

## **Determinación de la calidad fisicoquímica de la leche de ganaderías doble propósito mediante pruebas no convencionales en Colombia**

### **Determination of physicochemical quality of milk from dual purpose herds by unconventional tests in Colombia**

Guevara Torres Elmer Fabian<sup>1</sup>; Gonzales Patiño Yoan Manuel<sup>1</sup>;  
Martínez Suárez Manuel<sup>2</sup> y Vanegas Mora Orlando<sup>3</sup>

<sup>1</sup>MVZ. Unillanos, <sup>2</sup>MV. Docente Unillanos y <sup>3</sup>Zoot. MSc. Docente Unillanos

[manuel.martinez@unillanos.edu.co](mailto:manuel.martinez@unillanos.edu.co)

Recibido 20 de Enero 2014, Aceptado 11 de Abril 2014

### **RESUMEN**

Este trabajo se realizó con el propósito de determinar las características fisicoquímicas de la leche (densidad, grasa, acidez y pH) provenientes de ganaderías doble propósito del municipio de Villavicencio Meta, Colombia, mediante métodos sencillos, prácticos y económicos para establecer dichos parámetros y que puedan ser manipulados por personal con un mínimo de entrenamiento. Se seleccionaron cinco fincas escogiendo las vacas que se encontraban en ordeño sin tener en cuenta las que estaban en período calostrual (menor a 6 días posparto), se procedió a recolectar la leche en baldes; seguidamente se homogenizó y posteriormente se envasó en frascos estériles los cuales eran identificados y transportados al laboratorio de la Universidad de los Llanos bajo condiciones de refrigeración para su respectivo análisis. Se les realizó estadística descriptiva con las variables fisicoquímicas, obteniendo promedios, desviación estándar, error estándar, varianza y valores máximo y mínimo. La densidad presentó un alto grado de confiabilidad con el método propuesto; la densidad comparada entre la determinación con el termolactodensímetro 15/15 frente a la no convencional presentó una alta significancia puesto que los valores fueron de varianza similar en igual número de observaciones siendo la media de diferencia mínima. La densidad real es igual a la determinada por el método no

convencional menos 0,004. La confiabilidad fue de 79.8%, siendo el método de densidad propuesto confiable bajo las condiciones ambientales de la zona de estudio. La prueba de grasa presentó un alto grado de confiabilidad mediante el análisis de varianza de regresión, del cual se generó dos fórmulas para la conversión del resultado de la prueba no convencional a porcentaje de grasa de la convencional; asimismo, los datos de la prueba de alcoholimetría y pH mediante análisis de varianza de regresión, fueron significativos en alto grado ( $P > 0.0001$ ) obteniéndose la fórmula de conversión para dicha prueba.  $\text{pH convencional} = 5.903 + 0.01023 (\text{alcoholimetría } \%)$ . En el análisis de varianza entre los métodos de acidez determinada por la titulación con NaOH 0.1 N y la prueba propuesta mediante alcoholimetría el coeficiente de correlación entre los dos métodos fue bajo, lo cual indica que la prueba de alcoholimetría no es un método confiable para la determinación de la acidez de la leche.

**Palabras clave:** Leche, grasa, densidad, acidez.

### ABSTRACT

This work was performed in order to determine the physicochemical characteristics of milk (density, fat, acidity and pH) from dual purpose herds in the municipality of Villavicencio Meta, Colombia, through simple, practical and economical methods for establishing these parameters and can be handled by personnel with minimal training. Five farms were selected by choosing the cows were milked regardless which were in colostrum period (less than 6 days postpartum), we proceeded to collect milk in buckets; then homogenized and subsequently filled in sterile containers which were identified and transported to the laboratory at the University of the Llanos under refrigeration for examination. Descriptive statistics were performed with the physicochemical variables, obtaining averages, standard deviation, standard error, variance, and maximum and minimum values. The density showed a high degree of reliability with the proposed method; the density compared between the determination with the thermolactodensimeter 15/15 versus

unconventional showed high significance since the values were similar variance equal number of observations and the mean minimum difference. Particle density is equal to that determined by the conventional method not less 0.004. The reliability was 79.8%, the proposed density method reliable under the environmental conditions of the study area. The fat test presented a high degree of reliability by analysis of variance regression, which two formulas for converting the result of the test unconventional fat percentage was generated conventional; also, data from the pH and alcoholometry test by regression analysis of variance were significant in high-grade ( $P>0.0001$ ) to obtain the conversion formula for the test. conventional  $\text{pH} = 5.903 + 0.01023$  (alcoholometry %). In the analysis of variance between the methods of acidity determined by titration with NaOH 0.1 N and the test proposed by alcoholometry the correlation coefficient between the two methods was low, which indicates that the test is not a reliable alcoholometry method for determining the acidity of milk.

