

01621  
30



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“COMPARACIÓN DE LA HIGIENE EN MÁQUINA DE ORDEÑO PORTÁTIL UTILIZANDO EL LAVADO AUTOMÁTICO CONTRA EL LAVADO MANUAL”**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA PRESENTA**  
**YESSIKA GARCÍA LEON**

**ASESORES:**

- SALVADOR AVILA TÉLLEZ MVZ. MSc.
- J. IGNACIO SÁNCHEZ GÓMEZ MVZ. EPA
- ABNER J. GUTIÉRREZ CHÁVEZ MVZ. MSc.
- JAIME A. NAVARRO HERNÁNDEZ MVZ. MSc.
- ARTURO OLGUÍN Y BERNAL MVZ. MSc.

MÉXICO, D. F.

2003



a



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# PAGINACIÓN DISCONTINUA

**ESTE TRABAJO FORMA PARTE DE LA  
LINEA DE INVESTIGACION  
CLAVE 85.4: Mastitis en Rumiantes**

## **DEDICATORIA:**

A Dios por haberme dejado llegar hasta este momento

A mis padres Mercedes León Montes de Oca y Antonio García Ávalos por apoyarme en la realización de este sueño deseando de todo corazón que mi triunfo como mujer y profesionalista lo sientan como el suyo propio

A mis hermanos y mejores amigos José Antonio y Erika por haber reído y llorado conmigo y por apoyarme durante los momentos difíciles de la vida y la carrera, gracias por ser mis confidentes en todo momento.

A mi sobrina Quetzali por haberme traído la gracia de la inocencia

A Yuliett Méndez González por su grandísimo apoyo y seguimiento durante la realización de la presente tesis

A mis mejores amigos: Paty, Nancy, Carlos y Eduardo por su apoyo y comprensión durante la carrera

Al MVZ Abner J. Gutiérrez Chávez, MVZ José Ignacio Sánchez Gómez y MVZ Salvador Avila Téllez por haberme apoyado durante todos los momentos difíciles en la realización de la presente tesis

**¡MUCHAS GRACIAS A TODOS!**

## **AGRADECIMIENTOS:**

Al Ingeniero Herminio Holguín Rojas y a la empresa De Laval Blvd. Bernardo Quintana número 194 Col. Villa del parque. Querétaro, Qro. C. P. 76160 por apoyar en la realización de la presente tesis

A los laboratorios Andoci de México S. A. de C. V. Guadalupe I. Ramírez número 51 Col. Tepepan C. P. 16020 por su cooperación en esta investigación

Al Departamento Producción Animal Rumiantes por su apoyo y confianza

A mis asesores: MVZ Salvador Avila Téllez; MVZ José Ignacio Sánchez Gómez; MVZ Abner Josué Gutiérrez Chávez; MVZ Jaime Alonso Navarro Hernández y MVZ Arturo Oiguín y Bernal.

A mi jurado:

Presidente: MVZ Eduardo Posadas Manzano; Vocal: MVZ Ramón Gasque Gómez; Secretario: MVZ Pedro Cano Celada; Suplente y Asesor principal: MVZ Salvador Avila Téllez y suplente: Miguel Ángel Quiroz Martínez.

**¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!**

## CONTENIDO

### Página

1.0	Resumen.....	1
2.0	Introducción.....	2
2.1	Hipótesis.....	5
2.2	Objetivo.....	6
3.0	Material y métodos.....	7
3.1	Ubicación de las unidades de producción.....	7
3.2	Grupos experimentales.....	7
3.3	Unidad de análisis.....	7
3.4	Limpieza del equipo de ordeño con un equipo para auto lavado (CIF) y toma de la muestra.....	9
3.5	Limpieza del equipo de ordeño portátil manualmente y toma de la muestra.....	9
3.6	Cultivo bacteriológico.....	11
3.6.1	Preparación de la Solución Peptonada para Diluciones.....	11
3.7	Medios de cultivo.....	11
3.7.1	Preparación de muestras para siembra.....	11
3.7.2	Siembras en medios de cultivo.....	12
3.7.2.1	Siembra en medio para Mesofílicos Aerobios (MA).....	12
3.7.2.2	Siembra en medio para Coliformes Totales (CT).....	12
3.8	Incubación.....	12
3.9	Lectura de resultados de los cultivos realizados.....	12
3.10	Plan de análisis estadístico de resultados.....	13
4.0	Resultados.....	14
4.1	Calidad del agua.....	14
4.2	Comparación entre el agua colectada en la cubeta contra el agua después de haber circulado a través de las líneas de la leche.....	14
4.2.1	Lavado automático (G1).....	14
4.2.1.1	Mesofílicos aerobios.....	14
4.2.1.2	Coliformes totales.....	14
4.2.2	Lavado manual (G2).....	15
4.2.2.1	Mesofílicos aerobios.....	15
4.2.2.2	Coliformes totales.....	15

<b>Comparación entre ambos sistemas de lavado (G1 vs G2)</b>	
<b>4.3</b>	<b>Del agua colectada en una cubeta.....15</b>
4.3.1	Mesofílicos aerobios.....15
4.3.2	Coliformes totales.....15
<b>4.4</b>	<b>Del agua después de haber circulado por la unidad de ordeño.....16</b>
4.4.1	Mesofílicos aerobios.....16
4.4.2	Coliformes totales.....16
<b>4.5</b>	<b>Comparación entre ambos métodos de lavado (G1 vs G2) incluyendo ambos microorganismos (MA y CT), y de manera independiente para cada momento (agua de la cubeta y agua después de circular en la unidad de ordeño).....16</b>
4.5.1	Muestra de agua obtenida de la cubeta.....16
4.5.2	Muestra de agua obtenida después de circular por la unidad de ordeño.....16
<b>5.0</b>	<b>Discusión.....17</b>
<b>6.0</b>	<b>Conclusiones.....21</b>
<b>7.0</b>	<b>Literatura Citada.....22</b>

## CUADROS

Página

Cuadro 1 Lavado Automático: Unidades Formadoras de Colonias por mililitro de Mesofílicos Aerobios (MA) y Coliformes Totales (CT) obtenidos del agua utilizada en los muestreos de máquinas de ordeño portátiles.....	25
Cuadro 2 Lavado Manual: Unidades Formadoras de Colonias por mililitro de Mesofílicos Aerobios (MA) y Coliformes Totales (CT) obtenidos del agua utilizada en los muestreos de máquinas de ordeño portátiles.....	26
Cuadro 3 Comparación de proporciones de muestras positivas a microorganismos del agua colectada en la cubeta contra el agua después de haber circulado a través de las líneas de la leche, de manera independiente para cada microorganismo (mesofílicos aerobios y coliformes totales) y cada método de lavado (automático y manual).....	27
Cuadro 4 Comparación entre ambos sistemas de lavado (automático contra manual) de las proporciones de muestras positivas de manera independiente para cada microorganismo (mesofílicos aerobios y coliformes totales) y para cada momento (del agua colectada en una cubeta y agua después de circular por la unidad de ordeño).....	28
Cuadro 5 Comparación de las proporciones de muestras positivas englobando ambos microorganismos: mesofílicos aerobios (MA) y coliformes totales (CT), del agua para lavado del equipo de ordeño, según el método y el momento de toma de la muestra.....	29
Cuadro 6 Cantidad de detergente a utilizar en 40 litros de agua según indicaciones del fabricante para sistema de tuberías y transferencia de leche de acuerdo a la dureza del agua.....	30

