

# Efecto de la estacionalidad en la calidad microbiológica y fisicoquímica de leche de cabra producida en el centro de Veracruz, México

Effect of seasonality on the microbiological and physicochemical quality of goat's milk produced at the center of Veracruz, Mexico

**Pablo Díaz-Rivera<sup>1</sup>, Víctor Daniel Cuervo-Osorio<sup>2</sup>, Gregorio Hernández-Salinas<sup>3</sup>, Adán Cabal-Prieto<sup>4</sup>, José Andrés Herrera-Corredor<sup>5</sup>, José Manuel Juárez-Barrientos<sup>6</sup>, Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera<sup>3\*</sup>.**

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Km. 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, vía Paso de Ovejas entre Paso San Juan y Puente Jula, Tepetates, Veracruz, México. C.P. 91690.

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/Campus Chiná. Calle 11 S/N entre 22 y 28, Chiná, Campeche, México. C.P. 24520.

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México/Campus Zongolica. Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, Zongolica, Veracruz, México. CP:95005.

<sup>4</sup> Tecnológico Nacional de México/Campus Huatusco. Av. 25 Poniente No. 100, Col. Reserva Territorial, Huatusco, Veracruz, México, C.P. 94100.

<sup>5</sup> Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946.

<sup>6</sup> Universidad del Papaloapan-Campus Loma Bonita. Av. Ferrocarril S/N, Cd. Universitaria, Loma Bonita, Oaxaca, México. C.P. 68400

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la estacionalidad en la calidad microbiológica y fisicoquímica de leche de cabra producida en el centro del estado de Veracruz, México. Se evaluaron leches de diferentes unidades de producción caprina (Coatepec, Perote y Tatatila) producidas en las épocas de lluvias, secas y nortes. Se determinaron los contenidos de mesófilos aerobios, coliformes totales *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella ssp* y *Brucella sp.* así como proteína, grasa, lactosa, sólidos no grasos, densidad y acidez. Los resultados microbiológicos determinaron la ausencia de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp* y *Brucella sp* en las leches analizadas. El efecto de la interacción Época del año por Unidad de producción por Tipo de leche mostró que el 50% de las leches (crudas y pasteurizadas) producidas en las épocas de nortes y lluvias presentaron los mayores contenidos de Mesófilos aerobios y Coliformes totales. El efecto de la interacción unidad de producción por tipo de leche presentaron los mayores contenidos de sólidos no grasos, proteínas, lactosa y densidad debido a uso de diferentes forrajes como morera, cascaras de naranja, pasto Taiwán, alfalfa y rastrojo de maíz. Los mayores contenidos de grasa se encontraron en las unidades de producción de Coatepec y Tatatila.

**Palabras claves:** Calidad fisicoquímica, Calidad microbiológica, Épocas estacionales, UPC

## ABSTRACT

The effect of seasonality on the microbiological and physicochemical quality of goat milk produced at the center of the Veracruz state, Mexico, was evaluated. Milk from different goat production units (Coatepec, Perote and Tatatila)

during the rainy, dry and windy seasons were evaluated. The contents of aerobic mesophiles, total coliform *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella ssp.* and *Brucella sp.* as well as protein, fat, lactose, non-fat solids, density and acidity. The microbiological results determined the absence of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.* and *Brucella sp.* in the analyzed milks. The effect of the interaction season of the year per production unit per type of milk showed that 50 % of the milk (raw and pasteurized) produced in the windy and rainy seasons presented the highest contents of aerobic mesophiles and total coliforms. The effect of the interaction unit of production by type of milk showed the highest content of non-fat solids, proteins, lactose and density due to the use of different forages such as mulberry, orange peel, Taiwan grass, alfalfa and corn stover. The highest fat contents were found in the production units of Coatepec and Tatatila.

**Keywords:** Physicochemical quality, Microbiological quality, Seasons, GPU.

## INTRODUCCIÓN

La caprinocultura ha demostrado tener un gran valor para el desarrollo económico y social de poblaciones rurales desfavorecidas (Morales-Pablo *et al.*, 2012). A nivel mundial existen más de 909 millones de cabras, siendo China (150 millones), India (154 millones), Pakistán (54 millones) y Sudan (43 millones) quienes tienen el mayor inventario caprino (FAO, 2010; Bidot Fernández, 2017). Solamente el 95 % de la población caprina es usada para la producción de doble propósito (carne-leche), mientras que el resto se adjudica a ella una orientación esencialmente lechera que contribuye con el 27 % de la producción láctea caprina mundial (Bidot

Fernández, 2017). En México, la caprinocultura es una de las actividades primarias de las cuales dependen más de 1.5 millones de personas (Ramírez-Rivera *et al.*, 2017). El inventario caprino supera los 9 millones de cabezas, las cuales están distribuidas en 261,100 unidades de producción (tipo extensivo y semi-extensivo) y su mayor concentración y principal desarrollo se efectúa en lugares marginales de los estados de Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guerrero, Zacatecas, Coahuila y San Luis Potosí (Morales-Pablo *et al.*, 2012; Ramírez-Rivera *et al.*, 2018). En estas unidades caprinas se producen cerca de 1.55 millones de litros de leche de cabra al día, que genera una derrama económica de 2.8 millones de pesos (INEGI, 2007; Salinas-González *et al.*, 2016). Sin embargo, en estas unidades caprinas generalmente no se aplican Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) y esto permite la proliferación exponencial de microorganismos patógenos (i.e. *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp* y *Brucella melitensis*) que ocasionan Enfermedades de Transmisión Alimentaria (ETA) como la fiebre de malta, entre otras (Morales-Pablo *et al.*, 2012; Bidot Fernández, 2017). Lo anterior puede comprometer la salud de los consumidores debido a la ingesta de leche de cabra y subproductos no inocuos, lo que conlleva a un impacto negativo en la economía de los productores (Fekadu *et al.*, 2005; Goetsch *et al.*, 2011; Ruiz Romero *et al.*, 2013). Es por ello que, en México se ha desarrollado en materia de políticas públicas, la aprobación de la Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010 (2010) en donde se expresa el uso obligatorio de la pasteurización como un medio de reducción de la carga microbiana en la leche cruda (Gaucher *et al.*, 2008). En este sentido, la leche de cabra se caracteriza por tener proteínas de alta digestibilidad, aminoácidos esenciales (i.e. Treonina, Isoleucina, Leucina, Lisina), mayor contenido de minerales (i.e. Ca, Fe, Mg, P, Na, K y Cu) a comparación de la leche de bovino y elementos funcionales como la Coenzima Q y ácido linolénico conjugado (Villalobos, 2005; Brodziak *et al.*, 2014). Acorde con Salvador y Martínez (2007), el contenido nutrimental de la leche de cabra puede variar por factores intrínsecos como el genotipo, la raza, edad, etapa de lactancia y extrínsecos como el tipo de alimentación y la estacionalidad. Actualmente las investigaciones sobre el efecto de la estacionalidad en la leche de cabra han sido desarrolladas en países como Nigeria, Polonia y Reino Unido (Midau *et al.*, 2010; Brodziak *et al.*, 2014; Chen *et al.*, 2014). En México, las investigaciones más recientes en leche de cabra no han considerado la estacionalidad y solamente han determinado el contenido nutrimental y microbiológico de este producto (Ramírez-Rivera *et al.*, 2017; Ramírez-Rivera *et al.*, 2018). Es por ello que se considera que las leches producidas en épocas de norte y con un procesamiento térmico contienen un mayor contenido nutrimental y representan un menor riesgo para la salud. La realización de este tipo de investigaciones es necesario para que los productores desarrollen estrategias que minimicen las fluctuaciones microbiológica y fisicoquímica en la leche, ya que este alimento es usado principalmente para la transformación en quesos artesanales (Ramírez-Rivera *et al.*, 2018). Por todo lo anterior,

el objetivo de esta investigación fue analizar el efecto de la estacionalidad en la calidad microbiológica y fisicoquímica de la leche de cabra producida en unidades caprinas del centro de Veracruz en México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Unidades de producción caprinas

