

# Caracterización del ordeño manual e identificación de puntos críticos de control para la calidad higiénica de la leche en una finca del norte de Antioquia

Silvia Posada Arias\*, Erica T Loaiza\*\*, Juan E Restrepo\*\*\*, Martha Olivera\*\*\*\*

## Resumen

**Introducción.** Este trabajo caracterizó el ordeño manual de una finca del norte antioqueño, con el fin de implementar a través del análisis de riesgo, buenas prácticas de manejo en la ganadería, para obtener leche con calidad higiénica. **Materiales y métodos.** Se aplicó una encuesta y se hizo observación durante 10 visitas a la finca para construir un flujograma. Se definieron los puntos críticos de contaminación en los cuales se tomaron muestras para Unidades Formadoras de Colonia (UFC) así como la temperatura y el tiempo transcurrido desde el inicio hasta el final del ordeño. Las muestras se analizaron con Bactoscan®. El análisis estadístico se hizo con SPSS 15.0 mediante comparaciones de medias. Se hizo análisis de regresión para examinar la correlación entre la temperatura y el tiempo con las UFC. **Resultados.** Sólo se encontró diferencia entre dos puntos del ordeño ( $p < 0,05$ ). Dichos puntos fueron la cantina en el sitio del ordeño y la cantina en el tanque al final del ordeño. Se encontró asociación positiva entre el tiempo que se tarda la leche en alcanzar la cadena de frío ( $p < 0,05$ ) y las UFC. La temperatura en el ordeño se mantuvo dentro del rango óptimo para mesófilos. El recuento de UFC en tanque estuvo por debajo del límite de lo estipulado por la reglamentación nacional para la bonificación en el sistema de pago de leche cruda al productor. No se encontró correlación entre las UFC y la presencia-ausencia de lluvias ( $p < 0,05$ ). **Conclusión.** Este es un sistema de producción de leche limpio, con buenas prácticas higiénicas. El principal punto de riesgo que se debería controlar es el tiempo que transcurre desde el inicio del ordeño hasta que la leche es enfriada en el tanque.

**Palabras clave:** calidad de leche, mesófilos, UFC, higiene.

## Characterization of manual milking and identification of critical control factors for the hygienic quality of milk in a farm located at the North of the Antioquia province

### Abstract

**Introduction.** This work characterized manual milking in a farm located in the North of Antioquia, aiming to implement, via a risk analysis, best practices to manage cattle and obtain milk with hygienic quality. **Materials and Methods.** A survey was applied and an observation was made in 10 visits to the farm, in order to make a flow chart. The critical contamination points in which samples to establish the Colony Forming Units (CFU) were defined, and so were the temperature and the time lapse between the beginning and the end of the milking. The samples were analyzed with Bactoscan®. The statistic analysis was made by the use of SPSS 15.0, through comparing means. A regression analysis was made in order to examine the correlation between temperature and time with CFUs. **Results.** There was a difference between two points of the milking ( $p < 0,05$ ). Those points were the canteen in the milking site and the canteen in the tank at the end of the milking. There was a positive association between the time CFUs and the time necessary for the milk to reach the cold chain ( $p < 0,05$ ). Temperature in the milking stayed within the optimal range for mesophiles. The CFU account in the tank was below the limit stipulated by the national regulations for the milk bonus in the

\* Administradora de Empresas, Medico Veterinario, MSc. Grupo de Investigación BIOGÉNESIS, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia.

\*\* Medico Veterinario. MSc. Docente Corporación Universitaria Lasallista. Grupo VERICEL, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia.

\*\*\* Medico Veterinario, Esp. Cooperativa Lechera Colanta, Medellín, Colombia.

\*\*\*\* Medico Veterinario. DrSci Agr. Grupo de Investigación BIOGÉNESIS, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia.

Correspondencia: Silvia Posada Arias. e-mail: silviaposada@gmail.com  
Artículo recibido: 15/03/2010; Artículo aprobado: 3/12/2010

raw milk system to pay producers. There was no correlation between CFUs and the presence-absence of rain ( $p < 0,05$ ). **Conclusion.** This is a clean milk production system with best hygienic practices. The principal risky point that must be controlled is the time between the beginning of the milking and the moment in which milk is refrigerated in the tank,

**Key words:** milk quality, mesophiles, CFU, hygiene.

### **Caracterización do ordenho manual e identificación de puntos críticos de controle para a qualidade higiênica do leite numa herdade do norte de Antioquia**

#### **Resumo**

**Introdução.** Este trabalho caracterizou a ordenha manual de uma herdade do norte antioqueño, com o fim de implementar através da análise de risco, boas práticas de manejo na pecuária, para obter leite com qualidade higiênica. **Materiais e métodos.** Aplicou-se uma enquete e se fez observação durante 10 visitas à herdade para construir um fluxograma. Definiram-se os pontos críticos de contaminação