## 1.0 RESUMEN

GARCÍA LEÓN YESSIKA. Comparación de la higiene en máquina de ordeño portátil utilizando el lavado automático contra el lavado manual. (bajo la dirección del MVZ. Salvador Avila Téllez, MVZ. José Ignacio Sánchez Gómez, MVZ. Abner Josué Gutiérrez Chávez, MVZ. Jaime Alonso Navarro Hernández y MVZ. Arturo Olguin y Bernal).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la cantidad de unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC / ml) de mesofílicos aerobios (MA) y coliformes totales (CT) en placa del interior de la unidad de ordeño, posterior al lavado automático en comparación al lavado del equipo portátil de ordeño realizado manualmente, en unidades de producción lechera, modelo confinamiento en parada convencional con ganado Holstein. El presente estudio comprendió dos grupos: Un primer grupo (G1) cuando se lavó la máquina de ordeño portátil con una lavadora, mediante un sistema CIP ("Cleaning In Place"); para el segundo grupo (G2) el ordeñador realizó manualmente el lavado de la máquina de ordeño portátil. Se colectaron 10 muestras de agua de la red municipal (control). De esa misma agua colectada en una cubeta se tomó una segunda muestra y, después de hacer circular el agua de la cubeta a través de la unidad de ordeño, se tomó la tercera muestra tanto para el método de limpieza automático como para el método manual. Con la información resultante a través de una prueba de hipótesis se analizaron proporciones de muestras de agua positivas a crecimiento de microorganismos MA y CT. El análisis microbiológico del agua de la red municipal resultó sin crecimiento tanto para MA como para CT. En la comparación de las proporciones de muestras positivas en el agua colectada en cubeta, entre los 2 sistemas de lavado, para MA resultó G1 50% y G2 85%, donde G1 fué significativamente menor que G2 ( $P < 0.05$ ); y para CT resultó G1 20% y G2 55% con diferencia significativa ( $P = 0.05$ ). Al comparar las proporciones de muestras positivas, después de realizar los 2 métodos de lavado, se observó diferencia significativa para MA para G1 65% y G2 95% ( $P < 0.05$ ); asimismo para CT donde la proporción para G1 fue de 30% y para G2 de 80% ( $P < 0.05$ ). Las proporciones de muestras positivas, englobando ambos grupos de microorganismos, en el caso del agua en cubeta, resultaron significativamente distintas entre los métodos de lavado: G1 35% y G2 70% ( $P < 0.01$ ). Después del lavado el resultado para G1 fue de 47.5% y para G2 de 87.5% con diferencia significativa ( $P < 0.01$ ). En conclusión, en este trabajo la cantidad de microorganismos tanto MA como CT es más baja en el agua después de lavar con el sistema automático (CIP) que con el sistema manual; por lo tanto, el lavado manual no es recomendable si se pretende producir leche de calidad, considerándose como requisito que el material y el equipo para limpieza estén secos, limpios y desinfectados al inicio de la actividad del ordeño.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **2.0 INTRODUCCIÓN.**

Existen posibilidades de contaminación bacteriana de la leche durante y después del ordeño por factores ambientales, en el ordeño mecánico estas posibilidades son menores, ya que se realiza en un circuito cerrado en el que la leche va de la glándula mamaria directamente al contenedor de la ordeñadora, obteniendo así una leche más limpia; sin embargo, es importante mencionar que para ello es necesario realizar prácticas de manejo del equipo de ordeño con higiene para que la leche obtenida mediante este método pueda ser de mejor calidad.<sup>1</sup>

La limpieza inadecuada del equipo para ordeño mecánico, el uso de agua sucia, la errónea temperatura para lavar las tuberías que transportan la leche, y el empleo de piezas sucias y rotas en el equipo de ordeño, son causas de un elevado número de unidades formadoras de colonias (UFC) en la leche cruda.<sup>2</sup> Algunos compuestos orgánicos (grasa, proteína y azúcares) e inorgánicos (sales precipitadas de calcio, magnesio, hierro y manganeso) se pueden acumular en la superficie interna de los conductos del equipo por donde circula la leche, y a medida que se deshidratan, se endurecen formando un depósito blanquecino difícil de remover, por lo que se requiere de agentes específicos para su eliminación. Las capas de proteína acumuladas en las superficies internas de las tuberías de la máquina de ordeño son incoloras, difíciles de ver y se van tornando amarillas al irse acumulando. Para limpiar estas superficies se requiere emplear un agente alcalino clorinado; sin embargo, los agentes limpiadores pueden aumentar la precipitación de minerales si no son compatibles con la dureza del agua o si se usan en cantidades o a temperaturas contrarias a las recomendadas por el fabricante; los depósitos minerales de la leche o el agua en las superficies del equipo coleccionan los componentes orgánicos y forman depósitos blanquecinos de leche solidificada, conocidos como piedra láctea, la cual requiere una sustancia ácida para limpiarse. Los detergentes alcalinos de pH 11 a 12.5, actúan sobre la grasa y las proteínas, mientras que los ácidos de pH 2.5 a 3.5, eliminan y previenen los depósitos de minerales, así como la reproducción bacteriana en las superficies internas del equipo para ordeño.<sup>2,3,4</sup>

Para una limpieza eficaz del equipo para ordeño, es necesario conocer la calidad del agua a emplear, incluyendo su contenido de minerales, ya que según sea el resultado

del análisis se deberá escoger un compuesto limpiador activo que sea compatible con el tipo de agua.<sup>2,3</sup>

Con relación a la contaminación bacteriana de la leche, en nuestro medio es frecuente encontrar deficientes condiciones de limpieza en las diferentes actividades que se llevan a cabo con relación al manejo de la leche en unidades de producción. Esta contaminación puede provenir en forma directa del aire introducido en las máquinas durante el ordeño; o indirectamente cuando las bacterias comienzan a multiplicarse en el sistema de la maquina ordeñadora que no fue correctamente lavada.<sup>3,5,6</sup>

En un trabajo realizado en el Estado de Morelos, con ganado semiespecializado ordeñado manual y mecánicamente, Gómez (2001)<sup>1</sup> encontró que en leche de tanque el número de UFC para mesofílicos aerobios (MA) resultó ser mayor en el grupo ordeñado mecánicamente en comparación al ordeño a mano, atribuyéndose esto al deficiente lavado de la máquina ordeñadora; el cual se realizó en forma manual. La misma autora, propone la necesidad del lavado con agua caliente (72°C), el uso de detergentes y el empleo de un equipo de auto lavado que permita la circulación continua del agua con movimiento alternante en el conjunto de los conductos que han estado en contacto con la leche, con el fin de remover los depósitos de materia orgánica e inorgánica acumuladas en su interior.<sup>7</sup>

El Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios publicado por la Secretaría de Salud en 1999<sup>8</sup> menciona que las ordeñadoras deberán lavarse, desinfectarse y enjuagarse con suficiente agua potable antes y después del ordeño, debiendo dejarse escurrir en lugares secos y limpios, práctica que debe inculcarse a los responsables de lavar el equipo de ordeño.<sup>7</sup>