Se consideró una muestra de las Unidades de Producción Caprina (UPC) del Sistema Producto Especie Caprinos de Veracruz, A.C. (SIPECAV). La muestra comprende a cuatro UPC que pertenecen a los municipios de la zona montañosa central y el Altiplano del Estado de Veracruz. Estas UPC son representativas debido a su producción de leche de cabra y elaboración de productos lácteos como quesos artesanales (Ramírez-Rivera *et al.*, 2017). Las razas de cabras predominantes en las UPC son Alpina y Saanen. En la Tabla 1 se muestran las condiciones agroclimáticas, así como el tipo de alimentación usado en estas UPC.

### Muestras de la leche de cabra

En este estudio se consideraron leches producidas en las épocas de lluvias (septiembre, 2014), secas (mayo, 2015) y nortes (noviembre, 2015). En total fueron analizadas  $n = 72$  muestras representativas de 500 mL de leche de cabra, las cuales estuvieron distribuidas de la siguiente manera:  $n = 6$  muestras de leches (tres leches crudas y tres leches pasteurizadas) producidas en  $n = 3$  épocas del año para un total de

**Tabla 1.** Procedencia de las leches y condiciones agroecológicas de las UPC.  
**Table 1.** Milk origin and agroecological conditions of the UPC.

UPC y Municipio	Precipitación promedio anual (mm)	Altitud (msnm)	Temperatura promedio anual (°C)	Tipo de alimentación caprina
Dónelo <sup>1</sup> , Coatepec	1500	1208	18	Morera ( <i>Morus alba</i> ), bagazo de naranja ( <i>Citrus sinensis</i> ), Pasto Taiwan ( <i>Penisetum purpureum</i> ).
Don Luis <sup>2</sup> , Coatepec	1500	1239	18	Diversificado, bejuco ( <i>Cissu verticillata</i> ) y King grass ( <i>Saccharum sinense</i> ).
Hnos. Enríquez <sup>1</sup> , Perote	493.6	2400	12	Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) y rastrojo de maíz ( <i>Zae mays</i> ).
Rincón del Río Frio, Tatatila <sup>2</sup>	1346	1867	20	Bellotas ( <i>Quercus ilex</i> ), pastos Kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ) y Lolio ( <i>Lolium multiflorum</i> )

<sup>1</sup>: Sistema Intensivo con alimentación específica y cabras estabuladas.

<sup>2</sup>: Sistema semi-intensivo (con alimentación diversificada y cabras en pastoreo).

18 muestras por UPC. La leche cruda fue recolectada directamente del tanque de recolección posterior a la ordeña y la leche pasteurizada fue tomada inmediatamente al concluir el tratamiento térmico (63 °C por 30 min). Las muestras fueron transportadas de acuerdo con el procedimiento descrito en la Norma Oficial Mexicana (NOM-109-SSA1-1994) para su inmediato análisis microbiológico y fisicoquímico.

### Análisis microbiológico de la leche

Se determinaron por triplicado los siguientes parámetros microbiológicos de acuerdo con los métodos de la Official Methods of Analysis (AOAC, 2005): Mesófilos Aerobios (MA) (método 966.23), Coliformes Totales (CT) y *Escherichia coli* (*E. coli*) (método 991.14) y *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) (método 2003.08). Las determinaciones de *Salmonella spp.* (*S. spp.*) y *Brucella melitensis* se realizaron de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-114-SSA1-1994 y NOM-041-ZOO-1995, respectivamente. Los resultados microbiológicos se expresaron en  $\log_{10}$  (Ramírez-Rivera *et al.*, 2018).

### Análisis fisicoquímico de la leche

En todas las muestras se determinaron por triplicado los contenidos ( $\text{g L}^{-1}$ ) grasa, Sólidos No Grasos, Proteína, Lactosa y Densidad ( $\text{kg m}^{-3}$ ) mediante un analizador por ultrasonido Lactoscan S (Milkotronic Ltd., Nova Zagora, Bulgaria). La determinación de la acidez titulable ( $\text{g L}^{-1}$  de ácido láctico) o Acidez (ACI) se efectuó acorde al método 947.05 (AOAC, 2005) en el cual se adicionó 1 mL de la solución (0.5 % p/p) de fenolftaleína en 10 mL de leche de cabra y posteriormente la mezcla fenolftaleína-leche de cabra fue titulada con NaOH (0.11 N) hasta que la muestra alcanzó una tonalidad rosa consistente por 5 s.

### Análisis estadístico

Los datos microbiológicos y fisicoquímicos fueron colectados en matrices de datos con dimensiones  $J \times K$ , donde  $J = 72$  muestras de leches y  $K = 6$  variables microbiológicas (o 6 variables fisicoquímicas) para un total de 432 datos microbiológicos y 432 datos fisicoquímicos. Se calculó el promedio y la desviación estándar de los datos microbiológicos y fisicoquímicos. Se aplicó un Análisis de Varianza de Modelos Lineales Generalizados (GLM) y la comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey con un nivel de probabilidad del 5%.

El modelo estadístico aplicado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + EP_i + UP_j + TL_k + EP^*UP_{ij} + UP^*TL_{jk} + EP^*TL_{jk} + E_{ijkl}$$

Dónde:  $Y_{ijkl}$  = variable de respuesta;  $\mu$  efecto común,  $EP_i$  efecto de la  $i$ -ésima época;  $UP_j$  = efecto de la  $j$ -ésima  $UP$ ;  $TL_k$  = efecto del  $k$ -ésimo tipo de leche;  $EP^*UP_{ij}$  = interacción de la época x  $UP$ ;  $UP^*TL_{jk}$  = interacción de la  $UP$  x tipo de leche;  $EP^*TL_{jk}$  = interacción época x tipo de leche;  $E_{ijkl}$  = Error aleatorio con media 0 y varianza del error  $\sigma_e^2$ . También se calcularon los coeficientes de determinación  $R^2$  de cada modelo. Para el tratamiento estadístico de los datos se usó el procedimiento de GLM del programa estadístico SAS® versión 9.4 (Statistical Analysis Systems Institute Inc, U.S.A).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de efectos en el contenido microbiológico de la leche