nos quais se tomaram mostras para Unidades Formadoras de Colônia (UFC) bem como a temperatura e o tempo decorrido desde o início até o final da ordenha. As mostras se analisaram com Bactoscan®. A análise estatística se fez com SPSS 15.0 mediante comparações de médias. Fez-se análises de regressão para examinar a correlação entre a temperatura e o tempo com as UFC. **Resultados.** Só se encontrou diferença entre dois pontos da ordenha ( $p < 0,05$ ). Ditos pontos foram a cantina no lugar da ordenha e a cantina no tanque ao final da ordenha. Encontrou-se associação positiva entre o tempo que se demora o leite em atingir a corrente de frio ( $p < 0,05$ ) e as UFC. A temperatura na ordenha se manteve dentro da casta ótima para mesófilos. A recontagem de UFC em tanque esteve por embaixo do limite do estipulado pela regulamentação nacional para o bônus no sistema de pagamento de leite cru ao produtor. Não se encontrou correlação entre as UFC e a presença-ausência de chuvas ( $p < 0,05$ ). **Conclusão.** Leste é um sistema de produção de leite limpo, com boas práticas higiênicas. O principal ponto de risco que se deveria controlar é o tempo que decorre desde o início da ordenha até que o leite é esfriado no tanque.

**Palavras Importantes:** qualidade de leite, mesófilos, UFC, higiene.

---

## **Introducción**

La industria lechera colombiana se desarrolla en explotaciones desde 0 hasta más de 3.000 metros sobre el nivel del mar y existe en diversas zonas del país. En Antioquia, la región del altiplano norte se caracteriza por la alta producción de leche en los municipios de Santa Rosa de Osos, Yarumal, San Pedro de los Milagros, Entreríos, Belmira y Don Matías<sup>1</sup>, y la producción primaria se realiza mediante ordeño manual en el 80% de las fincas, según encuesta realizada en 2008<sup>2</sup>.

La Comisión FAO/OMS propuso a los países miembros la adopción del Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control HACCP, como estrategia de aseguramiento de la inocuidad de alimentos<sup>3</sup>; el Gobierno colombiano definió lineamientos en concordancia con los de otros países, ya que su cumplimiento es requisito para salvar las barreras de entrada de productos a otras naciones. Aunque las normas existentes son exclusivamente para fábricas de alimentos<sup>4</sup>, el CODEX plantea que

pueden aplicarse a lo largo de toda la cadena, desde el productor primario hasta el consumidor final.

La resolución 0012 de 2007 reglamenta el pago de la leche cruda al productor primario sobre la base de parámetros de calidad composicional, sanitaria e higiénica, bonificando los conteos bajos de UFC y penalizando los recuentos altos. Por tanto, es pertinente la adopción de sistemas que lleven a la obtención de leche con características óptimas, que redunden en beneficios, tanto para el consumidor como para el productor.

El objetivo de este trabajo fue aplicar un análisis de riesgos para la calidad higiénica de la leche en una finca del norte antioqueño. Para ello se describió el proceso productivo y se identificaron puntos críticos de contaminación bacteriana, y se validaron los lineamientos del CODEX, acerca de la aplicación de un sistema de calidad en la unidad productiva primaria, lo que lleva indefectiblemente a mejorar la calidad en los demás puntos de la cadena.

La identificación de los puntos críticos de control es individual para cada sistema de producción; su punto de partida es la descripción de la rutina de ordeño, a partir de la cual se construye un diagrama de flujo. La metodología que se usa se puede adaptar a cada explotación para usarla en el desarrollo de las buenas prácticas de ganadería y la obtención de leche de óptima calidad.

## **Materiales y métodos**

Se hizo un estudio descriptivo de tipo prospectivo, en el cual se caracterizó el proceso de ordeño manual en una finca del norte de Antioquia para identificar los principales puntos críticos de control. Para la selección de la finca se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- Tener ordeño manual
- Tener no más de 20 vacas en producción
- Tener tanque de frío
- Recolección de leche diaria por la acopiadora
- Baja rotación de personal

### ***Caracterización de la rutina de ordeño***

Para la caracterización de la rutina de ordeño manual se llevó a cabo observación participante, y mediante visitas seriadas al sitio, se hizo el levantamiento de procesos. Igualmente se utilizó una encuesta elaborada por el equipo de trabajo en leche del Grupo Biogénesis, para obtener información más detallada de los procedimientos.

La descripción de la rutina de ordeño se hizo mediante flujograma siguiendo lo estipulado por el Codex Alimentarius en su Anexo al CAC/RCP-1 (1969), Rev. 3 (1997).

### ***VARIABLES MEDIDAS***

Se realizaron diez visitas a la finca, tres veces por semana, y se tomaron muestras de leche en los siguientes puntos, teniendo en cuenta que son todas las superficies con las que la leche entra en contacto desde que sale de la ubre hasta que llega al tanque final:

