 3.5 °C. Los tanques de refrigeración fueron lavados cada 3 días.

e) En la trampa de manejo; se realizó el baño garrapaticida cada 8 ó 15 días, dependiendo de la época del año, ya que en época de sequías se requirieron ciclos constantes de baños contra ectoparásitos.

La descripción de las actividades observadas en la unidad de producción son congruentes con las buenas prácticas recomendadas por la SAGARPA (2009) y cuya estructura, indican textualmente lo siguiente: a) mantener en buen estado el equipo que se utiliza en la producción lechera, b) la limpieza de las instalaciones debe ser diaria, con el objeto de disminuir el riesgo de infecciones mamarias (riesgo biológico), c) iluminación natural y artificial adecuada, tanto en corrales como en la sala de ordeño, d) rampas construidas para la carga y descarga de animales, e) pasillos construidos con pendiente transversal del 2 al 3% y longitudinal del 1% para evitar acumulación de residuos orgánicos (Albarrán, UJAT, com. pers. 2011)¹.

¹ Albarrán Díaz, 2011. Comunicación personal.

6.2. Etapa 2: Conducción de los principios del ARPCC

6.2.1. Riesgos identificados (Principio 1). Se identificaron seis riesgos físicos, cinco riesgos químicos y seis riesgos biológicos, tal y como se muestra en el Cuadro 2, con la ayuda de la Figura 8. Las etapas más susceptibles de riesgo fueron lavado de la ubre, colocación de pezoneras, retiro de pezoneras, enjuagado de pezoneras, lavado de la sala de ordeño y traslado de la leche a tanques de refrigeración (3, 5, 6, 7, 8 y 9, respectivamente).

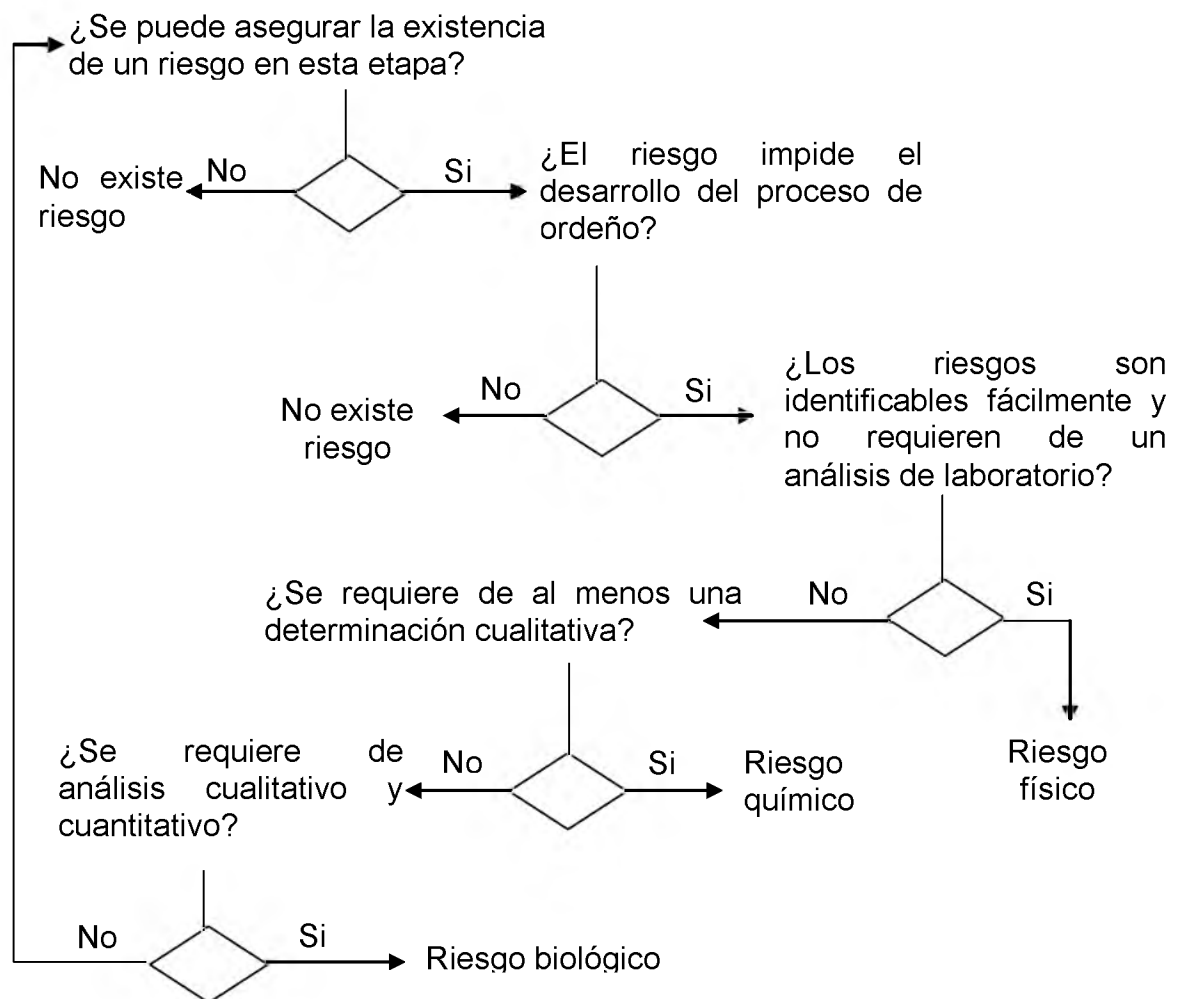


Figura 8. Diagrama de flujo para la identificación de riesgos en un proceso de ordeño

En el Cuadro 2 se muestran los riesgos físicos, químicos y biológicos identificados en el diagrama de flujo operacional del proceso de ordeño de la unidad de producción. Dentro de la etapa 5 (colocación de pezoneras) si no se lleva a cabo el despunte aumenta la posibilidad de contaminación biológica debido a que la leche contenida en el conducto y cisterna del pezón tiene una alta carga bacteriana. Lo anterior puede derivar en problemas como acidificación de la leche y otras alteraciones químicas (Wolter *et al.*, 2008). Otro aspecto relacionado con esta etapa, es la presencia de calostro en vacas recién paridas, al mezclar el calostro con la leche, la composición de la leche cambia, ya que el composición del calostro es diferente (Campos *et al.*, 2007).

