



## CALIDAD BACTERIOLÓGICA DE LECHE CRUDA DE CABRA PRODUCIDA EN MIRAVALLER, PUEBLA

## BACTERIOLOGICAL QUALITY GOAT RAW MILK PRODUCED IN MIRAVALLER, PUEBLA

R. Morales-Pablo<sup>1</sup>, D.A. Avalos de la Cruz<sup>2</sup>, G. Leyva-Ruelas<sup>3</sup> y Ma. C. Ybarra-Moncada<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Depto. de Graduados e Investigación en Alimentos, ENCB-IPN, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala S/N. Col. Santo Tomás. CP, 11340, México, D.F.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Carr. Federal Córdoba-Veracruz. Km 348. Congregación Manuel León 94946 Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, C.P. 94500.

<sup>3</sup>Depto. de Enseñanza e Investigación de Ing. Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, México, C.P. 56230.

Recibido 22 de Junio 2011; Aceptado 13 de Septiembre 2011

### Resumen

En la presente investigación se determinó la presencia de Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA); Bacterias Coliformes Totales (BCT); Bacterias Coliformes Fecales (BCF) y *Salmonella*, como indicadores microbiológicos para evaluar las buenas prácticas de manejo (BPM) y de higiene (BPH), durante el proceso de producción de leche cruda de cabra. Las muestras de leche se colectaron semanalmente de hatos ganaderos en Miravalles, Oriental, Puebla. Se eligieron 10 productores de leche al azar de un total de 55, incluyendo dos modalidades de manejo: pastoreo y estabulado. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza, la prueba de Kruskal-Wallis y análisis por conglomerados. Todas las muestras de leche cruda de cabra, cumplieron con la norma 92/46/EEC y la NMX-F-COFOCALEC-2007, respecto al número de BMA, sin embargo, el 50% de las muestras de leche excedieron los límites microbiológicos establecidos para BCT y BCF (NOM-243-SSA1-2010). Estos resultados correspondieron a muestras de leche provenientes de cabras bajo manejo estabulado. En contraste, las muestras que cumplieron satisfactoriamente las normas, fueron para hatos ganaderos en pastoreo con un número menor de cabezas. Finalmente, no se detectó *Salmonella* en las muestras de leche cruda.

**Palabras clave:** indicadores microbiológicos, leche cruda de cabra, contaminación de leche.

### Abstract

In this study we determined the presence of Mesophilic Aerobic Bacteria (MAB), Total Coliform Bacteria (TCB) Fecal Coliform Bacteria (FCB) and the pathogen *Salmonella*. All of them were used as microbiological indicators to evaluate the best management practices and sanitation during the production process of raw goat's milk. Milk samples were collected aseptically, each week, from cattle ranches in Miravalles Oriental, Puebla. Ten out of fifty five farmers were randomly selected. They used two types of management; grazing and feedlot. The data collected were analyzed by Analysis of Variance, the Nonparametric test of Kruskal-Wallis and Cluster Analysis. All samples of raw goat milk met the standards 92/46/EEC and NMX-F-COFOCALEC-2007, with respect to the MAB. However, 50% of milk samples exceeded the microbiological limits established for TCB and FCB (NOM-243-SSA1-2010). These results were for milk samples from goats with feedlot management. In contrast, all samples successfully met these standards when collected from cattle herds that were grazed as did smaller heads. Finally, *Salmonella* was not detected in any sample of the raw milk.

**Keywords:** microbiological indicators, raw goats milk, contamination of milk.

\*Autora para la correspondencia. E-mail: ycydrive@gmail.com  
Tel: (595) 95 2 15 00. Ext. 5302

## 1 Introducción

La caprinocultura ha demostrado tener un gran valor para el desarrollo económico y social de poblaciones rurales desfavorecidas. A pesar de ello, no existe información precisa sobre esta actividad en la mayoría de los países en desarrollo. Las dos últimas décadas han sido un desafío, especialmente en los aspectos de investigación, desarrollo tecnológico y socio-económico (Boyazoglu y col., 2005). El pastoreo de cabras se cree que inició en las montañas de Irán y es una actividad que ha venido evolucionando desde hace unos 10000 años, por lo que estas especies son consideradas de las más antiguas desde el punto de vista de domesticación (Haenlein, 2007). La leche de cabra siguió desempeñando un papel importante en la nutrición humana hasta la civilización moderna (Hatziminaoglou y Boyazoglu, 2004). Los beneficios nutricionales al consumir leche de cabra extienden su importancia dado que evitan una serie de problemas de salud en personas adultas e infantes, principalmente alergias ocasionadas por tomar leche de vaca (Haenlein, 2004). El consumo de leche fresca es común en África y Asia donde se concentra el 92% de la producción caprina mundial, la leche de cabra se industrializa como queso en Francia, España, Grecia e Italia y como leche ácida y fermentada en Irán (Arbiza y Aguirre, 2001).

