

**Influencia de la suplementación con tres tipos de  
aceites vegetales en la producción de ácido  
linoleico conjugado en leche de vacas Jersey  
semiestabuladas**

**Diana Fabiola Orellana Quijada**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Influencia de la suplementación con tres tipos de  
aceites vegetales en la producción de ácido  
linoleico conjugado en leche de vacas Jersey  
semiestabuladas**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Diana Fabiola Orellana Quijada**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2016

# Influencia de la suplementación con tres tipos de aceites vegetales en la producción de ácido linoleico conjugado en leche de vacas Jersey semiestabuladas

Presentado por:

Diana Fabiola Orellana Quijada

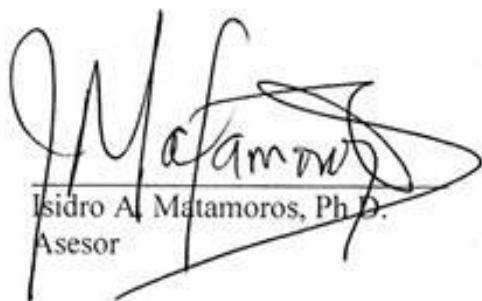
Aprobado:



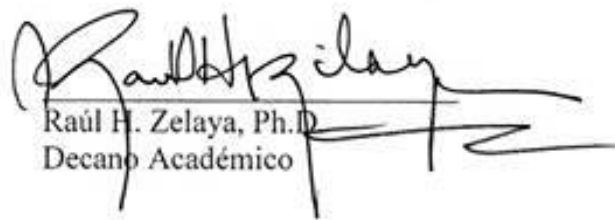
Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Asesor Principal



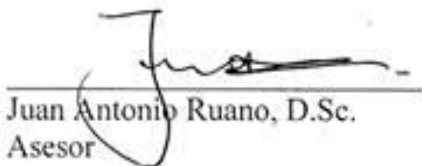
Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Departamento de Agroindustria  
Alimentaria



Isidro A. Matamoros, Ph.D.  
Asesor



Raúl H. Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico



Juan Antonio Ruano, D.Sc.  
Asesor

## **Influencia de la suplementación con tres tipos de aceites vegetales en la producción de ácido linoleico conjugado en leche de vacas Jersey semiestabuladas**

**Diana Fabiola Orellana Quijada**

**Resumen:** El perfil de ácidos grasos permite caracterizar, comparar y cuantificar distintas grasas y ácidos grasos funcionales como omega 3, omega 6 y ácido linoleico conjugado (ALC). Los objetivos del estudio fueron evaluar tres aceites vegetales para promover la producción de ALC, determinar la dieta que más promueva la producción de ALC, evaluar cambios en perfil de ácidos grasos y propiedades físico-químicas de la leche obtenida de los tratamientos. Se identificó y cuantificó los ácidos grasos con cromatografía de gases; se analizó el pH, viscosidad y color. Se utilizaron tres grupos (ocho vacas) de raza Jersey, cada grupo fue sometido a los tres tratamientos. Las dietas estuvieron compuestas por pasto *Brachiaria híbrido* (Mulato II y Cayman), ensilaje y concentrado. Estas dietas son consideradas isoproteicas e isoenergéticas; la única diferencia en cada una fue la adición de aceite (maíz, canola o palma) en el concentrado. El análisis estadístico se realizó mediante un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Se incrementó el contenido de grasas trans y ALC en los tratamientos con aceite de maíz y canola. No hubo diferencia significativa entre estos ( $P > 0.05$ ). Los porcentajes obtenidos fueron, maíz 4.54% grasas trans, 0.88% ALC y canola 4.08% grasas trans y 0.81% ALC. Estadísticamente el tratamiento con aceite de palma produjo menor producción de ALC en comparación a maíz y canola ( $P < 0.05$ ). La suplementación con aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados como maíz y canola aumentó la producción de ALC en leche de vacas Jersey semiestabuladas.

