

Calidad de leche cruda de pequeños productores de los cantones Cayambe y Pedro Moncayo, Ecuador, mediante análisis fisicoquímicos y ensayos cualitativos

Quality of raw milk from small producers of the Cayambe and Pedro Moncayo cantons, Ecuador, through physicochemical analysis and qualitative tests

Armando Salguero¹, David De la Torre², Byron Puga-Torres^{1,*}

RESUMEN

La zona norte de Pichincha-Ecuador es la segunda región lechera más importante de la provincia después del cantón Mejía, por lo que el objetivo de este estudio fue determinar con base a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9, la calidad de la leche cruda comercializada por pequeños y medianos productores de los cantones Cayambe y Pedro Moncayo. Se recolectaron muestras de 22 puntos de centros de acopio y haciendas ganaderas, con intervalos de 15 días entre colectas (total: 132 muestras). Las muestras fueron colectadas de los tanques fríos de almacenamiento entre febrero y abril de 2019 (época lluviosa). Los ensayos cualitativos y análisis fisicoquímicos se hicieron en el Laboratorio de Calidad de Leche del Centro Experimental Uyumbicho de la Universidad Central del Ecuador. Los resultados demostraron que solamente 6.82% de las muestras (9/132) incumplen en uno o varios parámetros. Todas las muestras estuvieron dentro de las normas para densidad, grasa, sólidos totales, concentración de cloruros, ausencia de almidones, peróxido de hidrógeno, colorantes y antibióticos. El 98.5% (130/132), 99.2% (131/132), 95.5% (126/132) y 99.2% (131/132) cumplieron con la estabilidad proteica, neutralizantes, acidez titulable y pH, respectivamente. En conclusión, la mayor parte de muestras de leche analizadas cumplen con la legislación ecuatoriana, mostrando que aún existen procedimientos de aseguramiento de calidad que deben ser mejorados por productores y centros de acopio.

Palabras clave: calidad, leche cruda, Pichincha

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador; Quito, Ecuador

² LABIGEN, Laboratorio de Biología y Genética Molecular, Quito, Ecuador

* E-mail: bpuga@uce.edu.ec

Recibido: 29 de enero de 2022

Aceptado para publicación: 3 de enero de 2023

Publicado: 27 de febrero de 2023

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

ABSTRACT

The northern area of Pichincha-Ecuador is the second most important dairy region in the province after the Mejía canton, so the aim of this study was to determine, based on the Ecuadorian Technical Standard INEN 9, the quality of raw milk marketed by small and medium producers from the Cayambe and Pedro Moncayo cantons. Samples were collected from 22 points of collection centres and cattle farms, with intervals of 15 days between collections (total: 132 samples). The samples were collected from the cold storage tanks between February and April 2019 (rainy season). The qualitative tests and physicochemical analyses were carried out in the Milk Quality Laboratory of the Uyumbicho Experimental Centre of the Central University of Ecuador. The results showed that only 6.82% (9/132) fail to comply with one or several parameters. All the samples were within the norms for density, fat, total solids, chloride concentration, absence of starches, hydrogen peroxide, colorants and antibiotics. Besides, 98.5% (130/132), 99.2% (131/132), 95.5% (126/132) and 99.2% (131/132) complied with the protein stability, neutralizers, titratable acidity and pH, respectively. In conclusion, most of the milk samples analysed comply with Ecuadorian legislation, showing that there are still quality assurance procedures that must be improved by producers and collection centres

Key words: quality, raw milk, Pichincha

INTRODUCCIÓN

La producción lechera es de gran importancia para el desarrollo económico en el Ecuador, ya que genera empleo directo en fincas, haciendas e industrias lecheras (Chanaluiza, 2016), llegando a producir 6.1 millones de litros de leche al día en 2020. Del total de leche producida, la provincia de Pichincha produce el 16.3% del total nacional, siendo por lo tanto la mayor productora de leche (INEC, 2019), donde Cayambe y Pedro Moncayo constituye la segunda localidad lechera, después del cantón Mejía (425 000 L/d). En este caso, 51 000 L se destinan para el consumo interno de los productores, 106 250 L para la producción de derivados lácteos artesanales y 267 750 L para la venta, que en su mayoría ocurre a través de más de 20 centros de acopio (Torres, 2018), El cantón Pedro Moncayo es lugar de antiguas haciendas ganaderas, las mismas que en la actualidad se intercalan con plantaciones de flores (CIL, 2015), donde la parroquia Tupigachi es la mayor productora de leche (SENPLADES, 2013). En la zona se encuentran alrededor de 1500 pequeños productores (Valladares y Martínez, 2016).

