



GOBIERNO  
FEDERAL

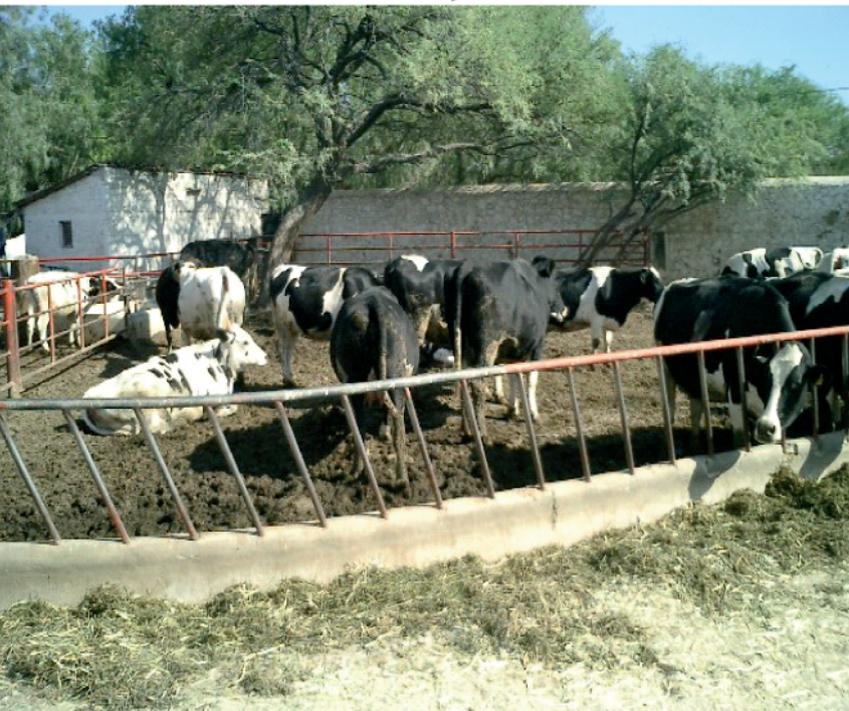
SAGARPA

**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

# MEJORA CONTINUA DE LA CALIDAD HIGIÉNICO-SANITARIA DE LA LECHE DE VACA

*Manual de capacitación*



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,  
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS  
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA  
EN MICROBIOLOGÍA ANIMAL  
CUAJIMALPA, D.F.

Folleto Técnico No. 3

ISBN 978-607-425-560-7

Mayo 2011

MX-0-310404

22-11-00-09-03

Unidad Técnica Especializada Pecuaria



Vivir Mejor

# **Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca**

## **Manual de capacitación**

**M.V.Z. Raúl Martínez López, *CE Altos de Jalisco***

**M.C. Justo Abelardo Tepal Chalé, *CE Mocochoá***

**M.C. Laura Hernández Andrade, *CENID Microbiología Animal***

**M.C. Meyli Claudia Escobar Ramírez, *CENID Fisiología y  
Mejoramiento Animal***

**M.V.Z. Rómulo Amaro Gutiérrez, *CE Zacatepec***

**M.P.A. Miguel Ángel Blanco Ochoa, *Fac. Med. Vet. y Zoot., UNAM***

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,  
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS  
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA  
EN MICROBIOLOGÍA ANIMAL  
CUAJIMALPA, D. F.  
MAYO 2011**

# **Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca**

## **Manual de capacitación**

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Av. Progreso No. 5  
Barrio de Santa Catarina  
Del. Coyoacán,  
04010 México, D. F.  
Tel. 01 (55) 3871 8760

**ISBN: 978-607-425-560-7**

MX-0-310404  
29-11-00-09-03

Folleto Técnico No. 3  
Primera edición 2011  
Impreso y hecho en México

Se permite la reproducción parcial o total de la información contenida en esta publicación siempre y cuando se den los créditos correspondientes a los autores y a la institución

CONTENIDO

Página

**INTRODUCCIÓN**..... 5

**SECUENCIA 1. BUENAS PRÁCTICAS DE HIGIENE**..... 7

Higiene y salud del personal..... 8

Higiene de las instalaciones..... 9

Fuentes de abastecimiento de agua..... 12

**SECUENCIA 2. PRE-ORDEÑO**..... 14

Lotificación de vacas..... 14

Arreo de vacas..... 14

Contención..... 14

Estimulación..... 15

Presello..... 15

Preparación de los pezones..... 15

Prueba de fondo oscuro..... 16

Prueba de California..... 16

Mastitis..... 17

Tratamiento durante el periodo seco..... 18

Tratamiento durante la lactación..... 19

Toma de muestras de leche para el análisis bacteriológico..... 19

Almacenamiento de las muestras..... 20

Prueba de sensibilidad a los antibióticos..... 21

Interpretación de resultados negativos al bacteriológico general en muestras de leche..... 22

Brucelosis..... 23

Tuberculosis..... 23

**SECUENCIA 3. ORDEÑO MANUAL**..... 25

Amamantamiento..... 25

Ordeño manual..... 25

Casos especiales de ordeño..... 25

**SECUENCIA 4. ORDEÑO MECÁNICO**..... 29

Instalaciones..... 29

Funcionamiento y equipo..... 31

Fallas comunes en el ordeño mecánico..... 34

|  |           |
|--|-----------|
| Recomendaciones para un buen ordeño mecánico.....      | 35        |
| <b>SECUENCIA 5. POST-ORDEÑO.....</b>                   | <b>37</b> |
| Sellado de pezones.....                                | 37        |
| Manejo y almacenamiento de la leche.....               | 38        |
| Traslado de la leche.....                              | 39        |
| <b>SECUENCIA 6. CALIDAD DE LA LECHE.....</b>           | <b>40</b> |
| Pruebas de calidad sensoriales.....                    | 41        |
| Pruebas de calidad fisicoquímicas.....                 | 42        |
| Pruebas de calidad higiénico-sanitarias.....           | 43        |
| <b>SECUENCIA 7. LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN.....</b>       | <b>49</b> |
| Residuos a eliminar.....                               | 49        |
| Superficies.....                                       | 50        |
| Calidad del agua.....                                  | 50        |
| Procesos de limpieza y desinfección.....               | 51        |
| Resumen de actividades de limpieza y desinfección..... | 52        |
| <b>LITERATURA CITADA.....</b>                          | <b>56</b> |

## INTRODUCCIÓN

Los beneficiarios del componente Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN) establecieron el compromiso de realizar acciones en sus unidades de producción para lograr una producción pecuaria sustentable. En consecuencia, existe gran demanda de información respecto a la precisión de los compromisos que los productores contrajeron, la forma de cómo se llevarán a cabo y el medio de verificación de que estos se están cumpliendo.

A partir de esta demanda, la Coordinación General de Ganadería firmó un Convenio de Colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), que incluye la elaboración de manuales para la capacitación a Prestadores de Servicios Profesionales Pecuarios (PSPP's) para que estos a su vez brinden asesoría y capacitación a los beneficiarios del PROGAN.

En el sector lechero el tema de calidad higiénica y sanitaria de la leche es de gran relevancia tanto para el eslabón primario como para el resto de eslabones por su impacto en la industria y la salud pública. El presente manual "Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca" contiene información explícita del proceso para obtener leche inocua, que es un atributo indispensable de calidad.

La presencia de microorganismos patógenos tanto en el medio ambiente como en los animales, y su capacidad para sobrevivir y multiplicarse, son factores de riesgo que indican la magnitud de los peligros potenciales que afronta la producción de leche.

Para que un producto lácteo sea inocuo se deben emplear medidas de control de calidad antes de su elaboración, y verificar la calidad del producto terminado. Para asegurar la inocuidad se requiere que los productores conozcan y apliquen las prácticas adecuadas de higiene para minimizar la incidencia de enfermedades que pueden ser adquiridas al consumir alimentos procesados.

Con el objetivo de capacitar profesionales competentes en lo referente a la implementación de programas de prevención y control de la calidad sanitaria e higiénica de la leche, en respuesta a las demandas del

sector lechero, se pone a disposición el presente manual el cual está dividido en siete secuencias: en las cinco primeras se describen los pasos a seguir desde la preparación de la vaca para realizar el ordeño, hasta que sale de la sala de ordeño con los pezones sellados. Se abordan detalladamente los procesos de pre-ordeño, ordeño y post-ordeño.

En la quinta secuencia se describen las medidas que se deben adoptar para el buen manejo y almacenamiento de la leche, y en la sexta se mencionan las pruebas a realizar para obtener una leche inocua. En la séptima se revisan los requerimientos y recomendaciones para la limpieza e higiene del equipo de ordeño, sala de ordeño y utensilios. Con este manual se pretende fortalecer la producción de leche con calidad higiénica y sanitaria, contribuyendo con ello a la disminución de riesgos en la salud pública.

## **SECUENCIA 1. BUENAS PRÁCTICAS DE HIGIENE**

En México existen tres sistemas de producción de leche: el intensivo, el familiar y el doble propósito; el familiar es el más frecuente, y aporta el 30% de la leche fresca que se consume en el país (Vargas *et al.*, 2009). A pesar de los altos costos de producción, este sistema ha logrado sobrevivir por la elevada utilización de mano de obra familiar; sin embargo, es importante y urgente consolidar la actividad en beneficio de los productores, de los procesadores y de los consumidores.

En el sistema de lechería familiar predominan las razas de Holstein, Pardo Suizo y Criollo, y sus cruzamientos. Generalmente el ordeño se realiza en forma manual, aunque ya existe una proporción importante de ganaderos que realiza el ordeño mecánico, pero existen deficiencias de control sanitario y no se tiene acceso a capacitación.

Por lo general no se tienen instalaciones apropiadas para el ganado y la alimentación se basa principalmente de esquilmos agrícolas o pastoreo de rastrojos, pero casi siempre sin cubrir los requerimientos nutrimentales de los animales. Los productores tienen poco acceso al crédito y a servicios en general. Sus canales de comercialización son: venta directa de leche cruda o “bronca” al consumidor y venta a acopiadores de leche para elaborar quesos artesanales (Villegas *et al.*, 2001). Para afrontar el problema de las deficiencias de control sanitario de la leche en el sistema familiar se requiere aplicar buenas prácticas de producción pecuaria; mejorar las condiciones y manejo de las vacas en el pre-ordeño, ordeño y post-ordeño; conservar la leche de la mejor manera posible; monitorear la calidad de la leche; así como limpiar y desinfectar eficientemente los equipos y utensilios.

Las buenas prácticas de higiene son medidas 100% preventivas, que aplicadas a las instalaciones, al manejo de las vacas en las fases de ordeño, conservación de la leche, limpieza y desinfección, reducirán significativamente el riesgo de contaminación de la leche cruda por material extraño, microorganismos o sustancias químicas (Blowey y Collis, 1992). Con ello se protege de contaminaciones a los consumidores o procesadores, y además se crea una cultura de higiene en los productores para ofrecer un producto de calidad en las unidades de producción.

## **Higiene y salud del personal**

El término “personal” se refiere a todos los individuos que realizan diversas actividades en las salas de ordeño (Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1, 2009). A continuación se mencionan las recomendaciones que debe atender todo el personal:

1. Los ordeñadores tienen que presentarse aseados al ordeño.
2. Por cada ordeño vestir ropa limpia, de preferencia blanca, incluyendo las botas, que únicamente sea utilizada para este propósito.
3. Lavarse y desinfectarse las manos antes de iniciar el trabajo y después de ir al baño, y en cualquier momento cuando las manos estén sucias o contaminadas.
4. Mantener las uñas limpias, libres de barniz y cortas, para no lesionar los pezones de las vacas.
5. Mantener el cabello corto, patillas al ras de la oreja y sin barba. En caso necesario usar protección que cubra totalmente el cabello, la barba y el bigote. Es recomendable el uso de gorras limpias.
6. Los mandiles se tienen que lavar y desinfectar entre un ordeño y otro; si se usan guantes, lavarlos y desinfectarlos por cada vaca ordeñada.
7. Se prohíbe fumar, comer, beber o escupir en las áreas de ordeño.
8. Evitar objetos como plumas, lapiceros, termómetros u otros en los bolsillos superiores de la ropa o del mandil, los cuales pueden caer en la leche.
9. No usar joyas ni adornos: pinzas, aretes, anillos, pulseras y relojes, collares u otros accesorios que puedan caerse y contaminar la leche. Los broches pequeños y pasadores para sujetar el cabello quedan debajo de una protección.
10. Evitar toser o estornudar sobre la leche.

11. Las personas que tienen heridas con pus no participan en el ordeño. Se pueden reubicar en otras áreas y las heridas protegerlas.
12. Las personas con enfermedades contagiosas no tienen que realizar actividades de pre-ordeño, ordeño o post-ordeño.
13. Los visitantes internos y externos tienen que cumplir con las mismas medidas señaladas en los puntos anteriores.