Cuadro 2. Riesgos identificados en el diagrama de flujo operacional del proceso de ordeño de la unidad de producción.

Núm. de etapa	Etapa	Riesgo*
3	Lavado de la ubre	Físico, químico y biológico
5	Colocación de pezoneras	Físico, químico y biológico
6	Retiro de pezoneras	Físico, químico y biológico
7	Enjuagado de pezoneras	Físico, químico y biológico
8	Lavado de la sala de ordeño	Físico, químico y biológico
9	Traslado de la leche a tanques de refrigeración	Físico, químico y biológico

*Físico: pelo, paja, polvo, piedras, heces o vidrios.

*Químico: cambios en la composición de la leche (pH, acidez).

*Biológico: bacterias, hongos, núm. de células somáticas.

Asimismo, en la etapa 6 (retiro de pezoneras), la SAGARPA (2009) recomienda realizar sellado al finalizar el ordeño, disminuyendo con ello el

riesgo biológico de la mastitis. En este caso, no basta con usar un sellador iodóforo como se hace en la unidad de producción, se sugiere usar un sellador de barrera para evitar infecciones intramamarias recurrentes a corto plazo (Fernández *et al.*, 2008).

6.2.2. Puntos críticos de control (Principio 2). En el Cuadro 3 se muestran los PCC identificados en los riesgos durante el proceso de ordeño. Se identificaron seis PCC en las etapas 3, 5, 6, 7, 8 y 9.

Cuadro 3. Puntos críticos de control identificados en los riesgos.

Núm. de Etapa	Descripción	PCC
3	Lavado de la ubre	Protocolo de lavado
5	Colocación de pezoneras	Despunte
6	Retiro de pezoneras	Sellado de pezones
7	Enjuagado de pezoneras	Desinfección de pezoneras
8	Lavado de la sala de ordeño	Protocolo de lavado
9	Traslado de la leche a tanques de refrigeración	Funcionamiento de los tanques

De acuerdo a los resultados obtenidos de Lies-Beekhuis *et al.* (2011), los PCC identificados fueron la preparación de la ubre, colocación de pezoneras, desinfección después del ordeño, monitoreo de la máquina de ordeño, proceso de secado y periodo de parto. En el trabajo se encontraron diferentes PCC, debido a que los autores antes mencionados, se enfocaron más en obtener PCC que afectarían la probabilidad de que se presentara mastitis en las vacas, y en este estudio, se identificaron PCC en forma general ya que se buscaron los riesgos posibles para la contaminación de la leche.

En el caso de la etapa 4, se determinó que no representa un riesgo y por lo tanto no se identificó PCC. Macuhová *et al.* (2003), concluyeron que la acción de la OT es muy rápida y eficaz para la secreción de la leche, pero no tiene influencia directa sobre la calidad de esta.

6.2.3. Límites del proceso de ordeño. El Cuadro 4 muestra los límites empleados en el proceso de ordeño antes de las recomendaciones, es decir, las condiciones en el momento de realizar el estudio. Se decidió que en esta etapa era conveniente presentar los límites sin realizar cambios en el proceso para observar la diferencia entre lo sugerido por las dependencias gubernamentales y las condiciones adoptadas por los productores de la región.

Sumano y Ocampo (2006) mencionan que la concentración adecuada para la disolución de yodo es de 5 g/L de agua, mientras que la adoptada en la unidad de producción fue de 30-40 ml de yodo en 20 L de agua, la concentración del yodo utilizado es al 5% en yoduro de potasio al 10%. En cuanto a la temperatura de los tanques, SAGARPA (2009), reporta que la leche después de que sale de la ubre debe de tener una temperatura de 4°C y una temperatura de almacenamiento entre 1.7 y 3.5 °C, mientras que lo reportado en este trabajo fue de 3-7 °C. En el caso de las etapas 7 y 8 se observa que pueden adoptarse Procesos Operativos Estandarizados de Sanitización (POES) ya que el producto obtenido se encuentra en contacto directo con la superficie de tuberías y tanques, los POES sugeridos para estas etapas son mantener una temperatura de almacenamiento de la leche de 4 y 6°C (SAGARPA, 2009).

Cuadro 4. Límites de proceso y límites de control para la unidad de producción

Núm. de etapa	PCC	Límites del proceso		Límites de control	
		Límites	Descripción	Límites*	Descripción
3	Protocolo de lavado de la ubre	1-2 veces	Por vaca	20-30 °C	Temperatura del agua de lavado
5	Despunte	1-2 despuntes	En cada pezón	3-4	En cada pezón
6	Sellado de pezones	30-40 mL	Yodo diluido en 20 L de agua	5 g/L	Yodo/agua
7	Desinfección de pezoneras	30-40 mL	Yodo diluido en 20 L de agua	5 g/L	Yodo/agua
8	Protocolo de lavado de tuberías	15-25 °C	Temperatura del agua fría	20-30 °C	Temperatura del agua
				6.9-8.5 pH	Primer ciclo
		30-50 °C	Temperatura del agua caliente	70-75 °C	pH del agua
					Temperatura del agua
9	Funcionamiento de los tanques	4-8 mL	Cloro en 50 litros de agua	11-12 pH	Segundo ciclo
		2-3	Enjuagues con agua fría	20-30 °C	pH del detergente
			Enjuagues con agua caliente		Temperatura del agua
		7 - 3 °C	Temperatura	3- 4 pH	Tercer ciclo
				3-4°C	pH del detergente
					Sin llegar a la congelación en no más de 50 min.