**Palabras clave:** Aceite de canola, aceite de maíz, aceite de palma, ALC, cromatografía.

**Abstract:** The fatty acid profile allows to characterize, to compare and quantify different fats, and functional fatty acids such as omega 3, omega 6 and conjugated linoleic acid (CLA). The objective of the study was to evaluate three diets in relation grass-fat to promote CLA, to determine the best diet, evaluate changes in fatty acid profile and physicochemical properties. It was identified and quantified fatty acids by gas chromatography; also pH, viscosity and color were evaluated. Three groups (eight cows) Jersey were used, each group went through the three treatments. The diets were composed of grass *Brachiaria híbrido* (Mulato II and Cayman), silage and concentrate. These diets are considered isoproteic and isoenergetic, the only difference was the addition to each one of oil (corn, canola or palm) in the concentrate. Statistical analysis was performed using a randomized complete block design with three treatments and three replicates. The content of trans and CLA in treatments with corn oil and canola fat increased. However there was no significant difference ( $P > 0.05$ ) between them. The percentages were obtained, corn 4.54% trans fats, 0.88% CLA, and canola 4.08% trans fats and 0.81% CLA. Statistically, palm presented differences compared to corn and canola ( $P < 0.05$ ). Supplementation with oils rich in polyunsaturated fatty acids such as corn and canola increased CLA production in Jersey cows' milk.

**Key words:** Canola oil, corn oil, CLA, chromatography, palm oil.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros y Anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>15</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>16</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>17</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>21</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Rotación de Tratamientos para los diferentes grupos de unidades experimentales. ....	3
2. Composición de la ración por cada tratamiento. ....	4
3. Comparación Sólidos totales (ST), sólidos no grasos (SNG), grasa y densidad según tipo de aceite vegetal en cada tratamiento. ....	8
4. Comparación de grasas saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas según el tipo de aceite vegetal en el balanceado.....	9
5. Comparación de grasas trans y ALC según el tipo de aceite vegetal en el balanceado. ....	10
6. Comparación porcentaje de omega 3 según el tipo de aceite vegetal en el balanceado. ....	11
7. Comparación de viscosidad según el tipo de aceite vegetal en el balanceado .....	13
8. Comparación producción de leche diaria para los tres tratamientos según tipo de aceite vegetal en el balanceado.....	13
9. Comparación costo de la alimentación en la producción por litro de leche en los tres tratamietos .....	14
Anexos	Página
1. Tabla de calibración usada para cromatografía de gases (Tiempo de elusión de ácidos grasos). ....	21
2. Participación de bacterias ruminales en la síntesis de ALC. ....	23
3. Estructura ácido linoleico y ácido ruménico. ....	23
4. Estructura ácido linoleico e isómeros.....	24
5. Biosíntesis de ácidos grasos por medio de ciclos de desaturación y elongación. ..	24
6. Noticias FDA. GRAS (Generally Recognized as Safe/ Generalmente es reconocido como seguro). ....	25
7. Cromatograma de la grasa láctea, zona ácidos grasos trans. ....	25
8. Cromatograma de la grasa láctea, zona de ALC. ....	26
9. Gráfica comportamiento grasas trans con cada tratamiento.....	26
10. Gráfica comportamiento ALC tratamiento.....	27
11. Resumen de la significancia estadística. ....	27
12. Análisis de correlación entre variables químicas de la leche en los tres tratamientos. ....	28

Anexos	Página
13. Análisis de correlación entre variables Fisicoquímicas de la leche en los tres tratamientos. ....	28
14. Formulación Concentrado suministrado y flujo de proceso. ....	29
15. Costo concentrado, ensilaje, y aceites utilizados. ....	30

## 1. INTRODUCCIÓN

La leche y los productos lácteos forman parte de la dieta habitual del ser humano ya que aporta un alto contenido de nutrientes (Romero y Mestres 2004). La leche es una fuente primaria de vitaminas, riboflavinas, niacinas y minerales. Los ácidos grasos que se encuentran presentes en la leche son aproximadamente 400, pero se toman alrededor de 30 ya que los demás se encuentran en cantidades traza. La leche posee entre 2 y 5% de lípidos de los cuales un 30% son ácidos grasos insaturados y un 70% ácidos grasos saturados (Martínez 2010). Entre los ácidos grasos se encuentra el ácido linoleico conjugado (ALC). ALC posee propiedades benéficas para la salud humana. Entre sus múltiples beneficios se destaca la prevención de la arteriosclerosis y cáncer, reducción de la hipertensión arterial, mejora la mineralización de los huesos, reducción de peso y sensibilidad a insulina, entre otros (Gil 2010).

El metabolismo de los lípidos en el rumen inicia por la acción de las enzimas microbianas como lipasas, galactosidasas y fosfolipasas, las cuales dan paso a una hidrólisis lipídica. Estas enzimas son producidas por bacterias como: *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Fibrobacter succinogenes* y *Butirivibrio fibrisolvens*. Se considera que ALC es producido principalmente por la biohidrogenación llevada a cabo por *Butirivibrio fibrisolvens* y especies relacionadas (Zapata *et al.* 2011).