### **Higiene de las instalaciones**

**Ubicación de la unidad de producción y de la sala de ordeño.** La unidad de producción (UP) de preferencia se ubicara fuera de los centros de población. La presencia de basureros, o predios aledaños a la UP que generen escurrimientos o despiden olores indeseables o partículas, son un factor importante que afecta la calidad de la leche. En tal caso se toman medidas que mitiguen los efectos adversos, como sembrar árboles que funcionen como barreras vivas, construir canales de desvío y ubicar la sala de ordeño en el lugar que represente el menor riesgo de contaminación (SENASICA, 2009).

Con respecto a la ubicación de la sala de ordeño se ubicara en lugares que tengan mínimo riesgo de contaminación, de preferencia al menos a 100 m de distancia de otras actividades agropecuarias, como la producción de cerdos, ya que además de las descargas residuales, los olores son fuertes y pueden afectar la calidad de la leche.

**Sala de ordeño.** Para prevenir la contaminación de la leche es necesario considerar el diseño y orientación de la sala de ordeño (Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1, 2009), las cuales son las siguientes:

1. Los suelos del lugar destinado para el manejo de las vacas y el ordeño deben tener buen drenaje y contar con declive para evitar encharcamientos.
2. La orientación con el viento, es importante para impedir o limitar que los vientos sean una vía de contaminación.
3. Los alrededores deberán estar libres de maleza, sin basura y des-

perdicios, que no existan equipos mal almacenados para evitar la presencia de plagas y malos olores.

4. Impedir la presencia de perros, patos, gallinas, etc. en la sala de ordeño.
5. Pisos impermeables, homogéneos, etc., que permitan su fácil limpieza y desinfección, y con pendiente hacia el drenaje, suficiente para evitar encharcamientos.
6. Las paredes serán lavables, impermeables y de colores claros, lavadas y desinfectadas frecuente y adecuadamente. Las superficies serán pulidas, se recomienda usar pintura plástica o cubrirse con loza; no se recomiendan paredes de madera, por la dificultad de mantenerlas lisas.
7. Los techos serán construidos con materiales y diseño que limiten o impidan la acumulación de suciedad y eviten al máximo la condensación, ya que esta favorece el desarrollo de mohos y bacterias contaminantes.
8. La iluminación deficiente puede ser un riesgo para los trabajadores.
9. El drenaje conducirá las aguas residuales que se generan fuera de la sala de ordeño. El destino final de esta agua se ubica al menos a 20 m del lado de la sala que sigue la dirección del viento.

**Agua para uso en el ordeño.** El agua que se utiliza en el ordeño, será potable o potabilizada, por el contacto de esta con los ordeñadores, con los animales en el pre-ordeño, con los equipos y utensilios. De no utilizar agua potable es muy alto el riesgo de afectación de la calidad de la leche. En las unidades de producción es muy importante contar con agua suficiente e instalaciones adecuadas para su almacenamiento y distribución. Dado que el 70% del agua dulce en México tiene algún tipo de contaminación (Carabias y Landa, 2005), y que la susceptibilidad es alta en cuanto a la contaminación microbiana (bacterias de origen fecal y *Pseudomonas*), como se ha observado en agua superficial (Martínez *et al.*, 2009), y en agua subterránea (Tepal *et al.*, 2006), es necesario hacer algún tratamiento para mejorar la condición

del agua en las lecherías.

El cloro es un producto apropiado y recomendado para mejorar la calidad del agua, es de bajo costo y está disponible en cualquier lugar. Conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1, 1994, el agua que se utilice en la sala de ordeño requiere reunir las siguientes características:

1. **Sensoriales.** Sin olor, color y sabor indeseables.
2. **Físicos.** Libre de material extraño, ( partículas visibles).
3. **Microbiológicos:**
  - a) Organismos Coliformes totales: 2 NMP/100 mL (Técnica de número más probable); 2 UFC/100 mL.
  - b) Organismos Coliformes fecales: No detectable NMP/100 mL (Técnica de número más probable); Cero UFC/100 mL.

**Cloración.** La red municipal generalmente suministra agua potable; de no contar con este servicio, o que el agua municipal no esté tratada, hay que potabilizar. El tratamiento más frecuente para la potabilización, por su facilidad y economía, es la cloración. En el Cuadro 1 se presenta la cantidad de cloro que se tiene que aplicar en 10, 100 y 1000 L de agua para obtener una concentración de 2 mg / L de cloro residual libre y su costo aproximado.

**Cuadro 1.** Potabilización de agua y costo aproximado.

| Cantidad de agua a tratar | Cantidad de cloro comercial | Costo aproximado <sup>♣</sup> |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 10 L                      | 0.33 mL (8 gotas)           | \$ 0.003                      |
| 100 L                     | 3.3 mL                      | \$ 0.03                       |
| 1000 L                    | 33.3 mL                     | \$ 0.33                       |



♣ \$ 10.00 el litro de cloro comercial.

**Nota.** Para aplicar cantidades pequeñas de cloro utilizar una jeringa de insulina.

Si el agua contiene altas concentraciones de cloro, estas pueden ocasionar lesiones en las manos de los trabajadores, en las mucosas nasales y oculares por la volatilización, así como lesionar la piel del pezón de la vaca. Una práctica mal empleada en campo es la preparación de soluciones cloradas aplicando “una tapa” de cloro en 10 L de agua, la concentración resultante es de 36 mg / L, mucho mayor a los 2 mg / L que se recomienda.

**Costo de la cloración del agua.** La idea de que la cloración eleva los costos de producción se debe al desconocimiento de los precios y las dosis. En el Cuadro 1 se observa que el costo de tratar 1000 L de agua es de \$ 0.33 considerando un costo de \$10.00 el litro de cloro comercial, ya que solo se necesita aplicar 33.3 mL. En explotaciones de hasta 35 vacas son suficientes 1000 L de agua potabilizada para el ordeño y la limpieza del equipo .

Se recomienda mezclar perfectamente el cloro con el agua. Cuando las cantidades son pequeñas se logra por agitación, pero en cantidades mayores, por ejemplo 1000 L, el cloro se debe aplicar durante el llenado y esperar 20 minutos para que se estabilice antes de su uso. En las soluciones preparadas se puede verificar la cloración en las llaves de salida con tiras reactivas que detectan hasta 3 mg / L de cloro residual libre. Para tener agua microbiológicamente aceptable es suficiente 1 mg / L de cloro.

Existen diferentes presentaciones de tiras reactivas, una de ellas es de 50 tiras, y tienen un costo aproximado de \$ 100.00 (una verificación tendría un costo de \$ 2.00).

**Monitoreo de la calidad del agua.** Este se debe realizar una vez por semana utilizando tiras reactivas, el cual es un método muy económico; los análisis microbiológicos, cada seis meses; y los análisis físico-químicos, cada año.

### **Fuentes de abastecimiento de agua**

En las unidades de producción el agua que se utiliza puede ser del sistema público, de pozos (de primer o segundo sustrato), ríos, arroyos, lagos, ojos de agua, presas y agua de lluvia. No se recomienda como

fuente de abastecimiento de agua la proveniente de canales o aguas residuales, ya que por sus características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas, representan un riesgo para la salud.

**Pozos excavados.** Estos tienen brocal de acuerdo a sus dimensiones o diámetro; alrededor del pozo debe haber una pendiente del 2% para limitar los escurrimientos.

**Pozos perforados (entubados).** El ademe tiene 50 cm sobre el nivel del terreno, y el contra ademe debe sobresalir al menos 20 cm del nivel del terreno o hasta el mismo nivel del ademe. El espacio entre el ademe y el contra ademe debe rellenarse de concreto (SEMARNAP, 1997).

**Sistemas de almacenamiento.** Estos deben preservar la calidad del agua hasta las tomas para uso en la ordeña. Esto implica que las bombas o sistemas de extracción, las tuberías de conducción, los depósitos de almacenamiento y las llaves finales deben estar en buenas condiciones. Cualquier daño al sistema representa costos para el productor. Para mayor eficiencia económica el productor tiene que elegir adecuadamente los equipos, tuberías y su instalación, tanques de almacenamiento y accesorios para la toma de agua.

Es recomendable que los tanques, aljibes o estanques de almacenamiento permanezcan cubiertos o protegidos para evitar la entrada de animales y materiales sólidos o líquidos que contaminen el agua. En los alrededores se tiene que controlar la maleza, basuras o desechos.

El mantenimiento, limpieza y desinfección es recomendable hacerlo al menos dos veces al año.

Verificar que ductos y conexiones no presenten fugas; en caso de utilizar PVC evitar su exposición al sol para evitar el desarrollo de algas en el interior de la tubería.

## **SECUENCIA 2. PRE-ORDEÑO**

El objetivo del pre-ordeño es estimular a la vaca y preparar los pezones. Consiste en un conjunto de actividades tendientes a disminuir los riesgos de contaminación de la leche y de enfermedades de las vacas, así como el buen manejo de las mismas como base para la obtención de leche de calidad.

La preparación de los pezones previo al ordeño se enfoca a estos, no a la ubre; la higiene, tanto en el ordeño manual como en el mecánico, es para reducir o eliminar flora microbiana presente en la piel o en el canal del pezón (Bushnell, 1984). La eliminación del pelo de la ubre se realiza solamente cortando o quemando con flama de bajo calor.

### **Lotificación de vacas**

El ordeño comienza con las vacas jóvenes, recién paridas, sanas; después las vacas adultas, se inicia con las de mayor producción; enseguida las vacas con calostro, al final vacas con mastitis y/o que han sido sometidas a tratamiento farmacológico y cuya leche no se puede comercializar.

Cuando no se cuenta con equipo de ordeño y son pocos animales, no es posible seguir el orden indicado, también hay que apartar la leche de las vacas con mastitis y la de las vacas en tratamiento médico.

### **Arreo de vacas**

En la etapa de pre-ordeño las vacas permanecerán en un ambiente tranquilo. Como son animales de hábito, un cambio en los procedimientos rutinarios puede causarles estrés (Voisinet *et al.*, 1997).

Evitar la presencia de personas extrañas en el manejo de las vacas, y el ordeñador no golpearlas o maltratarlas.

### **Contención**

Las vacas pueden patear; por ello, en el área de ordeño se les confina para reducir su movimiento y facilitar la contención, la cual se realiza

tomando en cuenta la infraestructura en la sala de ordeño (sala tipo tándem, espina de pescado, o en unidades sin sala de ordeño).

### **Estimulación**

La estimulación de la vaca se realiza al estar limpiando, lavando y desinfectando los pezones. Un buen manejo de los pezones propicia que el sistema nervioso central envíe una señal al cerebro para que secrete la oxitocina (hormona que baja la leche de la glándula mamaria). La preparación de los pezones se realiza en alrededor de 1 minuto. Después de este tiempo se va reduciendo el efecto de la oxitocina y con ello la estimulación para la bajada de la leche.

### **Pre sello**

El pre sello es la inmersión de al menos las tres cuartas partes del pezón en una solución que puede ser yodo, cloro o clorhexidina, con ayuda de un aplicador diseñado especialmente para ello (Shearn, 1981). El pezón tiene que permanecer inmerso en la solución al menos 30 segundos.

### **Preparación de los pezones**

La secuencia de preparación de los pezones es la siguiente:

1. Verificación del orden de entrada de las vacas.
2. Detección de lesiones en ubres y pezones que puedan ser fuente de contaminación de la leche.
3. Limpieza de los pezones con toallas individuales la limpieza es de carácter obligatorio.
4. Limpieza de los cuatro pezones con suficiente agua.
5. Desinfección (pre sello) de los pezones de acuerdo con las indicaciones del proveedor. Puede ser yodo a una concentración de 25 mg / L.

6. Eliminación de los tres primeros chorros de leche (“despunte”) de cada pezón, dirigidos al tazón de fondo oscuro para detectar cambios en consistencia o en color. En caso de observar alteraciones, la leche se recibe en recipiente para desechar. Nunca tirar estos chorros de leche al suelo ni mezcle la leche proveniente de vacas enfermas con leche de vacas sanas.
7. El Secado de los pezones se recomienda hacerlo con toallas individuales de papel; no se recomienda el uso de periódico ni de toallas de tela. Las toallas utilizadas se desechan.

En los sistemas familiares donde se utiliza el “apoyo” del becerro no se recomienda realizar el pre sello, pero sí las demás recomendaciones.

### **Prueba de fondo oscuro**

Permite detectar grumos en la leche (tolondrón) dirigiendo los primeros chorros a través de una malla negra, o bien utilizando un recipiente especialmente diseñado para ello. Es recomendable realizar este procedimiento en todos los ordeños, ya que además de detectar leche anormal, se eliminan bacterias que normalmente se encuentran en el canal del pezón y además se estimula la “bajada de la leche”.