**Keywords:** Milk, fat, density, acidity.

## INTRODUCCIÓN

El sector lechero colombiano en su conjunto se ha vuelto más productivo y competitivo, comparando su evolución con estudios 12 años atrás, se aprecia que la productividad de la leche por hectárea aumentó 44% en los sistemas doble propósito y 14% en las lecherías especializadas, este incremento redujo el costo de producción de leche 16% y 10% lo cual se debió al incremento de la carga animal de 15% y 17% en los dos sistemas respectivamente, así como también al incremento de la inversión en infraestructura y equipo en 258% y 37% (mayor número de potreros, mejores pasturas, picadoras de pasto, equipos de riego, e instalaciones) en los dos sistemas respectivamente. Sin embargo, el ingreso neto por hectárea durante este período decreció 27% y 69%, debido a una reducción en el precio de la leche y carne al productor del 22% y 20% en los sistemas de

doble propósito y del 41% y 27% en los sistemas especializados, respectivamente (FEDEGAN, 2003).

La producción de leche en Colombia ha aumentado en forma vertiginosa en los últimos 22 años, pasando de 1.200 millones de litros en 1974 a 5.806 millones de litros en el año 2002, que en medio de una economía llena de dificultades, la ganadería "pasó el año", aunque raspando, con un crecimiento del 0.2%. En el sector lácteo se conservó la tendencia positiva en la producción, con un crecimiento cercano al 4%, que arrojaría un total superior a los 5.800 millones de litros para el 2002, dicho esfuerzo, sin embargo, se vio neutralizado por las importaciones, que alcanzaron las 17.615 toneladas, y también por la dificultad coyuntural en las exportaciones a Venezuela, que frenó la tendencia significativamente positiva exhibida hasta el mes de Septiembre. Aún así, las exportaciones de leche totalizaron 32.813 toneladas en el 2002 (SAM, 2003; FEDEGAN, 2003).

En los últimos años la demanda también ha crecido llegándose a un consumo per cápita aproximadamente de 130 litros/año, muy cerca de lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud que es de 150 litros/año, situación en la cual la ganadería doble propósito ha jugado un papel importante en este incremento; aliviando además la baja rentabilidad en las explotaciones del trópico (Suarez *et al.*, 2011).

En el piedemonte del departamento del Meta se tiene una producción anual de 122 millones de litros siendo una industria con amplios horizontes de expansión y un potencial lechero importante para el centro del país por la cercanía y la mejora en las vías de comunicación. Esta potencialidad en cuanto a la producción lechera, hace que en la región de estudio falten criterios de evaluación para una mejor calidad de leche y su comercialización, lo cual indica que debe tecnificarse la producción, mejorando los aspectos tecnológicos además de otros factores como, higiene, sanidad animal y calidad de transporte, que inciden sobre la

calidad de la leche. Debe contarse, además, en un futuro próximo con sistemas de conservación del producto a nivel de finca como también de eficiente transporte a los centros de acopio (Martínez, 1996; Moreno y Molina, 2007)

Tanto en el departamento del Meta, como en el resto del país los productores tienen una problemática en común, la falta de pruebas confiables en finca que permitan evaluar la calidad de la leche que producen, siendo estas asimilables a las pruebas realizadas en el laboratorio. En el subsector lechero la situación durante el año 2002 tuvo connotación crítica por las dificultades de colocación en los mercados, pues el aumento de producción se vio acompañado de una caída de la demanda interna, importaciones excesivas que sólo fueron controladas tardíamente, y dificultades en las exportaciones, todo lo cual generó una situación de sobre oferta y una dramática caída en los precios al productor, estimada, con relación al IPC nacional, en poco más del 9% (FEDEGAN, 2003). Debido a la sobreoferta y a la baja demanda interna es que el productor debe entrar a ser más competitivo mejorando la calidad de la leche mediante la adopción de tecnologías mejoradas y reducción de los costos unitarios de la producción, además de un mejor y más rápido acceso al conocimiento del cambio tecnológico sobre la productividad. Por esto se diseñan las pruebas no convencionales para la determinación de la calidad de la leche, ya que le da al productor la posibilidad de evaluar la leche que produce, con bajos costos y en la finca, sin contar con un laboratorio especializado, lo que le permite ser más competitivo en el mercado y aumentar sus ganancias, además, permite establecer parámetros en la región para compararlos con los parámetros obtenidos por medio de los métodos convencionales aprobados por el ministerio de salud (Salgado *et al.*, 2007).