La producción de leche de cabra en México proviene principalmente de pequeñas explotaciones que son un complemento a las actividades agropecuarias principales. Actualmente, México estima su población caprina en 9 millones de cabezas, ocupando el décimo sexto lugar mundial y segundo en Latinoamérica, con una producción de leche de 168,000 toneladas. Las mayores concentraciones de caprinos se encuentran en Oaxaca, Puebla, Guerrero, Zacatecas, Coahuila y San Luis Potosí (SIAP, 2008).

El destino de la leche es la producción de queso, cajeta y dulces, principalmente. En la mayoría de las regiones del país, el queso artesanal de cabra se elabora con leche cruda.

La leche cruda es un medio propicio para el crecimiento de microorganismos (Haridy, 1992). Aunado a esto, la microflora tiene gran influencia sobre la calidad de la leche cruda (Rodriguez y col., 2006). Sin embargo, diversos estudios demuestran que los factores principales, responsables de los casos o brotes de intoxicación por alimentos se deben al manejo deficiente de ellos (Vittori y col., 2008). La frecuencia de brotes de intoxicación asociados al consumo de leche cruda o sus derivados ha puesto de

manifiesto la importancia de evaluar las condiciones de ordeña, transporte y procesamiento de la leche. Diversos microorganismos se han asociado a brotes, siendo *Salmonella* spp., el microorganismo con mayor frecuencia, debido a los diversos reservorios que posee (Ekici y col., 2004).

Así mismo, las toxiinfecciones alimentarias, consideradas enfermedades de transmisión alimentaria, son producidas por ingerir alimentos contaminados por agentes biológicos: bacterias, virus y parásitos (Martínez, 2002). De ahí que estas infecciones se transmitan al consumir leche y productos lácteos elaborados a partir de leche cruda de cabra (Leedom, 2006).

Se considera que la carga microbiana está en función de los niveles de microorganismos presentes en la leche de cabra, ocasionando una degradación de constituyentes que producen sustancias capaces de alterar propiedades fisicoquímicas, que son importantes durante el procesamiento de este producto (Corcy, 1993).

Se espera que la leche cruda de cabra de la región de Miravalles, debido a la carencia de buenas prácticas de manejo e higiene, no cumpla con las normas oficiales mexicanas e internacionales, por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad microbiológica de la leche cruda de cabra en función de la presencia de Bacterias Mesófilas Aerobias, Coliformes Totales, Fecales y patógenas como *Salmonella* spp., dado que estos microorganismos son indicadores de gran importancia en el control microbiológico de la calidad sanitaria de productos alimentarios.

## 2 Materiales y métodos

### 2.1 Origen de las muestras

Las muestras de leche de cabra se colectaron de rebaños caprinos pertenecientes a la localidad de Miravalles, Puebla, que se ubica en 19° 22' latitud norte y 97° 37' longitud oeste y 2360 msnm; tiene una superficie de 298.52 km<sup>2</sup>; está situada a 90 km de la ciudad de Puebla y tiene 1075 habitantes. Su clima es semiseco-templado con lluvias en verano y escasas a lo largo del año y clima templado-subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2010).

### 2.2 Colección y transporte de las muestras

Las muestras de leche se tomaron de rebaños pertenecientes a 10 productores de la región

(Miravalles). Estos productores se seleccionaron al azar de un total de 55. Las muestras se extrajeron asépticamente de tanques de almacenamiento. La cantidad de muestra fue de 200 mL y se depositaron en frascos de vidrio estériles. El transporte de las mismas se hizo a una temperatura de 5 °C para su posterior análisis de laboratorio como lo indica la NOM-109-SSA1-1994.

### 2.3 Diseño de tratamientos

El experimento incluyó 10 tratamientos. Cada productor seleccionado se consideró como un tratamiento, se realizaron 5 repeticiones por tratamiento, resultando 50 unidades experimentales de acuerdo a lo especificado en la norma 92/46/EEC (Forsythe, 2000). Se consideró el tipo de manejo (pastoreo y estabulado) y número de cabras por productor. El diseño experimental utilizado fue un diseño completamente al azar. La Tabla 1 muestra las características de los tratamientos implementados en el diseño experimental.

Tabla 1. Características de los productores de leche (tratamientos)

Tratamiento	Características	
	No. de cabras	Sistema de explotación
1	34	Pastoreo
2	39	Pastoreo
3	20	Pastoreo
4	36	Pastoreo
5	36	Pastoreo y Estabulado
6	47	Estabulado
7	66	Estabulado
8	120	Estabulado
9	60	Estabulado
10	58	Estabulado

Las variables de respuesta evaluadas fueron: Cuenta de Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA), Bacterias Coliformes Totales (BCT), Bacterias Coliformes Fecales (BCF) y detección de *Salmonella*. Dada la estructura del experimento se implementó un diseño completamente al azar (DCA), con 10 tratamientos y 5 repeticiones. La variable respuesta BMA se analizó mediante el modelo lineal Ec. (1) de un diseño completamente al azar (Montgomery, 2008):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}; \quad (1)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, 10; j = 1, 2, 3, \dots, 5; r = 5; t = 10$$

donde:

$Y_{ij}$ : respuesta de la  $j$ -ésima unidad experimental con el tratamiento  $i$ -ésimo.