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los efectos considerados en esta investigación. Se observa que todos los efectos evaluados fueron estadísticamente significativos ( $p < 0.01$ ) para las variables microbiológicas MA y CT. Cabe mencionar que hubo ausencia de *E. coli*, *S. aureus*, *Salmonella ssp.* y *B. melitensis* en todas las leches evaluadas. Este resultado confirma la aplicación de buenas prácticas de ordeña usadas en las diferentes UPC. Por lo tanto, la Época del año (EP) incide significativamente ( $p < 0.01$ ) en el contenido de MA y CT, esto concuerda con Tormo *et al.* (2011), quienes demostraron que las condiciones de producción y la época tiene un efecto importante en el perfil microbiológico de la leche de cabra. En donde, el contenido de MA de las leches producidas en las épocas lluvias, nortes y secas fueron 2.81, 3.61 y 3.22 Log UFC  $\text{mL}^{-1}$ , respectivamente. Para el caso de CT, los valores encontrados fueron de 1.17, 2.52 y 1.96 Log UFC  $\text{mL}^{-1}$  respectivamente (Tabla 3). Estos resultados son diferentes a los presentados por Tormo *et al.* (2011) quienes obtuvieron valores de MA y CT de 0.23 y 1.17 Log UFC  $\text{mL}^{-1}$  respectivamente en leches de cabra producidas en UP de Francia durante el mes de febrero. Esta diferencia puede deberse a las condiciones de producción y temperaturas que influyen en la multiplicación microbiana. Respecto al efecto de UP, se encontró que las leches producidas en las UP Luis y Hnos. Enríquez presentaron el mayor conteo microbiano de MA de 3.2 y 3.73 Log UFC  $\text{mL}^{-1}$  a comparación de las leches de las UP Donelo y RRF quienes tuvieron conteos de MA  $< 3$  Log UFC  $\text{mL}^{-1}$  (Tabla 3). Los resultados del efecto Tipo de leche (TL) (Tabla 3) indicaron que la pasteurización contribuyó a la reducción de la carga microbiana de MA (4.00 a 2.43 Log UFC  $\text{mL}^{-1}$ ) y CT (2.52 a 1.25 Log UFC  $\text{mL}^{-1}$ ). Sin embargo, con la interacción Época del año por Tipo de leche ( $EP^*TL$ ) se encontró la mayor incidencia microbiológica de MA en leches

**Tabla 2.** Análisis de varianza de las variables microbiológicas.

**Table 2.** Analysis of variance of the microbiological variables.

FV <sup>1</sup>	GL <sup>2</sup>	CM <sub>MA</sub> <sup>3</sup>	CM <sub>CT</sub> <sup>4</sup>
Modelo	23	6.07**	10.56**
Error	48	0.005	0.002
EP	2	3.82**	10.97**
UPC	3	15.90**	15.92**
EP*UPC	1	3.52**	4.39**
TL	6	44.46**	29.42**
EP*TL	2	1.12**	38.89**
UPC*TL	3	3.49**	9.54**
EP*UPC*TL	6	1.005**	1.83**
R <sup>2</sup>		0.99	0.99

<sup>1</sup>: FV: Fuente de Variación. <sup>2</sup>: GL: Grados de libertad. <sup>3</sup>:  $CM_{MA}$ : Cuadrado medio de la variable Mesófilos aerobios. <sup>4</sup>:  $CM_{CT}$ : Cuadrado medio de la variable Coliformes totales. EP: Época. UPC: unidad de producción caprina.  $EP^*UPC$ : Interacción época x unidad de producción. TL: Tipo de leche.  $EP^*TL$ : Interacción época x Tipo de leche.  $UPC^*TL$ : Interacción Unidad de producción x Tipo de leche.  $EP^*UPC^*TL$ : Interacción Época x Unidad de producción x Tipo de leche. R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación del modelo. \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ . ns: No significativo.

**Tabla 3.** Efectos EP, UP, TL e interacción EP\*TL en aspectos microbiológicos de la leche de cabra de la zona montañosa central del estado de Veracruz.  
**Table 3.** EP, UP, TL effects and EP\*TL interaction in microbiological aspects of goat's milk from the central mountainous area of the state of Veracruz.

¹Efecto EP	MA	CT
	Log UFC mL <sup>-1</sup>	Log UFC mL <sup>-1</sup>
Lluvias	2.81 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.17 ± 0.01 <sup>a</sup>
Nortes	3.61 ± 0.01 <sup>b</sup>	2.52 ± 0.01 <sup>b</sup>
Secas	3.22 ± 0.01 <sup>c</sup>	1.96 ± 0.01 <sup>c</sup>
¹Efecto UP		
Rincón del Río Frío <sup>1</sup>	2.23 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.12 ± 0.01 <sup>a</sup>
Donelo <sup>2</sup>	2.64 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.11 ± 0.01 <sup>b</sup>
Enríquez <sup>3</sup>	3.73 ± 0.01 <sup>c</sup>	2.27 ± 0.01 <sup>c</sup>
Luis <sup>4</sup>	3.2 ± 0.01 <sup>d</sup>	3.04 ± 0.01 <sup>d</sup>
¹Efecto TL		
Cruda	4 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.52 ± 0.008 <sup>a</sup>
Pasteurizada	2.43 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.25 ± 0.008 <sup>b</sup>
²Interacción EP*TL		
Lluvias-Cruda	3.85 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.357 ± 0.01 <sup>a</sup>
Lluvia-Pasteurizada	1.78 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.99 ± 0.01 <sup>b</sup>
Nortes-Cruda	4.24 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.04 ± 0.01 <sup>a</sup>
Nortes-Pasteurizada	2.99 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.0 ± 0.01 <sup>b</sup>
Secas-Cruda	3.92 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.18 ± 0.01 <sup>a</sup>
Secas-Pasteurizada	2.52 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.74 ± 0.01 <sup>b</sup>

EP: Época. UPC: unidad de producción caprina. TL: Tipo de leche. EP\*TL: Interacción época x Tipo de leche. <sup>1</sup>Literales diferentes en columna indican diferencias significativas. <sup>2</sup>Literales diferentes en columna por época y tipo de leche indican diferencias significativas.

crudas en las épocas de nortes (4.24 Log UFC mL<sup>-1</sup>) y secas (3.92 Log UFC mL<sup>-1</sup>). Aunque, posterior a la pasteurización esta carga de MA mostro una reducción de 2.52 y 2.99 Log UFC mL<sup>-1</sup> para las mismas épocas. Las cargas de MA en las leches pasteurizadas están por debajo del límite 4.47 Log UFC mL<sup>-1</sup> establecido por la (NOM-091-SSA1-1994). La reducción de MA demuestra el efecto positivo del tratamiento térmico de la leche usado en las diferentes UP consideradas en esta investigación (Kousta *et al.*, 2010). Las cargas más altas de CT en leches crudas fueron 4.04 y 3.18 Log UFC mL<sup>-1</sup> (épocas de nortes y secas, respectivamente), este resultado se redujo a valores de 1.00 y 0.74 Log UFC mL<sup>-1</sup> para las mismas épocas. Las cargas microbianas de CT posteriores a la pasteurización se encuentran en el límite máximo (1.00 Log UFC mL<sup>-1</sup>) establecido en la (NOM-243-SSA1-2010). Sin embargo, en la época de lluvias se encontró que la leche cruda presentó menor carga de CT (0.35 Log UFC mL<sup>-1</sup>) respecto a la leche pasteurizada (1.99 Log UFC mL<sup>-1</sup>). Esto pudo deberse a una posible contaminación post-pasteurización ocasionado por la falta de limpieza y desinfección en equipos, utensilios y por los posibles tiempos prolongados (superiores a 48 h) de almacenamiento a temperatura ambiente (Yamazi *et al.*, 2013). Los resultados de la interacción Época del año por Unidad de producción por Tipo de leche (EP\*UPC\*TL) mostró que las leches sin procesamiento térmico de las UP Luis y Hnos. Enríquez producidas en la época de nortes (4.18 y 4.50 Log UFC mL<sup>-1</sup>) y lluvias (5.16 y 4.12 Log UFC mL<sup>-1</sup>) presentaron el mayor contenido de MA. Para CT el mayor conteo se presen-

tó en la época de nortes y en las leches crudas producidas en las UP de Luis (4.10 Log UFC mL<sup>-1</sup>) y Hnos. Enríquez (4.27 Log UFC mL<sup>-1</sup>) (Tabla 4). Los resultados mostrados coinciden con los reportados por Delgado-Pertiñez *et al.* (2003) quienes observaron la mayor incidencia de bacterias MA y CT en los meses de diciembre, enero y febrero (4.94, 5.09 y 4.92 Log UFC mL<sup>-1</sup>) pertenecientes a la época de nortes.