En los pastos y fuentes naturales como el aceite de maíz, canola, cártamo y soya se encuentran presentes ácidos grasos poliinsaturados como ácido linoleico y linolénico. Estos ácidos sirven de sustrato para la biohidrogenación realizada en el rumen.

La producción de ALC se aumenta cuando se alimenta con pastos. Es por ello que la carne bovina y productos lácteos forman parte de las principales fuentes de ALC (Haro y Artacho 2006). Sin embargo, se han ensayado soluciones para mejorar su producción y uno de los medios más eficaces es el suministro de compuestos ricos en ácido linoleico, en este caso aceites (Alais y Lacasa 1985).

En la actualidad las enfermedades relacionadas con el sobrepeso, hipertensión, cáncer, diabetes, arteriosclerosis, entre otras están afectando a un elevado número de personas en diferentes partes del mundo. Existen muchos medicamentos para tratar los problemas antes mencionados, pero los productos alimenticios que brindan un aporte benéfico poseen una alta demanda debido a que ayudan en la prevención o disminución de estos problemas en la salud. La importancia de este proyecto radica en encontrar la dieta que más promueva la producción de ALC. Conocer que tan alto puede ser el porcentaje de producción de ALC para en un futuro llegar a la elaboración de un nuevo producto.



Se puede considerar como limitante del estudio la diversidad de aceites que contienen un alto porcentaje de ácido linoleico, en esta investigación se evaluaron tres aceites siendo estos los más accesibles en la zona y económicos. Otro factor importante fue la condición climática que influyó en la disponibilidad de pasto.

El alcance del estudio se fundamentó en concluir acerca de la dieta que proporcionó la cantidad de ALC más alta y con esto realizar una proyección para futuras investigaciones en el área de producción de ALC. Esta proyección puede servir como base para el desarrollo de nuevos productos en la industria.

Los objetivos del presente estudio fueron:

- Evaluar tres dietas suplementadas con aceites vegetales para promover la producción de ácido linoleico conjugado.
- Determinar la dieta que más promueva la producción de ácido linoleico conjugado en la leche de vacas Jersey semiestabuladas.
- Evaluar la producción diaria de leche, el perfil de ácidos grasos y propiedades físico-químicas de la leche obtenida de los tratamientos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del estudio.** Este proyecto de investigación constó de tres fases. La primera localizada en campo donde fueron suministradas las dietas. La segunda se llevó a cabo en el Laboratorio de la Planta de Lácteos, donde se realizó la extracción de la grasa. La tercera se realizó en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) en donde se analizaron las muestras. Todo localizado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Departamento de Francisco Morazán, Honduras.

**Metodología.** El experimento fue realizado en los potreros ubicados a un costado de las instalaciones del módulo de ganado lechero. Se utilizaron 18 unidades experimentales (18 unidades bovinas entre 2-5 lactancias) que para fines del proyecto se decidió que la raza adecuada era la raza Jersey por su alta productividad lechera. Las dietas fueron a base de pasto *Brachiaria híbrido* (Mulato II y Cayman), ensilaje y concentrado. La única diferencia en cada una fue la adición de aceite (maíz, canola o palma) en el concentrado. Se colocó el ganado a pastorear por 8 días con cada tratamiento; esto con el fin de adaptar el tracto intestinal a la dieta en los primeros 4 días y posteriormente los 4 días restantes desempeñar y aprovechar los beneficios del pasto, la ración de concentrado y aceite proporcionado (cuadro1).

Cuadro 1. Rotación de Tratamientos para los diferentes grupos de unidades experimentales.

Grupo animales	24 de Noviembre al 1 Diciembre	11 al 18 de Diciembre	28 de Diciembre al 8 de Enero
A	trt2	trt1	trt3
B	trt1	trt3	trt2
C	trt3	trt2	trt1

trt1= ración con aceite de canola, trt2= ración con aceite de palma, trt3= ración con aceite de maíz.

Esta rotación tuvo estipulado un total de 47 días. Los primero 8 días estuvieron con sus respectivos tratamientos, inmediatamente se les dio 9 días de descanso a las unidades experimentales; luego se inició de nuevo el ciclo de los 8 días y así hasta terminar con los tres periodos. Todas las unidades experimentales tuvieron la misma probabilidad de pasar por los diferentes tratamientos en cada una de las rotaciones. Cada uno de estos tratamientos estuvo acompañado de una ración de concentrado basado en harina de maíz y harina de

soya (por su alto contenido en almidones), melaza de caña de azúcar, sales minerales, y urea. El propósito fue facilitar la ingesta de los aceites. La cantidad de concentrado se estableció a razón de 0.45 kg (450g) por cada litro de leche (cuadro 2).