- Directamente del pezón de la primera vaca del ordeño. Siempre se muestreó el mismo cuarto de la misma vaca durante los diez muestreos.
- Del balde con la leche producida por la primera vaca (evalúa la limpieza del balde).
- Cantina 1: de la misma leche anterior, pero después de vaciarla a la cantina. Evalúa la limpieza de la cantina.
- Cantina 2: de la cantina al llenarse, antes de ser tapada, con el ordeño de otras vacas. Esto es aproximadamente una hora después de la toma de la muestra en balde. Evalúa el total de contaminación producida por los baldes que recibieron la leche de las vacas ordeñadas y contempla, además, el crecimiento bacteriano de la leche de las primeras vacas.
- Cantina 3: evalúa la proliferación bacteriana en la cantina en el tiempo transcurrido entre el momento en que se llena y el momento en que llega al tanque de frío, es decir, tres horas después de la toma de la muestra de cantina inmediatamente antes de vaciarla al tanque.
- Del tanque, inmediatamente después de vaciar la primera cantina. (evalúa la limpieza del tanque).
- Previo a la toma de las muestras, en cada uno de los sitios se tomó la temperatura de la leche.
- En cada visita se indagó al personal de la finca sobre la ocurrencia de lluvias durante las últimas 24 horas. Para las muestras tomadas en los puntos balde y cantina, se utilizó un cucharón previamente desinfectado con Despa-dac® al 0,4% y secado con papel desechable. Se agitó la leche contenida en el recipiente, se tomó la muestra, se vertió en un recipiente estéril y se mantuvo refrigerada a 4 °C hasta su procesamiento en el laboratorio.

### ***Procesamiento de la leche***

Las muestras de leche fueron procesadas en el Laboratorio de la Cooperativa Lechera Colanta, por medio del equipo Bactoscan®8040 y se obtuvieron datos del conteo de UFC encontradas en los seis momentos descritos durante el ordeño para los diez días de muestreo.

### **Personal del ordeño**

Durante todo el tiempo del muestreo estuvo trabajando el mismo ordeñador.

### **Técnicas de procesamiento y análisis de los datos**

Los datos recolectados fueron tabulados en Excel y para su análisis estadístico se utilizó el programa SPSS versión 15.0.

Se analizaron de manera independiente las variables del estudio, y de ellas se obtuvieron medidas de tendencia central (media y mediana), de dispersión (desviación estándar y rango intercuartil) y de posición (percentiles 25 y 75).

Se hicieron gráficos de tendencias para observar la variación del número de UFC en cada punto de muestreo para cada una de los 10 muestreos.

Se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para determinar si hubo o no diferencias en el número de UFC en cada uno de los puntos de muestreo con respecto al anterior, y entre los primeros momentos y los últimos en el mismo recipiente en cada una de los 10 muestreos. Los tres primeros momentos se analizaron separadamente de los tres últimos.

Posteriormente se hizo un análisis de regresión lineal entre las variables temperatura y tiempo con la presencia de UFC por punto en cada uno de los días de muestreo. De igual manera, se hizo un análisis de regresión lineal para establecer relación entre la variable lluvias y el conteo de UFC por punto de muestreo.

Para determinar si hubo diferencia entre la temperatura en cada punto de muestreo se hizo una comparación de medias; para esto se utilizó la técnica de ANOVA de una vía.

Se determinó la correlación entre la presencia-ausencia de lluvias con el incremento de las UFC/ml en cada uno de los puntos, mediante prueba de medias pareadas con los datos de UFC/ml encontrados en los días de lluvia, frente a los datos encontrados en los días de no lluvia.

Se asumió significancia estadística si el valor de  $p < 0.05$

## **Resultados**

### **Diagrama de flujo**

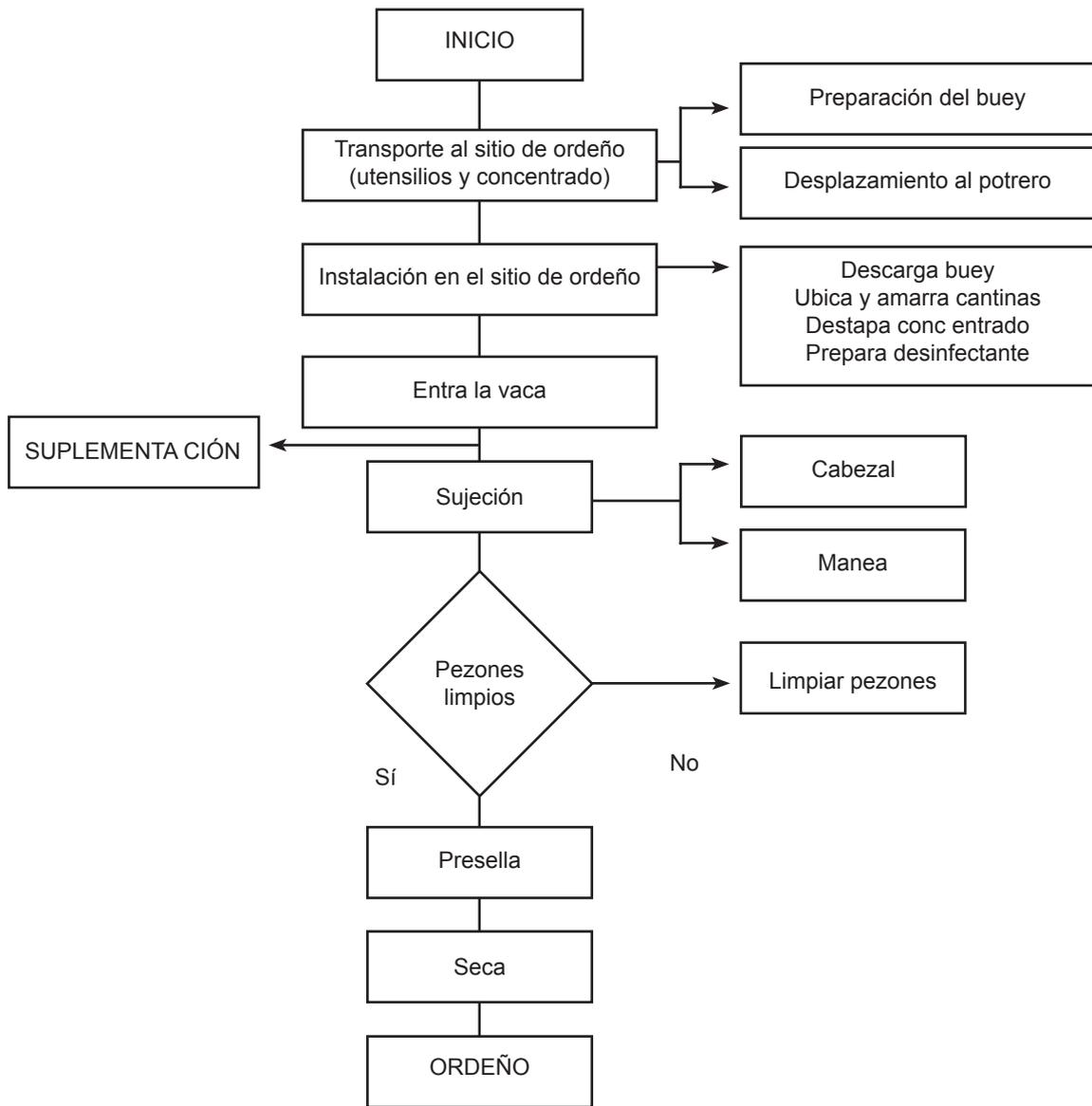
Como resultado de la encuesta y la observación del proceso, se construyó el flujograma de la rutina de ordeño, describiendo adecuadamente las operaciones realizadas antes, durante y después del mismo, en cada una de las cuales pueden existir peligros de contaminación bacteriana de la leche (figura 1).