$\mu$ : media general.

$\tau_i$ : efecto del  $i$ -ésimo tratamiento,  $i = 1, \dots, 10$ .

$\varepsilon_{ij}$ : error experimental en la  $j$ -ésima unidad experimental del  $i$ -ésimo tratamiento,  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ .

Para comparar las medias de tratamientos se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Las variables respuesta BCT y BCF se analizaron con la prueba de Kruskal-Wallis que corresponde a un esquema completamente al azar no paramétrico. Las medias de tratamientos fueron comparadas mediante el método de Dunn, apropiado cuando solamente se prueban hipótesis planeadas (Conover, 1999). Por lo tanto, el tratamiento que mostró los valores más elevados en las variables respuesta evaluadas se designó tratamiento control, contra el cual se comparan los otros nueve tratamientos. La variable *Salmonella*, sólo se evaluó con la presencia o ausencia en 25 mL de leche de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010.

Con objeto de agrupar a los productores en base a variables microbiológicas y sistema de producción se realizó un análisis de conglomerados por observaciones. La distancia entre dos conglomerados se definió por el método de vinculación completa, que asegura que todas las observaciones de un conglomerado se encuentra dentro de una distancia máxima de las observaciones de otro conglomerado (Manly, 2005). La medición de la distancia entre los centroides de conglomerados fue mediante Pearson cuadrada. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SAS (1990) y Minitab (2007).

### 2.4 Análisis microbiológico de las muestras

El análisis microbiológico se efectuó en el mes de octubre de 2009 y las variables analizadas para conocer la calidad sanitaria de la leche y el nivel de riesgo de la misma fueron las que se describen en las secciones 2.5 a 2.8.

### 2.5 Cuantificación de Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA)

Para la determinación de BMA se tomaron 25 mL de leche de cabra y se diluyeron en 225 mL

de agua peptonada estéril al 0.1%, para cada una de las repeticiones de los tratamientos analizados. Posteriormente, se efectuaron las diluciones  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$  que se inocularon por vaciado en placas con agar para métodos estándar (BD bioxon®). Enseguida se incubaron por 24 a 48 horas a 37 °C. Los resultados se expresan en Unidades Formadoras de Colonias por mililitro (UFC mL<sup>-1</sup>) de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994.

## 2.6 Cuantificación de Bacterias Coliformes Totales (BCT)

En la prueba presuntiva de coliformes totales, se inocularon las diluciones  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$  en caldo lauril sulfato de sodio con el sustrato específico 4-metilumbelliferyl-beta-D-glucuronido MUG, (BD bioxon®). La incubación fue a 37 °C por 24 a 48 horas. La reacción positiva en esta etapa presuntiva se caracteriza por el desprendimiento de gas en la campana Durham. Se realizó una prueba confirmativa a los tubos positivos, inoculándolos en caldo bilis verde brillante (BD bioxon®), y se incubó a 37 °C durante 24 a 48 horas. Los resultados se reportaron como NMP mL<sup>-1</sup> como lo indica la NOM-112-SSA1-1994.

## 2.7 Cuantificación de Bacterias Coliformes Fecales (BCF)

Para la cuantificación de BCF se sembraron mediante asadas tubos con caldo E.C. (Merck®), a partir de los tubos positivos (producción de gas) de lauril sulfato de sodio con MUG (BD bioxon®). Los cultivos se incubaron a 44.5 °C por 24-48 horas en un incubador para coliformes (Precision®). El NMP mL<sup>-1</sup> de células de *E. coli* se calculó en las tablas correspondientes (NOM-112-SSA1-1994).

Adicionalmente, de los tubos positivos de caldo E.C., se sembraron placas con medio de *CHROMagar* (BBL<sup>TM</sup>) exclusivo para *E. coli*, con el propósito de confirmar la morfología colonial y microscópica (Tinción de Gram) de este microorganismo.

## 2.8 Detección de *Salmonella*

La detección de *Salmonella* se realizó de acuerdo a la metodología planteada en la NOM-243-SSA1-2010. Esta metodología se describe a continuación:

### 2.8.1 Preenriquecimiento

Para la fase de preenriquecimiento se tomaron 25 mL de muestra y se mezclaron con 225 mL de caldo lactosado (BD Bioxon®) y se incubó a 37 °C por 24-48 horas.

### 2.8.2 Enriquecimiento

Del cultivo de la fase de preenriquecimiento se tomaron volúmenes de 1.0 mL para inocular tubos con caldo tetratiónato (Difco®) y caldo selenito cistina (Difco®) para la fase de enriquecimiento selectivo. Los cultivos se incubaron a 37 °C por 24-48 horas.