Cuadro 2. Composición de la ración por cada tratamiento.

	Cantidad de concentrado (kg/vaca/día)	Cantidad de Aceite kg/vaca/día
Tratamiento 1	6.36	0.24
Tratamiento 2	6.36	0.24
Tratamiento 3	6.36	0.24

### **Análisis físico químico.**

**Extracción de grasa láctea.** Se utilizó el método Babcock AOAC. 989.04. El butirómetro, tiene una escala porcentual y es específico para leche entera. La grasa se reportó en g de grasa/100 g de leche (%).

**Derivatización de la grasa láctea.** La grasa de la leche derivatizó a través de la transesterificación de ácidos grasos, con los siguientes pasos:

- Se tomaron 6 gotas de la muestra de triglicérido y se colocaron en un tubo de ensayo.
- Luego se adicionó 0.8 ml de isooctano en solución metanol al 2M.
- Se agitó durante 8 min exactos en el vortex.
- Se dejó reposar por 10 min.
- Se tomó 0.3 ml de la fase con isooctano, parte de arriba de la solución.
- Se diluyó con 4 mL isooctano.
- Se agregó 1 g de sulfato de sodio.
- Se agitó y se dejó en reposo nuevamente por 10 min.
- Se transfirió 1 ml de la fase de isooctano a un vial ámbar rotulado con pipeta pasteur.
- Se tapó el vial y se dejó listo para análisis cromatográfico.

**Análisis cromatográfico.** Se realizó a través del método AOCS Ce 2b-11:

- Condiciones del método: temperatura del horno (250 °C), programa del horno (temperatura inicial 180 °C luego 20 °C/min hasta llegar a 215 °C), con un tiempo de corrida de 65 minutos y volumen de inyección de 1 µL.
- Puerto de inyección: Split liner 4mm i.d.; 6,6 mm o.d. x 75 mm con Micro jeringa con aguja, para cromatografía de gases 10 µL.
- Fase estacionaria: Supelco SP-2560 Fused Silica Capillary Column 250 °C: 100 m x 250 µm x 0.25 µm.
- Fase móvil: flujo de hidrógeno de Generador de hidrógeno Parker Balston para GC (40 mL/min), flujo de aire de 450 mL/min.
- Identificación y cuantificación: para la identificación se comparó tiempos con estándares y se cuantificó a través de la integración de áreas de los cromatogramas, calculando en porcentaje en cada área con respecto a la línea base.

**Análisis de color.** Se evaluó el color de las muestras con el Colorflex hunter Lab® utilizando como método de análisis AN 1018.00. Se evaluaron los valores **L\*a\*b**, que tiene la siguiente escala, **L\*** luminosidad en una escala de 0 a 100, donde 0 es negro y 100 es blanco. **A\*** cuantifica el color -80 corresponde a verde, 80 corresponde a rojo y 0 es el neutro. **b\*** cuantifica el color - 80 corresponde a azul y 80 corresponde a amarillo (Wrolstad y Smith 2010).

Posteriormente se introdujo valores **L\* a\* b\*** en la ecuación 1 para realizar el cálculo del índice de blancura (IB). El IB es 100 cuando se tiene una superficie blanca ideal, valores superiores a 100 tienden a ser blancos azulados, y para los valores inferiores a 100 son blancos amarillentos (Montoya López *et al.* 2012). Se realizaron 5 repeticiones por cada tratamiento en cada uno de los muestreos.

$$IB= 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad [1]$$

**Análisis de Acidez.** El pH se midió utilizando el potenciómetro The Oyster™ previamente calibrado. Se hicieron 3 repeticiones por cada tratamiento en cada uno de los muestreos.

**Análisis de viscosidad.** Para el análisis de viscosidad se utilizó una muestra de 250 mL en un beaker de vidrio, la viscosidad fue determinada por el Reómetro de Brookfield DV- III Ultra V6.1 LV spindle 61. La medición se realizó por cuatro veces para cada tratamiento en cada muestreo a 150 rpm (se tomó el dato cada 30 segundos). La viscosidad se reportó en centipoise.