Del diagrama de flujo levantado en la finca llaman la atención aspectos como: 1) omiten el despunte; 2) utilizan el mismo filtro para diferentes cantinas y lo lavan entre una y otra con el agua de los bebederos; 3) para iniciar el ordeño, el ordeñador introduce repetidamente las manos en el balde para humedecerlas; 4) en el posordeño, utilizan un único filtro que no es cambiado para las diferentes cantinas; 5) los utensilios son lavados con agua de la finca, jabón corriente y no son desinfectados; 6) se utiliza un balde plástico para el ordeño.

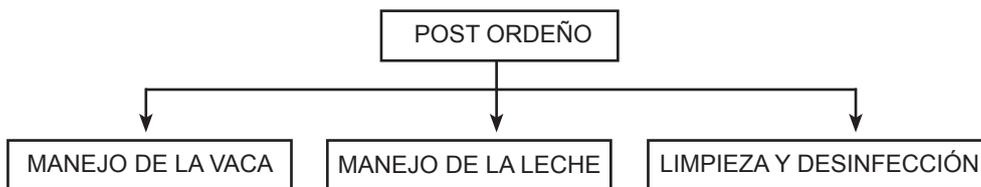
### **Determinación de los puntos críticos de control**

Debido a la alta variabilidad en los datos de cada uno de los puntos muestrados (tabla 1), el análisis se hizo sobre la base de la mediana y el rango intercuartil. La tabla 1 muestra un resumen de la estadística descriptiva de cada uno de los puntos evaluados en los 10 muestreos.