### 2.8.3 Aislamiento

Para el aislamiento de *Salmonella* se tomaron muestras de los cultivos de caldo tetratiónato (Difco®) y caldo selenito cistina (Difco®) y se sembraron mediante estría en placas con agar sulfito bismuto (Difco®), agar xld (Difco®), agar entérico hektoen (Difco®) y *CHROMagar* (BBL<sup>TM</sup>) para *Salmonella*. Estos cultivos se incubaron a 37 °C por 24 horas, posterior a este tiempo se analizaron las características coloniales típicas para *Salmonella*, así como las características microscópicas mediante la tinción de Gram.

### 2.8.4 Identificación bioquímica

De las colonias sospechosas de *Salmonella* que crecieron en los medios selectivos de aislamiento, agar sulfito bismuto (Difco®), xld (Difco®), entérico hektoen (Difco®) y *CHROMagar* (BBL<sup>TM</sup>) (Difco®), se inocularon por triplicado tubos con agar triple azúcar y hierro (Difco®) y tubos con agar lisina hierro (Difco®) para la identificación bioquímica de *Salmonella*. Los cultivos inoculados se incubaron a 37 °C por 24 horas, después de este tiempo, se revisaron los tubos para establecer el resultado de estas pruebas.

## 3 Resultados y discusión

### 3.1 Bacterias mesófilas aerobias (BMA)

La prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) mostró diferencias significativas entre los efectos de los tratamientos, considerando la variable BMA (Tabla 2). Los resultados muestran cuentas elevadas de estas bacterias en las muestras de leche de cabra. Las normas oficiales mexicanas e internacionales no contemplan referencia alguna sobre límites microbiológicos para leche de cabra, sin embargo,

para efectos prácticos, estos resultados se comparan con lo especificado por normas establecidas en la Comunidad Económica Europea (92/46/EEC) y la NMX-F-COFOCALEC-2007 para leche cruda, encontrando que todas las muestras de leche de cabra analizadas, no excedieron los límites microbiológicos ( $5 \times 10^4$  UFC mL<sup>-1</sup> y  $1 \times 10^5$  UFC mL<sup>-1</sup>, respectivamente).

Tabla 2. Promedio de bacterias mesófilas aerobias de los tratamientos.

Agrupamiento de Dunn	Media de BMA (UFC mL <sup>-1</sup> )	Tratamiento
a	662.2	4
b a	651.8	10
b a	589.4	6
b a	552.8	7
b a c	517.8	8
b a c	516.0	2
b c	476.0	9
d c	363.8	1
d	281.2	5
d	247.2	3

UFC mL<sup>-1</sup>: unidades formadoras de colonias por mililitro. Valores con la misma letra no son significativamente diferentes Tukey  $\alpha = 0.05$ .

Las muestras de leche cruda de cabra de los tratamientos 1, 3, y 5 (grupo 1), presentaron menor cantidad de BMA que las muestras de leche de los tratamientos; 2, 4, 6, 7, 8, 9 y 10 (grupo 2), donde el promedio de BMA para leche cruda del primer grupo fue de 297.3 UFC mL<sup>-1</sup> y para el segundo grupo fue de 566.5 UFC mL<sup>-1</sup>. El grupo 1 de productores de leche se caracterizó porque el sistema de explotación de ganado caprino fue de pastoreo y en promedio tenían menor número de cabezas. La mayor parte de los tratamientos del grupo 2, a excepción del 2 y 4, manejaba el ganado estabulado, con mayor número de cabezas. Lo anterior, podría explicar los resultados reportados para BMA, ya que productores que manejan el ganado en pastoreo y con menor número de cabras, tienen mejores medidas de higiene durante la ordeña y manipulación de la leche, tales como: limpieza de utensilios y equipo de ordeña, lavado de las ubres antes de la ordeña, limpieza del área de ordeña, entre otras, no obstante, esta forma de manejo no todos los productores la practican, requiriéndose mayor comunicación y capacitación para difundir la importancia de las BPM y BPH de la leche de cabra. Se esperaría que la calidad sanitaria

de la leche de cabra de los productores que manejan el ganado estabulado fuera mejor que la leche de aquellos cuyo manejo es de pastoreo. Sin embargo, las altas cuentas de BMA en leche cruda de los primeros productores, pueden explicarse porque el sistema de manejo de cabras estabulado es de reciente introducción en la región de estudio, observándose un desconocimiento de dicho sistema por parte de los productores, aunado a un elevado número de cabezas en el hato, que dificulta la implementación apropiada de BPH. Al garantizar que en la parte de producción de la materia prima las BPH estén bien implementadas, asegura que los productos derivados como el queso, cumplan con las normas oficiales a pesar de que se elaboran con leche sin pasteurizar.