En 1948, el Instituto Municipal de Higiene de Quito, encontró la necesidad de controlar la calidad de la leche que llegaba hasta la capital, pues determinó que solamente 15 de 248 predios cumplían con las normas higiénicas de ordeño, por lo que a partir de ese momento se empezó a analizar en forma continua la calidad de la leche (CIL, 2015). Esta práctica se mantiene, debido a que solo el 16.6% de la leche producida en el país se comercializa bajo procesamiento industrial (INEC, 2018). Por esta razón, el objetivo de la presente investigación fue analizar la leche recolectada de pequeños productores de los cantones Pedro Moncayo y Cayambe de la provincia de Pichincha, mediante la aplicación de ensayos cualitativos, análisis fisicoquímicos, y determinación de la presencia de antibióticos con base a las Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE) INEN 9, 11, 12, 13, 14 y 1500 (INEN, 1973, 1984a,b,c, 2011, 2012). Se espera que los resultados obtenidos de este estudio ayuden a mejorar las prácticas de ordeño, transporte y conservación de la leche por parte de los pequeños productores y centros de acopio, con el fin de aumentar la calidad de los productos lácteos.

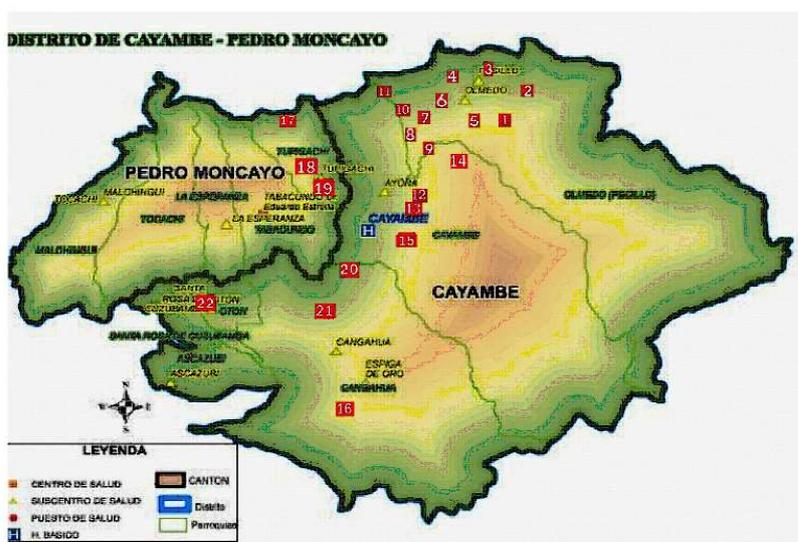


Figura 1. Georreferencia de los lugares de muestreo de leche cruda en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo, Ecuador

teos procesados y beneficiar la economía de los productores al recibir compensaciones en el pago por calidad de la leche (Murphy *et al.*, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los cantones Pedro Moncayo y Cayambe se encuentran ubicados al nororiente de la provincia de Pichincha, El piso climático se encuentra entre 2000 y 4790 msnm, con temperaturas que oscilan entre 0 a 7 °C (GADPP, 2015).

El estudio se realizó en 22 puntos de recolección de leche cruda, divididos en seis fincas lecheras y 16 centros de acopio (19 en Cayambe y 3 en Pedro Moncayo) (Figura 1). En todos los casos, la leche es almacenada en tanques de enfriamiento, con agitador interno y medidor de volumen, que mantienen la leche cruda a una temperatura entre 2 y 6 °C.

Se realizaron seis muestreos por cada punto de recolección de leche, con intervalos de 15 días durante tres meses consecutivos entre febrero y abril de 2019. Se llegaron a obtener 132 muestras de leche cruda, las cuales fueron recolectadas siguiendo las instrucciones establecidas en la NTE INEN-ISO 707 (INEN, 2014). Las muestras (500 ml) fueron tomadas directamente de los tanques de enfriamiento de cada punto de recolección, previa agitación y medición de volumen y de temperatura. Las muestras fueron colectadas en fundas plásticas de polipropileno con cierre hermético tipo ziploc, y codificadas. Se mantuvieron en cadena de frío en recipientes térmicos con gel refrigerante (4-6 °C) y analizadas dentro de las 24 h de la colecta en el Laboratorio de Calidad de la Leche del Centro Experimental Uyumbicho, el cual es parte de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Central del Ecuador.