*Fuente: COFOCALEC, 2010.

6.3. Etapa 3: Identificación cualitativa de los límites de control

6.3.1 Observación de la aplicación de los límites de proceso de cada

PCC: En las 6 etapas (Cuadro 5) se realizó la observación constante asignando una letra P si la actividad era practicada, las letras NP, si la actividad era no practicada.

El porcentaje de aplicación de los PCC de la etapa 3 (el lavado de la ubre) mostró que de las visitas realizadas, el 96% de ellas fue NP correspondiente a 23 NP de las visitas realizadas (Cuadro 5).

En el caso de las etapas 5 y 6 (colocación de pezoneras y retiro de pezoneras, respectivamente) los resultados muestran que durante todas la visitas realizadas, estas dos etapas mostraron una frecuencia de aplicación del 100% NP, cuando esta es una de las actividades que se deben de realizar con más frecuencia debido al tipo de riesgo. De acuerdo a lo reportado por Contreras (2009), menciona que el mal manejo de la ubre afecta provocando mastitis y al mismo tiempo afecta la calidad de la leche, y que el despunte antes del ordeño disminuye la cantidad de bacterias contenidas en la leche. Por otro lado, Faría *et al.* (2005) en un estudio realizado para la determinación de células somáticas en el manejo de ordeño manual y mecánico, concluyeron que en el ordeño mecánico el contaje de células somáticas fue más elevado debido a un mal manejo durante el ordeño, es por ello que es de suma importancia realizar estas actividades. Fernández (2008) menciona que un sellador de barrera experimental contiene no solo soluciones germicidas que destruyen a los microorganismos por la vía química, sino que también contiene componentes plastificantes que actúan formando una capa protectora entre la

piel del pezón y el medio ambiente, así como un sello en la punta del pezón que impide la entrada de microorganismos a la ubre mientras el esfínter se cierra.

En la etapa 7 (Cuadro 5) se registró un porcentaje del 50% NP, lo cual indica en esta etapa la calidad de la leche sigue presentando un riesgo ya que la desinfección del equipo de ordeño además de obtener una leche inocua, permite que la rutina de ordeño bien estructurada y puede tener beneficios adicionales en términos de prevención de las mastitis y su control (Ohnstad *et al.*, 2012). En la etapa 8 se mostró un 100% P (Cuadro 5), lo cual muestra que en esta unidad de producción el lavado de la sala se está realizando constantemente, pero no de la manera adecuada, ya que como ya se había mencionado, la concentración adecuada para la disolución de yodo es de 5 g/L de agua, y lo observado en la unidad productiva es debajo de esta concentración (Sumano y Ocampo, 2006).

La etapa 9, mostró un 100% P (Cuadro 5). Esto un punto favorable para el manejo general de la unidad de producción, ya que también la calidad de la leche depende del funcionamiento de los tanques de refrigeración.

De acuerdo a lo reportado por Cerf y Donnat (2011), la inocuidad alimentaria se obtiene a través de la cuidadosa aplicación de BPH en la unidad de producción y que la transferencia de los peligros de una actividad a otra sugieren un complemento horizontal con las BPH a diferencia de considerar únicamente los 7 principios del ARPCC, por lo tanto en este trabajo de tesis se sigue evitando la transferencia de los riesgos de una etapa a otra durante el proceso de ordeño. Además se acepta el resultado de estos autores que indican que el principio 1 (análisis de riesgos) es el más importante.

Cuadro 5. Número de observaciones de aplicación de las etapas identificadas con riesgos.

Etapa	PCC	Límite del proceso	Monitoreo	
			P	NP
3	Protocolo de lavado	1-2 veces por ordeño por vaca	1	23
5	Despunte	1-2 despuntes en cada pezón	0	24
6	Sellado de pezones	30-40 mL de yodo diluido en 20 L de agua	0	24
7	Desinfección de pezoneras	30-40 mL de yodo en 20 L de agua	12	12
8	Protocolo de lavado	15-25°C T° del agua fría 30-50 °C del agua caliente 4-8 ml de cloro en 50 L de agua 2-3 enjuagadas con agua fría 2-3 enjuagadas con agua caliente	24	0
9	Funcionamiento de los tanques	7-3°C de temperatura	24	0

Por otro lado en un estudio similar, García (2012), concluyó que en las explotaciones lecheras de pequeña y mediana dimensión, la inocuidad alimentaria de la leche, se garantiza mediante la aplicación de buenas prácticas, por lo tanto las actividades que tuvieron un porcentaje del 100% NP deben de efectuarse para reducir al máximo la incidencia de los riesgos que afecten el proceso de elaboración de un producto inocuo.

Además, es importante hacer énfasis en que el personal que realiza la limpieza y desinfección del equipo debe estar capacitado y entrenado en esta actividad, además, el equipo se debe lavar inmediatamente después de usarse y desinfectarse inmediatamente antes de su uso (Álvarez, 2008).