El promedio de BMA mL<sup>-1</sup> encontrado en los tratamientos evaluados en esta investigación, está muy por debajo a lo reportado por Román y col. (2003), de  $3.6 \times 10^7$  UFC mL<sup>-1</sup> para leche almacenada en frío. De la misma manera, en su estudio de caracterización fisicoquímica y microbiológica de la leche de cabra, Ludeña y col. (2006) reportaron  $3.8 \times 10^4$  UFC mL<sup>-1</sup> de BMA. Martínez y col. (2002) reportaron que el promedio de BMA en todas las muestras analizadas fue de 656 UFC mL<sup>-1</sup> en un grupo de rebaños caprinos lecheros en Valencia, encontrando que estos relativos bajos recuentos también podría deberse a que en las citadas explotaciones existe una elevada proporción de animales de primer parto (alrededor del 30-35%). De acuerdo a las investigaciones antes citadas, se observa que existe una diferencia con respecto a los valores obtenidos en este estudio. Martínez y col. (2002) atribuyen un recuento elevado de BMA a factores como: la época de muestreo, edad, raza, sistema de manejo y número de cabras por productor. Estos mismos autores mencionan que los bajos recuentos de BMA podrían deberse a que en la fase de producción de leche, un alto número de cabras están al final de la lactación, que influye en las bajas cuentas de BMA.

### 3.2 Bacterias Coliformes Totales (BCT)

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis mostró diferencias estadísticas significativas entre los efectos de los tratamientos para la variable BCT ( $\alpha = 0.05$ ). El 50% de las muestras (tratamientos del 1 al 5) cumplió con la NOM-243-SSA1-2010 para esta variable. Las muestras de leche del tratamiento 8, presentaron el mayor contenido de BCT con 210 NMP mL<sup>-1</sup> (Tabla 3). El productor que corresponde a este tratamiento maneja un sistema estabulado y posee el mayor número de cabras. Sin embargo, se ha

establecido que la presencia de un número elevado de BCT constituye una evidencia de inadecuado manejo higiénico-sanitario de la leche, además de ser indicativo de la probable presencia de cepas patógenas (Higgins y col., 2007). No obstante, Silanikove y col. (2010), mencionan que recuentos elevados de BMA, BCT y bacterias psicrotrofas revelan que la leche puede ser una fuente de transmisión de enfermedades alimenticias. Estos autores recomiendan que mediante el establecimiento de un programa de prevención eficaz que determine BMA y BCT posterior a la ordeña, puede disminuirse el riesgo de contraer enfermedades al consumir productos derivados de la leche de cabra.

Tabla 3. Promedio por tratamiento de bacterias coliformes totales

Tratamiento	Promedio (NMP mL <sup>-1</sup> )
1	3 *
2	4 *
3	3 *
4	3 *
5	3 *
6	54
7	62
8	210
9	50
10	12

NMP mL<sup>-1</sup>: número más probable por mililitro.

\*Tratamientos estadísticamente diferentes al tratamiento 8, Dunn  $\alpha = 0.05$ .

### 3.3 Bacterias Coliformes Fecales (BCF)

Con relación a la variable coliformes fecales en las muestras de leche cruda, el análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los efectos de tratamientos ( $\alpha = 0.05$ ), como se muestra en la (Tabla 4). El 50% de las muestras de leche cruda de cabra analizadas no cumplieron con la norma (NOM-243-SSA1-2010) para esta variable. Las muestras sobrepasaron los límites microbiológicos de la norma correspondiente a productores del grupo 2, coincidiendo con el comportamiento descrito antes para las variables de BMA y BCT. La NOM-243-SSA1-2010 establece el límite máximo de BCF en leche cruda utilizada como materia prima para la elaboración de quesos  $\leq 3$  NMP mL<sup>-1</sup>, límite microbiológico que fue superado por las muestras de los productores del grupo 2 en esta investigación. Romero-Castillo y col. (2009) reportaron recuentos elevados de BCF en el 80% de sus tratamientos,

los cuales fueron elaborados con leche de vaca sin pasteurizar, indicando que la presencia de estos microorganismos patógenos fue causada por carencia de BPH en las instalaciones, equipo, personal e insumos.

Tabla 4. Promedio por tratamiento de bacterias coliformes fecales

Tratamiento	Promedio (NMP mL <sup>-1</sup> )
1	0 *
2	0 *
3	0 *
4	0 *
5	0 *
6	9
7	24
8	29
9	12
10	5

NMP mL<sup>-1</sup>: número más probable por mililitro.

\*Tratamientos estadísticamente diferentes al tratamiento 8, Dunn  $\alpha = 0.05$ .

Las muestras de leche de cabra con contaminación fecal se caracterizaron por tener un sistema de explotación estabulado así como rebaños numerosos (40 y 120 cabras), comparado con el promedio de cabezas en las explotaciones de la comunidad. Al respecto, García y col. (2009), al determinar la calidad bacteriológica de la leche de cabra mencionan que durante la identificación de BCF observaron que *Escherichia coli* fue la bacteria predominante (40%). La mayoría de las cepas de *E. coli* son inofensivas y viven en el intestino de animales y humanos sanos (Higgins y col., 2007), no obstante, algunas cepas producen infecciones severas, por ello, el Centro para Prevención y Control de Enfermedades reconocen a las enfermedades producidas por *E. coli* como emergentes transmitidas por algunos alimentos (Allerberger y col., 2001). Así mismo, Araya y col. (2008), en su estudio de evaluación bacteriológica de la leche y queso de cabra, reportan la presencia de BCF mayores a  $1 \times 10^5$  UFC mL<sup>-1</sup> para una muestra de leche cruda, indicando que sólo el 24% de las muestras fue negativo, valores que son superiores a lo reportado en la normativa establecida por el Reglamento Centroamericano de Criterios Microbiológicos de los Alimentos Procesados, que establece un valor máximo permitido para coliformes totales de  $5.0 \times 10^2$  UFC g<sup>-1</sup> y de  $1.0 \times 10^2$  UFC g<sup>-1</sup> para coliformes fecales. En contraste Monsalve y González (2005), encontraron valores de  $1.2 \times 10^3$  UFC mL<sup>-1</sup> de BCF en leche cruda,