Los análisis fisicoquímicos se realizaron siguiendo las instrucciones de la normativa ecuatoriana (Cuadro 1):

Cuadro 1. Pruebas usadas para el control de la leche cruda, rangos permitidos y normas técnica de referencia

Análisis o ensayo	Método	Rango aceptado	Norma ecuatoriana
Densidad relativa	Lactodensímetro	1,028 - 1,033 g/mL	INEN 11
Acidez titulable	Dornic	13 - 17°D	INEN 13
Grasa	Gerber	Mín. 3%	INEN 12
Sólidos totales	Cálculo mediante fórmula	Mín. 11,20%	INEN 14
Estabilidad proteica	Alcohol etílico al 68%	(-) sin precipitaciones	INEN 1500
Neutralizantes	Alizarina	(-) sin grumos-coloración lila	INEN 1500
Detección de almidones	Lugol	(-) coloración anaranjada	INEN 1500
Detección de colorantes	Éter etílico	(-) sin coloración	INEN 1500
Detección de peróxidos	Kit peróxido 25	(-) 0 mg/l	INEN 1500
Medición de cloruros	Kit Cloruro	(-) 500 a 1500mg/l	INEN 1500
pH	Tiras reactivas	6,6 – 6,8	INEN 1500
Antibióticos	Auroflow BTS-Combo Strip Test.	(-) Coloración de franjas (control, β -lactámicos, tetraciclinas y sulfonamidas)	INEN 9

Leyenda: (-) = Negativo; °D = grados Dornic

- Densidad relativa con el método del termolactodensímetro, basada en la NTE-INEN 11 (INEN, 1984c)
- Acidez titulable, por el método de Dornic, de acuerdo con la NTE-INEN 13 (INEN, 1984a).
- Porcentaje de grasa, mediante el método de Gerber, descrito en la NTE-INEN 12 (INEN, 1973)
- Sólidos totales, mediante la aplicación de ecuaciones descritas por la NTE-INEN 14 (INEN, 1984b), considerando el valor de grasa y de la densidad relativa.
- pH, mediante el uso de tiras colorimétricas pH-Fix™ (Macherey-Nagel, Alemania).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 93.18% (123/132) de las muestras cumplen con los requisitos mínimos determinados por la legislación ecuatoriana (NTE-INEN 9) (INEN, 2012), mientras que 6.81% (9/132) no cumplen en por lo menos uno de los parámetros analizados (Cuadro 2). En el caso de estas últimas, la leche fue rechazada y no recolectada por la empresa privada para garantizar la salud de los consumidores. Estos datos difieren de lo encontrado en siete cantones de la provincia de Azuay donde 64.7% de las muestras no cumplían con la normativa ecuatoriana (Ortiz *et al.*, 2017).

Cuadro 2. Cumplimiento de las normas ecuatorianas de muestras de leche colectadas en 22 puntos de recolección de leche cruda en los cantones de Cayambe y Pedro Moncada y Ecuador

Parroquia	Muestras (n)	Cumplimiento		Parámetros incumplidos
		Cumplen (n)	Incumplen (n)	
Olmedo	60	57	3	Acidez
Ayora	18	17	1	Acidez
Cangahua	18	15	3	Acidez, estabilidad proteica
Juan Montalvo	12	11	1	Acidez, pH, estabilidad proteica
Cusubamba	6	6	0	-
Tupigachi	18	17	1	Neutralizantes
Total:	132	123 (93.20%)	9 (6.80%)	

La acidez titulable fue el parámetro de mayor incumplimiento (6.1%; 8/132) de la normativa local, ya que se encontraron valores por arriba de lo permitido; siendo estos en la parroquia de Olmedo (2/8), Ayora (1/8), Cangahua (3/8) y Juan Montalvo (2/8). La mayor parte de las muestras con valores elevados se encontraron en el primer muestreo (n=5). Solo una muestra presentó un valor de pH de 6.0, valor por debajo del pH establecido en la norma ecuatoriana (centro de acopio de la parroquia de Juan Montalvo) (Cuadro 2). Tres muestras colectadas en las parroquias de Juan Montalvo y Cangahua (Cayambe) tuvieron alteraciones en la estabilidad proteica (Cuadro 2). Por otro lado, solo una muestra resultó positiva a la presencia de neutralizantes (parroquia de Tupigachi) (Cuadro 2).