**Tabla 4.** Efectos de la interacción EP\*UP\*TL en aspectos microbiológicos de la leche de cabra de la zona montañosa central del estado de Veracruz.  
**Table 4.** EP\*UP\*TL interaction effects on microbiological aspects of goat's milk from the central mountainous area of the state of Veracruz.

EP*UP*TL	MA	CT
	Log UFC mL <sup>-1</sup>	Log UFC mL <sup>-1</sup>
Lluvias-Donelo-LC	2.70 ± 0.044 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>
Lluvias-Donelo-LP	0 ± 0 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>
Lluvias-Enríquez-LC	4.12 ± 0.044 <sup>a</sup>	1.428 ± 0.03 <sup>a</sup>
Lluvias-Enríquez-LP	3.54 ± 0.044 <sup>b</sup>	4.63 ± 0.03 <sup>b</sup>
Lluvias-Luis-LC	5.16 ± 0.044 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>
Lluvias-Luis-LP	3.6 ± 0.044 <sup>b</sup>	3.36 ± 0.03 <sup>b</sup>
Lluvias-Rincón del Río Frío-LC	3.41 ± 0.044 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>
Lluvias-Rincón del Río Frío-LP	0 ± 0 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>
Nortes-Donelo-LC	4.16 ± 0.044 <sup>a</sup>	3.73 ± 0.03 <sup>a</sup>
Nortes-Donelo-LP	2.49 ± 0.044 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>
Nortes-Enríquez-LC	4.50 ± 0.044 <sup>a</sup>	4.27 ± 0.03 <sup>a</sup>
Nortes-Enríquez-LP	2.67 ± 0.044 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>
Nortes-Luis-LC	4.18 ± 0.044 <sup>a</sup>	4.1 ± 0.03 <sup>a</sup>
Nortes-Luis-LP	4.03 ± 0.044 <sup>b</sup>	4.01 ± 0.03 <sup>a</sup>
Nortes-Rincón del Río Frío-LC	4.12 ± 0.044 <sup>a</sup>	4.01 ± 0.03 <sup>a</sup>
Nortes-Rincón del Río Frío-LP	2.76 ± 0.044 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>
Secas-Donelo-LC	3.97 ± 0.044 <sup>a</sup>	2.94 ± 0.03 <sup>a</sup>
Secas-Donelo-LP	2.54 ± 0.044 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>
Secas-Enríquez-LC	4.10 ± 0.044 <sup>a</sup>	3.31 ± 0.03 <sup>a</sup>
Secas-Enríquez-LP	3.44 ± 0.044 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>
Secas-Luis-LC	4.49 ± 0.044 <sup>a</sup>	3.76 ± 0.03 <sup>a</sup>
Secas-Luis-LP	4.11 ± 0.044 <sup>b</sup>	2.99 ± 0.03 <sup>b</sup>
Secas-Rincón del Río Frío-LC	3.11 ± 0.044 <sup>a</sup>	2.73 ± 0.03 <sup>a</sup>
Secas-Rincón del Río Frío-LP	0 ± 0 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>

EP\*UPC\*TL: Interacción Época x Unidad de producción x Tipo de leche. LC: Leche cruda. LP: Leche pasteurizada (63 °C por 30 min). Literales diferentes en columna indican diferencias significativas.

### Análisis de efectos en el contenido fisicoquímico de la leche

Los efectos analizados para cada variable fisicoquímica se muestran en la Tabla 5. Se observa que todos los efectos e interacciones fueron significativo con excepción de la interacción EP\*TL. Los valores de R<sup>2</sup> (0.76 - 0.96) demuestran el alto nivel de explicación del modelo aplicado. Analizando la significancia de cada efecto por variable se encontró que para el contenido de Grasa todos los efectos fueron significativos (p < 0.05) con excepción de las interacciones EP\*TL y UPC\*TL. En el caso de Sólidos No Grasos solamente el efecto la interacción EP\*TL no tuvo efecto significativo (p

**Tabla 5.** Análisis de varianza de la composición de la leche de cabra para los efectos incluidos en el modelo utilizado.  
**Table 5.** Goat's milk composition analysis of variance for the effects included in the model used.

F.V.	G.L.	CM <sub>GRA</sub>	CM <sub>SNG</sub>	CM <sub>PRO</sub>	CM <sub>LAC</sub>	CM <sub>DEN</sub>	CM <sub>ACI</sub>
Modelo	17	152.8**	250.6**	35.7**	72.1**	34.7**	59.3**
Error	54	13.0	4.2	0.4	1.6	0.4	3.3
EP	2	109.4**	70.8**	3.5*	32.8**	3.0**	188.3**
UPC	3	524.3**	239.9**	56.4**	43.7**	57.0**	33.6**
EP*UPC	6	108.2**	525.7**	66.4**	158.9**	63.8**	83.1**
TL	1	113.3**	18.4*	0.8 <sup>NS</sup>	9.1*	0.81 <sup>NS</sup>	1.1 <sup>NS</sup>
EP*TL	2	16.5 <sup>NS</sup>	3.0 <sup>NS</sup>	0.6 <sup>NS</sup>	0.9 <sup>NS</sup>	0.50 <sup>NS</sup>	3.7 <sup>NS</sup>
UPC*TL	3	3.3 <sup>NS</sup>	73.6**	10.0**	21.5**	9.6**	7.6 <sup>NS</sup>
R <sup>2</sup>		0.79	0.94	0.96	0.93	0.96	0.85

<sup>1</sup>: FV: Fuente de Variación. <sup>2</sup>: GL: Grados de libertad. <sup>3</sup>: CM<sub>GRA</sub>: Cuadrado medio de la variable Grasa. <sup>4</sup>: CM<sub>DEN</sub>: Cuadrado medio de la variable Densidad. <sup>5</sup>: CM<sub>SNG</sub>: Cuadrado medio de la variable Sólidos No Grasos. <sup>6</sup>: CM<sub>PRO</sub>: Cuadrado medio de la variable proteína. <sup>7</sup>: CM<sub>LAC</sub>: Cuadrado medio de la variable lactosa. <sup>8</sup>: CM<sub>ACI</sub>: Cuadrado medio de la variable acidez. EP: Época. UPC: unidad de producción caprina. EP\*UPC: Interacción época x unidad de producción. TL: Tipo de leche. EP\*TL: Interacción época x Tipo de leche. UPC\*TL: Interacción Unidad de producción x Tipo de leche. R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación del modelo. \*: p < 0.05; \*\*: p < 0.01. NS: No significativo.