señalando que esta carga microbiana se debió a que no existieron las condiciones higiénicas necesarias en la recolección de las muestras. Sin embargo, diversos informes mencionan que los brotes de intoxicación relacionados con el consumo de leche cruda de cabra, son provocados por agentes patógenos, señalando a *E. coli* como el principal (Espie y col., 2006) incluyendo a BCF que producen la toxina *Shiga* (Cortés y col., 2005; Muehlherr y col., 2003; Picozzi y col., 2005), además de *Salmonella* (Desenclos y col., 1996).

### 3.4 *Salmonella*

Los resultados mostraron la ausencia de *Salmonella* en todas las muestras de leche cruda de cabra y al comprobar la morfología celular y la respuesta a la tinción de Gram, se encontró que estas características no correspondieron para este microorganismo patógeno. Adicionalmente, a los medios comunes agar sulfito bismuto (Difco®), xld (Difco®), entérico hektoen (Difco®), para el aislamiento de *Salmonella*, se probó el crecimiento de esta bacteria en medio de *CHROMagar* (BBL™), donde las características coloniales no correspondieron a *Salmonella*.

La NOM-243-SSA1-2010, indica que las muestras no deben tener *Salmonella* para leche pasteurizada y deshidratada. Las muestras evaluadas en este estudio no presentaron este microorganismo patógeno. Resultados similares fueron reportados por Araya y col. (2008), en su estudio realizado en leche y queso de cabra comercializado en San José, Costa Rica. Adicionalmente, Morgan y col. (2003), al determinar las características microbiológicas y bioquímicas de leche de cabra, reportan una calidad microbiológica baja, sin embargo, indican la ausencia de *Salmonella* en todas las muestras analizadas. Por otro lado, Franco y col. (2002), señalan la ausencia de *Salmonella*, no obstante confirman que *Listeria monocytogenes* puede estar presente en la leche cruda de cabra, y disminuir durante la elaboración de quesos especialmente en la etapa de maduración.

Los resultados obtenidos del análisis de conglomerados para observaciones se muestran en la Fig. 1, indicando la agrupación de observaciones en conglomerados en función de las variables: BMA, número de cabras, sistema de manejo y BCT. Se formaron cuatro conglomerados de las observaciones agrupadas por similitudes. Las letras (A, C y E) conformaron el conglomerado 1 (similitud de 90.91%) cuyas observaciones mostraron una mayor calidad microbiológica: la variabilidad osciló desde 187 hasta 373 UFC mL<sup>-1</sup> para BMA; 3 NMP mL<sup>-1</sup> para BCT

y ausencia de BCF. En estas explotaciones se tenían pocas deficiencias en la salud e higiene de las cabras, regulares prácticas de manejo y buen control de las enfermedades transmisibles al hombre. La letra (B) formó el conglomerado 2 (similitud de 99.76%) con calidad microbiológica media: un recuento máximo de 540 UFC mL<sup>-1</sup> para BMA, de 3 a 7 NMP mL<sup>-1</sup> para BCT y ausencia de BCF, presentando un sistema de manejo estabulado y el mayor número de cabras de todos los tratamientos. Se observó que los productores con un sistema de explotación estabulado y un número de cabras elevado, las BPH eran deficientes, principalmente al momento de la ordeña. Además, la explotación de caprinos en establos es una actividad reciente en la región. Los conglomerados 3 y 4 (similitud de 71.02 y 69.48%, respectivamente) se conformaron por las letras (D, F, G, I y J para el conglomerado 3 y H para el conglomerado 4). Estos dos conglomerados mostraron una menor calidad microbiológica (recuentos que oscilaron de 210 a 870 UFC mL<sup>-1</sup> para BMA, de 3 a 240 NMP mL<sup>-1</sup> para BCT y de 3 a 43 NMP mL<sup>-1</sup> para BCF). El sistema de manejo que predominó en estos conglomerados fue el estabulado y en promedio un elevado número de cabras. Desafortunadamente, en la mayoría de estas explotaciones, se carece de adecuados esquemas de alimentación, se observaron deficiencias en la salud e higiene de las cabras, fallas en las prácticas de manejo, falta de control de las enfermedades transmisibles al hombre y deficiente capacitación del personal del establo. Por lo tanto, estas explotaciones mostraron los recuentos más elevados de BMA, BCT y BCF.