No importa qué sistema de lavado se utilice para limpiar la máquina de ordeño, las superficies de las líneas para la leche en la máquina de ordeño no serán limpiadas en forma eficiente al menos que las soluciones de lavado entren en contacto con todas las superficies sucias de la máquina. No obstante que el sistema de ordeño está diseñado para producir turbulencia mínima con el fin de evitar que la grasa de la leche se adhiera en las superficies internas de las líneas para la leche, durante la rutina de lavado se requiere de máxima turbulencia para que todas las superficies

internas de la máquina de ordeño por donde circula la leche sean limpiadas.<sup>9</sup>

La limpieza del equipo de ordeño realizada de manera mecánica mediante sistemas automáticos es conocida como CIP, (Cleaning In Place ó limpieza *in situ*); quiere decir que el agua de enjuague y las soluciones con detergentes circulan por las superficies internas en las máquinas de ordeño sin necesidad de desmontar los equipos<sup>4</sup>. Todo equipo de proceso para la leche debe ser limpiado a través de un sistema CIP y las líneas para la leche deberán ser lavadas con agua caliente y productos químicos para mayor sanidad. Inicialmente el equipo debe enjuagarse con agua templada a 45 °C inmediatamente después del ordeño, ya que el agua demasiado caliente puede desnaturalizar las proteínas y depositar una película de estas sobre las superficies, mientras que el agua demasiado fría puede cristalizar la grasa y formar una película grasosa sobre las superficies. Posteriormente al enjuague, se lava el equipo con los agentes respectivos, utilizando agua a 72 °C y finalmente se realiza el enjuague del sistema.<sup>10,2</sup>

En el agua existen bacterias causantes de zoonosis, que al entrar en contacto con las superficies internas de las líneas para la leche en el equipo de ordeño durante el lavado de éste, pueden contaminar la leche en forma indirecta, poniendo en riesgo la salud humana; por ello, al término del proceso de lavado y desinfección del equipo de ordeño, el empleado debe asegurarse de remover toda el agua utilizada, pues cuando hay muchas horas entre ordeños, el agua que permanece en el equipo puede también asociarse a elevados recuentos de bacterias (UFC), además de que el agua puede ser agregada accidentalmente a la leche al fallar el drenado del sistema de ordeño previo al inicio de ésta.<sup>11</sup>

## **2.1 Hipótesis**

**Cuando el lavado se realice con el sistema automático de lavado (CIP), la cantidad de UFC de mesofílicos aerobios (MA) y coliformes totales (CT), resultará menor que cuando el lavado de este equipo se haya efectuado manualmente, en la unidad para ordeño mecánico y en el colector de leche (bidón).**

## **2.2 Objetivo**

Determinar la cantidad de UFC/ml de MA y CT en placa del interior de la unidad de ordeño; utilizando una lavadora automática, en comparación con el lavado del equipo, realizado manualmente, en unidades de producción lechera.

### **3.0 MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación de las unidades de producción**

El presente estudio se desarrolló durante 8 meses en la época de primavera y verano, realizando un muestreo por semana, en dos unidades de producción lechera, modelo confinamiento en parada convencional con ganado bovino Holstein: la primera se localiza en San Miguel Ajusco, D. F. Esta región se ubica a 19°13' latitud norte y a 99°12' de longitud oeste a una altura de 2839 metros de altitud; el tipo de clima en la región es Cb' (w<sup>2</sup>) (w)ig, con temperatura media del mes más frío entre -3°C y 18°C. La unidad de producción cuenta con 100 vacas distribuidas en cuatro paradas, las que se ordeñan con máquinas ordeñadoras portátiles. La segunda perteneciente a la cuenca lechera de Xochimilco, D. F., localizada 19°16' latitud norte y 99°06' longitud oeste, a 2,240 metros de altitud, en una región templada clima tipo C(Wo) (w) B(l') con temperatura media anual de 14 a 16°C y precipitación pluvial de 700 a 800 mm anuales. La cuenca lechera cuenta con 270 vacas en producción. <sup>12</sup>

#### **3.2 Grupos experimentales**

El estudio se realizó en dos de las cuatro paradas localizadas en San Miguel Ajusco y en tres hatos de la localidad de Xochimilco, en las cuales se utilizan máquinas de ordeño portátiles formando en ambas unidades, dos grupos de estudio. En el primer grupo (G1) se lavó la máquina de ordeño portátil con un equipo para auto-lavado CIP (Cleaning In Place ó limpieza *in situ*); en el segundo grupo (G2) el lavado de la máquina de ordeño portátil se realizó manualmente por el ordeñador.

#### **3.3 Unidad de análisis**

El agua a utilizar para el lavado del equipo fue adquirida de la toma de agua de la red municipal, de la cual se tomaron 10 muestras como control para determinar la concentración de UFC / ml de mesofílicos aerobios (MA) y coliformes totales (CT), aplicando el procedimiento descrito por la Secretaría de Salud <sup>13</sup>. A tales muestras también se le determinó el contenido de minerales (dureza) mediante colorimetría, a

---

<sup>12</sup>Equipo de prueba, con nombre comercial "Magnum by plano" proporcionada por De Laval; <sup>13</sup> Industria para venta de equipos de ordeño. Blvd. Bernardo Quintana N° 193. Col. Loma Dorada. Querétaro, Qro. C. P. 76160

partir del cual se determinó la concentración necesaria de detergente a aplicar para el lavado del equipo de ordeño portátil. (Cuadro 6).<sup>4</sup>

En cada grupo experimental se realizaron 40 repeticiones, consistentes en 20 muestras de agua de lavado adquirida en una cubeta de la toma de la red municipal y 20 para esa misma agua, pero después de haber circulado por la unidad de ordeño. El número de muestras fue calculado con base en la fórmula:<sup>14</sup>

$$N = \phi^2 \left[ \frac{(r-1)(c-1) + 1}{\sum \frac{(P_{ij} - R_i C_j)^2}{R_i C_j}} \right] \text{ con } \alpha = 0.01 \text{ y } 1 - \beta = 0.95$$

Donde:

$\phi$ : Parámetro de no centralidad obtenido de tablas estadísticas

$r$ : Número de renglones del cuadro

$c$ : Número de columnas del cuadro

$N$ : Muestra Total

$R_i$ : Proporción total de un renglón

$C_j$ : Proporción total de una columna

$P_{ij}$ : Proporción de una celda del cuadro

$(r - 1)(c - 1)$ : Grados de libertad del numerador

$\alpha$ : Significancia

$1 - \beta$ : Poder de la prueba

La fórmula toma en cuenta proporciones esperadas de casos positivos y negativos a gérmenes con cada tipo de lavado, arreglados en un cuadro de contingencia 2 x 2, a nivel de significancia  $\alpha$  y poder de la prueba  $1 - \beta$ .

### **3.4 Limpieza del equipo portátil de ordeño con un equipo para auto lavado (CIP) <sup>15, 2, 3, 4</sup>**

El lavado del equipo se realizó al término del proceso de ordeño, enjuagando primero con agua caliente a temperatura de 45 °C por 5 minutos. Posteriormente se procedió al lavado alcalino del equipo durante 10 minutos, agregando 75 ml / 40 l de agua para la unidad localizada en el Ajusco y de 400 ml / 40 l de agua en el caso de Xochimilco, de acuerdo a la dureza y según lo indicado por el fabricante del mismo, utilizados a 72 °C de temperatura. De Laval <sup>4</sup> (Cuadro 6). La siguiente actividad fue realizar un enjuague durante 5 minutos con agua a 45 °C. Posteriormente se permitió que escurriera el agua del equipo por 10 minutos.