## PREORDEÑO



**Figura 1A. Diagrama de flujo del ordeño manual-Preordeño**



**Figura 1B. Diagrama de flujo del ordeño manual-Posordeño**

### FLUJOGRAMA DEL MANEJO DE LAS VACAS

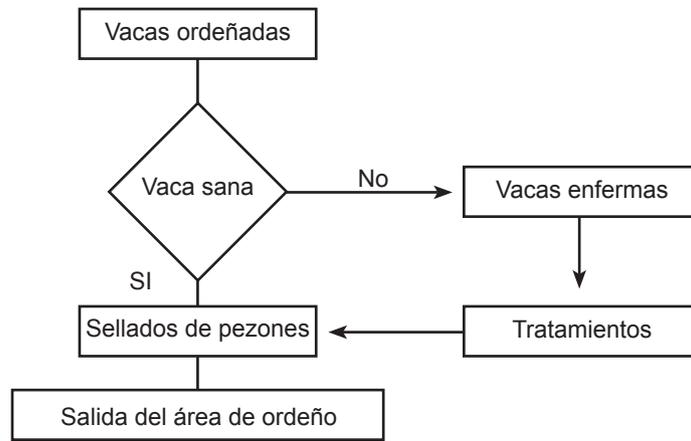


Figura 1C. Diagrama de flujo del ordeño manual-Posordeño-Manejo de las vacas

### FLUJOGRAMA DEL MANEJO DE LA LECHE

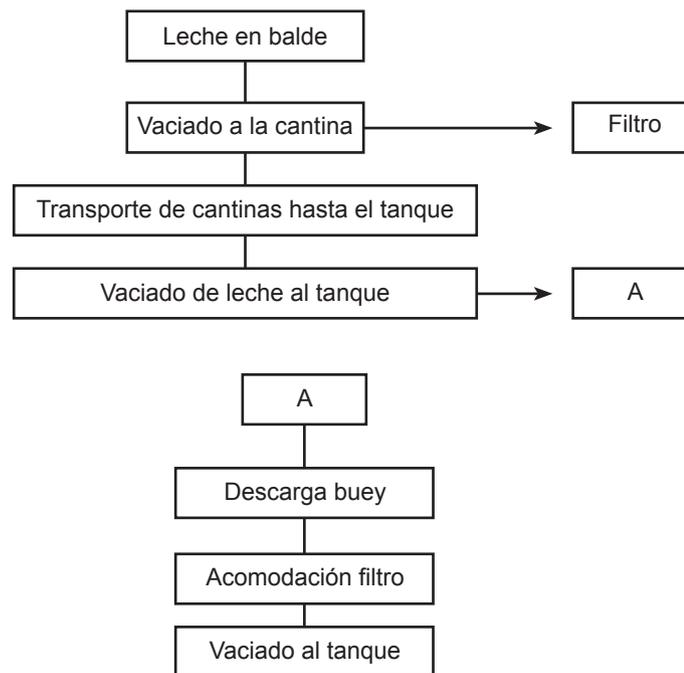


Figura 1D. Diagrama de flujo del ordeño manual-Posordeño-Manejo de la leche

## LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE EQUIPOS Y UTENSILIOS

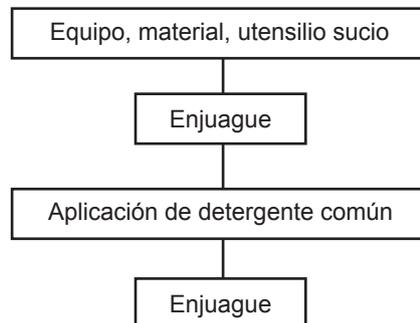


Figura 1E. Diagrama de flujo del ordeño manual-Posordeño-Limpieza y desinfección

Tabla 1. Estadística descriptiva de cada uno de los puntos evaluados en términos de las UFC/ml halladas en el estudio

Parámetro	UFC/ml pezón (en miles)	UFC/ml balde (en miles)	UFC/ml cantina 1 (en miles)	UFC/ml cantina 2 (en miles)	UFC/ml cantina 3 (en miles)	UFC/ml tanque (en miles)
N	10	10	10	10	10	10
Media	127.00 <sup>a</sup>	18.00 <sup>a</sup>	66.50 <sup>a</sup>	30.00 <sup>a</sup>	226.50 <sup>b</sup>	316.90 <sup>b</sup>
Mediana	2.50	11.50	10.00	25.50	49.50	124.00
Desv. tít.	386.188	16.248	140.753	19.911	474.051	428.911
Mínimo	1	3	5	11	29	35
Máximo	1226	50	459	70	1553	1282
Percentiles	25	1.75	5.50	13.50	30.00	46.75
	50	2.50	11.50	10.00	49.50	124.00
	75	10.00	31.75	54.75	38.25	170.00
Temperatura promedio por punto (°C)	36,47 <sup>a</sup>	36,16 <sup>a</sup>	35,03 <sup>b, c</sup>	34,94 <sup>b, c</sup>	31,17 <sup>b, d</sup>	29,82 <sup>b</sup>
Tiempo desde el inicio del ordeño a la toma de la muestra en minutos	0	10	15	60	210	215

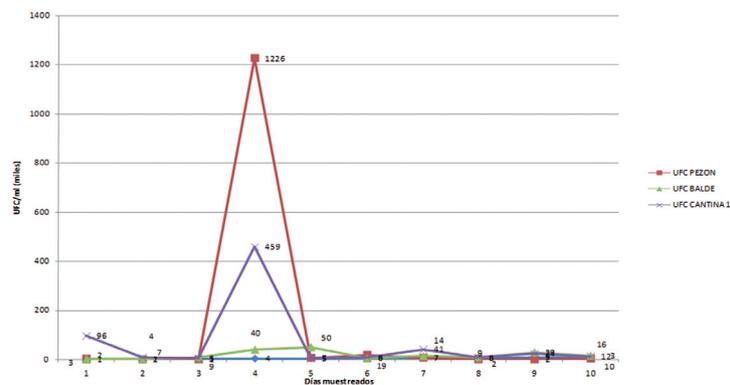
a, b, c, d Diferencia estadística entre puntos muestreados.  $p < 0,05$

El 50% de las UFC encontradas en leche tomada directamente del pezón se encuentran por debajo de 2500 UFC/ml, y el 75%, por debajo de 10000 UFC/ml. En el caso de las UFC halladas en la leche del balde, la mitad se encuentran por debajo de 11500 UFC/ml, y el 75% se encuentra por debajo de 31750 UFC/ml. En la cantina 1, el 50% de las UFC encontradas estuvieron por debajo de 10000 UFC/ml, y el 75% por debajo de 54750 UFC/ml. Estos resultados se muestran en la figura 2.