**Análisis Estadístico.** El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza para determinar cuál fue el efecto de las 3 dietas. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar donde cada bloque o grupo de vacas formó parte de un modelo lineal, cada tratamiento se asignó de manera aleatoria. Esto para determinar el efecto de los 3 diferentes tratamientos en el contenido de grasa total, grasa saturada, mono insaturada, poliinsaturada, trans, así como también en los ácidos grasos funcionales (ALC, omega 3 y omega 6) y aspectos físico-químicos. Se utilizó una Separación de Medias Duncan para determinar si existió diferencia entre los tratamientos. La herramienta de análisis utilizada fue el programa estadístico SAS® versión 9.4.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de sólidos totales, sólidos no grasos, grasa y densidad ( $P > 0.05$ ) en los tres tratamientos (cuadro 3). Las dietas suministradas fueron consideradas isoprotéicas e isoenergéticas. Esto con el fin de lograr que la única fuente de variación fuera debido al impacto de los aceites. Se esperaba un cambio en el porcentaje de grasa, esto debido a que se buscaba aumentar el porcentaje de ALC. Sin embargo, la cantidad de ALC no tiene un aporte porcentual tan alto en el total de grasa. Es por ello que no se encontró diferencia significativa en los porcentajes de ST, SNG, grasas y densidad de cada tratamiento.

Los ST en la leche oscilan en un rango de 10-15%. En el caso de leche de raza Jersey estos se mantiene en un promedio de 13.90% (Saborío 2011). Los porcentajes obtenidos en este estudio se encuentran cercanos a los resultados reportados según literatura. Los SNG para la raza Jersey oscila en 8.8-9.5% (Hazard s.f.). Los resultados obtenidos poseen una mínima diferencia con los reportados en la literatura. Esto puede ser debido al tipo de alimentación suministrada. Se estima que el factor ambiental el cual incluye el manejo alimenticio es responsable por el 60% de los cambios en los componentes de la leche (Campabadal s.f.).

En cuanto al aporte porcentual, la grasa es el segundo componente de los ST. La cantidad de grasa promedio en la leche de vacas Jersey esta alrededor de 4.8% (Campabadal s.f.). Los resultados obtenidos son muy cercanos. Sin embargo, hubo cambios leves, esto puede atribuirse al suministro de aceite en la dieta, y al tipo de aceite. La densidad de la leche puede variar debido a los cambios que puede haber en las cantidades de sus principales componentes. La leche de vaca está en un rango 1.025 - 1.035 g/ml, con un promedio 1.032 g/ml. La densidad de la leche puede disminuir debido a la cantidad de grasa que ésta posea (Alais y Lacasa 1985). En este estudio la densidad obtenida concuerda con la literatura.

En el análisis de correlación de variables químicas la grasa y los sólidos totales presentaron una correlación positiva ( $P < 0.005$ ) con alta significancia ( $r=0.7514$ ). Esto quiere decir que hay una relación directamente proporcional entre ellas. Si aumenta la cantidad de grasas aumenta la cantidad de solidos totales.

Cuadro 3. Comparación Sólidos totales (ST), sólidos no grasos (SNG), grasa y densidad según tipo de aceite vegetal en cada tratamiento.

Aceite	ST	SNG	Grasa	Densidad
	% ± D.E.	% ± D.E.	% ± D.E.	g/ml ± D.E.
Maíz	13.74±0.04 a	8.66±0.12 a	4.46±0.15 a	1.03083±0.008 a
Canola	13.65±0.02 a	8.74±0.17 a	5.03±0.05 a	1.02966±0.001 a
Palma	13.65±0.05 a	8.69±0.13 a	4.76±0.28 a	1.03066±0.001 a
	CV: 0.31%	CV: 1.93%	CV: 4.75%	CV: 0.05%
	R <sup>2</sup> : 87%	R <sup>2</sup> : 70%	R <sup>2</sup> : 70%	R <sup>2</sup> : 73%

a-b: letras iguales en la misma columna indican que no existió diferencias significativas (P>0.05). R<sup>2</sup>: Ajuste de modelo CV: Coeficiente de Variación.