### **Prueba de California**

La prueba de California es uno de los métodos más específicos para la detección de mastitis sub clínica. Se fundamenta en la reacción de un detergente no-iónico (aril alquil sulfonato de sodio) con las células presentes en la leche, (las desintegra), por lo que se forma un conglomerado que da un aspecto gelatinoso. Mientras mayor sea el número de células somáticas, más aparente será esta especie de gelatina y se dará una calificación mayor. Esta es una prueba subjetiva que se realiza al lado de la vaca durante el ordeño. El procedimiento para la Prueba de California es el siguiente:

1. El muestreo se realiza durante el ordeño.
2. Se utiliza una paleta especial CMT que cuenta con cuatro compartimentos. En cada uno se depositan 2-3 mL del reactivo de California,

se agregan 2-3 mL de leche recién ordeñada y se mezclan agitando. Las muestras de leche se toman en condiciones asépticas y los pezones estar perfectamente limpios.

3. Agitar con movimientos circulares y de arriba-abajo durante 10-20 segundos para interpretar la lectura a la reacción.
4. Interpretación de resultados: escala y recuento celular.

|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| Reacción negativa | < 200,000         |
| Traza             | > 150,000-500,000 |
| 1                 | 400,000-1'500,000 |
| 2                 | 800,000-5'000,000 |
| 3                 | > 5'000,000       |

Estos resultados son subjetivos y reflejan la severidad de los casos.

### **Mastitis**

Entre las enfermedades que más pérdidas económicas ocasionan en la producción de leche está la mastitis, que es la inflamación e infección de la glándula mamaria. Generalmente puede ser controlada con el manejo del ordeño en parámetros ideales de incidencia y prevalencia, pero no se puede erradicar.

La mastitis, es una enfermedad compleja por su etiología, patogénesis, y tratamiento. La mastitis puede ser causada por varios factores, entre ellos el mal funcionamiento del equipo de ordeño y la falta de higiene, lo que favorece la penetración de microorganismos patógenos. Desafortunadamente estos agentes no solo entran a la glándula mamaria, sino que son capaces de sobrevivir y multiplicarse en número suficiente para producir infección.

La mastitis es producto de la interacción entre el animal, el ambiente y los microorganismos (triada epidemiológica). El hombre tiene un papel importante en la presencia de la enfermedad, ya que es el responsable de utilizar malas prácticas de higiene. La mastitis puede ser causada por más de 137 especies bacterianas; entre las mas comunes están *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dys-*

*galactiae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*; otros agentes etiológicos menos frecuentes son *Arcanobacterium pyogenes*, *Prototheca*, nocardias, levaduras y micoplasmas.

**Mastitis infecciosa y mastitis ambiental.** Las mastitis se pueden clasificar como infecciosas y ambientales (ocasionadas por patógenos típicamente ambientales).

La transmisión de patógenos que causan mastitis infecciosa de una vaca infectada a otra generalmente sucede a través del equipo de ordeño, de las manos de los ordeñadores, de los materiales para el lavado de los pezones y de la aplicación de tratamientos. Las vacas en confinamiento tienen mayor riesgo de padecer mastitis ambiental que las vacas en pastoreo. Las principales fuentes de patógenos ambientales son el estiércol, los alimentos, el polvo, la tierra y el agua (Philpot y Nickerson, 1991).

**Mastitis clínica y subclínica.** En los casos de mastitis clínica se presenta inflamación de la ubre, y en la secreción láctea se observan "tolondrones". En el caso de la mastitis subclínica la glándula mamaria y la leche suelen presentar un aspecto normal, razón por la cual pasa inadvertida para el ganadero. El diagnóstico de la mastitis subclínica se realiza a través de la Prueba de California.

### **Tratamiento durante el periodo seco**

Para evitar la presencia de antibióticos en leche, la mastitis subclínica (diagnosticada por el grado de gelatinización que equivale a un elevado conteo celular) no suele tratarse durante la lactación, sino al inicio del periodo seco. En muchos casos desaparece al mejorar la higiene del ordeño, al revisar el equipo de ordeño y al cambiar las camas. En caso de que la incidencia sea muy alta (alto porcentaje de animales con un elevado número de células somáticas) es conveniente realizar un análisis microbiológico, con la finalidad de aplicar el tratamiento más específico y adecuado en el periodo más oportuno.

La administración de antibióticos para el tratamiento de la mastitis clínica se efectúa con estrictas medidas de higiene (cánulas estériles, desinfección del conducto del pezón, etc.) .

## **Tratamiento durante la lactación**

Este tratamiento se aplica generalmente en los casos de mastitis clínica, alcanzándose una tasa de curación del 40 al 70%. Hay que considerar los tiempos de eliminación de la leche por contener residuos de antibióticos, ya que estos pueden resistir el tratamiento térmico de pasteurización o ultra pasteurización.

Una forma de diseminar microorganismos de una vaca a otra, o inclusive de un hato a otro, son los tratamientos intramamarios inadecuados en la lactación, y/o periodo seco, contra patógenos causantes de mastitis. Hay que dar atención a medidas sanitarias, entre ellas la utilización de productos comerciales de un solo uso.

Los frascos multi-dosis de las infusiones intramamarias han estado implicados en brotes de mastitis por micoplasmas y levaduras.

### **Toma de muestras de leche para análisis bacteriológico**

Para obtener muestras de leche hay que seguir procedimientos muy estrictos de asepsia con el propósito de evitar la contaminación con microorganismos presentes en el pelo o piel de la vaca, o en el lugar donde se tomen las muestras (Hernández y Valero, 1999).

**Material.** Se utilizan viales desechables estériles o tubos de ensayo con tapón de rosca, de 15 mL de capacidad, y etiquetados.

**Colección de muestra.** La muestra se puede tomar antes o durante la ordeña. Si se toma antes de la ordeña es garantía para obtener un mayor número de microorganismos.

**Preparación de los pezones.** Los pezones se lavan con solución desinfectante de cloro al 0.2%, se secan perfectamente con toallas desechables, después se eliminan los primeros chorros de la leche con el propósito de evitar residuos contaminantes.

Con “torundas” humedecidas en alcohol (metílico, etílico) al 70% se desinfecta la punta del pezón de la siguiente manera (Hernández y Valero, 1999):

### *Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca*

- Se frota vigorosamente la punta del pezón con la “torunda”, utilizando un lado del algodón por pasada.
- Si el algodón queda sucio hay que repetir cuantas veces sea necesario hasta que el algodón quede limpio, lo que indica que el pezón ha quedado perfectamente limpio y desinfectado.
- Cuando se muestrean los cuatro pezones, para evitar la contaminación se desinfectan primero los más distantes.
- Cada vez que la vaca pateé o mueva la cola es necesario desinfectar los pezones nuevamente.

### Recomendaciones para la toma de muestras

- Los tubos se identifican con el número de la vaca y el pezón muestreado.
- Se toma el tubo con la mano, y con el dedo meñique y la palma de la otra mano se quita el tapón.
- El tubo no tiene que tocar el pezón. Con la mínima presión posible se ordeña. No se recomienda exprimir el pezón sobre el tubo.
- Para el análisis bacteriológico son suficientes 4 o 5 mL de leche.
- Inmediatamente después del ordeño se tapa el tubo.
- Se muestrean los cuartos lo más rápidamente posible, comenzando con los más cercanos.
- La persona que tome las muestras tiene que desinfectarse las manos al pasar de una vaca a otra.

### **Almacenamiento de las muestras**

Las muestras siempre mantenerlas a 4-5 °C, por lo que es recomendable transportarlas en termos o cajas de unicel con hielo o refrigerantes.

Las muestras pueden ser congeladas durante dos o tres semanas sin sufrir cambio (Hernández y Valero, 1999).

### **Prueba de sensibilidad a los antibióticos**

La prueba de sensibilidad a los antibióticos (antibiograma) es útil para el tratamiento de la mastitis (Hernández y Valero, 1999), y debe ser valorada por el Médico Veterinario. El uso indiscriminado de antibióticos ha provocado el desarrollo de cepas de microorganismos multirresistentes.

Hay que tener en cuenta que los conceptos de sensibilidad o resistencia fueron obtenidos a partir de los valores de la concentración mínima inhibitoria en medicina humana, por lo que solo en parte son extrapolables al tratamiento de mastitis debido al ambiente que rodea a la glándula mamaria.

Una cepa se considerará susceptible si el halo de inhibición de los microorganismos es mayor o igual al contenido en las tablas de referencia para cada antibiótico. La infección causada por ese microorganismo puede ser apropiadamente tratada con las dosis habituales del antibiótico estudiado.

La cepa se considerará de sensibilidad intermedia si los microorganismos son inhibidos por concentraciones del antibiótico muy cercanas a las alcanzadas en el plasma, por lo que pueden responder pobremente al tratamiento farmacológico.

La cepa se considerará resistente si los microorganismos no son inhibidos por algún antibiótico en las dosis habituales, o muestran resistencia contra ese antibiótico.

La eficacia *in vitro* de un antimicrobiano se valora mediante el porcentaje de curaciones clínicas y bacteriológicas.

En algunas ocasiones existe escasa correlación entre la actividad de los antibióticos *in vivo* e *in vitro*.

### Consideraciones para lograr mejores resultados

- Con la identificación de los microorganismos y la respuesta del grado de sensibilidad a los antibióticos, se mejoran los resultados.
- Por la concentración eficaz del antimicrobiano observado, con la aplicación durante el tiempo recomendado y de acuerdo al sitio afectado de la glándula.
- Con la determinación de la vía de administración y tiempo de duración sin causar efectos secundarios.
- Tratamientos de apoyo para superar la enfermedad (vitaminas, nutrición, antiinflamatorios, etc.).

### **Interpretación de resultados negativos al bacteriológico general en muestras de leche<sup>1</sup>**

Del total de muestras tomadas de casos clínicos se ha encontrado que entre 25 y 40% de ellas son negativas en cultivos de rutina. Algunas de las razones pueden ser las siguientes:

- Microorganismos como Micoplasmas, *Staphylococcus aureus* y coliformes pueden variar extraordinariamente en cantidad en los cuartos infectados, y ocasionalmente están por debajo del límite mínimo de detección, que es de 100 UFC mL.
- El microorganismo puede no estar presente cuando se realiza la colecta, y los signos clínicos corresponden a subproductos como las endotoxinas; este es el caso de la mastitis producida por *Escherichia coli*.
- Las células somáticas pudieron haber inhibido a los microorganismos.
- Eliminación o reducción del número de microorganismos viables por los antibióticos a niveles no detectables.

---

<sup>1</sup>Hernández y Valero, 1999.

- Reducción en el número de microorganismos viables a niveles no detectables debido a las condiciones de almacenamiento de la muestra.
- Los microorganismos requieren de condiciones de cultivo diferentes a las que se utilizan para su aislamiento; por ejemplo, temperatura reducida, incubación prolongada, medio de cultivo especial, condiciones de anaerobiosis.
- Mastitis de origen traumático.

### **Brucelosis**

La brucelosis constituye un ejemplo clásico de zoonosis transmitida por la leche (Magariños, 2000). El hombre puede contraer esta enfermedad a través del consumo de leche cruda o por el contacto con tejido y secreciones de animales enfermos. Cualquiera de los tres tipos de brucela (*melitensis*, *abortus* y *suis*) puede provocar la enfermedad en el hombre, pero la *melitensis* es la más virulenta para el ser humano.

En México se ha estimado que la proporción de vacas no vacunadas que eliminan por la leche un número apreciable del bacilo va del 15 al 35%. Por otra parte, la cantidad de leche infectada por Brucela que llega a las industrias lecheras suele ser mayor que la que contiene bacilos tuberculosos.

En general la leche cruda y los subproductos preparados con leche no fermentada ni tratada térmicamente (pasteurizada) constituyen productos muy peligrosos desde el punto de vista de la transmisión de la brucelosis al humano.

### **Tuberculosis**

El consumo de leche cruda representa alto riesgo de contagio de tuberculosis al hombre (Magariños, 2000). Las vacas infectadas son el reservorio más importante de bacilos tuberculosos. La incidencia de tuberculosis bovina en el hombre depende sobre todo de su presencia en el ganado bovino y de la cantidad de leche cruda o insuficientemente tratada que consume la población.

### *Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca*

Los bacilos tuberculosos de la leche proceden algunas veces del medio externo (estiércol, polvo, etc.) y las otras de las vacas infectadas. El 4% de las vacas positivas a tuberculosis eliminan bacilos en la leche, pero solo el 25% de los animales que excretan bacilos presentan lesiones evidentes en la ubre.