> 0.05). Para el contenido de Proteína se observó diferencias significativas en todos los efectos con excepción de las interacciones TL y EP\*TL. En el caso del contenido de Lactosa solamente la interacción EP\*TL no se encontraron diferencias significativas. Para la Densidad todos los efectos fueron significativos con excepción de TL y EP\*TL. Para el contenido de Acidez se observaron que los efectos TL, EP\*TL y UPC\*TL no fueron significativos. Para el efecto EP los mayores contenidos de Grasa y Sólidos No Grasos se obtuvieron en las épocas de nortes (50.03 g L<sup>-1</sup>) y lluvias (70.16 g L<sup>-1</sup>) (Tabla 6). De acuerdo con Todaro *et al.* (2005), la leche con contenidos altos de grasa puede deberse al consumo de pasturas ricas en proteínas generadas en esas épocas. Los mayores contenidos de Proteína (23.91 y 23.41 g L<sup>-1</sup>) y Lactosa (42.08 y 40.09 g L<sup>-1</sup>) se mostraron en las épocas de nortes y secas (Tabla 6). Lo anterior puede deberse a que las cabras muestran su mayor desempeño productivo en las épocas antes mencionadas (Midau *et al.*, 2010). Sin embargo, Fekadu *et al.* (2005) observaron que los mayores contenidos de proteína de las leches de Estados Unidos se producen en los meses de septiembre a

octubre. Por su parte, Mayer y Fiechter (2011) mostraron que los contenidos altos de Grasa, Sólidos No Grasos, Proteína y Lactosa de leches producida en Austria se han obtenido en las épocas de nortes y lluvias. Aunque la diferencia de la composición nutrimental de la leche caprina producida entre las épocas también puede atribuirse a la calidad de la pastura y al consumo energético de las cabras para su locomoción en búsqueda de forraje (Steinshamn *et al.*, 2014). Sin embargo, se observó la existencia de una relación inversa entre las variables Grasa y Lactosa, este mismo efecto fue observado por Grimley *et al.* (2009) en leches producidas en los meses de primavera (marzo a junio). En el caso de la Densidad se encontraron diferencias (p < 0.05) entre las épocas evaluadas y siendo la época de norte donde se encontró una mayor densidad en la leche. Los valores de Densidad encontrados en esta investigación son consistentes con los reportados por Iancu (2010) y Chen *et al.* (2014) quienes evaluaron leches de cabra de Rumania y Noruega y reportaron rangos de densidad de 1029 – 1033 y 1028 kgm<sup>-3</sup>, respectivamente. El mayor contenido de Acidez se obtuvo en las épocas de lluvias y nortes (22.49 y 20.77 g L<sup>-1</sup> de ácido láctico, respectivamente), este resultado pudo estar asociado con el incremento de la carga microbiana generado en dichas épocas. El análisis del efecto UPC demostró que los contenidos mayores de Grasa se obtuvieron en las UPC Rincón del Rio Frio y Donelo (54.54 y 50.04 g L<sup>-1</sup>, respectivamente) a comparación de las UPC Luis y Hnos. Enríquez (44.02 y 43.04 g L<sup>-1</sup>, respectivamente) (Tabla 7). Las diferencias en los contenidos de Grasa entre UPC están en función del tipo de alimentación caprina. De acuerdo con Todaro *et al.* (2005), Brodziak *et al.* (2014), Park *et al.* (2007), Salvador *et al.* (2014), la alimentación diversificada contribuye a un menor balance energético del animal provocando una mayor movilización de la grasa corporal para la síntesis de la grasa de la leche. Por su parte, Morand-Fehr *et al.* (2007) mencionaron que los altos contenidos de grasa en las leches pueden darse cuando hay una mayor proporción de forraje natural en la dieta caprina. Los contenidos mayores de Sólidos No Grasos, Proteína y Lactosa se obtuvieron en las leches de las UP Donelo (73.21, 24.17 y 41.76 g L<sup>-1</sup>, respectivamente),

**Tabla 6.** Composición de la leche de cabra por época del año de la zona montañosa central del estado de Veracruz.

**Table 6.** Goat's milk composition by time of year at Veracruz state central mountainous area.

Variable	Épocas del año		
	Lluvias <sup>1</sup>	Nortes <sup>2</sup>	Secas <sup>3</sup>
Grasa (g L <sup>-1</sup> )	47.94 ± 0.74 <sup>ab</sup>	50.03 ± 0.74 <sup>a</sup>	45.76 ± 0.74 <sup>b</sup>
Sólidos no grasos (g L <sup>-1</sup> )	70.16 ± 0.42 <sup>b</sup>	73.29 ± 0.42 <sup>a</sup>	70.49 ± 0.42 <sup>b</sup>
Proteína (g L <sup>-1</sup> )	23.16 ± 0.14 <sup>b</sup>	23.91 ± 0.14 <sup>a</sup>	23.41 ± 0.14 <sup>a</sup>
Lactosa (g L <sup>-1</sup> )	40.02 ± 0.26 <sup>b</sup>	42.08 ± 0.26 <sup>a</sup>	40.09 ± 0.26 <sup>b</sup>
Densidad (kg m <sup>-3</sup> )	1022.6 ± 0.13 <sup>b</sup>	1023.3 ± 0.13 <sup>a</sup>	1022.8 ± 0.13 <sup>ab</sup>
Acidez (g L <sup>-1</sup> de ácido láctico)	22.49 ± 0.37 <sup>a</sup>	20.77 ± 0.37 <sup>b</sup>	17.02 ± 0.37 <sup>c</sup>

<sup>1</sup> Época de Lluvias (septiembre del 2014). <sup>2</sup> Época de nortes (noviembre del 2015). <sup>3</sup> Época de secas (mayo del 2015). Literales diferentes en fila indican diferencias significativas.

**Tabla 7.** Composición de la leche de cabra por unidad de producción caprina en la zona montañosa central de Veracruz.**Table 7.** Goat milk composition per goat production unit at Veracruz central mountainous area.