#### **3.4.1 Toma de la muestra: <sup>13, 16, 17</sup>**

En el equipo presumiblemente limpio, se colocaron 20 litros de agua, permitiendo que recirculara durante 5 minutos en el sistema.

A partir del contenedor con agua, antes de recircular en el sistema y del bidón colector después de haber circulado, se tomaron con un cucharón de acero inoxidable esterilizado, 250 ml de agua, mismos que se colocaron en frascos de boca ancha previamente esterilizados; los cuales se colocaron en una hielera para su traslado al laboratorio de análisis microbiológicos del laboratorio Andoci de México SA de CV.

### **3.5 Limpieza del equipo de ordeño portátil manualmente**

La limpieza manual del equipo de ordeño portátil fue realizada individualmente por el ordeñador. En algunas máquinas sólo se llevaban a cabo enjuagues repetidos con agua de la llave o del abrevadero, conteniendo en ocasiones cloro. Se emplearon distintas maneras de lavado, a continuación se describen en términos generales dichos procedimientos:

---

<sup>4</sup> De Laval: Industria para venta de equipos de ordeño. Blvd. Bernardo Quintana N° 193. Col. Loma Dorada. Querétaro, Qro. C. P. 76160

Al final del ordeño, el lavado del equipo se realizó con enjuagues (1 a 3 repeticiones) directamente con agua de la llave o del abrevadero a temperatura ambiente, utilizando para el lavado los mismos botes empleados durante la rutina de ordeño, previamente enjuagados. El agua fluye a través de las líneas para la leche en la máquina de ordeño portátil de la misma forma en que pasa la leche a través de estas durante la rutina de ordeño, colocando las pezoneras de la máquina en un bote con agua y en posición de arranque.

El lavado se realizó con detergente comercial en polvo diluido en agua a temperatura ambiente ó caliente (40 a 60 °C), esta solución fue absorbida a través de las líneas para la leche de igual manera que en la rutina de ordeño.

Las mangueras y las pezoneras fueron lavadas externamente con un cepillo especial de limpieza del equipo de ordeño.

En ocasiones las líneas para la leche fueron cepilladas tanto al interior como al exterior de las líneas de la máquina de ordeño.

### **3.5.1 Toma de la muestra:** <sup>13, 16, 17</sup>

En el equipo presumiblemente limpio, se colocaron 20 litros de agua, permitiendo que recirculara durante 5 minutos en el sistema.

A partir del contenedor con agua, antes de recircular en el sistema y del bidón colector después de haber circulado, se tomaron con un cucharón de acero inoxidable esterilizado, 250 ml de agua, mismos que se colocaron en frascos de boca ancha previamente esterilizados; los cuales se colocaron en una hielera para su traslado al laboratorio de análisis microbiológicos del laboratorio Andoci de México SA de CV.

### **3.6 Procedimiento para el cultivo bacteriológico**

#### **3.6.1 Preparación de la solución peptonada para diluciones:**

La preparación del agua peptonada se realizó de acuerdo al procedimiento descrito en la Norma Oficial Mexicana (NOM – 110 – SSA1 – 1994). <sup>18</sup>

#### **3.7 Medios de cultivo.**

En el laboratorio se procedió a preparar los medios de cultivo: A) Agar Bilis y Rojo Violeta y, B) Agar para Métodos Estándar; para el cultivo de coliformes y mesofílicos aerobios respectivamente, de acuerdo con los procedimientos descritos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM – 113 – SSA1 – 1994 y NOM – 092 – SSA1 – 1994). <sup>19, 20</sup>

##### **3.7.1 Preparación de muestras para siembra. <sup>16</sup>**

Con una pipeta estéril de 2 ml, se toma un mililitro de la muestra obtenida en el frasco de 250 ml; cada ml se vierte en un tubo de ensaye estéril que contiene 9 ml de solución peptonada para diluciones debiendo ambas, la solución y la muestra, estar a la misma temperatura ambiente, evitando el contacto entre la pipeta y el diluyente para obtener una solución final a una dilución 1:10.

Agitar el frasco de la dilución 1:10 y tomar de esta 1 ml, y verterlo en el tubo de ensaye que contiene 9 ml del diluyente (solución peptonada) con el fin de lograr una dilución 1:100, siguiendo el procedimiento antes descrito.

Se repiten las actividades descritas anteriormente, con el fin de obtener diluciones de 1:1000. En cada transferencia permitir que el líquido salga en forma espontánea de la pipeta, no arrastrando a ésta en el cuello de los tubos de ensaye ni tampoco soplando en las pipetas. <sup>18</sup>

### **3.7.2 Siembras en medios de cultivo:**

#### **3.7.2.1 Siembra en medios de cultivo para MA.** <sup>16, 19, 20, 21</sup>

Con una pipeta estéril se transfiere 1 ml de cada una de las diluciones en las cajas de petri estériles, previamente identificada, aplicando la punta de la pipeta al fondo de la caja en tanto escurra el líquido. De inmediato agregar 10 a 15 ml del medio agar para métodos estándar, fluido y mantenido a temperatura de 45 °C.

Se mezcló cuidadosamente la muestra con el medio, realizando 6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás para adelante, permitiendo que la mezcla solidificara dejando que las cajas de petri reposar sobre una superficie horizontal y fresca.

En cada lote de medio de cultivo, se tuvo una caja testigo de esterilidad. <sup>16</sup>

#### **3.7.2.2 Siembra en medios de cultivo para CT.** <sup>16, 20</sup>

Se realizó el procedimiento mencionado en el punto 3.7.2.1, utilizando en este caso Agar Bilis y Rojo Violeta.

Se permitió que la mezcla solidificara dejando que las cajas de petri reposaran sobre una superficie horizontal y fresca, después se agregaron 4 ml del mismo medio sobre la superficie de la mezcla, permitiendo que el medio solidificara nuevamente.

En cada lote de medio de cultivo, se tuvo una caja testigo de esterilidad. <sup>16</sup>

### **3.8 Incubación**

Las cajas conteniendo los medios inoculados fueron colocadas en la estufa, acomodadas en posición invertida y fueron incubadas a 37 °C, durante 48 horas para mesofílicos aerobios y, 24 horas en el caso de coliformes totales. <sup>16, 21</sup>

### **3.9 Lectura de resultados de los cultivos realizados.**

Para mesófilos aeróbicos, el número de colonias identificadas se multiplican por la inversa de la dilución correspondiente, obteniendo el número de unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC / ml).<sup>13, 16, 17, 22</sup>

Para coliformes totales, la lectura de los resultados se contabiliza como coliformes las colonias de color rojo oscuro que presentan un halo de precipitación típico, generalmente de medio milímetro, siguiendo los criterios antes descritos.<sup>13, 16, 20, 22</sup>

### **3.10 Plan de análisis estadístico de resultados.**<sup>14, 23</sup>

Con la información resultante de las muestras de agua, positivas a crecimiento de UFC de microorganismos MA y CT (muestra positiva es aquella con crecimiento de al menos 1 UFC / ml),<sup>29</sup> se analizó la diferencia entre dos proporciones, empleando la prueba de hipótesis mediante una prueba Z<sup>24</sup> para contrastar dicha diferencia a nivel  $\alpha=0.05$  de significación. Se realizaron las siguientes comparaciones de la diferencia entre dos proporciones:

1. Comparación del agua colectada en la cubeta contra el agua después de haber circulado a través de las líneas de la leche, de manera independiente para cada microorganismo (MA y CT) y cada método de lavado (automático y manual). (Cuadro 3)
2. Comparación entre ambos sistemas de lavado (automático vs manual) de manera independiente para cada microorganismo (MA y CT) y para cada momento (agua de la cubeta y agua después de circular en la unidad de ordeño). (Cuadro 4)
3. También se realizó la comparación entre ambos métodos de lavado (automático vs manual) incluyendo ambos microorganismos (MA y CT) y de manera independiente para cada momento (agua de la cubeta y agua después de circular en la unidad de ordeño), con el propósito de comparar de una manera más objetiva los dos métodos de lavado. (Cuadro 5)<sup>25</sup>

## **4.0 RESULTADOS.**

### **4.1 Calidad de agua**

El agua de la llave de la red municipal resultó sin crecimiento de microorganismos tanto para mesófilicos aerobios (MA) como para coliformes totales (CT); y la dureza ó contenido de minerales fue de 3 mg / l para la unidad de producción localizada en San Miguel Ajusco, D. F. y de 4800 mg / l para Xochimilco, D. F.

### **4.2 Comparación entre el agua colectada en la cubeta contra el agua después de haber circulado a través de las líneas de la leche**

#### **4.2.1 Lavado Automático (G1)**

Del agua colectada en una cubeta se encontró que la cantidad de microorganismos para MA varió desde ausencia de crecimiento hasta 1400 UFC/ml, y para CT también desde no crecimiento hasta 100 UFC/ml. Después de terminado el lavado, la cantidad de UFC/ml de MA resultó con ausencia de crecimiento hasta 23,000 y para el caso de CT fue de cero crecimiento a 29,600 UFC/ml. (Cuadro 1).

##### **4.2.1.1 Mesofilicos aerobios (MA)**

Los resultados se integraron en cuadros de proporciones de muestras positivas, para MA resultaron de 50% en el agua colectada en la cubeta, en tanto que después de terminado el lavado fue de 65%, sin embargo la diferencia no fue significativa ( $P>0.05$ ). (Cuadro 3)

##### **4.2.1.2 Coliformes totales (CT)**

Las proporciones de muestras positivas a CT del agua en cubeta fue de 20%, mientras que después de terminado el lavado fue de 30%, e igualmente la diferencia no fue significativa ( $P>0.05$ ) (Cuadro 3)

#### **4.2.2 Lavado Manual (G2)**

Del agua colectada en una cubeta se encontró que la cantidad de microorganismos de MA varió desde ausencia de crecimiento hasta 190,000 UFC/ml y de CT varió desde no crecimiento hasta 172,000 UFC/ml; y después de terminado el lavado, la cantidad de UFC/ml para MA fue desde ausencia de crecimiento hasta 288,000 y para CT fue de no crecimiento hasta 256,000UFC/ml. (Cuadro 2)

##### **4.2.2.1 Mesofílicos aerobios (MA)**

Las proporciones de muestras positivas del agua colectada en la cubeta, en el caso de MA, fue de 85% y después de lavar fue de 95%, diferencia que no fue significativa ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 3)

##### **4.2.2.2 Coliformes totales (CT)**

Las proporciones de muestras positivas del agua de la cubeta para CT fue 55%, mientras que después de terminado el lavado fue 80%, donde la diferencia observada no fue significativa ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 3).

#### **4.3 Comparación entre ambos sistemas de lavado (G1 vs G2) del agua colectada en una cubeta**

##### **4.3.1 Mesofílicos aerobios (MA)**

En la comparación entre los 2 sistemas de lavado, de las proporciones de muestras positivas en el agua colectada en una cubeta resultó para MA: G1 50% y G2 85%, donde fué G1 significativamente menor que G2 ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 4)

##### **4.3.2 Coliformes totales (CT)**

Las proporciones de muestras positivas para CT resultaron (G1 20% y G2 55%) con diferencia donde  $P = 0.05$ , resultado que no descarta la posibilidad de una diferencia significativa. (Cuadro 4)

#### **4.4 Comparación entre ambos sistemas de lavado (G1 vs G2) del agua después de haber circulado por la unidad de ordeño**

##### **4.4.1 Mesofílicos aerobios (MA)**

Al comparar las proporciones de muestras positivas después de realizar los 2 métodos de lavado, se observó para MA que la diferencia es significativa, resultando para (G1) 65% y para (G2) 95% ( $P < 0.05$ ). (Cuadros 4)

##### **4.4.2 Coliformes totales (CT)**

En la comparación de las proporciones de muestras positivas en el caso de CT la diferencia también fue significativa ( $P < 0.05$ ) donde la proporción para G1 fue 30% y para G2 de 80%. (Cuadro 4)

#### **4.5 Comparación entre ambos métodos de lavado (G1 vs G2) incluyendo ambos microorganismos (MA y CT), y de manera independiente para cada momento (agua de la cubeta y agua después de circular en la unidad de ordeño)**

##### **4.5.1 Muestra de agua obtenida de la cubeta**

La comparación de las proporciones de muestras positivas englobando ambos grupos de microorganismos; resultó para G1 de 35% y para G2 fue de 70% con diferencia significativa ( $P < 0.01$ ) (Cuadro 5)

##### **4.5.2 Muestra de agua obtenida después de circular por la unidad de ordeño**

Finalmente, la comparación de las proporciones de muestras positivas englobando ambos grupos de microorganismos; resultó para G1 de 47.5% y para G2 de 87.5%, con diferencia significativa ( $P < 0.01$ ). (Cuadro 5)

## 5.0 DISCUSIÓN

Es importante conocer la potabilidad del agua que se va a utilizar para el lavado de los equipos de ordeño, de lo contrario las tuberías para la leche pueden ser contaminadas a través de este medio. Como se podrá observar en el presente estudio, el análisis microbiológico del agua de la red municipal resultó sin crecimiento tanto para mesofílicos aerobios (MA) como para coliformes totales (CT) y de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM – 041 – SSA1 – 1993, Bienes y Servicios, Agua Purificada,<sup>26</sup> se considera bacteriológicamente aceptable.

Al respecto Páez y col, en un estudio publicado en el 2001, al evaluar la contaminación microbiana en el agua utilizada para el lavado de máquinas de ordeño mediante cultivos en placa consideraron al agua limpia cuando la cantidad de UFC/ml de MA era inferior a 10,000 y sucio cuando el recuento superaba este valor, sin embargo; no justifican dicha cantidad de UFC/ml de MA.<sup>27</sup>

En cuanto a la dureza de 4800 mg/l, en el caso de la unidad de ordeño localizada en Xochimilco, D. F., de acuerdo a la misma norma, resultó ser agua muy dura. La NOM – 041 – SSA1 – 1993,<sup>26</sup> establece agua muy dura aquella que contiene más de 200 mg de minerales por litro; asimismo, y de acuerdo a los resultados de dureza de agua, la cantidad de detergente alcalino a utilizar durante el presente estudio fue de 75 ml / 40 l de agua para la unidad localizada en el Ajusco y de 400 ml / 40 l de agua en el caso de Xochimilco, según lo indicado por este fabricante. (De Laval)<sup>4</sup> (Ver anexo 1)

Es importante considerar la dureza del agua que se va a utilizar para el lavado del equipo ya que el detergente se quela con los minerales y si no se coloca la cantidad necesaria en el agua este no ejerce su efecto de limpieza.<sup>4</sup> En un estudio de Lavado Automático CIP ("Cleaning in Place"), empleando detergente ácido en el lavado de máquinas de ordeño y utensilios utilizados para contener la leche, los Laboratorios Peyte en el 2001,<sup>28</sup> mediante la técnica de bioluminiscencia obtuvieron bajas cuentas de UFC/ml de MA donde la dureza del agua fue de 800 mg/l.