El *Mycobacterium tuberculosis* puede contaminar directamente la leche a través de los ordeñadores y otros operarios, y llegar al consumidor del mismo modo que otros gérmenes patógenos transmitidos por la leche, a menos que se destruya a tiempo con un tratamiento térmico adecuado (pasteurización).

## SECUENCIA 3. ORDEÑO MANUAL

### Amamantamiento

El ternero al mamar utiliza vacío para extraer la leche desde la glándula y el canal del pezón. La leche sale cuando la presión interna en la ubre es menor a la presión extrema del pezón. El becerro al mamar envuelve la lengua y el paladar alrededor del pezón creando un vacío; es en la punta del pezón cuando las mandíbulas se abren y la lengua se retrae hacia atrás, ello hace que la leche se acumule en su boca.

Cuando el ternero deglute la leche, el flujo desde el pezón se detiene debido a que la presión dentro de la boca regresa a su estado normal.

### Ordeño manual

Ordeñar manualmente es extraer la leche contenida en la cisterna del pezón con las manos; el ordeñador presiona el pezón, sin lesionarlo, para la extracción de la leche.

**Formas de ordeño manual.** El ordeño manual se puede realizar a mano llena si el pezón es de tamaño normal, o con dos dedos si el pezón es de tamaño pequeño.

Una mala utilización de la técnica de ordeño puede causar estrés en la vaca, lesión en pezones e infección en la glándula mamaria (García y Ochoa, 1987).

### Casos especiales de ordeño<sup>2</sup>

**Vacas recién paridas.** El ordeño debe iniciarse entre los cinco y siete días después del parto (cuando la leche esté libre de calostro, ya que este no debe mezclarse con la leche). Para ordeñar una vaca recién parida, el escurrido de los cuartos se debe hacer suavemente, porque la ubre se encuentra aumentada de volumen por la congestión. Cuando la ubre está demasiado hinchada o hay mucho calostro es mejor ordeñar cuatro o cinco veces al día, pero sin escurrirla para evitar el maltrato de pezones.

---

<sup>2</sup>García y Ochoa, 1987.

**Vacas “duras”.** En estas el canal del pezón está muy cerrado y es bastante resistente a la salida de la leche, lo que dificulta enormemente el trabajo al ordeñador. El ordeño se facilita al tomar el pezón bastante bajo, por la punta, y presionar con fuerza.

**Vacas demasiado blandas.** En estas vacas el canal del pezón está flojo, lo que permite a la leche salir antes del ordeño. Para reducir este problema es mejor ordeñar estas vacas al principio, con poca fuerza, tomando los pezones bien arriba.

**Vacas con pezones muy largos.** Ordeñar vacas con pezones muy largos es una tarea difícil; para facilitar un poco el ordeño, el pezón se toma por la parte baja.

**Vacas con pezones muy cortos.** El ordeño es más fácil con dos dedos, pero hay que tratar de ordeñar a mano llena y coger el pezón bien alto, con una porción de ubre.

**Vacas con tres pezones funcionales y un “ciego”.** Algunas vacas solamente tienen tres pezones que dan leche; el cuarto se ha perdido a causa de enfermedades como la mastitis. En estos casos el ordeño debe hacerse a dos manos para que sea correcto, pero se debe proceder de la siguiente manera:

Como ejemplo, los círculos que aparecen en la Figura 1 representan los cuatro pezones, y los números dentro de ellos la cantidad de leche que producen en un ordeño. El “ciego” corresponde al pezón que no da leche.

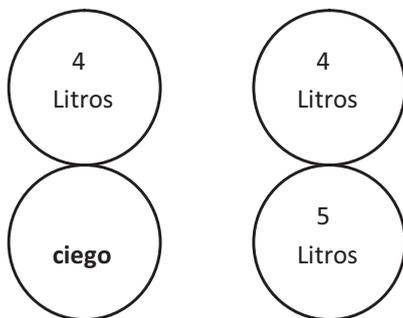


Figura 1. Esquema de la ubre con tres pezones funcionales

Es fundamental decidir cuáles cuartos se ordeñan al mismo tiempo y qué cantidad de leche se debe extraer de cada cuarto, de tal manera que el ordeño se haga siempre a dos manos. En este caso la forma de ordeñar sería la siguiente (Figura 2):

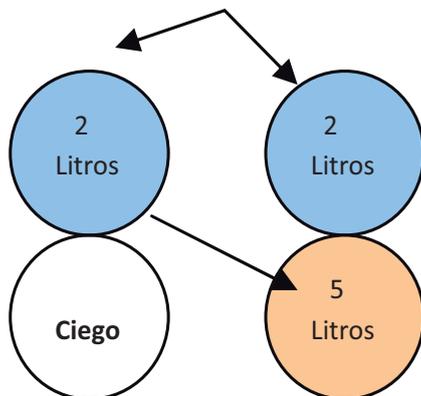


Figura 2. Esquema de ordeño alternativo con tres pezones

Ordeñar dos pezones durante la mitad del tiempo de ordeño aproximadamente, en este caso serían los dos que indican las flechas. Enseguida ordeñar la otra la mitad del tiempo de los pezones ya ordeñados, con la mitad del pezón que falta por ordeñar. En este momento el ordeño es cruzado como lo indica la flecha cruzada en la Figura 2. Por último quedan los pezones con cantidades aproximadamente iguales de leche, los cuales se ordeñan y escurren para terminar al tiempo con ambos.

**Cuartos con diferentes cantidades de leche.** Normalmente en los cuartos posteriores se produce más leche (60%) que en los anteriores (40%); por ello, hay que ordeñar anteriores o posteriores al mismo tiempo para terminar igual. No es aconsejable el ordeño cruzado.

**Leche residual.** La leche residual es aquella que se queda en los alveolos, es decir, que no baja a la cisterna debido, entre otras, a las siguientes causas:

- La vaca no fue estimulada suficientemente

*Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca*

- El ordeño fue muy demorado
- Se desestimuló la vaca por un ruido extraño, un golpe, un susto, etc.

Cuando el alveolo permanece lleno más de tres días, deja de producir leche, es decir, “se seca”. Si el ordeño no se realiza correctamente, diariamente se va perdiendo gran cantidad de alveolos; esto provoca que el periodo de lactación se reduzca, lo que ocasiona pérdida en la producción de leche.

La calidad de la leche se ve afectada en el contenido de grasa debido a que las primeras porciones contienen menos que las últimas.

## SECUENCIA 4. ORDEÑO MECÁNICO

### Instalaciones

**Sala de ordeño.** Constituye una instalación especializada que tiene las siguientes ventajas: flexibilidad para aumentar el hato, adaptabilidad para la automatización del proceso de ordeño y mecanización del manejo de la leche (Alfa de Laval, 2008).

**Factores a considerar para seleccionar la sala de ordeño.** Para seleccionar un modelo de sala de ordeño hay que considerar los siguientes factores: número de cabezas del hato, inversión económica, tecnificación de la explotación y tipo de ganado, preferencias personales del propietario, disponibilidad de terreno y planes de expansión. La eficiencia o rapidez del ordeño, tráfico de animales, el acceso a la sala y el acomodo de los animales en su plaza deben facilitarse para reducir tiempos de movimiento.

Cuando son pocos los animales a ordeñar se puede utilizar una máquina de ordeño portátil. Sin embargo, se recomienda evitar el uso de máquinas portátiles con pistones en las que no es posible regular las pulsaciones y el vacío porque lesionan los pezones.

### Tipos de salas de ordeño

**Sala tipo parada convencional.** Esta sala es de un solo nivel. Los animales se colocan paralelos uno al lado de otro y quedan inmovilizados por pescueceras de candado, las cuales pueden ser de ajuste individual o colectivo según se desee. El manejo de animales se realiza en forma individual y la sala está concebida para manejar las máquinas ordeñadoras en forma de péndulo.

Hay dos modelos de sala tipo parada convencional: a) de una sola hilera de plazas y b) de dos hileras. En esta última existen dos opciones en cuanto a la disposición de plazas: en doble hilera, con los animales colocados cola a cola y separados por un pasillo central de circulación, o frente a frente con pesebres interpuestos y con pasillos de circulación laterales. En instalaciones pequeñas y medianas es común la sala de una sola hilera de plazas.

**Ventajas:** fácil identificación y observación de los animales, construcción sencilla y económica, fácil tránsito y colocación de los animales, el tiempo de permanencia de los animales es igual al tiempo de ordeño.

**Desventajas:** los ordeñadores realizan mayor esfuerzo físico en virtud de que tienen que inclinarse para colocar y retirar la unidad de ordeño, así como para realizar la limpieza de las ubres; los ordeñadores corren mayor riesgo de ser lastimados por las vacas pateadoras o nerviosas; con poca aceptación a la automatización.

**Sala tipo tándem.** Permite el manejo de los animales de manera individual, los cuales quedan inmovilizados. Cada jaula cuenta con una puerta de entrada y otra de salida, y las vacas se colocan una tras otra en forma lineal (tándem) o ligeramente diagonal. Esta sala está concebida para equiparla con una máquina por jaula para lograr mayor eficiencia.

**Ventajas:** fácil observación y reconocimiento de las vacas; por el manejo individual, las vacas de ordeño lento no constituyen problema; el tiempo de permanencia de las vacas en sus plazas se ajusta al tiempo de ordeño; permite una Lotificación menos estricta del ganado.

**Desventajas:** se requiere casi del doble de espacio longitudinal en comparación con la sala tipo espina de pescado, y la eficiencia en el ordeño es menor; en virtud de que el ordeñador tiene que recorrer mayores distancias entre ubres, y además tiene que abrir y cerrar dos puertas por jaula, se requiere mayor inversión en obra civil y equipo; se reduce el número de máquinas que un ordeñador puede manejar con eficiencia.

**Sala tipo espina de pescado.** Es una sala de dos niveles: en el elevado se acomodan las vacas, y en el bajo (fosa de 75 a 80 cm de profundidad) se ubican los ordeñadores.

Los animales quedan inmovilizados con un espacio limitado por dos puertas, una de entrada y otra de salida, ubicadas en los extremos de cada fila por una estructura metálica a lo largo del borde del pasillo de las vacas, que por lo general tiene la forma de zig-zag, y por una estructura donde se colocan los comederos para el suministro de con-

centrado, cuyo llenado puede ser en forma manual o automática.

**Ventajas:** se ahorra espacio en virtud de la posición de las vacas y la proximidad de las ubres, se logra una mayor eficiencia de ordeño puesto que el ordeñador tiene que recorrer menores distancias, se facilita la vigilancia del ordeño, tiene líneas cortas de vacío que permiten obtener un vacío más estable, medianos costos de inversión.

**Desventajas:** se dificulta observar el arete o identificación de los animales; como los animales se manejan en grupo, las vacas de ordeño lento retienen a las demás, por lo que se requiere un mejor manejo y lotificación del ganado; pobre observación de la glándula mamaria durante el ordeño.

## **Funcionamiento y equipo**

### **Fundamentos del ordeño mecánico**

El ordeño mecánico se realiza con una máquina ordeñadora que funciona mediante energía eléctrica o con motor de gasolina, la cual simula el amamantamiento del ternero (Figura 3). La máquina de ordeño también utiliza vacío para extraer la leche de la ubre. Si el vacío que se aplica al pezón es demasiado elevado y/o el tiempo es prolongado, la sangre se acumula en el tejido corporal y el resultado es la congestión del pezón al detenerse el flujo sanguíneo. Un equipo de ordeño bien diseñado y bien manejado debe lograr el ritmo de pulsado recomendado.



**Figura 3.** Ordeño mecánico.

## **Partes que integran al equipo de ordeño mecánico**

**Bomba de vacío.** El vacío generado por la bomba en el sistema es utilizado para tres funciones principales: dar masaje al pezón durante la fase de descanso, provocar la salida de la leche y auxiliar en la conducción de la leche a través de las tuberías. Básicamente existen tres tipos de bombas de vacío: de pistón, rotativas, e hidráulicas o centrífugas.

**Tanque de distribución de vacío.** Su propósito es mantener una reserva de vacío para las posibles fluctuaciones, así como cerrar en él todos los ramales de abastecimiento de vacío para evitar puntos ciegos y conexiones en "T" que incrementan las fricciones y dificultan el libre desplazamiento del aire.

**Regulador de vacío.** La función de este regulador es mantener el nivel de presión negativa en el sistema, con lo que se evita que el nivel de vacío aumente y provoque daño en la glándula mamaria, o bien que restablezca con rapidez el nivel deseado evitando fluctuaciones de vacío que predispongan la presencia de mastitis.