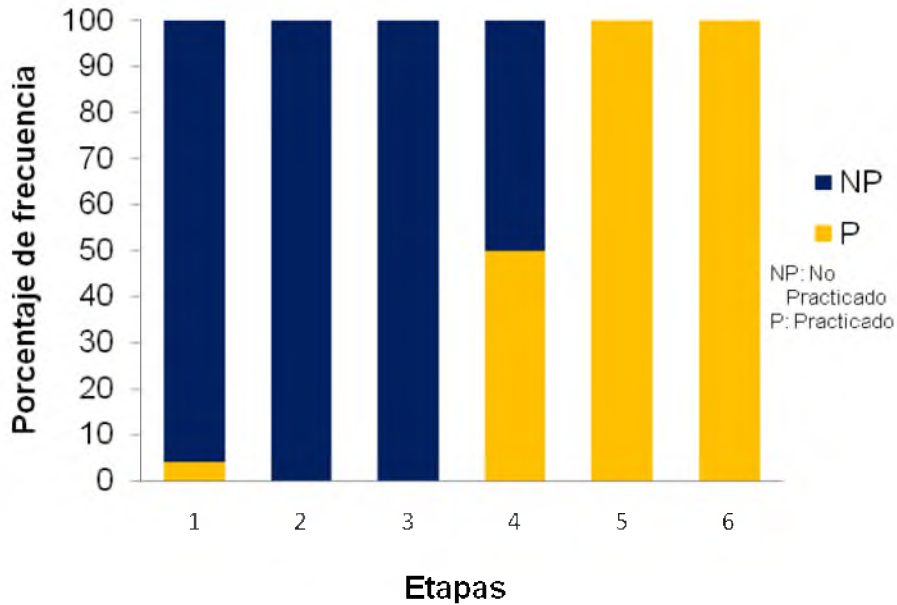


Figura 9. Porcentajes de frecuencia general.

6.3.2. Asignación de los límites de control (Principio 3). Para sugerir los límites de control, se asignaron recomendaciones establecidas por normas nacionales y recomendaciones por algunos autores. En el Cuadro 4 se muestran los límites de control para las etapas que mostraron un porcentaje cercano al 100% de NP. En el caso del límite de control de la etapa 3 se recomienda lavar la ubre adecuadamente, es decir con agua corriente cada uno de los pezones y revisar que no tengan signos de enfermedad y posteriormente secar con toallas desechables utilizando una por cada pezón (Ruegg, 2003; Magariños, 2000). Para la etapa 5 se recomienda extraer de 2 a 3 primeros chorros de leche para la eliminación del tapón sellador que debió aplicarse en el ordeño anterior y para eliminar la leche contenida en la cisterna y canal del pezón, además de que el personal debe de usar guantes para reducir la propagación de los agentes patógenos (Ruegg, 2003; SAGARPA, 2009). En el

caso de la etapa 6 se recomienda utilizar un sellador de barrera ya que disminuye en un 66% las infecciones recurrentes por *Staphylococcus aureus* y el 100% las causadas por coliformes fecales (Fernández *et al.* 2008, Villalobos *et al.* 2006), también se recomienda evitar que en un periodo de 30 minutos los animales no se echen, por lo que se recomienda ofrecer alimento al momento en que se termine de ordeñar cada animal (SAGARPA, 2009). Y por último, para la etapa 7, se recomienda utilizar productos químicos aprobados por las autoridades pertinentes para cada uso correspondiente, así como contar con etiqueta con especificaciones (Magariños, 2000).

González *et al.* (2010), concluyeron que más del 95% de las causas de aumento en el conteo total bacteriano son por deficiencias en el lavado, higiene y sanitización de equipos y utensilios de ordeño, es por ello que se hace énfasis de realizar estas actividades obligatoriamente en la unidad de producción.

6.4. Análisis estadístico

Fue evidente que con lo observado en el Apéndice E, en las primeras tres etapas, los límites de proceso de cada una de ellas se efectuaron menos de la mitad de las visitas realizadas (Cuadro 6), lo cual se soportó con la prueba de hipótesis antes mencionada ($H_0: p=0.5$ y $H_a: p<0.5$, con un nivel de significación de $\alpha= 0.05$), con esto, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 6. Aceptación o rechazo de la hipótesis planteada

Núm. etapa	
3	Se rechaza H_0
5	Se rechaza H_0
6	Se rechaza H_0
7	Se acepta H_0
8	Se acepta H_0
9	Se acepta H_0

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

La presente investigación permitió establecer las siguientes conclusiones:

1. La observación constante del proceso de ordeño permitió diseñar un diagrama de flujo de doce etapas, que facilita la identificación de las actividades realizadas por el personal encargado del ordeño.
2. Cada etapa del proceso de ordeño mecánico está relacionada con actividades pecuarias, las cuales pueden describirse con la ayuda del diagrama de flujo operacional
3. El empleo del diagrama de flujo propuesto en este trabajo de tesis, para la identificación de riesgos indicó que en seis de las doce etapas del proceso de ordeño mecánico pueden existir simultáneamente tres tipos de riesgos: físico, químico y biológico.
4. Se identificaron seis puntos críticos (PPC) en el proceso de ordeño mecánico en las siguientes etapas respectivamente: protocolo de lavado de la ubre (etapa 3), despunte (etapa 5), sellado de los pezones (etapa 6), desinfección de pezoneras (etapa 7), protocolo de lavado de la sala de ordeño (etapa 8), funcionamiento de los tanques de refrigeración (etapa 8).
5. Durante la inspección cualitativa del proceso de ordeño mecánico, los puntos críticos: despunte (etapa 5) y sellado de los pezones (etapa 6), no fueron practicados, lo que sugiere que existe un riesgo de tipo biológico hacia la contaminación de la leche.