Las medidas de tendencia central y los resultados cualitativos indican que los parámetros evaluados que cumplen en un 100% con la legislación ecuatoriana son los antibióticos, cloruros, colorantes, almidones, peróxido de hidrógeno, densidad, sólidos totales y grasa, mientras que los parámetros que no cumplen con la normativa son los de

acidez, pH, presencia de neutralizantes y estabilidad proteica (Cuadro 3). Estos valores, de acuerdo con el punto de recolección, se presentan en el Cuadro 4.

Los resultados obtenidos fueron superiores a los reportados por Martínez *et al.* (2017) con muestras de pequeños y medianos productores de la provincia de Carchi (3.6% grasa, 3.2% proteína, 4.6% lactosa, 12.1% sólidos totales y 8.6% sólidos no grasos), en tanto que el trabajo de De la Cruz *et al.* (2018) en Carchi, Ecuador, se encontró que 90% de los productores cumplía con lo referente a calidad composicional de la leche. Los resultados de porcentaje de grasa y sólidos totales pueden estar relacionados al consumo de forrajes y a la genética de la zona (CIL, 2015), así como por el tiempo dedicado al pastoreo, tipo de pasto y época del año (Hanrahan *et al.*, 2018).

Se considera leche adulterada con cloruros cuando se superan los límites de 700 a 1300 mg/l (González y Medina, 2005). Esto puede ocurrir con leches mastíticas (Alais, 1988), o que mantienen restos de detergente o desinfectante usados en la limpieza de la

Cuadro 3. Valores promedio, máximos y mínimos de las características fisicoquímicos y presencia de residuos en muestras de leche cruda colectada en los cantones de Cayambe y Pedro Moncada y Ecuador

Parámetro	Media	Máximo	Mínimo
Densidad relativa (g/ml)	1.031	1.033	1.029
Acidez titulable (°D)	16	19*	14
Grasa (%)	4.0	4.6	3.0
Sólidos Totales (%)	13.2	14.01	11.83
pH	6.69	6.7	6.0*
Estabilidad proteica	-	+*	-
Neutralizantes	-	+*	-
Peróxido de hidrógeno	-	-	-
Almidones	-	-	-
Colorantes	-	-	-
Cloruros	-	-	-
Antibióticos	-	-	-

Leyenda: (*) Fuera del rango permitido por la NTE INEN 9 (INEN, 2012)

Cuadro 4. Valores máximo y mínimo de las características fisicoquímicos y presencia de residuos en muestras de leche cruda colectada en los cantones de Cayambe y Pedro Moncada y Ecuador analizados por punto de recolección.

	Centro de acopio			Hacienda lechera		
	Valor	Max	Min	Valor	Max	Min
Densidad (g/ml)	1.031	1.032	1.029	1.031	1.032	1.030
Acidez (°D)	16	17	14	16	19*	15
Grasa (%)	4	4,6	3	3.8	4.4	3.5
Sólidos totales (%)	13.3	14	11.83	12.94	13.89	12.42
pH	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.0*
Estabilidad proteica	-	+*	-	-	+*	-
Neutralizantes	-	-	-	-	+*	-
H ₂ O ₂ , almidones, colorantes, cloruros, antibióticos	-	-	-	-	-	-

* Fuera del rango permitido por la NTE INEN 9 (2012)

(-): Negativo, (+): Positivo

sala y equipo de ordeño. Asimismo, cuando se trata de compensar la densidad de la leche adulterada con agua se le agrega sal común (Barrera-Forero, 2017). En el presente estudio, los resultados indican que la totalidad de las muestras (132/132) cumplen con el rango establecido, mostrando que existe una correcta práctica en el uso de desinfectantes a base de cloro e inexistente adulteración con cloruros (Gargouri *et al.*, 2013; Singuluri y Sukumaran, 2014).