<sup>4</sup> De Laval: Industria para venta de equipos de ordeño. Blvd. Bernardo Quintana N° 194. Col. Villa del Parque. Querétaro, Qro. C. P. 76160

Con respecto al análisis de la cantidad de microorganismos observados en el presente estudio (Cuadros 1 y 2), se realizaron con base a las 4 siguientes consideraciones:

Primero: La NOM – 041 – SSA1 – 1993 menciona que en el agua potable la cantidad de UFC/100 ml para MA debe ser menor a 100 y para CT debe ser menor a 2.<sup>26</sup>

Segundo: En el trabajo de Gutiérrez y col en el 2002<sup>17</sup> al evaluar la calidad bacteriológica de la leche tomando en cuenta las prácticas de higiene al ordeño y la salud animal, menciona un intervalo muy amplio en las cuentas de microorganismos encontrados en cubetas con una mediana de UFC/ml de microorganismos MA y CT de 4950 y 850, respectivamente.

Tercero: En un estudio de Alais, en 1994,<sup>17</sup> mencionado por Gutiérrez en el 2002, encontró en cubetas una mediana entre 15,000 y 187,000 UFC/ml de bacterias MA y CT, respectivamente.

Cuarto: Con base a que en el presente estudio el crecimiento de microorganismos MA y CT fue con intervalos muy variables (desde ausencia de crecimiento hasta 29,600 UFC/ml), a partir de los resultados descritos en los cuadros 1 y 2, se consideró como muestra positiva aquella en la cual se observó el crecimiento de por lo menos una UFC/ml (punto de corte).<sup>29</sup> Al respecto, en el trabajo de Páez y col en el 2001,<sup>27</sup> evaluando la higiene de la ordeñadora mediante el método de bioluminiscencia utilizando Unidades Relativas de Luz (URL), el cual mide el ATP microbiano, los resultados obtenidos fueron clasificados como limpio (<2.5 URL) y sucio (>2.5 URL), criterios considerados como puntos de corte en su estudio.

En el análisis de las proporciones de muestras positivas a microorganismos MA y CT del agua para el lavado del equipo de ordeño según el método y el momento de toma de la muestra (cuadros 3, 4 y 5), las proporciones de muestras positivas del agua colectada en una cubeta en el caso del lavado mecánico (G1) fue menor que en el lavado manual (G2), esto puede ser atribuido a la temperatura utilizada en el agua, ya que los recipientes empleados para realizar el muestreo del agua, también se usaron para calentar la misma, asumiendo que hubo un efecto de desinfección térmica en

dichos recipientes. De Laval en un libro titulado "Manual de Industrias Lácteas"<sup>4</sup> publicado en 1990, menciona que al realizar el lavado de los equipos de ordeño se está realizando una desinfección química mediante el detergente y térmica a través de la temperatura utilizada en el agua de lavado.

La carga microbiana encontrada en el agua colectada en la cubeta para el lavado manual (G2) puede atribuirse a condiciones ambientales en el momento de ser acarreada desde la toma de agua de la red municipal hasta el lugar donde se encontraba la máquina de ordeño ó también a malas prácticas de higiene realizadas en los recipientes utilizados para contener dicha agua y que al pasar por las tuberías para la leche se adicionaba la contaminación encontrada en las mangueras de ordeño.

Cuando se confrontaron los resultados de G1 y G2 de las proporciones de muestras positivas del agua colectada en la cubeta y del agua colectada después de circular en la unidad de ordeño (cuadro 4), se encontró una diferencia significativa para MA y CT, siendo G1 significativamente menor que G2. En el caso del lavado manual (G2), la contaminación encontrada se atribuye a las malas prácticas de lavado realizadas por el ordeñador: el agua empleada en el lavado del equipo fue obtenida en la mayoría de las ocasiones del abrevadero, el uso de detergentes inadecuados y el empleo de agua a diferente temperatura.

Con relación a la evaluación de los métodos de limpieza del interior de la unidad de ordeño; Loo y col, en 1999 mencionan que cuentas de microorganismos MA y CT arriba de 1000 y 500 UFC/ml respectivamente, indican poca higiene durante la limpieza del equipo de ordeño tanto entre cada ordeño como durante el ordeño.<sup>30</sup> Al respecto, el Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios en 1999,<sup>8</sup> menciona que las máquinas de ordeño deberán lavarse, desinfectarse y enjuagarse con suficiente agua potable antes y después del ordeño, debiendo dejarse escurrir en lugares secos y limpios.

---

<sup>4</sup> De Laval: Industria para venta de equipos de ordeño. Blvd. Bernardo Quintana N° 194. Col. Villa del Parque. Querétaro, Qro. C. P. 76160

Con respecto a temperatura del agua, Alais en 1988,<sup>7</sup> menciona que Richard y J. Auclair, obtuvieron los mejores resultados bacteriológicos limpiando las pezoneras del ordeño con agua caliente y sin detergente; no se produjo acumulación de residuos en las pezoneras, también menciona que para obtener tales resultados la temperatura del agua no debe ser inferior a 80°C, ni el tiempo de contacto inferior a 2 minutos. Es importante considerar que el agua caliente sola no permite tener una limpieza completa y es necesario emplear detergentes especiales, además de una turbulencia necesaria para que el agua circule por todas las superficies de las líneas que están en contacto con la leche.<sup>4</sup>

En el lavado mecánico (G1), la turbulencia es dada por la lavadora, la cual funciona como una bomba; cuando está abierto el grifo de vacío, el diafragma comprime los muelles y se absorbe solución de lavado del contenedor de agua a través de las pezoneras pasando a la cámara situada debajo del diafragma y cuando el muelle de la válvula de aire está suficientemente comprimido, se abre esta y deja entrar aire en la cámara de vacío. El muelle recuperador empuja al diafragma hacia abajo y la solución de lavado es expulsada hacia el recipiente de agua, por las pezoneras y por el tubo de retorno.<sup>4</sup> Páez y col,<sup>27</sup> en el estudio realizado en el 2001, mencionan que la rutina de lavado para máquinas de ordeño es importante y que se debe tener una turbulencia lo suficientemente buena para realizar la limpieza de los equipos de ordeño.

Cabe mencionar que no existe información sobre la determinación de unidades formadoras de colonias posterior al lavado del equipo de ordeño mediante la metodología utilizada en G1 y en G2, de ahí la poca discusión a ese respecto.

La eficacia del lavado mecánico (G1) en comparación al manual (G2), se confirma al realizar la comparación de las proporciones de muestras de agua positivas englobando ambos tipos de microorganismos (cuadro 5), sin que estos tengan que ver uno con el otro biológicamente.