Variable	Unidad de Producción Caprina			
	Rincón del Río Frío <sup>1</sup>	Donelo <sup>2</sup>	Enríquez <sup>3</sup>	Luis <sup>4</sup>
Grasa (g L <sup>-1</sup> )	54.54 ± 0.85 <sup>a</sup>	50.04 ± 0.85 <sup>b</sup>	43.04 ± 0.85 <sup>c</sup>	44.02 ± 0.85 <sup>c</sup>
Sólidos no grasos (g L <sup>-1</sup> )	65.90 ± 0.48 <sup>b</sup>	73.22 ± 0.48 <sup>a</sup>	72.41 ± 0.48 <sup>a</sup>	73.73 ± 0.48 <sup>a</sup>
Proteína (g L <sup>-1</sup> )	20.86 ± 0.16 <sup>b</sup>	24.17 ± 0.16 <sup>a</sup>	24.25 ± 0.16 <sup>a</sup>	24.69 ± 0.16 <sup>a</sup>
Lactosa (g L <sup>-1</sup> )	38.46 ± 0.30 <sup>b</sup>	41.76 ± 0.30 <sup>a</sup>	40.97 ± 0.30 <sup>a</sup>	41.73 ± 0.30 <sup>a</sup>
Densidad (kg m <sup>-3</sup> )	1020.3 ± 0.15 <sup>c</sup>	1023.5 ± 0.15 <sup>b</sup>	1023.7 ± 0.15 <sup>ab</sup>	1024.1 ± 0.15 <sup>a</sup>
Acidez (g L <sup>-1</sup> de ácido láctico)	20.78 ± 0.43 <sup>ab</sup>	19.41 ± 0.43 <sup>bc</sup>	21.63 ± 0.43 <sup>a</sup>	18.75 ± 0.43 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>Alimentación diversificada Bellotas (*Quercus ilex*), pastos Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Lolio (*Lolium multiflorum*). <sup>2</sup>Alimentación con Morera (*Morus alba*), bagazo de naranja (*Citrus sinensis*), Pasto Taiwan *Pennisetum purpurem*). <sup>3</sup>Alimentación con Alfalfa (*Medicago sativa*) y rastrojo de maíz (*Zae mays*). <sup>4</sup>Alimentación diversificada, bejuco (*Cissu verticillata*) y King grass (*Saccharum sinense*). Literales diferentes en fila indican diferencias significativas.

Hnos. Enríquez (72.41, 24.25 y 40.97 g L<sup>-1</sup>, respectivamente) y Luis (73.73, 24.69 y 41.73 g L<sup>-1</sup>, respectivamente). Sin embargo, en la UPC Rincón del Río Frío, las variables fisicoquímicas Sólidos No Grasos, Proteína y Lactosa (65.90, 20.86 y 38.46 g L<sup>-1</sup>, respectivamente) mostraron un efecto contrario al resto de las leches producidas en el resto de las UPC. Este resultado puede atribuirse a dos razones: 1) el uso de forrajes de calidad deficiente y 2) a los gastos energéticos de las cabras derivados por el pastoreo (Park *et al.*, 2007; Inglingstad *et al.*, 2014). En el caso de la Densidad se observó que las leches producidas en las UPC Donelo (1023.54 kg m<sup>-3</sup>), Hnos. Enríquez (1,023.54 kg m<sup>-3</sup>) y Luis (1,023.54 kg m<sup>-3</sup>) estuvieron próximos al valor de 1,028 kg m<sup>-3</sup> propuesto por Park *et al.* (2007). Sin embargo, la leche de la UPC Rincón del Río Frío presentó el valor más bajo de Densidad (1020.25 kg m<sup>-3</sup>). Acorde a Park *et al.* (2007) este efecto pudo estar asociado a dos factores: 1) al estado avanzado de lactancia de las cabras y 2) a la adición de agua a la leche. Respecto al contenido de Acidez las leches producidas en las UPC Hnos. Enríquez y Rincón del Río Frío (21.63 y 20.78 g L<sup>-1</sup> de ácido láctico) presentaron los mayores contenidos respecto las leches de las UPC Donelo y Luis (19.41 y 18.75 g L<sup>-1</sup> de ácido láctico). Los valores de Acidez de esta investigación son superiores al valor de 15 g L<sup>-1</sup> de ácido láctico observado por Villalobos y Castro (2009). Los contenidos altos de Acidez de las leches producidas principalmente en la UP Hnos. Enríquez y Rincón del Río Frío pudieron estar asociados a la contaminación microbiológica o a la falta de implementación de las buenas prácticas de higiene y manejo de la leche. Los efectos del Tipo de leche (TL) se observa en la Tabla 8. En donde se muestran diferencias significativas (p<0.05) solamente en el contenido de Grasa, Sólidos No Grasos y Lactosa. Adicionalmente la leche pasteurizada tuvo un mayor contenido de Grasa (48.32 vs 50.83 g L<sup>-1</sup>), Sólidos No Grasos (70.80 vs 71.81 g L<sup>-1</sup>), Proteína (23.38 vs 23.60 g L<sup>-1</sup>),

**Tabla 8.** Composición de la leche de cabra por tipo de leche en la zona centro del estado de Veracruz.**Table 8.** Composition of goat's milk by type of milk at the Veracruz state central zone

Variable	Tipo de Leche	
	Cruda	Tratamiento Térmico <sup>1</sup>
Grasa (g L <sup>-1</sup> )	46.66 ± 0.60 <sup>b</sup>	49.17 ± 0.60 <sup>a</sup>
Sólidos no grasos (g L <sup>-1</sup> )	70.81 ± 0.34 <sup>b</sup>	71.82 ± 0.34 <sup>a</sup>
Proteína (g L <sup>-1</sup> )	23.39 ± 0.11 <sup>a</sup>	23.60 ± 0.11 <sup>a</sup>
Lactosa (g L <sup>-1</sup> )	40.38 ± 0.21 <sup>b</sup>	41.09 ± 0.21 <sup>a</sup>
Densidad (kg m <sup>-3</sup> )	1022.8 ± 0.11 <sup>a</sup>	1023.0 ± 0.11 <sup>a</sup>
Acidez (g L <sup>-1</sup> de ácido láctico)	19.97 ± 0.30 <sup>a</sup>	20.22 ± 0.30 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Pasteurización a 63 °C por 30 min. Literales diferentes en fila indican diferencias significativas.

Lactosa (40.37 vs 41.08 g L<sup>-1</sup>) y Densidad (1022.79 vs 1023.0 kg m<sup>-3</sup>). De acuerdo con Villalobos (2005), el tratamiento térmico de la leche (65 °C por 0.5 h) puede generar una mayor concentración de sólidos que a su vez modifican la densidad de la leche. Para el efecto de la interacción EP\*TL no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas. Los resultados del efecto UPC\*TL se muestran en la Tabla 9. Se observa que los contenidos de Sólidos No Grasos, Proteína, Lactosa y Densidad tuvieron un efecto significativo (p < 0.05). Encontrándose su mayor concentración en las leches crudas y pasteurizadas de las UPC Donelo y Hnos. Enríquez. Esto puede asociarse al tipo de alimentación (morera, cascara de naranja, pasto Taiwán, alfalfa y rastrojo de maíz) usado en estas unidades de producción que contribuyen a incrementar dichos contenidos (Ramírez-Rivera *et al.*, 2018). Respecto a Densidad, las leches

**Tabla 9.** Efecto de la interacción UPC\*TL en aspectos fisicoquímicos de la leche de cabra de la zona montañosa central del estado de Veracruz.  
**Table 9.** Effect of the UPC\*TL interaction on physicochemical aspects of goat's milk from the central mountainous area of the state of Veracruz.