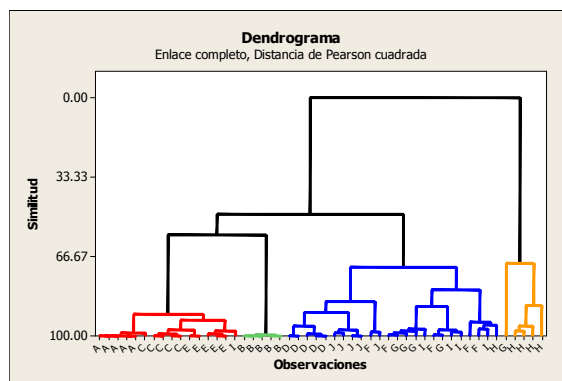


Fig. 1. Dendrograma de observaciones agrupadas en función a la carga microbiana.

Para que los productores de leche caprina con un sistema de manejo estabulado sean competitivos y puedan satisfacer una demanda doméstica y comercial,

deben encaminar sus esfuerzos al mejoramiento continuo de la calidad e inocuidad de la leche cruda de cabra.

## Conclusiones

Todas las muestras de leche cruda de cabra, cumplieron con la norma 92/46/EEC y NMX-COFOCALEC-2007, en lo que se refiere al número de BMA, sin embargo, el número de BCT y BCF excedieron ampliamente los límites microbiológicos establecidos en la norma mexicana (NOM-243-SSA1-2010). Estos resultados muestran deficiencias sanitarias en el proceso de ordeña y manejo de la leche de cabra. Por otro lado, no se detectó la presencia de *Salmonella* en la totalidad de las muestras.

Se observaron diferencias en la calidad sanitaria de la leche, en función al número de cabras de cada productor y el sistema del manejo del ganado (estabulado y pastoreo). La calidad sanitaria de la leche cruda de cabra fue mejor en productores con menor número de cabras y sistema de explotación de pastoreo.

## Referencias

- Allerberger, F., Wagner, M., Schweiger, P., Rammer, H-P., Resch, A., Dierich, M.P., Friedrich, A.W. y Karch H. (2001). Las infecciones por *Escherichia coli* O157 y la leche sin pasteurizar. *Euro Surveill* 6, 147-151.
- Araya, V., Gallo, L., Quesada, C., Chaves, C. y Arias, M.L. (2008). Evaluación bacteriológica de la leche y queso de cabra distribuidos en el Área Metropolitana de San José, Costa Rica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 58(2), 182-186.
- Arbiza y Aguirre, S.I. (2001). *La leche caprina y su producción*. Editores Mexicanos Unidos, S.A. México.
- Boyazoglu, J., Hatziminaoglou I. y Morand-fehr, P. (2005). The role of the goat in the society: Past, present and perspectives for the future. *Small Ruminant Research* 60, 13-23.
- Conover, W. J. (1999). *Practical Nonparametric Statistics*. Ed. John Wiley & Sons. 592.
- Corcy, J.C. (1993). *La cabra*. Ed, Mundi-Prensa. Madrid, España. 307.
- Cortés, C., De la Fuente, R., Blanco, J., Blanco, M., Blanco, J.E., Dhahi, G., Mora, A., Justel, P., Justel, P., Contreras, A., Sánchez, A., Corrales, J.C. y Orden, J.A. (2005). Serotypes, virulence genes and intimin types of verotoxinproducing *Escherichia coli* and enteropathogenic *E. coli* isolated from healthy dairy goats in Spain. *Veterinary Microbiology* 110, 67-76.
- Desenclos, J.C., Bouvet, P., Benz-Lemoine, E., Grimont, F., Desqueyroux, H., Rebiere, I. y Grimont, P.A. (1996). Large outbreak of *Salmonella* enterica serotype paratyphi B infection caused by a goats' milk cheese, France, 1993: a case finding and epidemiological study. *British Medical Journal* 312, 91-94.
- Ekici, K., Bozkurt, H. y Isleyci, O. (2004). Isolation of some pathogen from raw milk of different milch animals. *Journal of Nutrition* 3, 161-162.
- Espie, E., Vaillant, V., Mariani-Kurkdjian, P., Grimont, F., Martin-Schaller, R., De Valk, H. y Vernozy-Rozand, C. (2006). *Escherichia coli* O157 outbreak associated with fresh unpasteurized goats' cheese. *Epidemiology Infection* 134, 143-146.
- Forsythe, J.S. (2000). *The microbiology of safe food*. Departament of Life Science. Ed. Office, Nottingham Trent University. 323-324.
- Franco, C.M., Melendez, S., Quinto, E.J., Fente, C., Domínguez, L. y Cepeda, A. (2002). Evolución de *L. monocytogenes* y *L. innocua* durante la elaboración y madurado del queso tipo "Arzua" efecto del tratamiento con sorbato de potasio. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 3, 236-240.
- García, U.A., Rivero, J., Gonzáles, P., Valero-Leal, K., Izquierdo, P., García, A. y Colmenares, C. (2009). Calidad bacteriológica de la leche cruda de cabra producida en la parroquia Faría, municipio Miranda, estado Zulia, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 26, 59-77.
- Haenlein, G.F.W. (2007). About the evolution of goat and sheep milk production. *Small Ruminant Research* 68, 3-6.
- Haenlein, G.F.W. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research* 51, 155-163.