Debido al valor unitario por prueba convencional realizada en centros especializados, al valor de transporte y conservación de las muestras y el tiempo que se demoran en entregar los resultados de las mismas, se presenta una dificultad para poder evaluar la calidad de la leche que se está produciendo y tomar las medidas apropiadas para corregir cualquier inconveniente que se

presente en la finca. Todos estos factores ocasionan una disminución en la productividad que se traduce en una menor rentabilidad para el ganadero. Estas pruebas se diseñaron para evaluar la calidad de la leche a nivel de campo, siendo realizadas por profesionales y tecnólogos en el área (Cortés *et al.*, 2003).

## METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en cinco sistemas ganaderos doble propósito (Tabla 1), ubicadas en el municipio de Villavicencio Meta, Colombia, ubicados en el piedemonte oriental de la cordillera Oriental, a una altura de 467 msnm y su temperatura es de 27°C en promedio. La distancia que la separa de Bogotá es de 98 km. La economía se basa en la producción agrícola, centrada en el cultivo del arroz, en la ganadería extensiva y en el comercio, ya que abastece de productos industriales a la región del Llano.

**Tabla 1.** Características de las cinco fincas del Piedemonte llanero donde se realizó la investigación

1	Posee una extensión de 70 hectáreas; cuenta con 130 bovinos de los cuales 49 están en producción, el promedio de producción de leche es de 6 litros animal/día; la alimentación se basa en pasto <i>Brachiaria decumbens</i> , <i>Brachiaria humidicola</i> , pasto de corte imperial ( <i>Axonopus sp</i> ), concentrado, sal mineralizada y melaza.
2	Está ubicada en el km 20 vía Puerto López, cuenta con un total de 16 bovinos en producción, el promedio de producción de leche es de 3.75 litros animal/día; la alimentación se basa en pasto <i>Brachiaria decumbens</i> , <i>Brachiaria humidicola</i> ; se encontraron 3 cruces de razas diferentes como son Holstein x Cebú, Pardo x Cebú y Criollo x Cebú.
3	Ubicado en la vereda Buenos Aires, cuenta con una extensión de 22 hectáreas, 12 animales en producción, leche, con un promedio es de 5.5 litros animal/día; los cruces que se encuentran en esta finca son Holstein x Cebú y Pardo x Cebú en una proporción de 50/50 con respecto al total de animales. La alimentación se basa en pasto <i>Brachiaria decumbens</i> , <i>Brachiaria humidicola</i> , <i>Brachiaria dyctioneura</i> y <i>Brachiaria brizantha</i> , pasto de corte imperial ( <i>Axonopus sp</i> ), maralfalfa, kingrass, concentrado, sal mineralizada, palmaste, ensilaje y melaza.
4	Está ubicado en la vereda Caños negros del municipio de Villavicencio, tiene una extensión de 85 hectáreas, cuenta con 12 animales en

producción, de los cuales 9 son Pardo x Cebú y los 3 restantes Holstein x Cebú. La alimentación se basa en pastoreo de *Brachiaria decumbens* y *humidicola*, pasto de corte (maralfalfa), sal mineralizada y melaza. El promedio diario de producción es de 6.4 litros animal/día.

- 5 Está ubicada en el km. 16 vía Restrepo, posee una extensión aproximada de 120 hectáreas; el número de animales en ordeño es de 11 vacas de las cuales 10 son cruce Pardo x Cebú y una Holstein x Cebú. La alimentación se basa en pastoreo de *Brachiaria decumbens* y *humidicola* en asociación con algunas leguminosas como maní forrajero y Kudzú, sal mineralizada y melaza. El promedio diario de producción por animal es de 8 botellas.
- 

Todas las explotaciones cuentan con maquinaria agrícola para las labores de mantenimiento de las praderas y transporte de alimento y sales (Tabla 1), cuatro de las explotaciones cuentan con sala de ordeño techada y piso de cemento (predios 1, 3, 4 y 5), todas las fincas poseen servicio de luz eléctrica, cuatro de estos sistemas cuentan con aljibe y las fincas 4 y 5 tienen a su disposición agua proveniente de caños que cruzan por la finca para surtir de agua los bebederos en los diferentes potreros.