La conformación de la grasa láctea proveniente de bovino contiene alrededor de 60-70% de ácidos grasos saturados siendo la mayor parte de ellos los ácidos grasos de cadena mediana, entre ellos se puede mencionar 12:0 (Ácido Láurico) 14:0 (Ácido Mirístico) y 16:0 (Ácido Palmítico) (Ortega *et al.* 2013). Las grasas saturadas se mantienen dentro del rango promedio según literatura antes citada (cuadro 4). Se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de grasas saturadas entre los tratamientos (P<0.05). El tratamiento que presentó mayor porcentaje de grasa saturada fue el balanceado con aceite de palma (67.48%) y el menor porcentaje lo obtuvo el balanceado con aceite de canola (65.11%). Según literatura el aceite de palma es rico en grasas saturadas debido a su alto porcentaje de ácido palmítico mientras que el aceite de maíz y canola tienen mayor porcentaje de grasas insaturadas (Piedra s.f.).

El ácido graso que mayor aporte porcentual tuvo en las grasas saturadas fue el ácido palmítico. El balanceado con aceite de maíz y aceite de canola tuvieron un promedio de 29% de ácido palmítico y para el balanceado con aceite de palma se obtuvo alrededor de 33%.

Los ácidos grasos monoinsaturados conforman alrededor del 20-25% (Calvo *et al.* 2014). Las grasas monoinsaturadas presentaron diferencia estadísticamente significativa (P<0.05). El tratamiento con aceite de canola obtuvo el porcentaje más alto (28.79%) mientras que el tratamiento con aceite de palma obtuvo el porcentaje más bajo (25.61%). El porcentaje que se obtuvo para el tratamiento con aceite de maíz no posee diferencia significativa con canola y palma. El comportamiento de estos resultados se puede atribuir a la composición de ácidos grasos en aceite de maíz y canola. La literatura sugiere que el aceite de maíz y canola posee mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados en comparación al aceite de palma (Piedra s.f.).

Entre los ácidos grasos monoinsaturados el más representativo en aporte porcentual en este estudio fue el ácido oleico el cual en los tres tratamientos se mantuvo en un rango de 22-24%. Esto concuerda con los resultados reportados en estudios previos en donde el porcentaje de ácido oleico fue de 21.41- 24.25% (Marzano 2013).

Los ácidos grasos poliinsaturados oscilan en 3-5% (Calvo *et al.* 2014). En un estudio previo realizado en Zamorano se obtuvo un contenido de grasa poliinsaturada de 1.83% en el verano y 1.94% la época lluviosa. El porcentaje de grasa poliinsaturadas en el estudio antes mencionado aumento en el invierno debido a el consumo de forrajes frescos y disminución del consumo de concentrado (Marzano 2013).

Lo resultados obtenidos muestran que no hubo diferencia significativa ( $P>0.05$ ) los tratamientos. El porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados concuerda con los porcentajes obtenidos según Marzano. El ácido graso poliinsaturado que mayor aporte porcentual tuvo en este estudio fue el ácido linoleico el cual en los tres tratamientos se mantuvo en un rango de 1.53- 1.69%.

Las grasas monoinsaturadas y poliinsaturadas presentaron una correlación positiva ( $P<0.05$ ) con significancia media ( $r=0.6668$ ). Esto quiere decir que hay una relación directamente proporcional en entre ellas. Si aumenta la cantidad de grasas monoinsaturadas aumenta la cantidad de grasas poliinsaturadas. Estas grasas entran en el grupo de grasas insaturadas, que poseen uno o más dobles enlaces a lo largo de su cadena hidrocarbonada.

Cuadro 4. Comparación de grasas saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas según el tipo de aceite vegetal en el balanceado.

Aceite	Porcentaje Grasas Saturadas	Porcentaje Grasas Monoinsaturadas	Porcentaje Grasas Poliinsaturadas
	% ± D.E.	% ± D.E.	% ± D.E.
Maíz	66.34±1.02 ab	27.16±0.85 ab	1.95±0.30 a
Canola	65.11±1.76 b	28.79±1.66 a	2.01±0.22 a
Palma	67.48±3.50 a	25.61±3.18 b	1.81±0.30 a
	CV: 0.8%	CV: 4.37%	CV: 9.51%
	R <sup>2</sup> : 93%	R <sup>2</sup> : 86%	R <sup>2</sup> : 75%

a-b: diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas ( $P< 0.05$ ).  
R<sup>2</sup>: Ajuste de modelo CV: Coeficiente de Variación

Según los resultados obtenidos, se encontró diferencia significativa en el porcentaje de grasas trans en los tres tratamientos (cuadro 5). Estadísticamente no hay diferencia entre el porcentaje de ácidos grasos trans producidos por la dieta con aceite de maíz y aceite de canola (4.54 y 4.08%, respectivamente). Esto debido a que estos aceites son ricos en ácidos grasos poliinsaturados los cuales sirven de sustrato en la transformación de ácidos grasos trans. Algunos autores sugieren que el consumo de pasto es una fuente rica en ácido oleico y linoleico el cual al ser biohidrogenados producen ácidos grasos trans (Marzano 2013). Sí se encontró diferencia entre el tratamiento rico en aceite de palma y los otros dos.