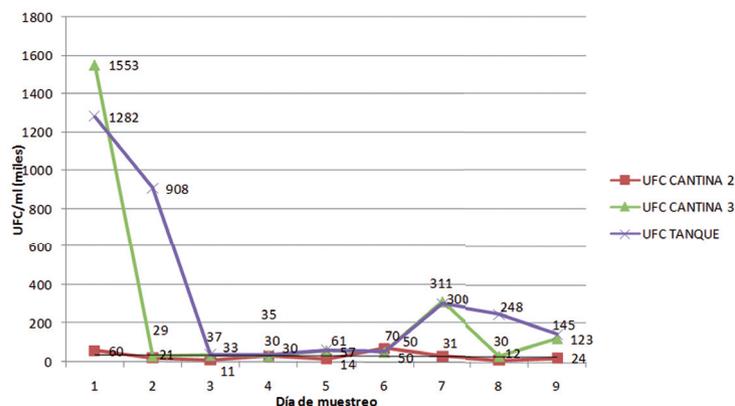
En la cantina 2, el 50% de los datos de UFC estuvieron por debajo de 25500 UFC/ml, y el 75% por debajo de 38250 UFC/ml. En la cantina 3, el 50% de las UFC estuvieron por debajo de

49500 UFC/ml, y el 75% no superó las 170000 UFC/ml. Los resultados para el tanque muestran el 50% de los datos inferiores a 124000 UFC/ml, y el 75% por debajo de 452000 UFC/ml. (Figura 3).

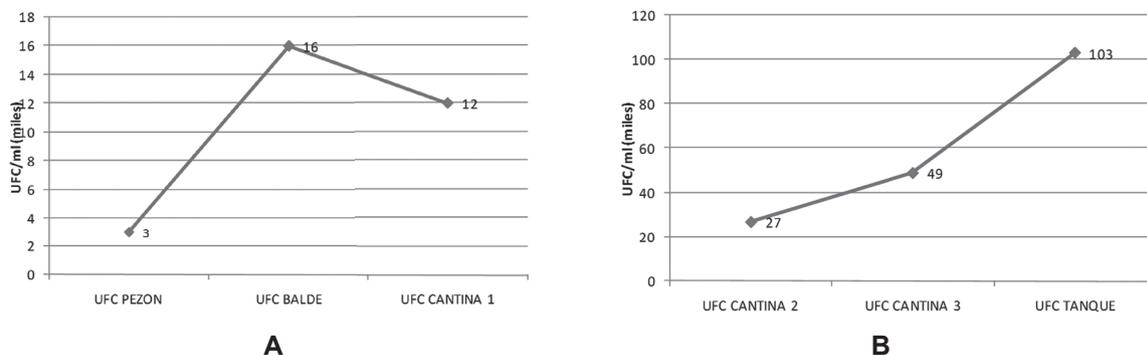
Esta información puede también visualizarse en la figura 4, en la cual se grafica uno de los días típicos de muestreo, con los datos obtenidos en los tres puntos iniciales muestreados (pezón, balde y cantina 1) y en los tres finales (cantina 2, cantina 3 y tanque). Se observa claramente la tendencia a aumentar las UFC/ml, a medida que se tomaban muestras en momentos posteriores del ordeño, con la excepción comentada anteriormente en el día 4.



**Figura 2. Niveles de UFC (en miles) durante los diez días del muestreo evaluados en leche del pezón, leche del balde y cantina1**



**Figura 3. Niveles de UFC durante los diez días del muestreo evaluados en los puntos cantina 2, cantina 3 y tanque**



**Figura 4. Niveles de UFC en uno de los días típicos del muestreo.**  
**A. Niveles encontrados en pezón, balde y cantina 1**  
**B. Niveles encontrados en cantina 2, cantina 3 y tanque**

Sólo existe aumento estadísticamente significativo entre cantina 2 y cantina 3 con  $p < 0,03$ , es decir, las UFC incrementan significativamente desde que la cantina es cerrada en el ordeño hasta que llega al tanque para ser vaciada. El resto de comparaciones carece de significancia estadística.

El análisis de los valores de UFC, pezón, balde y cantina 1 con respecto a cantina 3 y a tanque mostró diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,01$ ). De igual manera, hubo significancia

estadística entre cantina 1 y tanque ( $p < 0,05$ ). No se encontró asociación con cantina 2. (Tabla 1).

La variación de la temperatura promedio en cada uno de los puntos con respecto al anterior fue significativa en la mayoría de los casos ( $p < 0,05$ ). (Tabla 1).

La correlación de la temperatura de cada punto del muestreo con el nivel de UFC en los mismos se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2. Correlación de la temperatura y UFC/ml en cada uno de los días del muestreo**

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
Nivel de significancia	0,007	0,074	0,003	0,312	0,140	0,253	0,003	0,079	0,001	0,015
Coefficiente de correlación	0,929	0,769	0,958	0,500	0,676	0,555	0,956	0,761	0,971	0,898

La correlación entre la presencia-ausencia de lluvias con el incremento de las UFC/ml en cada uno de los puntos mostró valores de R cuadrado por debajo del 10% y todos los valores de  $p > 0,05$ , lo cual muestra que la presencia/ausencia de lluvias no puede explicar el comportamiento de las UFC en ninguno de los puntos evaluados durante el estudio.

Los resultados de la correlación entre el tiempo que tarda la leche desde el lugar del ordeño hasta el momento de ser vaciada al tanque y el recuento de UFC se muestran en la tabla 3.