Se tomaron cien muestras (100) de leche correspondientes a igual número de vacas en ordeño que representan aproximadamente el 1.8% de la población de animales doble propósito en ordeño en el municipio de Villavicencio (8343 animales en ordeño (SAM, 2003), Las muestras se tomaron en el momento del ordeño por vaca sana (cuatro cuartos) con exclusión de animales en periodo calostrual, es decir, menores a 6 días posparto, recogiendo la leche en baldes, homogenizándola y posteriormente tomando la muestra correspondiente, la cual fue identificada mediante la utilización de formatos y rotulación siendo transportada al laboratorio de la Universidad de los Llanos bajo condiciones de refrigeración (3°C), llevándose a cabo las pruebas fisicoquímicas por los métodos convencionales (Gerber, 2000) y los propuestos en la presente investigación (Tabla 2). Las muestras se tomaron en época de invierno – verano en los meses de Noviembre, Diciembre, Febrero y Marzo. Para el muestreo de la leche analizada se utilizaron frascos “Gatorade®” de vidrio los cuales fueron previamente esterilizados; el volumen especificado para tales pruebas fue 450 ml.

Estos frascos se aforaron con un volumen constante en el laboratorio para así obtener volúmenes correctos en la realización de las pruebas.

**Tabla 2.** Pruebas de laboratorio para las diferentes variables fisicoquímicas

<b>Parámetro</b>	<b>Prueba convencional</b>	<b>Prueba propuesta no convencional</b>
Densidad	Densidad (Termolactodensímetro 15/15)	Densidad (Peso en gramos de la muestra sobre el volumen en mililitros)
Grasa	Gerber	Centímetros de grasa formados en la superficie del frasco de gatorade.
Acidez	Porcentaje de ácido láctico. (Titulación con NaOH 0.1 N)	Precipitación con alcohol a diferentes concentraciones V/V
pH	Potenciómetro	Alcoholimetría cuantitativa

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Densidad.** La densidad comparada entre la determinación con el termolactodensímetro 15/15 frente a la no convencional presentó valores de varianza similar en igual número de observaciones y el parámetro para la media tuvo una diferencia mínima. Se concluye mediante las pruebas de hipótesis que no existen diferencias entre las técnicas habiéndose corroborado la hipótesis nula y rechazada la hipótesis alterna en la que se formula que las medias son diferentes entre las técnicas. La confiabilidad de la densidad fue de 79,8% siendo el método propuesto confiable bajo las condiciones ambientales de la zona de estudio (Tabla 3). Es de anotar que tanto las pruebas convencionales como las no convencionales pueden estar influenciadas por la manera de medir la densidad como parámetro para evaluar presencia de agua en la leche, puesto que su lectura depende de todos los componentes, incluyendo la grasa, la cual tiene una amplia variabilidad, es decir, a mayor contenido de grasa mayor densidad. La densidad de la leche no debe determinarse cuando la leche está recién ordeñada, sino hasta después de 4 horas; la densidad incrementa gradualmente hasta que



se estabiliza, haciendo la corrección de temperatura a 15°C (Tepal *et al.*, 2006; Vargas *et al.*, 2009).

**Tabla 3.** Resultados estadísticos de densidad en las pruebas descritas mediante la prueba Z

n = 100; se usa Prueba de Z

Hipótesis:

Ho: No existe diferencia entre las técnicas (nula)

Hi: que las medias son diferentes entre las técnicas (alterna)

Prueba z para medias de dos muestras

	<b>Densidad no convencional</b>	<b>Densidad convencional</b>
Media	1032,1918	1031,983
Mínimo	1029,5	1028,4
Máximo	1035,8	1035,3
Varianza (conocida)	1,49	1,92
Observaciones	100	100
Diferencia hipotética de las medias	0	
z (Zc)	<b>1,130715394</b>	
P(Z<=z) una cola	0,129087499	
Valor crítico de z (una cola)	1,644853476	
Valor crítico de z (dos colas)	0,258174997	
Valor crítico de z (dos colas)	<b>1,959962787</b>	0,05