6. Los puntos críticos del proceso de ordeño mecánico deben ser identificados de manera precisa, constante y periódica para esta unidad de producción ya que el conocimiento de éstos no quiere decir que se obtendrán mejores resultados en la aplicación del ARPCC, sino que brindarán el escenario ideal para el control de la inocuidad.
7. Se identificaron los límites del proceso de ordeño mecánico en cada punto crítico en la etapa correspondiente, lo que permite concluir que no son adecuados para el manejo de las BPP, BPH y BPO.
8. Se establecieron los límites de control para cada punto crítico identificado. Dichos límites de control fueron establecidos de acuerdo a la normatividad vigente en México.

7.2. Recomendaciones

1. En esta etapa del trabajo (identificación de riesgos y puntos críticos) no se realizó análisis cuantitativo de variables, sin embargo, es necesario plantearlo en otro trabajo de investigación. Se sugiere hacerlo en solo seis de las doce etapas del proceso de ordeño mecánico y con prioridad en la etapa 5 y 6, en donde los puntos críticos son despunte y sellado de la ubre. Para ello se sugiere emplear el método analítico conocido como reacción en cadena de la enzima polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés) para la identificación de patógenos específicos.
2. En cuanto al manejo de las instalaciones, realizar mantenimiento general tanto del equipo como de las instalaciones, tener techada las instalaciones y manejar al ganado con la mínima violencia para evitar estresarlos y evitar que entre fauna silvestre a las instalaciones del ordeño.
3. Realizar un protocolo de lavado de la sala de ordeño y equipo adecuado, es decir, modificarlo y utilizar las concentraciones como las que están establecidas en las normas del COFOCALEC.
4. Para el manejo del ordeño, se recomienda capacitar al personal sobre las buenas prácticas de ordeño, realizar la detección de mastitis subclínica antes del inicio del ordeño, y a las que sean detectadas como positivas de dicha enfermedad, ordeñarlas al final y separarlas del ganado sano.

8. LITERATURA CITADA

- Agudelo G.D.A. y Bedoya M.O. 2005. Composición nutricional de la leche en ganado vacuno. Revista Lasallista de Investigación. Antioquia, Colombia. 2(001):38-42.
- Alais C. 2003. Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. Editorial REVERTÉ. España.
- Álvarez C.M. 2008. El proceso de ordeño y su relación con la calidad de la leche. Disponible en www.cofocalec.org.mx/internaproductos. Consultado en septiembre del 2012-
- Albarrán. 2011. Reunión Anual de la Industria Láctea. UJAT. Comentario personal.
- Antonio C. C. M. 2008. Principios básicos de un análisis de riesgos y su aplicación en la industria alimentaria. Ciencia y Mar, XII (36):51-54.
- Arce G.M.A., Avello O. E., Camacho E.M.C., Peña R.F.I., Bernal D.P.S. y Tandrón B.E. 2010. Identificación de riesgos y puntos críticos de control para la implementación de un sistema HACCP en un matadero porcino. Revista REDVET. España. 11(3):1-11.
- ASERCA. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. 2010. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2010. Revista Claridades agropecuarias. Coordinación General de Ganadería, SAGARPA. pp. 34-43.
- Ávila T.S., Gutiérrez C.A.J., Sánchez G.J.I. y Canizal J.E. 2002. Comparación del estado de salud de la ubre y la calidad sanitaria de la leche de vacas

ordeñadas manual o mecánicamente. *Veterinaria México*, UNAM. Distrito Federal, México. 33(004):387-394.

Ávila T. S. y Gutiérrez C. A. J. 2010. Producción de leche con ganado bovino: ordeño mecánico. Editorial: Manual moderno, Capítulo 1. México.

Blanco O.M.A., Jaramillo A.C.J., Martínez M.J.J., Sampere M.C., Olguín B.A., Posadas M.E., Quiroz M.M.A., Rangel P.L.E. y Reza G.L.C. 2002. Sistema de producción animal: Animal II. UNAM. México. pp. 7-8.

Callejo R. A. 2010. Las instalaciones de ordeño para vacuno de leche. Dpto. producción animal. EUIT Agrícola-UPM.

Campos R., Fairut C. A., Loaiza V., Giraldo L. 2007. El calostro: herramienta para la cría de terneros. Departamento de Ciencia animal, Universidad Nacional de Colombia.

Castro L. J., Sánchez R. G., Iruegas E. F. y Saucedo L. G. 2001. Tendencias y oportunidades de desarrollo de la red de leche en México. FIRA, boletín informativo. Núm. 317.

Cepero O., Castillo J. C., Salado J., Herrada N., Aguilar J. y González R: 2005. Valoración de diferentes factores que intervienen en la calidad higiénico-sanitaria de la leche. *RedVet. España*.VI(3).

Cerf O. y Donnat E. 2011. Application of Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) principles of primary production. What is feasible or desirable? *Food Control*. 22(12):1839-1843.

Chacón E. y Padilla P., 2005. Nuevas opciones para la producción de leche en Venezuela: Estudio de caso en el Suroeste Andino. pp. 1-3.

Consejo para el Fomento de la Calidad de la leche y sus Derivados, A.C. (COFOCALEC). 2010. Disponible en <http://www.cofocalec.org.mx>. Consultado en marzo del 2012.

Contreras G.A. 2009. Alternativas en el manejo de la mastitis en novillas. Revista MVZ Córdoba, Colombia 14(1):1642-1653.