Los ácidos grasos trans representan alrededor de 1-4% del total de grasa (Calvo 2014). Esto quiere decir que los porcentajes de ácidos grasos trans encontrados en este estudio en las



dieta ricas en aceite de maíz y canola son altos, ya que están arriba del rango promedio según literatura.

El porcentaje de ALC obtenido de las dietas ricas en aceite de maíz y canola (0.88 y 0-81% respectivamente) no presentó diferencia significativa. Estas dos dietas si presentaron diferencia con la dieta rica en aceite de palma en la cual se obtuvo un porcentaje menor (0.56%). Marzano en 2013 reportó un promedio de producción de ALC de 0.73% en invierno y 0.11% en verano. A pesar de usar en la dieta una ración de alimento balanceado se logró mantener el pH ruminal lo cual favoreció la producción de ALC.

El porcentaje de ALC oscila en un rango de 0.71- 1.2% (Calvo *et al.* 2014). ALC engloba varios isómeros posicionales y geométricos siendo los principales los isómeros cis-9 trans-11 y trans 10 cis 12, al cual se le atribuyen propiedades anticancerígenas e inhibición de la deposición de grasas respectivamente. Estos isómeros representan casi un 80% de los ALC conocidos (Paz 2009).

Algunos autores sugieren que la alimentación con base pastoril podría ser no suficiente para asegurar una producción estable de ALC. Esto debido a que la concentración de lípidos en las pasturas y el porcentaje de ácido linoleico (precursor de la síntesis de ALC) fluctúan, siendo un porcentaje alto con forrajes tiernos y decae a medida que aumenta la madurez del pasto. Es por ello que se debe recurrir a una suplementación estratégica (Gagliostro 2010). Una alimentación a base de pasto y suplementando con semillas o aceites vegetales ricos en grasas poliinsaturadas es una alternativa para aumentar el porcentaje de ALC (Calvo *et al.* 2014). Al momento de elegir los tres aceites se consideraron varios factores, entre ellos se puede mencionar la composición de ácidos grasos precursores en la síntesis de ALC. El maíz posee 59.6% de ácido linoleico en su composición de ácidos grasos, canola posee 21.0% y palma 10.5% (O'Brien 2004). Otros factores considerados fueron la disponibilidad en la zona y precios. Las grasas trans y ALC presentaron una correlación positiva ( $P < 0.05$ ) con significancia alta ( $r = 0.93046$ ). Esto quiere decir que hay una relación directamente proporcional entre ellas. Si aumenta la cantidad de grasas trans aumenta la cantidad ALC en la condiciones de este estudio. Esto se puede atribuir a la influencia de la alimentación en la biohidrogenación de los ácidos grasos.

Cuadro 5. Comparación de grasas trans y ALC según el tipo de aceite vegetal en el balanceado.

Aceite	Porcentaje Grasas Trans	Porcentaje Ácido Ruménico
	% ± D.E.	% ± D.E.
Maíz	4.54±0.20 a	0.88±0.10 a
Canola	4.08± 0.11 a	0.81±0.04 a
Palma	3.00±0.37 b	0.56±0.04 b
	CV: 6.44%	CV: 6.44%
	R <sup>2</sup> : 93%	R <sup>2</sup> : 88%

a-b: diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

R<sup>2</sup>: Ajuste de modelo CV: Coeficiente de Variación.

Se encontraron dos ácidos grasos omega 3, ácido octadecatrienoico (alfa-linolénico, 18:3 cis - 9, 12, 15) y ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5 cis -5, 8, 11, 14, 17). La cantidad presentes de estos ácidos en cada uno de los tratamientos estadísticamente no presenta diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en cuanto a porcentaje (cuadro 6).

El contenido de Omega 3 en la leche oscila entre 0.30-0.90% (Marzano 2013). Lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este estudio ya que los porcentajes anteriormente representados son equivalentes a un rango promedio de 0.28- 0.32% del total de grasa en la leche. Los resultados obtenidos concuerdan tanto con la literatura citada según Marzano como también con los resultados obtenidos en su estudio (0.29% en invierno). Los ácidos grasos omega 3 y omega 6 influyen positivamente en la salud pues tienen participación en la función cerebral, cardiovascular, procesos inflamatorios, diabetes, entre otros (Coronado *et al.* 2006).