Ninguna muestra estuvo contaminada con peróxido de hidrógeno, producto prohibido por la NTE-INEN 9 (INEN, 2012), a pesar de evidencias positivas sobre el uso del H₂O₂ en el trópico ecuatoriano, que indican que con su uso se puede conservar la leche hasta por 8 horas a temperaturas tropicales sin que esta pierda sus características organolépticas (Campos-Vallejo *et al.*, 2017). Por otro lado, Ortiz *et al.* (2017) reportaron en Azuay que el 16.4% de las muestras de leche cruda contenían este contaminante. En el presente estudio tampoco se encontraron adulterantes como colorantes, almidones y harinas (INEN, 2012). Estos dos últimos componentes son utilizados para compensar la densidad relativa cuando se agrega agua a la leche, y que no sea sospechosa a la prueba del termolactodensímetro (Singuluri y Sukumaran, 2014). Entre los colorantes, el más usado en el país es el achiote con el fin de darle una coloración más amarillenta a la leche, para engañar con la presencia de mayor contenido de grasa láctea (Calderón *et al.*, 2007; INEN, 2012).

No se encontraron residuos de antibióticos en las muestras; sin embargo, Andrade *et al.* (2017) en la provincia del Cañar y Ortiz *et al.* (2017) en cuenca lechera del Tarqui de la Sierra Sur ecuatoriana encontraron residuos de antibióticos en el 5.5 y 13% de muestras, respectivamente, determinando el incumplimiento del tiempo mínimo de retiro de la leche proveniente de vacas tratadas con antibacterianos (Lozano y Arias, 2008; Ramírez *et al.*, 2012). Uno de los grandes problemas sobre la presencia de residuos de antibióticos

es el desarrollo de resistencias bacterianas, especialmente entre las bacterias consideradas patógenas para el ser humano (Quigley *et al.* 2013; Munita y Arias, 2016).

Si bien en el presente estudio no se midió directamente el Conteo Bacteriano Total (CBT) de la leche, se lo hizo de forma indirecta al medir los parámetros de acidez, pH, estabilidad proteica, neutralizantes y conservantes, en cuyo caso los valores obtenidos son inferiores a los registrados en otros estudios del país, donde se encontraron deficientes condiciones higiénicas de la leche debido a inadecuadas prácticas de ordeño (Guevara-Freire *et al.*, 2019). En el presente estudio, 6.06% (8/132) de las muestras presentaron valores superiores al 13-17 °D permitidos por NTE-INEN 9 (INEN, 1984a, 2012), siendo indicador de alta presencia microbiana (Chacón, 2004; Álvarez-Fuentes *et al.*, 2012), causado por un inadecuado manejo higiénico sanitario durante el ordeño, principalmente por la presencia de microorganismos que fermentan la lactosa (Chacón, 2006).

El pH es el mejor indicador de los efectos de conservación y seguridad de la acidez, porque mide la concentración de las moléculas de H⁺ que están libres en solución y que modifican la funcionalidad de la proteína, contribuyendo al sabor agrio de la leche (Briñez *et al.*, 2008). En total, 99.8% (131/132) de las muestras resultaron estar dentro del parámetro establecido para una leche normal (6.6-6.8; Negri, 2005).

En lo referente al parámetro de estabilidad proteica, el 97.7% de las muestras (129/132) resultaron negativas, a diferencia del estudio de De la Cruz (2018) en la provincia de Carchi, quienes encontraron 13% de 630 muestras positivas a este parámetro. Asimismo, la presencia de neutralizantes fue descartada en el 99.2% (131/132) de las muestras analizadas, a diferencia del estudio de Ortiz *et al.* (2017), quienes encontraron estos elementos químicos en el 60% de las

muestras de leche. Estos elementos son utilizados para enmascarar la acidez de la leche cruda (Chacón, 2006; Sowmya *et al.*, 2015), pudiendo tener serias consecuencias para la salud pública (Sowmya *et al.*, 2015).

Las mejoras en la calidad higiénica y de componentes de la leche cruda pueden deberse a que actualmente existen normativas que otorgan incentivos en el pago por la calidad de esta materia prima, establecidas en el Acuerdo Ministerial 394 del Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuacultura y Pesca de Ecuador del 2013. Indudablemente, esto es un estímulo a los pequeños y medianos ganaderos, que cada vez toman más conciencia de la importancia del control en la obtención y manejo de la leche.

CONCLUSIONES

De forma general, se observa que gran parte de los centros de acopio y haciendas lecheras, mantienen un correcto manejo de la leche cruda, lo cual es reflejado en el alto porcentaje de muestras que cumplen con todo lo dispuesto con las normativas ecuatorianas vigentes.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a la Sociedad Industrial Ganadera El Ordeño S.A y Asociación de Ganaderos de la Sierra, así como y a los pequeños ganaderos del Cantón Pedro Moncayo y Cayambe-Pichincha-Ecuador.