- Haridy, M.S.A. (1992). Yeast flora of raw milk in El-Minia City Egypt. *Cryptogamie Mycologie* 13, 321-326.
- Hatziminaoglou, Y. y Boyazoglu, J. (2004). The goat in ancient civilizations: from the fertile crescent to the Aegean sea. *Small Ruminant Research* 51, 123-129.
- Higgins, J., Hohn, C., Hornor, S., Frana, M., Denver, M. y Joerger, R. (2007). Genotyping of *Escherichia coli* from environmental and animal samples. *Journal of Microbiological Methods* 70, 227-235.
- INEGI. (2010). Superficies nacionales y estatales. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&ent=21>. Accesado: 13 mayo 2011.
- Ludeña, F., Peralta, S., Arroyo, O., Fung, L. y Gonzales, C. (2006). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la leche de cabra y su conservación mediante la activación del sistema lactoperoxidasa. *Mosaico Científico* 3, 17-26.
- Leedom, J.M. (2006). Milk of nonhuman origin and infectious diseases in humans. *Clinical Infectious Diseases* 43, 610-615.
- Manly, B.F.J. (2005). *Multivariate statistical methods a premier*. Ed. Chapman and Hall. Florida. USA. 214.
- Martínez, N.B., Ribelles, V.A., Celda, R.M. y Peris, R.C. (2002). Calidad higiénico-sanitaria de la leche de cabra en los rebaños de la Asociación de Ganaderos de Caprino de raza Murciano-Granadina de la comunidad Valenciana. *Calidad* 302-307.
- Minitab. (2007) (Version 15) Minitab inc., USA.
- Montgomery, D.C. (2008). *Design and Analysis of Experiments*. Ed. John Wiley & Sons. Arizona State University. USA. 680.
- Monsalve, J. y González, D. (2005). Elaboración de un queso tipo ricotta a partir de suero lácteo y leche fluida. *Revista Científica, FCV-LUZ* 15, 543 - 550.
- Morgan, F., Massouras, T., Barbosa, M., Roseiro, L., Ravasco, F., Kandarakis, I., Bonnin, V., Fistakoris, M., Anifantakis, E., Jaubert, G., Raynal-Ljutovac, K. (2003). Characteristics of goat milk collected from small and medium enterprises in Greece, Portugal and France. *Small Ruminant Research* 47, 39-49.
- Muehlherr, J.E., Zweifel, C., Corti, S., Blanco, J.E. y Stephan, R. (2003). Microbiological quality of raw goat's and ewe's bulk-tank milk in Switzerland. *Journal of Dairy Science* 86, 3849-3856.
- COFOCALEC. NMX-F-COFOCALEC-2007. Sistema producto leche-alimentos-lácteos-leche cruda de cabra-especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba.
- Picozzi, C., Foschino, R., Heuvelink, A., Beumer, R., 2005. Phenotypic and genotypic characterization of sorbitol-negative or slow-fermenting (suspected O157) *Escherichia coli* isolated from milk samples in Lombardy region. *Letters in Applied Microbiology* 40, 491-496.
- Rodrigues, F.C., Porto, E., Tadeu, C.D. y Susin Ivanete. (2006). Qualidade do leite de cabra in natura e do produto pasteurizado armazenados por diferentes períodos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas* 26, 944-949.
- Román, S., Guerrero, L. y Pacheco, L. (2003). Evaluación de la calidad fisicoquímica, higiénica y sanitaria de la leche cruda almacenada en frío. *Revista Científica, FCV-LUZ* 13, 146-152.
- Romero-Castillo P.A., Leyva-Ruelas G., Cruz-Castillo J.G. y Santos-Moreno A. (2009). Evaluación de la calidad sanitaria de quesos crema tropical mexicano de la región de Tonalá, Chiapas. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 8, 111-119.
- SAS. (1990). SAS/STAT User's Guide (Version 6), 4th ed. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
- Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana. NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana. NOM-109-SSA1-1994, Bienes y servicios. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

- Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana. NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del Número más Probable.
- Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana. NOM-114-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos.
- Secretaría de Salud. 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.
- SIAP, 2008. La caprinocultura en el mundo. Para la industria Ovino-Caprino de Iberoamérica. *Acontecer Ovino-Caprino* 8, 66-68.
- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U. y Prosser, C.G. (2010). Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research* 89, 110-124.
- Vittori, J., Schocken-Iturrino, R.P., Luiza, P.M., Peters, P.C., Priscila, C.T., Martins, R.C.A., Rojas, G.G. y Ferreira, R.AV. (2008). Microbiological quality of UHT goat milk: research of bacteria *Staphylococcus*, *Bacillus* and *Clostridium* genus. *Ciência Rural* 38, 761-775.