!Zc! >= Zt = R Ho

!Zc! <= Zt = acepto la Ho

IC99% Límite inferior	1031.87102	1031.61921
Límite superior	1032.51258	1032.34679

Coefficiente de correlación

Densidad convencional	1	
Densidad no convencional	<b>0.7984005</b>	1

El coeficiente de correlación entre pH y alcoholimetría presentó un alto grado de asociación (0,79238) teniendo en cuenta que esta asociación va de -1 a +1, siendo el de mayor asociación los superiores a 0,4; la grasa presentó una alta asociación (0,69619); A diferencia de las dos anteriores variables la acidez presentó una baja asociación (-0,46563) teniendo en cuenta que los valores menores de 0,2 son los de menor asociación en la escala (Tabla 4).

**Tabla 4.** Coeficiente de correlación de Pearson para grasa, pH, acidez y alcoholimetría para los dos métodos

	pH	acidez	Alcoholi- metría	Prueba convencional	Prueba no convencional
pH	1.00000	0.40107	0.79238	0.04054	-0.18810
Acidez	0.40107	1.00000	-0.46563	-0.27082	-0.12354
Alcoholimetría	0.79238	0.46563	1.00000	0.10950	-0.04218
Grasa prueba convencional	0.04054	0.27082	0.10950	1.00000	0.69619
Grasa prueba no-convencional	0.18810	0.12354	-0.04218	0.69.619	1.00000

Número de muestras = 100

**Grasa.** Para el análisis estadístico de los valores obtenidos en las pruebas para evaluar grasa fue necesario convertir dichos resultados a una misma unidad (%), ya que la prueba no fue de tendencia normal. Al analizar los anteriores datos se puede determinar que la prueba es altamente significativa, pero los valores de regresión son bajos (0,48522782), sin embargo, los valores obtenidos para la fórmula de conversión son lo suficientemente confiables para hallar valores de grasa en % a partir de los datos de grasa no convencional (%) obtenidos a través de los cálculos matemáticos (Tabla 5). Esto permite tener una confiabilidad alta entre el método no convencional frente a la prueba de determinación de grasa por el método de Gerber, 2000, el cual se fundamenta, en que la grasa de la leche se separa con ácido sulfúrico y la fuerza centrífuga, en unas botellas especiales que permite medir directamente el porcentaje de grasa por volumen, el ácido

primero precipita y disuelve los demás constituyentes de la leche con excepción de la grasa. Al mismo tiempo el ácido digiere la membrana del glóbulo de grasa y eleva la temperatura de la muestra, lo que a su vez disminuye la tensión interfacial (grasa-fase acuosa ácida) y la viscosidad. En estas condiciones la grasa se aglomera y tiende a separarse por la diferencia de su densidad (0.93) con la densidad de la mezcla ácida (1.43). Este método utiliza alcohol isoamílico, el cual ayuda a disminuir la tensión interfacial favoreciendo la ruptura de la emulsión, la separación de la grasa, además previene la sulfonación y carbonización de la misma. El método de Gerber además de ser rápido, requiere menor cantidad de ácido y sus resultados no son afectados por la homogenización. Sin embargo, tiene la desventaja que sus resultados son ligeramente superiores a los obtenidos por otros métodos (Parra *et al.*, 1998; Piñeros *et al.*, 2005).

**Tabla 5.** Evaluación de grasa mediante regresión y análisis de varianza comparando los dos métodos

---

Observaciones: 100  
 Coeficiente de correlación múltiple: 0,69658296  
 Coeficiente de determinación R<sup>2</sup>: 0,48522782  
 R<sup>2</sup> ajustado: 0,479975043

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	3,896573485	3,896573485	92,3754783	8,45067E-16
Residuos	98	4,133826515	0,042181903		
Total	99	8,0304			
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	
Intercepto	2,016554724	0,108038425	18,66516226	4,9202E-34	
Grasa método Convencional	0,079215592	0,008241995	9,611216276	8,4507E-16	

---

$$\text{Grasa convencional} = 2,016554724 + 0,07921559 = \text{Grasa no convencional en porcentaje}$$

Al obtener un valor de regresión bajo se determinó un nuevo R<sup>2</sup> pero sin la utilización del intercepto, lo cual arrojó los datos consignados en la Tabla 6. Al

utilizar la anterior prueba de  $R^2$  sin la utilización de un intercepto, se comprobó que la prueba es altamente significativa, además se determinó que el  $R^2$  es de alta estimación por medio de la cual se puede obtener una ecuación matemática para hallar grasa de la manera más sencilla y más exacta.