**Medidor de vacío.** Está calibrado en pulgadas de mercurio, o en centímetros o milímetros de mercurio. Los modelos pueden ser de reloj, de columna de mercurio calibrado en 15 pulgadas de Hg o 51 kilopaskales (kpa) que es más exacto y sensible. Se recomiendan dos medidores de vacío, uno en el tanque de distribución o en el ramal de abastecimiento que va del tanque a la trampa sanitaria, y otro en un sitio visible para el ordeñador. Se recomienda utilizar el de columna de mercurio y el de reloj (Vacuómetro).

**Línea para vacío y pulsación.** Es la red de conductos no sanitaria que abastece el vacío generado por la bomba al tanque de distribución, a la línea de pulsación, a los pulsadores, a los casquillos de la unidad para ordeño, la trampa sanitaria y a la línea de ordeño y lavado, cuando el sistema funciona con jarras pesadoras. Es recomendable usar PVC en estas líneas por ser aislante de la corriente eléctrica y por su facilidad de lavado e instalación.

**Trampa sanitaria.** Puede ser de vidrio, plástico o preferentemente de acero inoxidable. La trampa sanitaria previene el contacto de la leche

con el aire del sistema debido al movimiento de líquido de un lugar a otro. Es el punto de unión donde se separa el equipo en dos partes: la que tiene contacto con la leche, y la que no lo tiene.

**Línea para transporte de leche.** Su propósito fundamental es transportar de manera eficiente leche y aire hasta la jarra receptora, en donde el aire y la leche son separados posteriormente. Las tuberías para leche pueden ser de vidrio o acero inoxidable y deben tener totalmente acabado sanitario; el primero tiene la ventaja de permitir la visibilidad continua, lo que facilita la detección de obstáculos en el flujo de leche y el grado de limpieza de esta.

**Jarra final de recibo y bomba para leche.** Recipiente para el recibo de leche procedente de las unidades ordeñadoras y el traslado de esta al tanque de almacenamiento a través de una bomba sanitaria. La jarra final de recibo debe tener la entrada de la tubería de leche en el tercio superior para asegurar la estabilidad de vacío.

**Pulsador.** La función del pulsador es dirigir alternativamente vacío y aire al espacio entre la pezonera y el casquillo, se produce la fase de descanso o masaje y fase de ordeño. El ciclo completo hace un total de 100% y la tasa de pulsación normalmente varía de 50:50 a 70:30. Unidad de ordeño (pezonera, casquillo y colector). La pezonera es la única parte del sistema que tiene contacto físico con la vaca. El propósito es permitir la aplicación del vacío al pezón. Está constituida por el casquillo y la pezonera de hule; ambos deben ajustarse a la perfección al tipo de casco.

**Pezoneras.** Las pezoneras de silicón son de tres formas: redonda, triangular y cuadrada. La forma triangular es la más común y la que proporciona mejores resultados.

**Copas metálicas o casquillos.** Deben ser específicas a las de la pezonera para lograr un ordeño adecuado; su longitud debe ser suficiente de tal forma que permita el correcto funcionamiento de la pezonera; esta no deberá apretar a la pezonera a tal grado que se dificulte el desplazamiento del aire.

Se requiere que el diámetro de la pezonera a la entrada del colector

ordeñador sea lo suficientemente amplia para el movimiento rápido de la leche.

**Colector o sifón.** Une a las cuatro pezoneras y recolecta la leche para transportarla a través de una manguera de su salida a la jarra pesadora o al lactoducto, según el caso.

**Mangueras de leche y de aire.** Pueden ser de hule o de plástico transparente; el hule es mas flexible y es de mayor duración, pero el plástico es más conveniente por la visibilidad, aun cuando tiende a cuartearse en los extremos. Las mangueras deben ser del diámetro propuesto por los fabricantes de la máquina; una manguera de diámetro mayor puede ser más apropiada para sistemas con líneas bajas.

**Sistema de pesado.** El sistema de ordeño mecánico permite registrar la producción individual de las vacas. Pueden ser jarras de cristal con pesadores de flujo constante y pesadores proporcionales.

### Fallas comunes en el ordeño mecánico

Cuando hay errores en el ordeño y fallas en el equipo se pueden producir lesiones en el pezón, inclusive mastitis y contaminación de la leche. En el Cuadro 2 se presentan las fallas mas comunes, las causas y los efectos que provocan.

**Cuadro 2.** Fallas comunes en el equipo de ordeño, causas y efectos.

| Tipo de falla                        | Causa  | Efecto   |
|--------------------------------------|--|--|
| Niveles altos de vacío en el sistema | Reguladores de poca capacidad, sucios o mal calibrados.                | Congestionamiento de pezones; hiperqueratosis del canal del pezón.       |
| Niveles bajos de vacío en el sistema | Desgaste de bombas; pérdidas de vacío en línea de aire.                | Ordeños lentos; caída de la unidad de ordeño; contaminación de la leche. |
| Fallas en sistema de pulsación       | Mal estado del pulsador.   | Sub-ordeño; sobre-ordeño; congestión de pezón.                           |
| Fluctuaciones de vacío               | Desgaste de bomba, pulsador; fugas de vacío en sistemas de conducción. | Reflujo de leche a pezón, contaminación de leche.                        |
| Defectos en la línea de vacío        | Las mangueras pueden ser largas o estar rotas.                         | Sub-ordeño.  |

## **Recomendaciones para un buen ordeño mecánico**

1. Ordeñar siempre a la misma hora, con intervalo de 12 horas entre mañana y tarde.
2. Verificar el funcionamiento adecuado del sistema y nivel de aceite de las bombas de vacío. Algunas bombas cuentan con sistemas de recuperación de aceite que es necesario cambiar cuando esté demasiado quemado, lavando el recipiente con un trapo humedecido en diesel.
3. Verificar la tensión de las bandas de la bomba de vacío.
4. Encender los calentadores a una hora oportuna para disponer de agua caliente al inicio del ordeño. La capacidad de los calentadores debe ser adecuada al volumen requerido de agua, considerando que se requerirá agua a 40°C para el lavado de las ubres, agua a 85°C para el lavado de las pezoneras entre una vaca y otra, y agua a 60°C para el lavado del equipo al finalizar el ordeño.
5. Verificar que el orificio de inyección de aire del colector, la pezonera y el niple de unión no estén obstruidos.
6. Revisar la integridad de las pezoneras y los tubos para leche y aire.
7. Encender la bomba de vacío 15 minutos antes de iniciar el ordeño para que desarrolle toda su capacidad.
8. Medir el número de pulsaciones por minuto de acuerdo con las especificaciones del equipo.
9. Preparar las soluciones desinfectantes y los utensilios necesarios.
10. Colocar la unidad de ordeño empezando por la pezonera más lejana, evitando que estas toquen el piso o jaulas.
11. Vigilar que no haya fugas de vacío por mal acoplamiento de las pezoneras a los pezones durante el ordeño.

*Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca*

12. Vigilar el flujo de leche y retirar la unidad en el momento preciso de terminado el ordeño, evitando el sobre-ordeño.
13. Cortar el vacío y retirar la unidad de manera suave y sin tirones.
14. Sumergir las pezoneras de dos en dos en una cubeta con agua limpia.
15. Lavar las pezoneras por 5 segundos cada una con agua caliente, y después escurrir la máquina.
16. Cambiar el agua de la cubeta de enjuague cada 25 vacas aproximadamente.
17. Pesar la producción individual de leche cuando menos cada mes para poder lotificar al ganado.

## SECUENCIA 5. POST-ORDEÑO

Las actividades post-ordeño tienen el propósito de proteger las vacas de infecciones y prevenir la contaminación de la leche para conservar su calidad. El post-ordeño considera el manejo de las vacas desde el sellado de los pezones hasta la salida del área de ordeño.

### Sellado de pezones

**Tipos de selladores.** Entre los selladores mas comunes se encuentran: los *yodóforos*, en concentraciones de 0.12 al 2%; *compuestos cuaternarios de amonio*, en concentraciones de 0.05 al 1%; *hipoclorito de sodio*, a una concentración del 4%; *clorhexidina*, en concentraciones del 0.2 al 1%, con emolientes y tintura.

**Fundamento del sellado de pezones.** Después del ordeño el conducto del pezón está abierto, y en esos momentos es mayor el riesgo de que las bacterias de la piel del pezón o del ambiente penetren a la glándula mamaria, por lo que se debe aplicar un sellador efectivo inmediatamente al término del ordeño. El sellado es quizás el procedimiento más importante que por sí solo previene las infecciones de la ubre, mas aún si existen lesiones en el pezón, como grietas y heridas.

**Forma de aplicación del sellador.** El sellador debe cubrir al menos la mitad de la parte baja del pezón. El método convencional de aplicación del sellador es la inmersión de los pezones en algún tipo de copa "aplicador". El diámetro y la profundidad de la copa deben ser tales que aseguren una cobertura total del pezón para permitir una adecuada desinfección de la piel y de las lesiones del pezón; se recomienda una profundidad de 10 cm y un diámetro de 5.5 cm. Es conveniente que la copa tenga algún dispositivo para colgarla en la sala para evitar derrames. Cuando la copa del aplicador contiene suficiente producto, es posible desinfectar los pezones de aproximadamente 10 a 15 vacas sin necesidad de rellenar. La solución que queda en el aplicador debe eliminarse al término del ordeño (nunca devolver al envase original), y la copa debe lavarse y mantenerse limpia y seca hasta el ordeño siguiente. Es recomendable que al finalizar el ordeño se procure que las vacas permanezcan de pie alrededor de 30 minutos, permitiendo así el cierre del conducto del pezón, lo que impide el acceso de microorga-

nismos al interior de la glándula mamaria.

### **Manejo y almacenamiento de la leche**

**Filtrado de la leche.** La leche que se obtiene tanto del ordeño manual como del ordeño mecánico debe ser filtrada para eliminar impurezas que son causa de multiplicación de bacterias.

En el ordeño manual la leche es colectada en cubetas u otro tipo de recipiente y después se vacía en perolas o tanques. Estas deben estar provistas de un filtro o colador de tela mosquitero o tela de algodón para retener partículas de tierra, insectos, pelo de los animales, pasto, alimento balanceado u otros materiales. Una vez lleno el tanque debe ser tapado para evitar la contaminación proveniente del ambiente. Es recomendable retirar el filtro o colador con frecuencia para limpiarlo y evitar así la acumulación de impurezas. En el caso del ordeño mecánico se colocan filtros industriales en la línea de conducción o al final del proceso. Si la leche se vierte directamente a una cisterna de enfriamiento, la filtración se realiza de la misma forma. Estos filtros deben lavarse y desinfectarse en cada ordeño (Hernández *et al.*, 2009).

**Conservación de la leche.** La conservación implica mantener las condiciones nutritivas e higiénicas de la leche después del ordeño hasta su entrega a los consumidores directos, a los centros de acopio o a procesadores (Magariños, 2000). En México el enfriamiento de la leche es el único proceso autorizado para su conservación.

La leche recién ordeñada tiene la temperatura corporal de la vaca (alrededor de 37°C). Esta temperatura es óptima para la multiplicación de las bacterias de la leche; además, es un excelente medio para el desarrollo microbiano. Por lo tanto, un manejo inadecuado de la leche hará que las bacterias se multipliquen modificando su calidad al grado de que no sea apta para procesamiento industrial ni para consumo humano. Por esta razón la leche debe ser enfriada a 4°C o menos, sin llegar a la congelación, inmediatamente después del ordeño ya que a esta temperatura disminuye el crecimiento bacteriano y se amplía el tiempo de almacenamiento en el establo.

Al agregar la leche de un segundo ordeño, la leche almacenada en el

tanque no debe alcanzar más de 10°C y debe regresar a la temperatura de 4°C en no más de 60 minutos posteriores al término del ordeño.

El ganadero debe considerar eventualidades en la recolección de la leche, es por ello que se recomienda que la capacidad instalada para el enfriamiento y almacenamiento de leche en la explotación lechera debiera ser el suficiente para contener el volumen producido en el ordeño realizado en 36 horas.

Algunas razones por las que el productor no enfría la leche son: altos costos, falta de electricidad, no disponibilidad de suficiente agua, poca producción, o simplemente no reconocer su importancia para la conservación de la calidad. Ante estas circunstancias es indispensable sensibilizar al productor sobre la urgencia de garantizar las condiciones de higiene del ordeño y del manejo de la filtración. Aunado a ello, las perolas para el traslado de la leche deben estar perfectamente limpias, desinfectadas y tapadas, lo que asegura la conservación de la leche durante un máximo de 2 horas después del ordeño, tomando en cuenta que la leche al salir de la ubre tiene pocas bacterias y además contiene sustancias bactericidas que impiden la multiplicación de los microorganismos (Montero *et al.*, 2009).