LITERATURA CITADA

1. **Alais C. 1988.** Ciencia de la leche: principios de técnica lechera. Barcelona: Ed Reverté. 872 p.
2. **Álvarez-Fuentes G, Herrera-Haro J, Alonso-Bastida G, Barreras-Serrano A. 2012.** Calidad de la leche cruda en unidades de producción familiar del sur de Ciudad de México. Arch Med Vet 44: 237-242. doi: 10.4067/S0301-732X20-12000300005
3. **Andrade O, Ayala L, Nieto P, Pesántez J, Rodas R, Vásquez J, Murillo Y, et al. 2017.** Determinación de adulterantes en leche cruda de vaca en centros de acopio, medios de transporte y ganaderías de la provincia del Cañar, Ecuador. Maskana 8: 133-135.
4. **Barrera-Forero JM. 2013.** Evaluación de la calidad fisicoquímica de la leche cruda que se expende en Tunja (Boyacá). Tesis de Ingeniero Agropecuario. Colombia: Univ. de Tunja. 131 p.
5. **Briñez WJ, Valbuena E, Castro G, Tovar A, Ruiz-Ramírez J. 2008.** Algunos parámetros de composición y calidad en leche cruda de vacas doble propósito en el municipio Machiques de Perijá, Venezuela. Red Rev Cient América Lat Caribe, España Port 18: 607-617.
6. **Calderón A, Rodríguez V, Vélez S. 2007.** Evaluación de la calidad composicional de leches en cuatro procesadoras de quesos en el municipio de Montería, Colombia. Rev Med Vet Zootec Córdoba 12: 912-920.
7. **Campos-Vallejo M, Puga-Torres B, Núñez-Naranjo L, Torre-Duque DD la, Morales-Arciniega S, Vayas E. 2017.** Evaluation of the use of sodium thiocyanate and sodium percarbonate in the activation of the lactoperoxidase system in the conservation of raw milk without refrigeration in the ecuadorian tropics. Food Nutr Sci 8: 526-534. doi: 10.4236/fns.2017.85036
8. **Chacón A. 2004.** Acidez y peso específico de la leche de cabra de un grupo de capicultores de la Meseta Central cotarricense. Agron Mesoam 15: 179-183.
9. **Chacón A. 2006.** Comparación de la titulación de la acidez de leche caprina y bovina con hidróxido de sodio y cal común saturada. Agron Mesoam 17: 55-61. doi: 10.15517/am.v17i1.5066
10. **Chanaluisa P. 2016.** Evaluación del índice en producción y reproducción del hato ganadero del CADER, durante el periodo 2010-2015. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Ecuador: Univ. Central del Ecuador. 100 p.