**Tabla 6.** Determinación de grasa comparando los dos métodos mediante análisis de varianza y de regresión sin intercepto

---

Observaciones=100  
 Coeficiente de determinación  $R^2$ : 0.9797  
 $R^2$  ajustado: 09795

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	910.88785	910.88785	4778.36	0.0001
Residuos	99	18.87215	0.19063		
Total	100	929.76000			

  

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
Grasa método convencional	<b>0.23015</b>	0.00333	69.13	0.0001

---

Grasa método convencional = 0.23015 x Grasa método no convencional en porcentaje

**pH, Acidez y alcoholimetría.** A continuación se presentan los resultados estadísticos obtenidos para la prueba de pH Vs alcoholimetría (Tabla 7). Al analizar la prueba pH comparada con la de alcoholimetría mediante el análisis de varianza se puede determinar que el método convencional y el método propuesto no presenta diferencias entre los valores promedios por lo tanto se puede considerar que existe similitud entre el método no convencional y el método normatizado, con un coeficiente de determinación de 0.627873948. La determinación de pH por el método convencional con el potenciómetro demostró una correlación con el método propuesto de alcoholimetría, precipitándose las proteínas cuando el pH se encuentra entre 6,91 y 6,71 a partir de un alcohol de

86% V/V. Una leche con pH entre 6,7 y 6,62 empieza a coagular con un alcohol de 72% V/V y una leche con pH entre 6,61 y 6,39 coagula con un alcohol de 68% V/V.

**Tabla 7.** Método de alcoholimetría Vs pH mediante la prueba de análisis de varianza de regresión, comparando los dos métodos

---

Observaciones=100  
 Coeficiente de correlación múltiple: 0.792384997  
 Coeficiente de determinación R<sup>2</sup>: 2.0627873984  
 R<sup>2</sup> ajustado: 0.62407678

	ANÁLISIS DE VARIANZA				
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0.52285515	0.52285515	165.351649	9.28019E-23
Residuos	98	0.30988385	0.00316208		
Total	99	0.832739			

  

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	5.903682767	0.06203489	95.1671367	2.2742E-98	5.780576551
Alcoholimetría método no convencional	0.010239975	0.00079633	12.8589132	9.2802E-23	0.008659678

---

pH método convencional = 5.903 + 0.01023 (Alcoholimetría)

En el análisis de varianza entre los métodos de acidez determinada por la titulación con NaOH 0,1 N y la prueba propuesta mediante alcoholimetría se presentó un bajo coeficiente de correlación entre los dos métodos (Tabla 8), lo cual indica que la prueba de alcoholimetría no es un método confiable para la determinación de la acidez de la leche. Este resultado se pudo presentar debido a las pocas diluciones del alcohol etílico que se efectuaron para las pruebas y al amplio rango que presenta la acidez.

**Tabla 8.** Método de alcoholimetría Vs acidez mediante el análisis de varianza de regresión comparando los dos métodos

---

Observaciones=100  
 Coeficiente de correlación múltiple: 0.465625493  
 Coeficiente de determinación R<sup>2</sup>: 0.2168071  
 R<sup>2</sup> ajustado: 0.208815336

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0.005396546	0.005396546	27.12881566	1.05258E-06
Residuos	98	0.019494454	0.000198923		
Total	99	0.024891			

  

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>
Intercepción	0.261007869	0.015559373	16.77496094	1.4553E-30	0.230130801
Alcoholimetría método no convencional	0.001040318	0.000199733	5.208532966	1.05258E-06	0.001436682

---

$$\text{Acidez convencional} = 0.261007869 + 0.001040318 (\text{Alcoholimetría})$$

## CONCLUSIONES

La densidad medida por el método propuesto (no convencional) resultó ligeramente superior a la obtenida por el método convencional debido a la dificultad en la lectura exacta de la misma. La confiabilidad fue de 79.8%, siendo el método de densidad propuesto confiable bajo las condiciones ambientales de la zona de estudio.