Es importante mantener el equipo de ordeño limpio tanto al interior como al exterior de este, para poder obtener y asegurar una buena calidad sanitaria de la leche, aun cuando se realizan una serie de actividades en las que se incluyen: la preparación de

los pezones al ordeño, el estado de salud de la ubre y las actividades que lleva a cabo el ordeñador al manejar con eficiencia el equipo para ordeño, lo que se busca con este procedimiento de limpieza y desinfección como actividad final de la práctica de ordeño, es reducir al máximo posible el riesgo de contaminación bacteriana en la leche, considerando al equipo de ordeño como posible fuente de contaminación.

## **6.0 CONCLUSIONES.**

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio de UFC/ml de MA y CT del agua en el lavado manual y mecánico de las líneas para la leche en el equipo de ordeño portátil, fue posible obtener un esquema de proporciones de muestras positivas para evaluar la eficacia del lavado entre ambos métodos empleados (G1 y G2).

La contaminación siempre estuvo presente en ambos sistemas de lavado, sin embargo; al realizar la comparación de las proporciones de muestras positivas a crecimiento bacteriano de G1 y G2, la cantidad de microorganismos tanto MA como CT es más baja en el agua después de lavar con el sistema automático (CIP) que con el sistema manual; por lo tanto el lavado mecánico (G1) es más eficaz que el lavado manual (G2) en las condiciones en que se llevó el presente estudio.

Es importante mantener el equipo de ordeño limpio tanto al interior como al exterior de este, para poder obtener una leche de mejor calidad y conservar la salud de la ubre de la vaca, considerándose como requisito que el material y el equipo para limpieza estén secos, limpios y desinfectados al inicio de la actividad del ordeño.<sup>5, 6, 16</sup>

---

<sup>4</sup> De Laval: Industria para venta de equipos de ordeño. Blvd. Bernardo Quintana N° 194. Col. Villa del Parque, Querétaro, Qro. C. P. 76160

## **7.0 LITERATURA CITADA**

1. Gómez IM. Evaluación de la calidad sanitaria de la leche obtenida mediante métodos de ordeño manual y mecánico en un hato con ganado bovino en Tlatenchi, Morelos (tesis de licenciatura). México (DF) México: FMVZ, UNAM, 2001.
2. Tejen WM, Reaves PM. Enciclopedia Práctica de Ganadería. México (DF): Limusa, 1994.
3. Bath LD, Dickinson NF, Tucker AH, Appleman DR. Ganado lechero. Principios, prácticas, problemas y beneficios, 1ª ed. México (DF): Interamericana, 1986.
4. Alfa Laval. Manual de Industrias Lácteas, 2ª Ed. Madrid: Iragra, 1990.
5. Torres VS. Prevalencia de mastitis y glándulas improductivas en hatos pequeños pertenecientes a la cuenca lechera de Xochimilco (tesis de licenciatura). México (DF) México: FMVZ, UNAM, 2001.
6. Bennett HR. Incentivos: Calidad de Leche. Incentivos para mejorar la calidad de la leche. Universidad de California [serial online] 2000 Enero [cited 2001 Nov 15]; [5 screens]. Available from: URL: <http://www.cnr.berkeley.edu/ucce50/agro-laboral/7dairy/7leche05.htm>
7. Alais C. Ciencia de la Leche, 7ª ed. México (DF): Continental, 1988.
8. Secretaría de Salud. Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios. Título Cuarto. Diario Oficial de la Federación 9 de agosto 1999.
9. Food & Agricultura. Milking Machina Higiene: Cleaning Systems. Department of Primary Industries, Water & Environment, Tasmania, Australia. [serial online] 2001 Oct [cited 2002 Marzo 15]; [5 screens]. Available from: URL: <http://www.dpiwe.tas.gov.au/inter.nsf/WebPages/RPIQ-4ZP4AP?open>
10. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recursos Nacionales e Internacionales. Manifestación de impacto ambiental, modalidad general. Planta lechera. México (DF): SEMARNAT, 1994.

11. Guía para la producción de leche de calidad. Tuco, Upjohn Internacional, INC Michigan (EUA): 10-11.
12. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4º. Ed. México (D F): Instituto de Geografía UNAM, 1989.
13. Secretaría de Salud. Laboratorio Nacional de Salud Pública. Manual de prácticas. Curso: Toma y manejo de muestras para el análisis microbiológico. México (D F): SSA, 1992.
14. Glantz SA. Primer of biostatistics 3º ed. USA: Mc Graw – Hill, 1981.
15. Diggins RV, Bundy CE. Vacas de leche y sus derivados. México (DF): Continental, 1976.
16. Avila TS. Fisiopatología de la glándula mamaria y ordeño [monograph on CD-ROM]. Reaves JRT, Maibach H. CMEA Multimedia Group, producers. Versión 1. 0. México (DF): FMVZ, UNAM, 2001.
17. Gutiérrez CAJ. Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica de la leche producida en una región tropical con ganado bovino, considerando prácticas de higiene y salud animal (tesis de maestría). México (DF): FMVZ, UNAM, 2001.
18. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana NOM–110–SSA1–1994. Preparación y Dilución de Alimentos para su Análisis Microbiológico. Diario Oficial de la Federación 1995 octubre 16.
19. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana NOM–113–SSA1–1994. Determinación de la Cuenta de Coliformes Totales en Placa. Diario Oficial de la Federación, 1995 mayo 10.
20. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana NOM–092–SSA1–1994. Método para la Cuenta de Bacterias Aeróbicas Mesofílicas en Placa. Diario Oficial de la Federación, 1995 mayo 10.
21. Secretaría de Salud. Laboratorio Nacional de Salud Pública. Procedimiento para el examen microbiológico de superficies y utensilios. México (D F): SSA, 1990.

22. Secretaría de Salud. Laboratorio Nacional de Salud Pública. Técnicas y procedimientos para el análisis microbiológico de leche fluida. SSA. México (DF): SSA, 1993.
23. Zar JH. Biostatistical Análisis. 3ª ed. USA: Pentice Hall, 1996.
24. Daniel WW. Biostatistics: a foundation for analysis in the health sciences. 6<sup>th</sup> ed. Canada: John Wiley & Sons, Inc, 1995.
25. Glantz SA. Prueba estadística PRIMER [computer program]. México (DF): FMVZ, UNAM, 1992.
26. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993. Bienes y Servicios. Agua Purificada Envasada. Diario Oficial de la Federación, 1994 mayo 16.
27. Páez R, Taverna M, Charlón V, Cuatrin A y Echeverri F. Procedimiento de evaluación de la higiene de la ordeñadora, el equipo de refrigeración y la cisterna de transporte de leche mediante la técnica de bioluminiscencia. IV Simposio para Latinoamérica de AOAC, Uruguay [serial online] 2001 Nov [cited 2003 Enero 16]; [9 screens]. Available from: URL: [http://rafaela.inta.gov.ar/anuario2001/a2001\\_30.htm](http://rafaela.inta.gov.ar/anuario2001/a2001_30.htm)
28. Laboratorios Peyte. UNIVAC Detergente ácido [serial online] 2001 Abril [cited 2003 Enero 16]; [18 screens]. Available from URL: <http://www.peyte.com.ar/univac.htm>
29. Devore JL. Probability and Statistics for Engineering and the Sciences. USA (California): Brooks/Cole Publishing Company Monterrey, 1982.
30. Loor JJ, Jones GM y Summer S. Analizando la calidad de la leche del tanque de almacenamiento. Virginia State University [serial online] 1999 [cited 2001 Nov 13]; [ 8 screens ]. Available from: URL: [http://www.dasc.vt.edu/jones/TestingBulkTankMilk\(Spanish\).htm](http://www.dasc.vt.edu/jones/TestingBulkTankMilk(Spanish).htm)