Cullor J. S. 2010. HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point): To the milking? Journal of Dairy Science. 14(15):3449-3452.

Díaz G.J. 2012. Evaluación de la seguridad alimentaria en explotaciones de vacuno lechero de pequeña y mediana dimensión en los municipios de Vila real y Sabrosa (Portugal) a través de la aplicación de prácticas correctas y medidas de bioseguridad. RedVet. Portugal. 13(3):1-14.

DeLaval. 2009. Lechería. Manejo eficiente del rodeo: Glándula mamaria. Disponible en <http://www.delaval.com>. Consultado en enero del 2012.

Edmonson A. J., Lean I. J., Weaver L. D., Farver T. y Webster G., 1989. A body condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. Journal Dairy Science 72:68-78.

Faría R. J. F., Valero L. K., D'Pool G., García U. A., Allara C. M. y Morales D. 2005. Agentes bacterianos y contaje de células somáticas en leche de cuartos de bovinos mestizos doble propósito ordeñados en forma manual o mecánica en cuatro fincas lecheras del estado Zulia, Venezuela. Revista Científica, Venezuela. XV(001):64-71.

Fernández M. L., Ramírez J.P., Chaves C. y Arias M.L. 2008. Disminución en la incidencia de mastitis en ganado vacuno con la aplicación de un sellador

de barrera experimental. *Revista Agronomía Costarricense*. Costa Rica. 32(1):107-112.

Food and Drug Administration (FDA). 2011. Hazard Analysis Control Critical Points. Disponible en <http://www.fda.gov>. Consultado en marzo del 2012.

García D.J. 2012. Evaluación de la seguridad alimentaria en explotaciones de vacuno lechero de pequeña y mediana dimensión en los municipios de vila real y sabrosa (Portugal) a través de la aplicación de prácticas correctas y medidas de bioseguridad. *REDVET*. 13(3).

Gasque G. R. 2008. *Enciclopedia Bovina*. Primera edición. Universidad Autónoma de México, Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. México. pp. 415-424.

González R. G., Molina S. B. y Coca V. R. 2010. Calidad de la leche cruda. Primer foro sobre ganadería lechera de la zona alta de Veracruz. Disponible en www.uv.mx/agronomia/.../calidaddelalechecruda.pdf. Consultado en febrero del 2012.

Glauber C. E. 2007. Fisiología de la lactación en la vaca lechera. *Revista Veterinaria Argentina*. M.V. Dpto. Producción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, UBA. Buenos Aires, Argentina. 24(234):274-281.

Gutiérrez G. N., Serra B. J.A., Marín G. C. 2009. Identificación de factores críticos para implantar buenas prácticas agrícolas. *Ingeniería e investigación*. 29(3):109-114.

Hernández R. J. M. 2008. Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. *RedVet*. IX(9).

- Hines W. W. y Montgomery D. C. 2002. Probabilidad y estadística para ingeniería. Décima primera reimpresión. México. pp. 644-648.
- Hunter P. R. 2004. Application of Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) in the delivery of breast milk in a neonatal unit. *Journal of Hospital Infection*. 17(2):139-146.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2007. Censo agropecuario. Disponible en <http://www.inegi.org.mx>. Consultado en marzo del 2012.
- Kaps M. y Lamberson W.R. 2004. *Biostatistics for Animal Science*. CABI Publishing is a division of CAB International. USA. pp. 86-90.
- Lies-Beekhuis G. L., Whyte P., O'Grady L., More S. J. y Doherty M. 2011. A HACCP-based approach to control mastitis in dairy herds. Part I and II. *Irish Veterinary Journal*, 64:2.
- Ley Federal de Sanidad Animal. 2012. Disponible en www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio.doc. Consultado en junio del 2012.
- Llanes J.E., Toledo J., Lazo de la Vega J. 2010. Sistema HACCP para el aseguramiento de la calidad del ensilaje de residuos pesqueros. *REDVET, España*. 11(4).
- Macuhová J., Tancin V. y Bruckmaier M. 2003. Effects of oxytocin administration on oxytocin release and milk ejection *American Dairy Science Association*, Núm. 87. Alemania. pp. 1236-1244.

- Magariños H. 2000. Producción higiénica de la leche cruda. Chile. Disponible en www.science.oas.org/oea_gtz/LIBROS/LA_LECHE/leche_all.pdf. Consultado en febrero del 2012.
- Maldonado E., Martínez H. P. A., Henson S., Caswell J. A., Cadena M. J.A., Copado B.F. 2005. Costos y beneficios asociados a la implementación de los controles de inocuidad y calidad alimentaria: HACCP e ISO 9000 en los mataderos mexicanos. *Revista Científica. Venezuela.* XV(004):353-360.
- Mujika A.I. 2005. El estrés calórico. Efecto en las vacas lecheras. Navarra agraria. Disponible en www.navarraagraria.com/n150/arestres.pdf. Consultado en mayo del 2012.
- Norma general del Codex alimentarius. 1999. Para el uso de términos lecheros. Codex Stan 206-1999. Disponible en www.codexalimentarius.org. Consultado en enero del 2012.
- Norma Oficial Mexicana. Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. NOM 251 SSA. 2010. Disponible en dof.gob.mx/normasOficiales. Consultado en agosto del 2012
- Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OIEDRUS). 2012. Avance mensual de la producción pecuaria. Disponible en <http://www.oeidrus-portal.gob.mx>. Consultado en marzo del 2012.
- Ohnstad I., Olde R. G. M., Hogewerf P., Koning C. A. J., Barkema H. W. 2012. Short communication: Effect of teat disinfection after milking and washing unit in the milking routine. *Journal of Dairy Science.* 95(5):2567-2570.