### **Traslado de la leche**

**Leche con enfriamiento.** Cuando se cuenta con sistema de ordeño mecánico y tanque de enfriamiento, la leche debe ser enfriada rápidamente a 4°C, a esta temperatura puede ser mantenida hasta por 24 horas y ser trasladada a los centros de acopio o tanques cisterna.

**Leche cruda sin enfriamiento.** En orden de calidad higiénica, los contenedores para almacenar la leche deben ser de acero inoxidable, aluminio o plástico. No se recomiendan los revestidos o estañados porque se dañan fácilmente y se oxidan en poco tiempo. Los recipientes deben llenarse completamente para evitar el movimiento de vaivén ya que debido a la constante agitación de la leche, se favorece el desarrollo microbiano (NMX-F-120-COFOCALEC, 2006). El transporte de los contenedores debe ser de inmediato, ya sea que los recojan en la unidad de producción, a la orilla de la carretera, o bien que deban ser entregados en el centro de acopio o sitio de compra.

## SECUENCIA 6. CALIDAD DE LA LECHE

En la actualidad la aceptación de la leche cruda en los centros de acopio o en las procesadoras depende del resultado de la evaluación de su calidad. Una leche de buena calidad higiénico-sanitaria es aquella que reúne las siguientes características:

- Color y olor aceptables
- Acidez 1.3-1.6 g/L
- Prueba de alcohol al 72%, negativa
- Bajo contenido de bacterias mesofílicas aerobias
- Bajo contenido de células somáticas
- Libre de microorganismos patógenos
- Libre de toxinas producidas por gérmenes
- Libre de residuos químicos e inhibidores
- No presentar materia extraña, conservadores ni sustancias neutralizantes

La evaluación de la calidad se realiza a través de pruebas sensoriales, fisicoquímicas e higiénico-sanitarias (Cuadro 3) que determinan las características y propiedades de su aptitud nutritiva e inocua en el uso y consumo humano, aseguran la adquisición de una materia prima adecuada para la elaboración de productos lácteos, y comprueban si cumplen con las normas o criterios de calidad (Hernández *et al.*, 2009).

**Cuadro 3.** Clasificación de pruebas de calidad de la leche.

| Pruebas de calidad   | Análisis  |
|----------------------|---|
| Sensoriales          | Olor y color característicos.   |
| Fisicoquímicas       | Densidad, sólidos no grasos, grasa, proteína, lactosa y punto crioscópico.  |
| Higiénico-sanitarias | Presencia de material extraño, acidez, prueba de alcohol, reductasa, cuenta de células somáticas, cuenta total de bacterias, coliformes, residuos químicos e inhibidores y aflatoxina M1. |

En el Cuadro 4 se presentan los estándares higiénico-sanitarios de calidad de la leche cruda de vaca establecidos por la Norma 700 (NMX-F-700-COFOCALEC, 2004), y el pliego de condiciones de la leche México Calidad Suprema (Tepal *et al.*, 2009). En el Cuadro 5 se presentan los inhibidores de la leche que contempla la Norma Oficial Mexicana NOM 243 SSA1 2010.

## **Pruebas de calidad sensoriales**

La calidad sensorial u organoléptica está basada en la percepción a través de los sentidos en relación con atributos como olor, sabor y color de la leche.

**Olor.** La leche tiene la particularidad de absorber olores derivados de ciertos alimentos consumidos por la vaca antes del ordeño, por contacto con materiales, sustancias o ambiente de dudosa higiene (perolas destapadas cerca de gasolina, aceite, ensilaje, etc.); por lo tanto, la leche con olor no característico indica falta de calidad.

**Color.** El color normal de la leche es blanco. La leche adulterada con agua presenta un color blanco con tinte azulado; la leche proveniente de vacas enfermas con mastitis presenta un color gris amarillento con grumos; un color rosado indica presencia de sangre; una leche adulterada con suero puede adquirir una coloración amarillo-verdoso debido a la presencia de riboflavina. Cualquier color anormal en la leche conduce al rechazo de esta.

**Sabor.** El sabor natural de la leche es ligeramente dulce, por su contenido de lactosa. Algunas veces presenta cierto sabor salado por la alta concentración en cloruros al final del periodo de lactación, o por estar atravesando por estados infecciosos de la ubre (mastitis). Para prevenir problemas de salud no se recomienda probar la leche cruda.

*Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca*

**Cuadro 4.** Especificaciones higiénico-sanitarias de la leche cruda de vaca.

| Parámetro   | NMX-F 700-COFOCALEC, 2004  | México Calidad Suprema, 2007 |
|---|--|------------------------------|
| Acidez (expresada como ácido láctico) g/L   | 1.3 a 1.6  | 1.35 a 1.45                  |
| Prueba de alcohol al 72 % v/v   | Negativa   | Negativa                     |
| Materia extraña   | Libre  | Libre                        |
| Inhibidores   | Negativo   | Negativo                     |
| Aflatoxina M1 µg/kg *   | 0.5  | 0.5                          |
| Cuenta total de bacterias Mesófilicas aerobias UFC/mL<br>Clase 1<br>Clase 2<br>Clase 3<br>Clase 4 | ≤ 100,000<br>101,000 a 300,000<br>301,000 a 599,000<br>600,000 a 1'200,000 | 35,000 máx.                  |
| Conteo de Células Somáticas CCS/mL<br>Clase 1<br>Clase 2<br>Clase 3<br>Clase 4                    | ≤ 400,000<br>401,000 a 500,000<br>501,000 a 749,000<br>750,000 a 1'000,000 | ≤ 400,000                    |
| Grasa butírica g/L<br>Clase A<br>Clase B<br>Clase C   | ≥32<br>31 mínima<br>30 mínima  | ≥32                          |
| Densidad a 15 C, g/mL   | 1.0295 mínima  | 1.030 mínima                 |
| Proteínas totales, g/L<br>Clase A<br>Clase B<br>Clase C   | ≥31<br>30 a 30.9<br>28 a 29.9  | ≥31                          |

\*Parámetro sujeto a evaluación hasta que se cuente cuando menos con dos laboratorios acreditados en el método de prueba.

**Cuadro 5.** Inhibidores bacterianos en leche.

| Inhibidores        | NOM-243-SSA1, 2010 |
|--------------------|--------------------|
| Derivados clorados | Negativo           |
| Sales cuaternarias | Negativo           |
| Oxidantes          | Negativo           |
| Formaldehido       | Negativo           |
| Antibiótico        | Negativo           |

### Pruebas de calidad fisicoquímicas

**Densidad.** Esta prueba permite detectar adulteraciones en la leche por separación de grasa o por agregar leche descremada o agua (la densidad de la leche disminuye cuando se agrega agua). El valor de la leche de vaca debe tener al menos 1.029 (NMX-F-700-COFOCA-

LEC, 2004). La desventaja de tomar la densidad como parámetro para evaluar presencia de agua en la leche es que su lectura depende de todos los componentes, incluyendo la grasa, la cual tiene una amplia variabilidad, es decir, a mayor contenido de grasa mayor densidad. La densidad de la leche no debe determinarse cuando la leche está recién ordeñada, sino hasta después de 4 horas; la densidad incrementa gradualmente hasta que se estabiliza.

Esta prueba se realiza con un lactodensímetro de Quevenne, calibrado a 15°C, con escala graduada entre 15 y 40, valores que corresponden a las milésimas de densidad, es decir, el número 32 del lactodensímetro indica la densidad de 1.032. Es necesario hacer una corrección por temperatura cuando no se lee a 15°C.

### **Pruebas de calidad higiénico-sanitarias**

En las unidades de producción las condiciones de higiene y sanidad tienen un efecto importante en la calidad microbiológica de la leche; cuanto mayores sean los cuidados que se tengan en su obtención, menores serán los contenidos microbianos en la misma (Hernández *et al.*, 2009).

**Acidez Titulable.** La leche cruda generalmente presenta una acidez de 1.3 a 1.6 g / L, expresada como ácido láctico (NMX-F-700-COFO-CALEC, 2004). En la acidez se determina la suma de la acidez natural de la leche (caseínas, sustancias minerales, ácidos orgánicos y fosfatos) y la acidez desarrollada (ácidos orgánicos generados a partir de la lactosa por crecimiento microbiano). Cuando la carga microbiana es muy alta, la acidez alcanza un valor alrededor de 2.2 g / L, ocasionando que las proteínas de la leche precipiten con el calentamiento, lo que indica que no puede ser sometida al proceso de pasteurización.

La leche recién ordeñada de vacas Jersey presenta en general mayor acidez que la de vacas Holstein, debido a la concentración más elevada de proteína. Se ha reportado que niveles por debajo de 1.3 g / L podrían indicar presencia de agua, neutralización de la leche con sustancias alcalinas o leche proveniente de vacas con mastitis. Niveles por encima de lo normal se presentan por almacenamiento prolongado de la leche sin enfriamiento, o por falta de higiene en su manejo. La

acidez se mide en base a una titulación con hidróxido de sodio 0.1 N utilizando fenolftaleína como indicador.

**Prueba de alcohol.** En los centros de acopio de leche y en las industrias esta prueba es clave, y tiene la finalidad de detectar la estabilidad térmica de la leche cruda; es decir, si la leche tiene la capacidad de resistir altas temperaturas de procesamiento sin presentar coagulación visible. Si la muestra es inestable, la leche se coagula, lo que indica que no es apta para su procesamiento. Resultados positivos a la prueba de alcohol generalmente se deben a un elevado grado de acidez; algunas muestras que presentan acidez de 1.3 a 1.6 g / L y pH de 6.6 normales dan positivo a la prueba principalmente por altos contenidos de cloruros, calcio y sodio, o por la presencia de calostro en la leche (Piñeros *et al.*, 2005).

Para la determinación de esta prueba se mezcla la leche con igual volumen de etanol al 72 % (v/v), ya que el alcohol a esa concentración produce coagulación de la leche cuando la acidez es igual o mayor a 22.5 mL NaOH 0,1N / 100mL.

**Prueba de reductasa.** Este es un indicador indirecto de la multiplicación de las bacterias presentes en la leche. Se emplea el azul de metileno para evaluar la calidad microbiológica de la leche. El tiempo que tarda en pasar el azul de metileno de su forma oxidada (azul) a la reducida (incolora) bajo condiciones controladas es proporcional a la calidad sanitaria de la leche, aunque no es posible establecer con exactitud la cantidad de microorganismos.

Existen otros factores que pueden afectar el tiempo de reducción, entre ellos el tipo de microorganismo, el número de leucocitos y la tendencia de la leche a elevar los microorganismos hacia la superficie a medida que se va separando la crema en el tubo de prueba. Esta prueba no es muy apropiada para la evaluación de la calidad higiénica de las leches refrigeradas, debido a que se relaciona con el recuento de bacterias mesófilas (temperatura óptima: 25 a 40 °C) pero no con las psicrófilas (temperatura óptima: 10 a 20 °C) ni con las bacterias termodúricas (resisten la pasteurización). La presencia de antibióticos e inhibidores en leche distorsiona los resultados de la prueba (Piñeros *et al.*, 2005).

La prueba consiste en teñir la leche con el colorante azul de metileno e incubar a 37 °C. Si el contenido de microbios es alto se decolorará rápidamente volviendo a su color blanco; al contrario, si existen pocos microorganismos, el color azul se pierde lentamente. Esta prueba debe realizarse dentro de un lapso no mayor de 4 horas desde la toma de la muestra; si se toman muestras en campo no debe exceder las 8 horas. En ambos casos las muestras deben mantenerse a una temperatura entre 0-5 °C hasta el inicio de la prueba.

**Cuenta Total de Bacterias.** La Cuenta Total de Bacterias (CTB) es el principal indicador de la calidad higiénica de la leche cruda. La Norma Mexicana (NMX-F-700-COFOCALEC, 2004) describe el requerimiento en cuatro clases de producto (Cuadro 4). La carga microbiana inicial de la leche está directamente relacionada con la limpieza de los utensilios, el almacenamiento de la leche y el transporte.

Un conteo mayor de 400,000 UFC / mL indica deficiente higiene y desinfección de los ordeñadores, baldes, utensilios en contacto con la leche y equipo de ordeño.

La determinación de la cuenta bacteriana se describe en la técnica de cultivo en placa (Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1, 1994), aunque también existen métodos de microscopía directa y métodos indirectos que emplean compuestos fluorescentes (NMX-F-705-COFOCALEC, 2004).

**Cuenta de Células Somáticas.** El Conteo de Células Somáticas (CCS) es una prueba de rutina que se utiliza como indicador de la calidad de la leche y de la salud de las ubres. La Norma Mexicana (NMX-F-700-COFOCALEC, 2004) establece especificaciones sobre el contenido de células somáticas en leche cruda, describiendo el requerimiento en cuatro clases (Ver Cuadro 4). Conteos superiores a 400,000 CCS / mL se sospecha de mastitis subclínica.