UPC*TL	Grasa (g L <sup>-1</sup> )	Sólidos no grasos (g L <sup>-1</sup> )	Proteína (g L <sup>-1</sup> )	Lactosa (g L <sup>-1</sup> )	Densidad (kg m <sup>-3</sup> )	Acidez (g L <sup>-1</sup> de ácido láctico)
Rincón del Río Frio-LC	53.45 ± 1.20 <sup>a</sup>	67.86 ± 0.68 <sup>e</sup>	21.65 ± 0.22 <sup>g</sup>	39.45 ± 0.42 <sup>de</sup>	1021.04 ± 0.21 <sup>f</sup>	20.55 ± 0.60 <sup>a</sup>
Rincón del Río Frio-LP	55.63 ± 1.20 <sup>a</sup>	63.93 ± 0.68 <sup>f</sup>	20.06 ± 0.22 <sup>h</sup>	37.46 ± 0.42 <sup>f</sup>	1019.47 ± 0.21 <sup>g</sup>	20.99 ± 0.60 <sup>a</sup>
Donelo-LC	48.16 ± 1.20 <sup>a</sup>	71.88 ± 0.68 <sup>d</sup>	23.80 ± 0.22 <sup>cef</sup>	40.94 ± 0.42 <sup>bcd</sup>	1023.17 ± 0.21 <sup>cd</sup>	18.48 ± 0.60 <sup>a</sup>
Donelo-LP	51.92 ± 1.20 <sup>a</sup>	74.54 ± 0.68 <sup>b</sup>	24.53 ± 0.22 <sup>b</sup>	42.58 ± 0.42 <sup>a</sup>	1023.90 ± 0.21 <sup>abc</sup>	20.32 ± 0.60 <sup>a</sup>
Enríquez-LC	42.13 ± 1.20 <sup>a</sup>	72.51 ± 0.68 <sup>cd</sup>	24.36 ± 0.22 <sup>bc</sup>	40.93 ± 0.42 <sup>bcd</sup>	1023.78 ± 0.21 <sup>abcd</sup>	21.59 ± 0.60 <sup>a</sup>
Enríquez-LP	43.95 ± 1.20 <sup>a</sup>	72.3 ± 0.68 <sup>cd</sup>	24.14 ± 0.22 <sup>bcd</sup>	41.01 ± 0.42 <sup>bcd</sup>	1023.58 ± 0.21 <sup>ab</sup>	21.65 ± 0.60 <sup>a</sup>
Luis-LC	42.87 ± 1.20 <sup>a</sup>	70.96 ± 0.68 <sup>cd</sup>	23.72 ± 0.22 <sup>cd</sup>	40.17 ± 0.42 <sup>bcd</sup>	1023.18 ± 0.21 <sup>bcd</sup>	19.23 ± 0.60 <sup>a</sup>
Luis-LP	45.15 ± 1.20 <sup>a</sup>	76.5 ± 0.68 <sup>a</sup>	25.66 ± 0.22 <sup>a</sup>	43.28 ± 0.42 <sup>a</sup>	1025.06 ± 0.21 <sup>e</sup>	17.9 ± 0.60 <sup>a</sup>

UPC\*TL: Unidad de producción caprina por Tipo de leche. LC: Leche cruda. LP: Leche pasteurizada (63 °C por 30 min). Literales diferentes en columna indican diferencias significativas.

(crudas y pasteurizadas) de las UPC Donelo, Hnos. Enríquez y Luis están por debajo de los valores de 1028 kg m<sup>-3</sup>, 1029 – 1033 y 1028 kg m<sup>-3</sup>, indicados por Park *et al.* (2007), Iancu (2010) y Chen *et al.* (2014). Por último, para la variable Acidez no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las leches producidas por unidades de producción caprina.

## CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación confirman el uso de buenas prácticas de ordeña aplicadas en la producción de leche de cabra de la zona analizada, esto quedó confirmado por la ausencia de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* ssp y *Brucella* sp. El efecto de la interacción Época del año por Unidad de producción por Tipo de leche mostro que el 50 % de las leches (crudas y pasteurizadas) producidas en las épocas de norte y lluvias presentaron los mayores contenidos de Mesófilos aerobios y Coliformes totales. En los aspectos fisicoquímicos, el efecto de la interacción unidad de producción por tipo de leche se presentaron los mayores contenidos de sólidos no grasos, proteínas, lactosa y densidad debido a uso de diferentes forrajes como morera, cascaras de naranja, pasto Taiwán, alfalfa y rastrojo de maíz. Sin embargo, los mayores contenidos de grasa se encontraron en las unidades de producción Donelo (Coatepec) y Rincón del Río Frio (Tatatila). Los hallazgos antes expuestos pueden ser de interés para la industria láctea caprina así como para los caprinocultores dedicados a la producción de leche y productos derivados (quesos, cajetas, entre otros) con la finalidad de implementar un mayor control de calidad tanto microbiológica como fisicoquímica en la leche de cabra.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los productores del Sistema Especie Caprina del estado de Veracruz (SIPECV) por la donación de las muestras de leche para la realización de esta investigación.

## FINANCIAMIENTO

Esta investigación fue apoyada por el Colegio de Postgraduados a través del Fideicomiso de Administración e Inversión No. 167304 y por el Consejo Nacional de Ciencia

y Tecnología (CONACYT) institución financiadora de la beca doctoral para el autor de correspondencia.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses relacionados con esta publicación.

## REFERENCIAS

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis Method 966.23, 991.14, 2003.08 y 947.05. 18th ed. AOAC International.
- Bidot Fernández, A. 2017. Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica. Revista de Producción Animal. 29(2):32-41.
- Brodziak, A., Król, J., Barłowska, J. y Litwińczuk, Z. 2014. Effect of production season on protein fraction content in milk of various breeds of goats in Poland. International Journal of Dairy Technology. 67(3):410-419. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12130>.
- Chen, B., Lewis, M.J. y Grandison, A.S. 2014. Effect of seasonal variation on the composition and properties of raw milk destined for processing in the UK. Food Chemistry. 158:216-223. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.02.118>.
- Delgado-Pertiñez, M., Alcalde, M.J., Guzmán-Guerrero, J.L., Castel, J.M., Mena, Y. y Caravaca, F. 2003. Effect of hygiene-sanitary management on goat milk quality in semi-extensive systems in Spain. Small Ruminant Research. 47(1):51-61. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00239-0](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00239-0).
- FAO. 2010. Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector A Life Cycle Assessment.
- Fekadu, B., Soryal, K., Zeng, S., van Hekken, D., Bah, B. y Villaquiran, M. 2005. Changes in goat milk composition during lactation and their effect on yield and quality of hard and semi-hard cheeses. Small Ruminant Research. 59(1):55-63. <https://doi.org/10.1016/J.SMALLRUMRES.2004.12.003>.
- Gaucher, I., Boubellouta, T., Beaucher, E., Piot, M., Gaucheron, F. y Dufour, E. 2008. Investigation of the effects of season, milking region, sterilisation process and storage conditions on milk and UHT milk physico-chemical characteristics: a multidimensional statistical approach. Dairy Science and Technology. 88(3):291-312. <https://doi.org/10.1051/dst:2007022>.
- Goetsch, A.L., Zeng, S.S. y Gipson, T.A. 2011. Factors affecting goat milk production and quality. Small Ruminant Research. 101(1-3):55-63. <https://doi.org/10.1016/J.SMALLRUMRES.2011.09.025>.