- Pérez Y., Suarez Y., Cura J.A., Pérez A. 2006. Bases técnicas para la aplicación del sistema de análisis de riesgos y peligro y puntos críticos de control (HACCP) desde la granja de ponedoras hasta la recepción y distribución de huevos para el consumo. *RedVet. España*.VII(9):1-11.
- Posada S., Loaiza E., Respreo J.E. y Olivera M. 2010. Caracterización del ordeño manual e identificación de puntos críticos de control para la calidad higiénica de la leche en una finca del norte de Antioquia. *Revista Lasallista de Investigación*. 7(2):35-46.
- Ramírez L.P. 2007. Diseño e implementación del sistema HACCP para la línea de pechuga desmechada enlatada. *Revista Lasallista de Investigación*. 4(1):27-34.
- Ruegg P. L., Rasmussen D. y Reinemann D. 2000. 7 hábitos para una rutina de ordeño exitosa. Instituto Babcock. *Novedades Lácteas. Ordeño y Calidad de la leche N°401*. Universidad de Wisconsin. Disponible en www.babcock.wisc.edu/sites/default/files/documents. Consultado en abril del 2012.
- Ruegg P. L. 2003. El papel de la higiene en el ordeño eficiente. *Novedades lácteas. Instituto Babcock. Novedades Lácteas. Ordeño y Calidad de leche N° 406*. Universidad de Wisconsin. Disponible en www.babcock.wisc.edu/sites/default/files/documents. Consultado en abril del 2012.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación (SAGARPA), 2009. *Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en una producción de leche bovina*. Disponible en www.sagarpa.gob.mx/. Consultado en marzo del 2012.

- Salgado R., Torregroza L., Álvarez J., Martínez N., Rúgeles C., Vergara O., Maza L. y Matínez G. 2006. Amamantamiento restringido y suplementación sobre los perfiles metabólicos en vacas del sistema doble propósito. *Revista MVZ Córdoba*. 11(2):816-824.
- Santos M. A. 2003. *Leche y sus derivados*. Trillas, México. pp. 33.
- Schlimme E., Buchheim W. y López P. 2002. *La leche y sus componentes: propiedades químicas y físicas*. Ed. Acribia. Zaragoza, España. pp.89-103.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2011. *Producción anual de leche de bovino*. Disponible en <http://www.siap.gob.mx>. Consultado en abril del 2012.
- Silvestre A.A. 2005. *Doce reflexiones sobre el HACCP*. Disponible en www.alimentariaonline.com. Consultado en noviembre del 2011.
- Suasnavas N., Suárez Y., Calzadilla C., Bonachea H., Felipe L., Castillo J.C. 2007. Requerimientos técnicos para la implementación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) en un matadero porcino. *REDVET*. VIII(8):1-10.
- Suárez F.Y.E., Suasnavas N., Calzadilla C., Cepero O. y Castillo J.C. 2007. Procedimientos evaluativos de algunos prerrequisitos para la aplicación del sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) en mataderos. *Revista REDVET*. España. VIII(8):1-11.
- Sumano L. H.S. y Ocampo C: L. 2006. *Farmacología veterinaria*. Tercera edición. McGraw-Hill Interamericana. México.

Tejedor M.F.J. 2006. El sistema HACCP como base de la producción higiénica de piensos para la alimentación animal. REDVET. VII(2):1-9.

Villalobos A. C., Vargas R. C. F., Jiménez R. M. P. 2006. Incidencia en el conteo de células somáticas de un sellador de barrera (Yodo-Povidona 0.26%) y un sellador convencional (Yoduro 0.44%). 17(2):207-212.

Wallace C. y Williams T. 2001. Pre-requisites: a help or a hindrance to HACCP system? Journal Food Control. 12(4):235-240.

Wolter W., Castañeda V., Bedolla C. 2008. Métodos de detección de la mastitis bovina. REDVET. VIII(9):

9. APÉNDICES

APÉNDICE A



Ganado productor de leche en la unidad de producción, cruza de las razas Gyr y Holstein.

APÉNDICE B



Sala de ordeño tipo Tándem de la unidad de producción.

APÉNDICE C



Tanque de refrigeración de la leche en la unidad de producción.

APÉNDICE D

Etapas del diagrama de flujo del ordeño mecánico en la unidad de producción



Etapa 1. En busca del hato lechero



Etapa 2. Alimentación



Etapa 3. Lavado de la ubre



Etapa 4. Estimulación de la glándula mamaria



Etapa 5. Colocación de pezoneras



Etapa 6 y 7. Retiro y enjuague de pezoneras



8. Lavado de la sala de ordeño



Etapa

9. Traslado de la leche a tanques de refrigeración



Etapa 10. Baño garrapaticida



Etapa 11. Traslado de las vacas a comederos y bebederos



Etapa 12. Traslado del hato a las praderas

Apéndice E

Núm. etapa	Etapa	Visitas																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
3	Lavado de la ubre	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
5	Colocación de pezoneras	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
6	Retiro de pezoneras	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
7	Enjuagado de pezoneras	S	S	S	S	S	N	S	N	N	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	
8	Lavado de la sala de ordeño	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
9	Traslado de la leche a tanques de refrigeración	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	

S= Si practicado

N=No practicado

APÉNDICE F

PARTICIPACIÓN EN EL SEMINARIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN, CAMPUS LOMA BONITA

Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos aplicado al Ordeño Mecánico de un Rancho de la Cuenca del Papaloapan