El aumento del CCS está asociado a consecuencias negativas en la leche fluida y derivados, tales como disminución en el rendimiento queso hasta del 4%, aumento del tiempo de formación de la cuajada, pérdida de proteína del suero, probabilidad de presentar sabor rancio en queso y mantequilla, disminución de la vida de anaquel de la leche

fluida y de productos derivados (Reyes *et al.*, 2010).

Los métodos rápidos para la evaluación de células somáticas incluyen la citometría de flujo y espectroscopia de infrarrojo, los cuales arrojan en pocos minutos resultados confiables (NMX-F- 706-COFOCALEC, 2004).

**Inhibidores.** Los inhibidores en la leche son un indicador de la presencia de antibióticos, derivados clorados, sales cuaternarias, oxidantes, formaldehído, o del uso de concentraciones exageradas de desinfectantes y detergentes, como cloro y yodo al lavar los utensilios de la ordeña.

La presencia de antibióticos en la leche destinada a la elaboración de productos lácteos (queso, yogurt, mantequilla) repercute en el desarrollo de microorganismos que provocan la fermentación de estos productos. Por ejemplo, la acidificación se retrasa, la coagulación es deficiente o nula, la retención de agua disminuye, las características normales del producto se alteran (textura blanda, sabor amargo, consistencia arenosa en yogurt), e interferencia en la formación de aromas en mantequilla. Esta serie de repercusiones provocan pérdidas tanto de calidad como económicas. Las bacterias empleadas en la elaboración de yogurt, *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus termophilus*, son las más sensibles a los antibióticos.

Aún persiste la creencia de que los tratamientos térmicos a que se somete la leche cruda destruyen las sustancias inhibitoras, en particular los antibióticos. Sin embargo, estudios realizados señalan que el tratamiento a 83 °C por 10 min produce una pérdida de actividad superior al 20% en cefalexina, cefuraxima y clortetraciclina. La pasteurización (60°C por 30 min) produce una leve inactivación sobre los betalactámicos (6-20%) y tetraciclinas (18-31%) (Berruaga *et al.*, 2007).

El mayor peligro en el ser humano por la presencia de antibióticos en la leche y en los productos lácteos es que pueden provocar reacciones alérgicas, alteración de la flora intestinal, estimulación de bacterias antibiótico-resistentes, reducción de la síntesis de vitaminas.

Las pruebas para el monitoreo de antibióticos se clasifican en micro-

biológicas y pruebas rápidas. Las pruebas de inhibición microbiológicas están basadas en impedir el crecimiento microbiano y ofrecen la ventaja de detectar una amplia gama de antibióticos, además de ser económicas. Entre las pruebas rápidas existen diferentes productos comerciales que permiten la detección exclusiva de antibióticos  $\beta$  lactámicos en un tiempo de 15 min, otros detectan tetraciclinas, sulfonamidas además de los  $\beta$  lactámicos y algunos productos son ensayos en donde la determinación se realiza por una reacción enzimática (NMX-F-719-COFOCALEC, 2008).

Su presentación puede ser en tubos o en placas, y el tiempo de la prueba varía de 15 a 45 min (Díaz *et al.*, 2010), o utilizando la Norma Mexicana (Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1, 2010).

**Aflatoxina M1.** Por lo general la presencia de micotoxinas en leche y productos lácteos se debe a la ingesta por el ganado lechero de alimentos contaminados por hongos, como *Aspergillus flavus*, que producen la aflatoxina B1 (AFB1). Al ingerir alimento contaminado con AFB1 las vacas pueden metabolizar esta aflatoxina por medio de enzimas presentes en el hígado generando la denominada aflatoxina M1 (AFM1). La AFM1 se acumula en los tejidos del animal y un porcentaje es eliminado a través de la leche y orina dentro de las 12 a 24 horas de ingestión, y disminuye hasta desaparecer totalmente en cuatro o cinco días.

La leche contaminada con AFM1 afecta la salud del humano y del animal, deteriorando órganos como el cerebro, riñón e hígado, o producir aborto por ser cancerígena, mutágena, teratógena e inmunodepresora (Montaño *et al.*, 2007).

La determinación de AFM1 en leche se realiza con la prueba de ELISA (NMX-F-712-COFOCALEC, 2005).

**Sustancias no permitidas en la leche.** En el Cuadro 6 se presentan sustancias que se han detectado en la leche y que no están contenidas en el reglamento del control sanitario de productos y servicios (Secretaría de Salud, 1999). La adulteración de la leche se define como cambios en el volumen y/o en su composición química como resultado de haber agregado alguna sustancia extraña. Uno de los adulterantes

más frecuentes es el agua, la cual es detectada a través de la prueba de crioscopia o por densidad (NMX-F-700-COFOCALEC, 2004).

**Cuadro 6.** Sustancias no permitidas en la leche cruda que son agregadas comúnmente.

| <b>Clasificación</b> | <b>Sustancias</b>                |
|----------------------|----------------------------------|
| Conservadores        | Peróxido de hidrógeno            |
| Neutralizadores      | Compuestos alcalinos             |
| Adulterantes         | Agua, suero, productos vegetales |

## **SECUENCIA 7. LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN**

En las unidades de producción de leche la limpieza y desinfección de instalaciones, equipos y utensilios son esenciales para garantizar la calidad sanitaria de la leche cruda.

La *limpieza* se define como un conjunto de procedimientos que tiene por objeto eliminar tierra, residuos, suciedad, polvo, grasa u otras materias objetables. La *desinfección*, que tiene el propósito de reducir la presencia de microorganismos al grado que no contaminen la leche, se realiza mediante agentes químicos, métodos físicos, o ambos, higiénicamente satisfactorios; generalmente estos métodos no matan las esporas. Es importante señalar que la desinfección eficiente es imposible si antes no se ha realizado una limpieza eficiente: entonces, el primer paso es lograr una adecuada limpieza.

Los equipos y utensilios como las cubetas (baldes), contenedores (tambos, perolas, cántaras, cantinas), filtros (o coladores), tanques de almacenamiento, equipos de ordeño, así como las áreas o salas de ordeño, y medio transporte, deben ser sometidos a estrictos procesos de limpieza y desinfección.

### **Residuos a eliminar**

La leche es una emulsión que contiene grasa, proteína, azúcar, minerales y agua; los tres primeros son orgánicos y deben ser eliminados lo más pronto posible para evitar que se sequen y endurezcan. Los minerales y el agua forman acumulaciones inorgánicas. En el Cuadro 7 se describen los residuos de la leche, sus principales componentes y características.

**Cuadro 7.** Residuos de leche, principales componentes y características.

| Tipo de residuo | Componentes                                | Características   |
|-----------------|--|---|
| Grasas          | Principalmente grasa butírica              | Son insolubles en agua, ácidos y álcalis. Comienzan a fundirse a los 35 °C.   |
| Proteínas       | Principalmente caseína                     | Son solubles en álcalis. Forman películas incoloras que al acumularse adquieren una tonalidad amarilla. Las películas protéicas son difíciles de eliminar. Las altas temperaturas no son recomendables. |
| Azúcares        | Principalmente lactosa                     | Son solubles en agua. No representan un problema a menos que la limpieza sea exageradamente inadecuada.   |
| Minerales       | Carbonatos y fosfatos de calcio y magnesio | Son ligeramente solubles en agua. Solubles en medios ácidos. Forman películas incoloras difíciles de remover y pueden acumularse.   |

## Superficies

**Equipos y utensilios.** Todos los equipos y utensilios deben ser de materiales inertes, resistentes a la corrosión y tolerantes a repetidos procesos de limpieza y desinfección. En orden de calidad higiénica se deben emplear materiales y utensilios de acero inoxidable, aluminio y plástico, este último generalmente de uso doméstico. Los utensilios de plástico deben ser cambiados anualmente o antes si tienen olores indeseables difíciles de eliminar. No se recomienda el uso de perlas o recipientes revestidos, porque se dañan fácilmente y se oxidan, ni recipientes de plástico procedentes de la industria química; tampoco es recomendable el uso de utensilios de madera, cobre y bronce que estén en contacto con la leche.

**Tipo de superficie.** Las paredes y pisos de la sala de ordeño y de talleres de lácteos, así como las superficies de algunos otros equipos deben ser lisas, sin orificios y grietas, con acabados sanitarios (sin esquinas). En las unidades de producción es común observar superficies de madera irregulares y rugosas, que no tienen acabados sanitarios, lo cual dificulta su adecuada limpieza y desinfección.

## Calidad del agua

La calidad del agua es variable de un lugar a otro; sin embargo, para lograr eficiencia en la limpieza y desinfección es importante conocer

la concentración de sales, en particular la dureza, ya que de ello dependerá el tipo de soluciones detergentes y desinfectantes y dosis a utilizar (Cuadro 8).

La dureza reduce la efectividad de los limpiadores y desinfectantes al reaccionar con ellos; y con el calentamiento forma capas que disminuyen la transferencia de calor dañando los equipos. Esto se puede mejorar con una vigorosa limpieza manual utilizando secuestrantes, o agua blanda.

**Cuadro 8.** Clasificación de la dureza del agua.

| CaCO <sub>3</sub> (mg/L) | Interpretación          |
|--------------------------|-------------------------|
| 0-75                     | Agua suave              |
| 75-150                   | Agua moderadamente dura |
| 150-300                  | Agua dura               |
| > 300                    | Agua muy dura           |

Existen datos de que por efecto de una dureza de hasta 600 mg / L se requiere un 30% mas de detergente líquido para lograr la misma calidad de limpieza que con agua suave (Altmajer, 2004). La dureza del agua se puede determinar por medio de kits comerciales.

### **Procesos de limpieza y desinfección**

En los procesos de limpieza y desinfección se utilizan principios físicos y químicos, y el grado de efectividad se mide por la eliminación de residuos físicos, químicos y biológicos. Entre los principios físicos y químicos están los siguientes:

- **Fuerza mecánica.** Considera la eliminación de los residuos de las superficies por remoción directa (uso de cepillos y esponjas), y por el movimiento y contacto constante del agua o soluciones.
- **Temperatura.** La grasa de la leche a 35 °C se funde y al estar en fase líquida mejora la eficiencia de los detergentes; caso contrario, es más difícil remover la suciedad, el arrastre es menor, y se requiere mayor fuerza mecánica en superficies abiertas y en tuberías.
- **Concentración de las soluciones.** Se deben utilizar productos biodegradables para la limpieza y desinfección. El uso de altas concen-

tracciones de detergentes generalmente aumenta la eficacia de la limpieza pero hasta cierto límite. La concentración de un detergente se determina con base en la dureza del agua, mientras que la concentración de un desinfectante depende del fabricante.

- Duración de la limpieza. Se debe considerar un tiempo mínimo para lograr una buena limpieza; un lapso de larga duración puede ocasionar que la suciedad o residuo se vuelva a depositar en las superficies. Los tiempos de contacto son recomendados por los fabricantes de los productos; generalmente estos no exceden los 20 minutos.
- Volumen de agua. En la limpieza del equipo de ordeño es importante que se utilicen cantidades de agua exactas. Si se utiliza demasiada agua el sistema se puede sobresaturar y no generar turbulencia para eliminar los residuos, y si falta, las soluciones de limpieza y desinfección no van a llegar a todas las áreas durante cada ciclo de lavado.

### **Resumen de actividades de limpieza y desinfección**

#### **En sala de ordeño:**

1. Recoger y desechar basuras y residuos de productos, eliminar polvo o cualquier otro material presente en el lugar que se va a limpiar.
2. Humedecer con suficiente agua potable el lugar o superficie que se va a limpiar.
3. Preparar la solución de detergente que se va a utilizar.
4. Esparcir la solución de detergente en las superficies a limpiar.
5. Tallar fuertemente la superficie con escobas o cepillos para eliminar toda la suciedad posible.
6. Dejar que la solución detergente esté en contacto con la superficie a limpiar durante 3-5 minutos.
7. Enjuagar con agua potable para eliminar completamente el deter-

gente.

8. Después del enjuague verificar que haya sido eliminada toda la suciedad. En caso necesario volver a lavar las superficies con jabón hasta que queden completamente limpias.
9. Preparar la solución desinfectante 20 minutos antes de iniciar la desinfección.
10. Aplicar la solución desinfectante sobre el lugar o superficie que se va a desinfectar y dejarla en contacto por un tiempo mínimo de 10 minutos; en caso de utilizar cloro no es necesario enjuagar. Durante este tiempo se elimina la mayor cantidad de microorganismos presentes en el área.