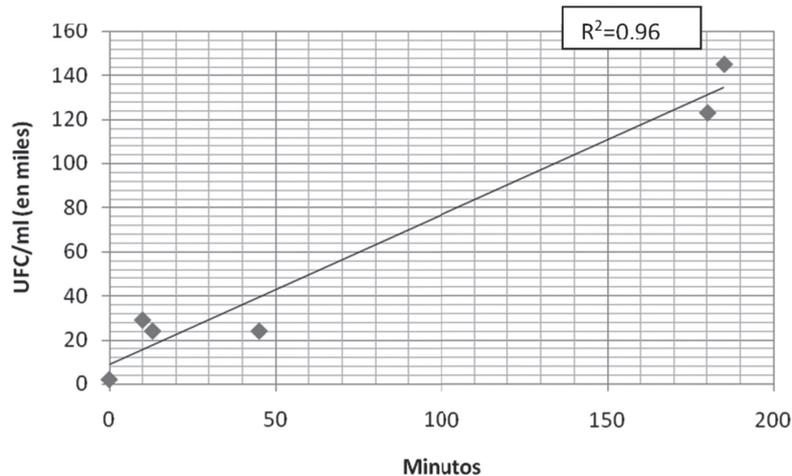
La figura 5 muestra la correlación presentada entre el tiempo y las UFC en el día 9 de muestreo.

La anterior gráfica indica que existe una fuerte correlación entre el tiempo transcurrido y el aumento de UFC, pues dicho aumento es explicado por la variable dependiente en un 96%.

La ecuación de regresión es la siguiente:  $Y = 8.781 + 0.680 (X)$ , que expresa que por cada minuto de tiempo del ordeño transcurrido aumentan en la leche 0.68 UFC.

**Tabla 3. Correlación entre la duración del ordeño y el recuento de UFC**

	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10
Nivel de significancia	0,001	0,156	0,00	0,533	0,077	0,205	0,00	0,116	0,001	0,017
Coefficiente de correlación	0,978	0,657	0,989	0,276	0,765	0,603	0,988	0,708	0,981	0,891



**Figura 5. Correlación entre el tiempo transcurrido y el aumento de UFC en un día típico de muestreo. El minuto cero es el del inicio del ordeño (primer chorro) y el minuto 200 es el final del ordeño (vaciado a tanque)**

## Discusión

### *Proceso de ordeño manual*

En los países desarrollados prácticamente no existen ordeños manuales, sin embargo, en nuestro país, el 80%<sup>2</sup> de la producción de leche se hace con sistemas de ordeño a mano. Aunque se reconoce su importancia, no existe literatura acerca de este sistema de producción, como sí en el ordeño mecánico, para el cual existen rutinas sugeridas para el cumplimiento de buenas prácticas de producción primaria de leche.

Según los resultados obtenidos, la rutina de esta finca va en contravía con varios de los procedimientos sugeridos por el Código de buenas prácticas de producción de leche descritas por Correa 2005, tales como no despuntar, el manejo que se le da a los filtros, el material de los utensilios, y la desinfección de los mismos, la cual debe realizarse con desinfectantes

tantes aprobados por el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA<sup>5</sup>.

Según el decreto 616, todas las superficies de contacto directo con la leche deben poseer un acabado liso, no poroso, no absorbente y estar libres de defectos, grietas, intersticios u otras irregularidades que puedan atrapar partículas de alimentos o microorganismos que afectan la calidad sanitaria del producto<sup>6</sup>.

### *Puntos críticos de control*

Los recuentos de UFC encontrados al final del proceso (en el tanque de frío) corresponden a un nivel determinado por la legislación nacional como aceptable, ya que el 50% de los datos de UFC/ml medidos en tanque estuvieron por debajo del límite estipulado por la resolución 00012 de 2007 y deben ser bonificado con, por lo menos, veinticinco pesos por litro de leche.

Los datos obtenidos en el punto denominado “pezones” muestran niveles de UFC en general

bajos, a excepción del día 4 donde se encontraron por encima del nivel sugerido por la reglamentación. Teniendo claro que durante todos los días se tomó muestra del mismo pezón, de la misma vaca, esta variación puede estar explicada por cambios en el ambiente del ordeño, tal cual es el cambio de potrero que coincidió con este muestreo. La práctica de limpieza de pezones observada para ese día no varió con relación al resto, pero se hipotetiza que algo varió en la rutina de la limpieza de la ubre, o que la limpieza realizada no fue suficiente.

Se nota una tendencia al aumento en las UFC de la leche desde que sale de la ubre hasta que llega al recipiente. Los datos para este punto, analizados día a día, muestran estabilidad en general, lo que señala que el procedimiento de la extracción de la leche es limpio y que a este punto del proceso, la incidencia del ambiente en la contaminación del producto final es muy baja.

La contaminación aportada por el balde también es baja, dada la baja significancia estadística encontrada entre las evaluaciones de estos puntos. La contaminación bacteriana en este punto del proceso se encuentra por debajo del máximo permitido por la normativa nacional.

Se demuestra claramente que las superficies con las que la leche entra en contacto durante el proceso no son un punto crítico de contaminación bacteriana, cuando se ordeña bajo las condiciones encontradas en esta finca.

El que las UFC aumenten a medida que se va llenando la cantina se explicaría porque aumenta el número de bacterias que aporta cada nueva vaca y porque la temperatura de la leche y la ambiental se mantienen en el rango óptimo de temperatura para mesófilos, dado que las cantinas permanecen en el potrero sin alcanzar refrigeración durante aproximadamente tres horas.