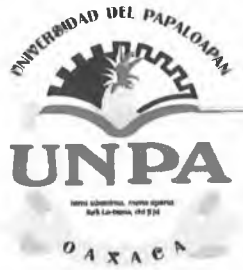
Perla Adriana Morales Corcino*, Dra. Cynthia Magaly Antonio Cisneros^a

*Tesisista. Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita

^aProfesora-Investigadora. Área: Ciencia y Tecnología de Alimentos Agropecuarios

El análisis de riesgos y puntos críticos de control (ARPC) es una secuencia de pasos estructurados y organizados que permiten identificar riesgos relacionados con la inocuidad, consta de siete principios que son: 1) identificación de los riesgos; 2) identificación de los puntos críticos de control, 3) asignación de los límites de de control, 4) el monitoreo, 5) las acciones correctivas, 6) verificación y 7) documentación. El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de Tuxtepec, Oaxaca, México. El objetivo del presente estudio fue identificar los riesgos y puntos críticos en el proceso de ordeño mecánico que afectan la calidad de la leche. Se realizó un programa de pre-requisitos (Buenas Prácticas Pecuarias y Procedimientos Operativos Estandarizados de Sanitización) y se identificaron los riesgos de acuerdo a la normatividad vigente. En la primera etapa se elaboró un diagrama de flujo del proceso de ordeño y se identificaron los riesgos y los puntos críticos, posteriormente se midieron los límites del proceso de ordeño, en la segunda etapa, se realizó el monitoreo constante con el propósito de verificar el cumplimiento de los límites del proceso y detectar las etapas de incidencia, se asignaron las acciones correctivas en las etapas del diagrama que no se realizaron de manera adecuada, y por último se asignaron los límites de control aprobados por la SAGARPA. Los resultados mostraron que los puntos críticos de mayor frecuencia fueron el despunte y el sellado de los pezones con un 100% de no practicado, con un 50 y 96% de no practicado la etapa de enjuague de pezoneras y lavado de la ubre, respectivamente. Debido a esto se pueden presentar problemas en la calidad de la leche y en la salud del animal, por ello es importante realizar cada una de las actividades de

higiene, para que la leche y distintos productos de consumo humano sean de buena calidad y no repercutan en la salud humana. Por lo tanto, se concluye que el cumplimiento de las buenas prácticas pecuarias, los procesos de limpieza y el principio 1 del ARPC (identificación de riesgos) durante el proceso de ordeño mecánico influyen en una mejor calidad del producto.



Universidad del Papaloapan

Campus Loma Bonita

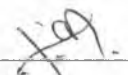
La Universidad del Papaloapan dentro del marco del Seminario Institucional, tiene el honor de otorgarle el presente


Reconocimiento

Tesista Perla Adriana Morales Corcino

Como constancia de su participación del día **Jueves 29 de marzo de 2012** en el campus Loma Bonita en el marco de las actividades del Seminario Institucional con el tema **Análisis de riesgos y control de puntos críticos aplicado al ordenamiento mecánico de un rancho de la Cuenca del Papaloapana**




MC. Héctor López Arjona
Vice-Rector Académico


MC. José Antonio Rosales Barrales
Responsable Institucional del
Seminario de Investigación



APÉNDICE H

PARTICIPACIÓN EN LA 3^A. REUNIÓN MESOAMERICANA DE CIENCIA ANIMAL 2012: IN HONOREM JUAN JOSÉ SAIZ ZARZA DE LA UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO, DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Identificación de riesgos y puntos críticos de control en el ordeño mecánico de un rancho de la cuenca del Papaloapan.

Perla Adriana Morales Corcino*, Dra. Cynthia Magaly Antonio Cisneros^a

*Tesisista. Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita

^aProfesora-Investigadora. Área: Ciencia y Tecnología de Alimentos Agropecuarios

El análisis de riesgos y control de puntos críticos (ARCPC) es una secuencia de pasos bien estructurados y organizados que permiten identificar riesgos relacionados con la inocuidad. Se aplicó un ARCPC en un proceso de ordeño mecánico matutino bajo un programa de pre-requisitos y se identificaron los riesgos de acuerdo a la normatividad vigente. En la primera etapa se elaboró un diagrama de flujo y se identificaron diez puntos críticos y límites de control respectivamente. En la segunda etapa, se realizó un monitoreo constante con el propósito de verificar el cumplimiento del plan de inocuidad así como detectar las etapas de incidencia. Los resultados mostraron que el punto crítico de mayor frecuencia fue el despunte de la glándula mamaria con un 100% de no practicado. No obstante, se concluye que el cumplimiento de las buenas prácticas pecuarias y los procesos de limpieza tienen mayor influencia durante el proceso.



Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Agropecuarias



APÉNDICE I

Otorga la presente

CONSTANCIA

A: Perla Adriana Morales Corcino y Cynthia Magaly Antonio Cisneros

Por la presentación oral de su trabajo ANÁLISIS DE RIESGOS Y CONTROL DE PUNTOS CRÍTICOS APLICADO AL ORDENO MECÁNICO DE UN RANCHO DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN, en el Simposio 5. Productividad, competitividad y sostenibilidad agropecuaria, de la 3ª Reunión Mesoamericana de Ciencia Animal 2012: *In honorem Juan José Saiz Zarza*, del 30 de mayo al 1º de junio.

Villahermosa, Tabasco. 1º de junio de 2012.

“Estudio en la duda. Acción en la fe”

M.A. Alma Catalina Berumen Alatorre
Directora de la División Académica de
Ciencias Agropecuarias

Ph.D. Julio Cámara-Córdova
Presidente del Comité Organizador

Dr. Gerardo R. Cansino Arroyo
Presidente del Comité Científico