**Cuadro 1**

<b>Lavado Automático:</b>					
<b>Unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC / ml) de mesofílicos aerobios (MA) y coliformes totales (CT) obtenidos del agua utilizada en los muestreos de máquinas de ordeño portátiles.</b>					
<b>n</b>	<b>MA</b>		<b>CT</b>		
	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	
1	0	23	0	0	
2	20	4	0	0	
3	7	13	0	0	
4	0	0	0	0	
5	60	0	0	0	
6	80	0	0	0	
7	90	60	0	120	
8	0	0	0	0	
9	0	20	0	0	
10	0	10	0	0	
11	0	0	20	20	
12	0	0	0	0	
13	0	90	0	0	
14	0	16000	100	80	
15	62	23000	0	29600	
16	110	150	0	0	
17	20	400	50	7000	
18	0	0	0	0	
19	1400	1900	0	0	
20	30	50	19	18	

n: Número de muestras realizadas

MA: Mesofílicos aerobios; CT: Coliformes totales

A: Agua que fue colectada en una cubeta

D: Agua después de circular en la unidad de ordeño

**Cuadro 2**

<b>Lavado Manual:</b>				
<b>Unidades Formadoras de Colonias por mililitro (UFC / ml) de mesofílicos aerobios (MA) y coliformes totales (CT) obtenidos del agua utilizada en los muestreos de máquinas de ordeño portátiles.</b>				
<b>n</b>	<b>MA</b>		<b>CT</b>	
	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>D</b>
<b>1</b>	134	950	86	970
<b>2</b>	20	300	0	200
<b>3</b>	6	80	0	0
<b>4</b>	172000	288000	172000	84000
<b>5</b>	700	30	1400	0
<b>6</b>	110	90	0	0
<b>7</b>	8	64	24000	256000
<b>8</b>	7	72	0	15000
<b>9</b>	269	3360	223	3360
<b>10</b>	490	3400	342	3360
<b>11</b>	500	20000	200	8000
<b>12</b>	1000	20000	1000	5300
<b>13</b>	900	13000	2000	20000
<b>14</b>	0	22000	0	100000
<b>15</b>	1000	70000	0	110000
<b>16</b>	400	12000	300	1500
<b>17</b>	190000	7000	0	32000
<b>18</b>	7000	0	0	0
<b>19</b>	0	20000	0	1600
<b>20</b>	0	17000	20	3000

n: Número de muestras realizadas

MA: Mesofílicos aerobios; CT: Coliformes totales

A: Agua que fue colectada en una cubeta

D: Agua después de circular en la unidad de ordeño

**Cuadro 3**

<b>Comparación de proporciones de muestras positivas a microorganismos del agua colectada en la cubeta contra el agua después de haber circulado a través de las líneas de la leche, de manera independiente para cada microorganismo (mesofílicos aerobios y coliformes totales) y cada método de lavado (automático y manual).</b>							
Método de lavado	n	Organismo	Grupo	P(+)	Diferencia ± EE	Z	P
G1: Automático	20	MA	A	0.5	-0.15 ± 0.1563	0.64	0.522
			D	0.65			
		CT	A	0.2			
			D	0.3			
G2: Manual	20	MA	A	0.85	-0.1 ± 0.09487	0.527	0.598
			D	0.95			
		CT	A	0.55			
			D	0.8			

CT: Coliformes totales, MA: Mesofílicos aerobios

A: Agua que fue colectada en una cubeta

D: Agua después de circular en la unidad de ordeño

n: Número de muestras de agua

P (+): Proporción de muestras positivas a crecimiento bacteriano

Diferencia: Diferencia aritmética entre las proporciones de muestras positivas comparadas.

EE: Error estándar de la diferencia entre las proporciones de muestras positivas comparadas.

Z: Estadístico de prueba de la diferencia entre las dos proporciones

P: Probabilidad correspondiente al estadístico Z.

**Cuadro 4**

**Comparación entre ambos sistemas de lavado (automático vs manual) de las proporciones de muestras positivas de manera independiente para cada microorganismo (mesofílicos aerobios y coliformes totales) y para cada momento (del agua colectada en una cubeta y agua después de circular en la unidad de ordeño.**

Organismo	n	Grupo	Método de lavado	P(+)	Diferencia ± EE	Z	P
MA	20	A	G1: Automático	0.5	-0.35 ± 0.1481	2.025	0.043*
			G2: Manual	0.85			
		D	G1: Automático	0.65			
			G2: Manual	0.95			
CT	20	A	G1: Automático	0.2	-0.35 ± 0.1531	1.96	0.05*
			G2: Manual	0.55			
		D	G1: Automático	0.3			
			G2: Manual	0.8			

MA: Mesofílicos aerobios

CT: Coliformes totales

A: Agua que fue colectada en una cubeta

D: Agua después de circular en la unidad de ordeño

n: Número de muestras de agua

P (+): Proporción de muestras positivas a crecimiento bacteriano

Diferencia: Diferencia aritmética entre las proporciones de muestras positivas comparadas.

EE: Error estándar de la diferencia entre las proporciones de muestras positivas comparadas.

P: Probabilidad correspondiente al estadístico Z.

Z: Estadístico de prueba de la diferencia entre las dos proporciones

\* La diferencia es estadísticamente significativa entre las proporciones contrastadas.

**Cuadro 5**

<b>Comparación de las proporciones de muestras positivas englobando ambos microorganismos: mesofílicos aerobios (MA) y coliformes totales (CT), del agua para lavado del equipo de ordeño, según el método y el momento toma de la muestra.</b>							
Organismos	n	Grupo	Método de lavado	P(+)	Diferencia ± EE	Z	P
MA	40	A	G1: Automático	0.35	-0.35 ± 0.1117	2.911	0.004*
			G2: Manual	0.7			
CT	40	D	G1: Automático	0.475	-0.4 ± 0.1047	3.581	0.001*
			G2: Manual	0.875			

MA: Mesofílicos aerobios

CT: Coliformes totales

A: Agua que fue colectada en una cubeta

D: Agua después de circular en la unidad de ordeño

n: Número de muestras de agua

P (+): Proporción de muestras positivas a crecimiento bacteriano

Diferencia: Diferencia aritmética entre las proporciones de muestras positivas comparadas.

EE: Error estándar de la diferencia entre las proporciones de muestras positivas comparadas.

P: Probabilidad correspondiente al estadístico z.

Z: Estadístico de prueba de la diferencia entre las dos proporciones

\* La diferencia es estadísticamente significativa entre las proporciones contrastadas.

**Cuadro 6**

<b>Cantidad de detergente a utilizar en 40 litros de agua según indicaciones del fabricante para sistema de tuberías y transferencia de leche de acuerdo a la dureza del agua</b>	
<b>Dureza mg/l</b>	<b>Detergente (mililitros )</b>
0-205.2	75
222.3-307.8	100
324.9-427.5	120
444.6-684	150
701 - 855	200
> 855	400

mg / l: miligramos en un litro de agua

Detergente: Detergente alcalino utilizado e indicado por el fabricante De Laval<sup>4</sup>

<sup>4</sup> De Laval: Industria para venta de equipos de ordeño. Blvd. Bernardo Quintana N° 194. Col. Villa del Parque, Querétaro, Qro. C. P. 76160