11. **[CIL] Centro de la Industria Láctea del Ecuador. 2015.** La leche del Ecuador - Historia de la lechería ecuatoriana. Quito, Ecuador: CIL. 192 p.
12. **De la Cruz E, Simbaña Díaz P, Bonifaz N. 2018.** Gestión de calidad de leche de pequeños y medianos ganaderos de centros de acopio y queserías artesanales, para la mejora continua. caso de estudio: Carchi, Ecuador. La Granja Rev Ciencias la Vida 27: 124-136.
13. **[GADPP] Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza. 2015.** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la provincia (PDOT). 2015. 249 p.
14. **Gargouri A, Hamed H, ElFeki A. 2013.** Analysis of raw milk quality at reception and during cold storage: combined effects of somatic cell counts and psychrotrophic bacteria on lipolysis. J Food Sci 78: M1405-M1411. doi: 10.1111/1750-3841.12188
15. **Guevara-Freire D, Montero-Recalde M, Valle L, Avilés-Esquível D. 2019.** Calidad de leche acopiada de pequeñas ganaderías de Cotopaxi, Ecuador. Rev Inv Vet Perú 30: 247-255. doi: 10.15381/rivec.v30i1.15679
16. **Hanrahan L, McHugh N, Hennessy T, Moran B, Kearney R, Wallace M, Shalloo L.** Factors associated with profitability in pasture-based systems of milk production. J Dairy Sci 101: 5474-5485. doi: 10.3168/jds.2017-13223
17. **[INEC] Instituto Nacional de Estadística y Censo. 2019.** Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua (ESPAC) 2019. [Internet]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion_de_los_principales_resultados_ESPAC_2019.pdf
18. **[INEN] Instituto Ecuatoriano de Normalización. 1973.** Leche. Determinación del contenido de grasa. NTE INEN 12
19. **[INEN] Instituto Ecuatoriano de Normalización. 1984a.** Leche. Determinación de la acidez titulable. NTE INEN 13
20. **[INEN] Instituto Ecuatoriano de Normalización. 1884b.** Leche. Determinación de sólidos totales y cenizas. NTE INEN 14
21. **[INEN] Instituto Ecuatoriano de Normalización. Leche. 1984c.** Determinación de la densidad relativa. NTE INEN 11
22. **[INEN] Instituto Ecuatoriano de Normalización. 2011.** Leche. Métodos de ensayo cualitativos para la determinación de calidad. NTE INEN 1500:211.
23. **[INEN] Instituto Ecuatoriano de Normalización. 2012.** Leche cruda: Requisitos. NTE INEN 9.
24. **[INEN] Instituto Ecuatoriano de Normalización. 2014.** Leche y productos lácteos. Directrices para la toma de muestras (ISO 707:2008, IDT)
25. **Lozano M, Arias D. 2008.** Residuos de fármacos en alimentos de origen animal: panorama actual en Colombia. Rev Colomb Cienc Pec 21: 121-135.
26. **Martínez D, Morales S, Núñez L, Santander S, De la Cueva F, Puga B. 2017.** Determination of the hygienic and physico-chemical quality of raw milk produced by small and medium producers of the north-east region of carchi-Ecuador. Asian J Sci Technol 8: 5908-5913.
27. **Munita JM, Arias CA. 2016.** Mechanisms of antibiotic resistance. Microbiol Spectr 4: 1-24. doi: 10.1128/microbiolspec.VMBF-0016-2015
28. **Murphy SC, Martin NH, Barbano DM, Wiedmann M. 2016.** Influence of raw milk quality on processed dairy products: How do raw milk quality test results relate to product quality and yield? J Dairy Sci 99: 10128-10149. doi: 10.3168/jds.2016-11172
29. **Negri L. 2005.** El pH y la acidez de la leche. En: Manual de referencias técnicas para el logro de leche de calidad. 2º ed. Rafaela, Argentina: INTA. p 155-161.
30. **Ortiz MB, Rosales CA, Aguilar YM, Murillo YA, Serpa G, Paguay T, Coronel A. 2017.** Estudio exploratorio sobre la presencia de contaminantes en leche cruda proveniente de la cuenca lechera del Tarqui de la Sierra Sur Ecuatoriana. Maskana 8: 121-127.

31. **Quigley L, O'Sullivan O, Stanton C, Beresford TP, Ross RP, Fitzgerald GF, Cotter PD. 2013.** The complex microbiota of raw milk. *FEMS Microbiol Rev* 37: 664-698. doi: 10.1111/1574-6976.12030
32. **Ramirez G, Vélez G, Rondón I. 2012.** Determinación de residuos de antibióticos y tiempo de retiro en leche proveniente del municipio de Cartago (Valle del Cauca). *Rev Colomb Cienc Anim* 5: 25-31.
33. **[SENPLADES] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. 2013.** Memoria técnica, Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional, escala 1:25000. Cayambe, Ecuador. [Internet]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA2/NIVEL_DEL_PDOT_-CAN-TONAL/PICHINCHA/CAYAMBE/IEE/MEMORIA_TECNICA/mt_cayambe_sistemas_productivos.pdf
34. **Singuluri H, Sukumaran M. 2014.** Milk adulteration in Hyderabad, India – a comparative study on the levels of different adulterants present in milk. *J Chromatogr Sep Tech* 5: 212. doi: 10.4172/2157-7064.1000212
35. **Sowmya R, Indumathi KP, Arora S, Sharma V, Singh AK. 2015.** Detection of calcium based neutralizers in milk and milk products by AAS. *J Food Sci Technol* 52 :1188-1193. doi: 10.1007/s13197-013-1091-y
36. **Torres X. Estudio de la producción de la industria láctea del cantón Cayambe en el período 2009-2015.** Tesis de Maestría. Ecuador: Univ. Andina Simón Bolívar. 116 p.
37. **Valladares S, Martínez A. 2016.** Determinación del impacto de la política de precios por calidad del litro de leche en los centros de acopio del norte del cantón Cayambe, periodo 2008-2014. Tesis de Maestría. Ecuador: Univ. de las Fuerzas Armadas ESPE. 116 p.