- Grimley, H., Grandison, A. y Lewis, M. 2009. Changes in milk composition and processing properties during the spring flush period. *Dairy Science & Technology*. 89(3):405-416. <https://doi.org/10.1051/DST/2009016>.
- Iancu, R. 2010. Monitoring goat milk physico-chemical composition during season using analyzer ekomilk total. *Annals of RSCB*. 15(2):332-336.
- INEGI, 2007. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007.
- Inglingstad, R.A., Steinshamn, H., Dagnachew, B.S., Valenti, B., Criscione, A., Rukke, E.O., Devold, T.G., Skeie, S.B. y Vegarud, G.E. 2014. Grazing season and forage type influence goat milk composition and rennet coagulation properties. *Journal of Dairy Science*. 97(6):3800-3814. <https://doi.org/10.3168/JDS.2013-7542>.
- Kousta, M., Mataragas, M., Skandamis, P. y Drosinos, E.H. 2010. Prevalence and sources of cheese contamination with pathogens at farm and processing levels. *Food Control*. 21(6):805-815. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2009.11.015>.
- Mayer, H.K. y Fiechter, G. 2011. Physicochemical characteristics of goat's milk in Austria – seasonal variations and differences between six breeds. *Dairy Science & Technology*. 92(2):167-177. <https://doi.org/10.1007/S13594-011-0047-0>.
- Midau, A., Kibon, A., Moruppa, S.M. y Augustine, C. 2010. Influence of Season on Milk Yield and Milk Composition of Red Sokoto Goats in Mubi Area of Adamawa State, Nigeria. *International Journal of Dairy Science*. 5(3):135-141. <https://doi.org/10.3923/IJDS.2010.135.141>.
- Morales-Pablo, R., Avalos de la Cruz, D.A., Leyva-Ruelas, G. e Ybarra-Moncada, Ma.C. 2012. Calidad bacteriológica de leche cruda de cabra producida en Miravalles, Puebla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 11(1):45-54.
- Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M. y le Frileux, Y. 2007. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 68(1-2):20-34. <https://doi.org/10.1016/J.SMALLRUMRES.2006.09.019>.
- Norma Oficial Mexicana NOM-041-ZOO-1995. Campaña Nacional contra la Brucelosis en los Animales. [Consultado 23 de septiembre 2021] 1995. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4896374&fecha=20/08/1996](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4896374&fecha=20/08/1996)
- Norma Oficial Mexicana NOM-091-SSA1-1994. Leche pasteurizada de vaca. [Consultado 23 de septiembre 2021] 1995. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4881855&fecha=22/09/1995](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881855&fecha=22/09/1995)
- Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994. Toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para análisis microbiológico. [Consultado 23 de septiembre 2021] 1995. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4881801&fecha=21/09/1995](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881801&fecha=21/09/1995)
- Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994. Determinación de Salmonella en alimentos. [Consultado 23 de septiembre 2021] 1995. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4728936&fecha=15/08/1994](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4728936&fecha=15/08/1994)
- Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Métodos de prueba. [Consultado 23 de septiembre 2021] 2010. Disponible en: <http://dof.gob.mx/normasOficiales/4156/salud2a/salud2a.htm>
- Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M. y Haenlein, G.F.W. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 68(1-2):88-113. <https://doi.org/10.1016/J.SMALLRUMRES.2006.09.013>.
- Ramírez-Rivera, E. de J., Lopez-Collado, J., Díaz-Rivera, P., Ortega-Jiménez, E., Torres-Hernández, G., Jacinto-Padilla, J. y Herman-Lara, E. 2017. A multi-criteria approach to identify favorable areas for goat production systems in Veracruz, México. *Tropical Animal Health and Production*. 49(4):725-731. <https://doi.org/10.1007/S11250-017-1249-0>.
- Ramírez-Rivera, E. de J., Ramón-Canul, L.G., Torres-Hernández, G., Herrera-Corredor, J.A., Juárez-Barrientos, J.M., Rodríguez-Miranda, J., Herman-Lara, E. y Díaz-Rivera, P. 2018. Typing aged goat cheeses produced in the mountainous central region of the state of Veracruz, Mexico. *Agrociencia*. 52(1):15-34.
- Ramírez-Rivera, E.J., Juárez-Barrientos, J.M., Rodríguez-Miranda, J., Díaz-Rivera, P., Ramón-Canul, L.G., Herrera-Corredor, J.A., Hernández-Serrano, M.I. y Lara, E.H.Y. 2017. Typification of a fresh goat cheese of Mexico by path models. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 41(2):213-220.
- Ramírez-Rivera, E. J., Ramón-Canul, L. G., Torres-Hernández, G., Herrera-Corredor, J. A., Juárez-Barrientos, J. M., Rodríguez-Miranda, J., Herman-Lara, E. y Díaz-Rivera, P. 2018. Typing aged goat cheese produced in the mountainous central region of the state of Veracruz, Mexico. *Agrociencia*. 52: 15-34.
- Ruiz Romero, R.A., Cervantes Olivares, R.A., Ducoing Watty, A.E., Hernández Andrade, L. y Martínez Gómez, D. 2013. Principales géneros bacterianos aislados de leche de cabra en dos granjas del municipio de Tequisquiapan, Querétaro, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarías*. 4(1):93-106.
- Salinas-González, H., Daniel, E., Moysen, V., de Los, M., De, A., Miramontes, S., Gerardo, F., Deras, V., Maldonado Jáquez, J.A., Iván, L., Monroy, V., Torres Hernández, G., Maconetzin, L., Requejo, I. y Figueroa Viramontes, U. 2016. Descriptive analysis of goat production units in the southwest of the laguna region, Coahuila, México. *Interciencia*, 41:763-768.
- Salvador, A., Igual, M., Contreras, C., Martínez-Navarrete, N. y del Mar Camacho, M. 2014. Effect of the inclusion of citrus pulp in the diet of goats on cheeses characteristics. *Small Ruminant Research*. 121(2-3):361-367. <https://doi.org/10.1016/J.SMALLRUMRES.2014.06.012>.
- Salvador, A. y Martínez, G. 2007. Factores que Afectan la Producción y Composición de la Leche de Cabra: Revisión Bibliográfica. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*. 48(2):61-76.
- SAS, 2002. SAS/STAT users guide: Statics, Version 9.4.
- Steinshamn, H., Inglingstad, R.A., Ekeberg, D., Mølmann, J. y Jørgensen, M. 2014. Effect of forage type and season on Norwegian dairy goat milk production and quality. *Small Ruminant Research*. 122(1-3):18-30. <https://doi.org/10.1016/J.SMALLRUMRES.2014.07.013>.
- Todaro, M., Scatassa, M.L. y Giaccone, P. 2005. Multivariate factor analysis of Girgentana goat milk composition. *Italian Journal of Animal Science*. 4(4):403-410. <https://doi.org/10.4081/IJAS.2005.403>.
- Tormo, H., Agabriel, C., Lopez, C., Lekhal, D.A.H. y Roques, C. 2011. Relationship between the production conditions of goat's milk and the microbial profiles of milk. *International Journal of Dairy Science*. 6(1):13-28. <https://doi.org/10.3923/IJDS.2011.13.28>.



Villalobos, R.A. 2005. Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones en el proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*. 16(2):239-252. <https://doi.org/10.15517/AM.V16I2.11878>.

Villalobos, R.A. y Castro, M.L.P. 2009. Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo "Crottin de Chavignol." *Agronomía Mesoamericana*. 20(2):297-309. <https://doi.org/10.15517/AM.V20I2.4946>.

Yamazi, A.K., Moreira, T.S., Cavicchioli, V.Q., Burin, R.C.K. y Nero, L.A. 2013. Long cold storage influences the microbiological quality of raw goat milk. *Small Ruminant Research*. 113(1):205-210. <https://doi.org/10.1016/J.SMALLRUMRES.2013.02.004>.