#### **En equipos de ordeño:**

Después del ordeño en el equipo se quedan residuos de leche líquida y películas finas de leche las cuales pueden ser eliminadas con un enjuague inmediatamente al terminar de usar los equipos y/o utensilios; sin embargo, algunos de estos residuos son difíciles de eliminar, por lo que la finalidad de la limpieza química es que las superficies queden perfectamente limpias (Ver Cuadro 9).

## Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca

**Cuadro 9.** Proceso de limpieza y desinfección del equipo.

| Actividad                              | Descripción   | Resultados   |
|--|---|--|
| Enjuague                               | Pasar suficiente agua tibia (de 35 a 40°C, hasta que a la salida esté limpia. El agua a temperatura ambiente es menos eficiente.  | Eliminación de residuos antes de que se depositen en la superficie de las tuberías. Precalienta las tuberías y mejora la acción de las soluciones limpiadoras. |
| Lavado con detergente alcalino clorado | Preparar la solución detergente como se indica en la etiqueta del producto. La temperatura inicial debe ser de 70 a 75°C, finalizar el lavado cuando la temperatura de la solución sea de 49°C. El pH óptimo es de 12 y la concentración del cloro de 100 mg/L. La duración de este lavado debe ser de 10 minutos, pero puede extenderse hasta 20 minutos si es necesario.  | Eliminación de grasas y proteínas, principalmente. Se pueden determinar el pH y la concentración de cloro con tiras reactivas.                                 |
| Enjuague                               | Pasar agua suficiente hasta que a la salida esté limpia.  | Se elimina la solución detergente que contiene los residuos removidos.   |
| Lavado ácido                           | En algunos establos esta actividad se realiza solo dos o tres veces por semana. También se utilizan soluciones de ácidos, como el clorhídrico, sulfúrico, nítrico y cítrico, en lugar de los detergentes ácidos. Actualmente se manejan esquemas en los que se utilizan detergentes alcalinos en la mañana y ácidos en la tarde. Se recomienda utilizar ambos en cada ciclo de ordeño. La temperatura de la solución debe ser de 20 a 35°C. El pH deber ser de 3 a 4. La duración del lavado ácido debe ser de 5 minutos. | Se neutralizan los residuos alcalinos, se previene y eliminan los residuos minerales.  |
| Enjuague                               | Pasar agua suficiente hasta que a la salida esté limpia.  | Se elimina la solución detergente que contiene los residuos removidos.   |
| Desinfección                           | Se debe realizar al final del ciclo de lavado, antes de cada ordeño, utilizando una solución de cloro* a una concentración de 100 a 200 mg/L. El tiempo de aplicación debe ser de 5 minutos.  | Se eliminan los microorganismos de las superficies. Se puede determinar la concentración de cloro con tiras reactivas.   |

\* Se pueden aplicar otros desinfectantes

Una capa que se forma principalmente por calcio y magnesio es conocida como piedra de leche, y favorece la contaminación al albergar y proteger a microorganismos, además de dar al equipo un aspecto sucio.

Se recomienda desarmar rutinariamente los equipos para llegar a áreas de difícil limpieza, tales como esquinas de las instalaciones, codos, uniones, juntas y el interior de colectores, ya que estos son los sitios en los que se empiezan a acumular residuos de alto riesgo de

contaminación bacteriana.

**En utensilios:**

En la limpieza y desinfección manual de los utensilios se recomienda aplicar las siguientes medidas:

1. Inicie la limpieza de los utensilios inmediatamente después de que se hayan dejado de utilizar; caso contrario, es probable que se depositen los residuos y se dificulte la limpieza.
2. Enjuague con agua a temperatura de 35 a 40 °C, restregando con un cepillo de cerdas suaves si el material es de acero inoxidable, o con esponja si el material es de plástico.
3. Aplique una solución detergente a temperatura de 35 a 40 °C, restregando con cepillo o esponja para eliminar la suciedad de las superficies a limpiar.
4. Enjuague con suficiente agua para eliminar la solución detergente y la suciedad.
5. Deje secar y proteja los utensilios de posibles contaminaciones antes de volver a ser utilizados.
6. Desinfecte los utensilios antes de usarlos con soluciones como el hipoclorito de sodio a una concentración de 100 ppm.
7. Enjuague con agua potable.

## **LITERATURA CITADA**

Alfa de Laval. 2008. Salas de ordeño.

Disponible: [http://www.delaval.com.ar/Products/Movies/Milking\\_systems/default.htm](http://www.delaval.com.ar/Products/Movies/Milking_systems/default.htm). Consultado 11 ago., 2008.

Altmajer VD, 2004. Formulaciones detergentes biodegradables: ensayos de lavado. Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Granada, España.

Berruaga I, Zorraquino MA, Beltran MC, Althaus RL, Molina MP. 2007. Efecto del calentamiento sobre la actividad antimicrobiana de betalactámicos y tetraciclinas en leche. Italia. Mundo Lácteo y Cárnico (Enero/Febrero 2010).

Blowey RW, Collis K. 1992. Effect of premilking teat disinfection on mastitis incidence total bacterial count, cell count and milk yield in three dairy herds. Vet. Record. 130:175-178.

Bushnell RB. 1984. The importance of hygienic procedures in controlling mastitis. Veterinary Clinic of North American Large Animal Practitioner. 6:361-370.

Carabias J, Landa R. 2005. Agua, medio ambiente y sociedad; hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. UNAM, Colegio de México y Fundación Gonzalo Río Arrante. México, D. F. p. 221.

Díaz CLM, Salazar CM, Lagunas CB, Segura GI, Ruíz HPE, Cortez PI, Martínez NO. 2010 Residuos de antibióticos en leche cruda comercializada en la Región Tierra Caliente de Guerrero, México. Revista Electrónica de Veterinaria. 11(2):1695-7504.

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>-<http://revista.veteromaria.org>  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020210.html>

García GO, Ochoa MI. 1987. Derivados lácteos. Bloque modular 1: Obtención higiénica de la leche. Cartilla El Ordeño. 2. Servicio Nacional de Aprendizaje. Bogotá, Colombia.

Hernández AL, Blanco OMA, Ontiveros CMaL, Tepal ChJA, Montero

LM, Ricardo GID. 2009. Calidad de la leche. En: Núñez HG, Díaz AE, Espinosa GJA, Ortega RL, Hernández AL, Vera AH, Ponce RH, Medina CM, Ruiz FJ (Eds.). Producción de leche de bovino en el sistema intensivo. INIFAP, Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Veracruz, Ver., Méx. 373 p. (Libro técnico Núm. 23).

Hernández L, Valero G. 1999. Diagnóstico bacteriológico y recomendaciones para el control de la mastitis. INIFAP, CENID Microbiología Animal. México, D.F. p. 18-21.

Magariños H. 2000. Producción higiénica de la leche cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. Producción y Servicios Incorporados S.A. Guatemala, Guatemala.

Martínez RA, Fonseca GK, Ortega SJL, García-Luján C. 2009. Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la Cuenca Hidrológica del Río Nazas, México. Química Viva. 1(8):35-47.

Montaño PVB, Chirico MI, Gemio R. 2007. Estudio toxicológico de presencia de aflatoxina M1 en leche bovina recolectada del municipio de Achacachi. Revista Boliviana de Química. 24:1.

Montero LM, Tepal ChJA, Hernández AL, Ontiveros CMA, Blanco OMA. 2009. Proceso de ordeño y calidad de leche. En: Vera AH, Hernández AL, Espinosa GJ, Ortega RL, Díaz AE, Roman PH, Núñez HG, Medina CM, Ruiz LM (Eds.). Producción de leche de bovino en el sistema familiar. INIFAP, Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Veracruz, Ver., Méx. 384 p. (Libro técnico Núm. 24).

NMX-F-719-COFOCALEC. 2008. Sistema Producto Leche-Alimentos-Lácteos-Determinación de inhibidores bacterianos en leche-Métodos de prueba rápidos.

NMX-F-720-COFOCALEC. 2006. Sistema Producto Leche. Especificaciones para el transporte de leche cruda así como para el enfriamiento y almacenamiento de la misma en centros de acopio

NMX-F-712-COFOCALEC. 2005. Sistema Producto Leche-Alimentos-Lácteos-Determinación de aflatoxina M1 en leche fluida por cromato-

grafía de líquidos de alta resolución.

NMX-F-700-COFOCALEC. 2004. Sistema Producto Leche-Alimentos-Lácteos-Leche cruda de vaca-Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba.

NMX-F-705-COFOCALEC. 2004. Sistema Producto Leche-Alimentos-Lácteos-Determinación de la cuenta total bacteriana en leche cruda por citometría de flujo-Métodos de prueba.

NMX-F-706-COFOCALEC. 2004. Sistema Producto Leche-Alimentos-Lácteos-Determinación de la cuenta de células somáticas en leche cruda por citometría de flujo-Métodos de prueba.

Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1. 2010. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.

Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1. 2009. Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.

Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1. 1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1. 1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Philpot WN, Nickerson SC.1991. Mastitis: counter attack. A strategy to combat mastitis. Babson Bros. Co. Naperville, IL. USA.

Piñeros GG, Téllez IG, Cubillos GA. 2005. Calidad como factor de competitividad en la cadena láctea. Proyecto “Estudio de Calidad de la leche producida en la región del Alto Chicamocha”. Universidad Nacional del Estado de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá, Colombia.

Reyes GG, Molina SB, Coca VR. 2010. Calidad de la leche cruda. Primer Foro sobre Ganadería Lechera de la Zona Alta de Veracruz.

Secretaría de Salud. 1999. Reglamento de control sanitario de productos y servicios. Diario Oficial de la Federación, 9 de agosto de 1999. México, D.F.

SEMARNAP. 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos. México, D.F. Diario Oficial de la Federación, 3 de febrero de 1997.

SENASICA. 2009. Manual de buenas prácticas pecuarias en unidades de producción de leche bovina. México, D.F.

Shearn MFH. 1981. Methods of teat disinfection after milking. In: Bramley AJ, Dodd FH, Griffin TK (Eds.). Mastitis control and herd management. NIRD Tech Bull. SNAP IDEX Laboratories Inc. 4:67-69.

Tepal ChJA, Delgado HMA, Rojas RO, Solís CJJ. 2006. Algunas prácticas de higiene para mejorar la calidad microbiológica de la leche de vaca en el estado de Yucatán. UUY U TAN. 2(6):9-1.

Tepal ChJA, Montero LM, Ontiveros CMaL, Blanco OMA, Hernández AL, Alvarado IA, González CGR. 2009. Calidad de leche en el sistema bovino de doble propósito. En: Román PH, Hernández AL, Díaz AE, Espinosa GJA, Núñez HG, Vera AH, Medina CM, Ruiz LM (Eds.). Producción de leche de bovino de doble propósito. INIFAP, Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Veracruz, Ver., Méx. 355 p. (Libro técnico Núm. 22).

Vargas MJ, Zaragoza RJL, Vargas LS, Guerrero RJ, Herrera HJG. 2009. Análisis de la lechería familiar en el estado de Hidalgo. p. 167-198. En: Vargas CA, Cervantes EF, Álvarez MA. (Eds.). La lechería familiar en México. Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Colegio de Posgraduados Campus Puebla, UAM-X, CONACYT. Porrúa, México, D.F.

Villegas DG, Bolaños MA, Olgún PL. 2001. La ganadería en México. En: Colección Temas Selectos de Geografía de México. Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F.

*Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca*

Voisinet BD, Grandin T, Tatum JD, O'connor SF, Struthers JJ. 1997. Engorde a corral, el ganado calmo gana más peso por día que el ganado arisco. J. Anim. Sci. 75:892-896.

## **CRÉDITOS EDITORIALES**

### **Comité Editorial del CENID Microbiología Animal**

M.C. José Alfonso Arias Medina

M.C. Amalia Martínez Ávalos

Dr. Juan López

MVZ. Arturo García Fraustro

### **Revisión Técnica**

M.C. Adriana Beatriz Flores Mendiola

Dr. Víctor Raúl Tenorio Gutiérrez

M.V.Z. Arturo García Fraustro

M.C. José Alfonso Arias Medina

### **Edición**

M.C. Santa Ana Ríos Ruiz

M.C. América Alejandra Luna Estrada

### **Tipografía**

T.S. Ma. de Jesús Castillo de León

### **Diseño**

L.I. Pilar Alamilla Gómez

Esta publicación se terminó de imprimir en el mes de mayo de 2011  
en los talleres de Reproducciones Instantáneas, S.A. de C.V.  
Quintana Roo, Sur No. 511, Col. Francisco Murguía,  
Toluca, Edo. de México  
Tels. 01 (722) 215 04 38 y 214 53 86  
Su tiraje constó de 1200 ejemplares

**[www.gobiernofederal.gob.mx](http://www.gobiernofederal.gob.mx)**

**[www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)**

**[www.inifap.gob.mx](http://www.inifap.gob.mx)**