El método no convencional para determinar la grasa resulta confiable en leches provenientes de ganado doble propósito propio de la región del Piedemonte llanero colombiano, bajo las condiciones ambientales y de manejo en los cuales se desarrolló esta investigación. Estos datos permiten establecer parámetros de comparación entre la grasa obtenida mediante métodos convencionales y los centímetros de grasa formada en los frascos de recolección, a través de la fórmula obtenida estadísticamente.

El método propuesto para determinar el pH fue altamente significativo, permitiendo así su determinación mediante un sistema sencillo convirtiéndolo al método normatizado a través de la fórmula obtenida en el análisis estadístico.

No se encontró una relación entre las diluciones realizadas del alcohol en diferentes grados de concentración y la acidez obtenida por medio de titulación con NaOH 0,1 N siendo bajos los valores reportados.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cortés H., Aguilar C., Vera R. sistemas bovinos doble propósito en el trópico bajo de Colombia, modelo de simulación. Archivos de Zootecnia. 52: 25-34. 2003.
2. FEDEGAN. Carta Ganadera, Nº. 78. Bogotá. 2003.
3. Gerber N. Tratado práctico de los análisis de la leche y del control de los productos lácteos. Editorial Dussat. 2000.
4. Hernández A., Blanco O., Ontiveros C. M., Tepal Ch. A., Montero L., Ricardo G. Calidad de la leche. En: Núñez H., Díaz A., Espinosa G., Ortega R. L., Hernández A., Vera A., Ponce R., Medina C., Ruiz F (Eds.). Producción de leche de bovino en el sistema intensivo. INIFAP, Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Veracruz, Ver., Méx. 373 p. (Libro técnico Núm. 23). 2009.
5. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, I (IIFAP). Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca. Manual de capacitación. Cuajimalpa, Toluca estado de México. 60 p. 2011.
6. Martínez, M. Plan de modernización de la Ganadería en el departamento del Guaviare. Febrero 1996.
7. Montero L., Tepal Ch., Hernández A. L., Ontiveros C., Blanco O. Proceso de ordeño y calidad de leche. En: Vera A., Hernández A., Espinosa G., Ortega R., Díaz A., Roman P., Núñez H., Medina C., Ruiz L. (Eds.). Producción de leche de bovino en el sistema familiar. INIFAP, Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Veracruz, Ver., Méx. 384 p. (Libro técnico Núm. 24). 2009.
8. Moreno F., Molina D. Buenas prácticas agropecuarias (BPA) en la producción de ganado de doble propósito bajo confinamiento, con caña panelera como parte de la dieta. FAO, 143 p. 2007.
9. Parra J. L., Martínez M., Pardo H., Vargas S. Calidad fisicoquímica de la leche proveniente de ganaderías sobre doble propósito del Piedemonte de los departamentos del Meta y Cundinamarca, 1998.
10. Piñeros G., Téllez I. G., Cubillos G. A. Calidad como factor de competitividad en la cadena láctea. Proyecto "Estudio de Calidad de la leche producida en la región del Alto Chicamocha". Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá, Colombia. 2005.

11. Salgado R., Simanca J., Gómez G. Amamantamiento restringido y suplementación sobre la eficiencia reproductiva en vacas del sistema doble propósito. Rev. MVZ Córdoba, 12 (1): 934-941, 2007.
12. Secretaria de Agricultura del Meta, (SAM) Análisis socioeconómico del sector agropecuario del Departamento del Meta. Umata, Villavicencio. 2003.
13. Suárez R., Marentes Y., Torres P. Balance de la leche en Colombia año 2011. Disponible En:  
<https://www.finagro.com.co/html/cache/HTML/SIS/Ganaderia/2012/BALANCE%20LECHE.pdf>
14. Tepal Ch., Delgado H. M. A., Rojas R. O., Solís C. J. J. Algunas prácticas de higiene para mejorar la calidad microbiológica de la leche de vaca en el estado de Yucatán. UUY U TAN. 2 (6): 9-1. 2006.
15. Vargas M. J., Zaragoza R. J. L., Vargas L. S., Guerrero R. J., Herrera H. J. G. Análisis de la lechería familiar en el estado de Hidalgo. p. 167-198. En: Vargas C. A., Cervantes E. F., Álvarez M. A. (Eds.). La lechería familiar en México. Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Colegio de Posgraduados Campus Puebla, UAM-X, CONACYT. Porrúa, México, D.F. 2009.