La temperatura explica en muy alto porcentaje el comportamiento de las UFC la mayor parte de los días. Durante el ordeño, la temperatura de la leche tuvo un comportamiento decreciente debido a la temperatura ambiental, volvió a subir con la llegada de nueva leche, pero bajó nuevamente como respuesta a la temperatura ambiental. El rango de crecimiento de las

bacterias mesófilas oscila entre 15 y 40 grados centígrados con un óptimo en 37 grados<sup>7</sup>.

El aumento en el conteo de UFC está altamente explicado por el tiempo transcurrido desde el inicio del ordeño hasta la toma de la muestra en la mayoría de los días, donde existe gran asociación entre variables. Esto está en concordancia con lo expresado anteriormente, pues las bacterias permanecen por mucho tiempo a la temperatura óptima para su crecimiento. En este sentido, entre el balde y el tanque, se da un crecimiento en las UFC a una tasa de 2626 UFC/min, al pasar en cuatro horas de 31750 UFC/ml a 452000 UFC/ml. En cantina 1, con respecto al tanque, se da un crecimiento de UFC/ml de 2482 UFC/ml.

Se concluye, entonces, que el punto crítico no es el recipiente, sino el tiempo transcurrido en el ordeño en el cual la leche permanece a la temperatura óptima para el crecimiento de mesófilos. Es importante tener esto en cuenta dado que las distintas fuentes de contaminación de la leche al momento del ordeño y las condiciones de tiempo y temperatura de almacenamiento, antes de llegar a la planta de recepción, definen el número de bacterias por mililitro, que en este momento se convierten en la población inicial para todos los procesos industriales a que se destine esta materia prima<sup>8</sup>.

Las lluvias no pudieron explicar el comportamiento de las UFC en el estudio, pero debe tenerse en cuenta que el diseño experimental planteó presencia/ausencia de lluvias como si el evento se hubiera presentado en las últimas 24 horas. A este respecto puede decirse que los datos reportados en el trabajo como presencia de lluvias corresponden a lluvias que no ocurrieron durante el ordeño, sino en la madrugada previa.

Si se pudiera realizar el estudio bajo condiciones controladas, seguramente los resultados serían distintos a los obtenidos, ya que para la realización del estudio se visitó un ordeño en condiciones normales para realizar las evaluaciones. Durante este proceso hay variables medioambientales que no pueden controlarse como son la temperatura ambiental, las condiciones del potrero, la presencia o no de lluvias

en el momento del ordeño, lo que aumenta en gran medida el error experimental. Se resalta la importancia del trabajo ya que evaluó condiciones reales.

En conclusión, ni el pezón ni el balde ni la cantina ni el tanque como utensilios son el punto crítico de control. Dicho punto crítico es el tiempo transcurrido desde el ordeño hasta el tanque sin alcanzar la cadena de frío, dada la alta correlación entre la variable tiempo, y el conteo de UFC.

La sugerencia para el productor es mejorar en aspectos como cambiar a balde de aluminio y desinfectar canecas, ya que la dificultad de contar con tanques de frío cercanos al ordeño en el sistema manual no es fácilmente solucionable en el corto plazo.

Para próximos estudios sería interesante hacer las evaluaciones con un grupo de fincas que cuenten con ciertas prácticas de ordeño en cuanto a material de los utensilios, despunte, presellado, sellado y limpieza y desinfección, frente a otro grupo que tengan condiciones diferentes.

Sobre la aplicación de control de calidad basado en identificación de puntos críticos de control en la industria láctea, en cuanto a producción primaria de leche en ordeño manual en Colombia, no se encontró ningún reporte.

## Agradecimientos

Al Ministerio de Agricultura Contrato 103-2008O2526-3153, a la Cooperativa Lechera Colanta y a la Vicerrectoría de Extensión de la

Universidad de Antioquia, por su colaboración en la realización de este trabajo.

## Referencias

1. CONSEJO NACIONAL LÁCTEO. La cadena productiva láctea: documento de trabajo. Bogotá: el Consejo, 2003.
2. RAMÓN ESTEVEZ, Josué Nicolas; et al. Relación entre el recuento de bacterias y número de ordeños almacenados en el tanque de frío. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2009. Vol. 22, no. 3, p. 381-382.
3. FAO/OMS. Codex Alimentarius. Programa Conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Roma: FAO, 1997. 129 p.
4. COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 60 de 2002. Aplicación del sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control en las fábricas de alimentos. Bogotá: El Ministerio, 2002. 10 p.
5. CORREA CARDONA, Héctor Jairo. Código de buenas prácticas de producción de leche para Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2005. 54 p.
6. COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 616 de 2006. Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendia, importe o exporte en el país. Bogotá: El Ministerio, 2006. 32 p.
7. ROBINSON R.K. 1997. Microbiología lactológica. Vol I. Microbiología de la leche. Zaragoza, España: Editorial Acribia, 1985. 230 p.
8. GAVIRIA, Blanca Cecilia. Calidad Higiénica y Sanitaria de la leche cruda. En: Buenas prácticas de producción primaria de leche. Colombia: Fondo Editorial Biogénesis, 2007.