Con respecto a los ácidos grasos omega 6, en este estudio únicamente se encontró un ácido graso omega 6, el ácido linoleico 18:2 cis - 9,12. En referencia a la cantidad presente de este ácido en cada uno de los tratamientos no se encontró diferencia significativa ( $p>0.05$ ) en el porcentaje de éste. El contenido de Omega 6 en la leche oscila entre 1.50-2.00% (Marzano 2013), lo cual, concuerda con los resultados obtenidos ya que el porcentaje anteriormente representado es equivalente a un promedio de 2% del total de grasa en la leche. La cantidad de omega 6 se mantuvo a lo largo del estudio en los tres tratamientos ya que hubo presencia de ácido linoleico conjugado que a partir de desaturación y elongación da paso a la biosíntesis de otros ácidos grasos omega 6 (Coronado *et al.* 2006). Con respecto a el ácido ruménico, el cual es considerado omega 6 por su doble enlace en el carbono 6, se mantuvo en un porcentaje promedio de 0.56 a 0.88% del total de la grasa debido a la composición de ácidos grasos de los aceites suministrados en los tratamientos.

Cuadro 6. Comparación porcentaje de omega 3 según el tipo de aceite vegetal en el balanceado.

Aceite	Porcentaje Omega 3		Porcentaje Omega 6	
	Acido Alfa-linolénico	Ácido EPA (Eicosapentaenoico)	Ácido linoleico	Ácido Ruménico
	% ± D.E.	% ± D.E.	% ± D.E.	% ± D.E.
Maíz	0.23±0.03 a	0.090±0.017 a	1.67±0.30 a	0.88±0.10 a
Canola	0.20±0.02 a	0.090±0.010 a	1.69±0.19 a	0.81±0.04 a
Palma	0.19±0.04 a	0.086±0.011 a	1.53±0.26 a	0.56±0.04 b
	CV: 12.15%	CV: 5.92%	CV: 9.19%	CV: 6.44%
	R <sup>2</sup> : 73%	R <sup>2</sup> : 89%	R <sup>2</sup> : 76%	R <sup>2</sup> : 88%

a-b: letras iguales en la misma columna indican que no existió diferencias significativas ( $P>0.05$ ). R<sup>2</sup>: Ajuste de modelo CV: Coeficiente de Variación.

Estadísticamente no se encontró diferencia en la viscosidad entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). La viscosidad obtenida en el tratamiento con aceite de maíz fue de  $0.00733 \text{ N s/m}^2$ , seguido del tratamiento con aceite de canola  $0.00724 \text{ N s/m}^2$  y por último el tratamiento con aceite de palma  $0.00721 \text{ N s/m}^2$  (cuadro 7). La viscosidad de la leche entera a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  es de aproximadamente  $0.0021 \text{ N s/m}^2$  (UNAD s.f.). Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio difieren de los datos que cita la literatura. Entre los componentes que tienen mayor influencia en la viscosidad de la leche está la grasa seguida de la proteína (UNAD s.f.).

Se puede considerar a la grasa uno de los factores que ocasionó cambio en la viscosidad de la leche; esto debido al número de glóbulos grasos y el tamaño de los mismos que también va ligado a la homogenización. La homogenización afecta la viscosidad de la leche a causa de la reducción de los glóbulos grasos lo cual ocasiona que se incremente el número de glóbulos, incrementando la superficie específica y con eso la viscosidad.

Es importante mencionar que el tiempo y temperatura de almacén también ocasionan cambios, ya que la viscosidad desciende a medida que se aumenta la temperatura. Las muestras analizadas estuvieron expuestas a temperatura de congelación, y no se pudieron analizar inmediatamente debido a la disponibilidad para el uso del equipo. El almacenamiento produce cambios a nivel enzimático y bacteriano lo que también resulta en alteración en el pH lo cual explica los resultados en el cuadro 7. No se encontró diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos. Sin embargo, se obtuvieron resultados para pH de 7.10 en promedio. El pH de la leche se encuentra alrededor de 6.8 (Gil 2010). Algunos autores sugieren que hay una relación en aumento en el pH y el aumento de la viscosidad (Zavala 2005).

Entre los factores causantes de una modificación en el pH se puede mencionar el estado de lactancia, ya que las vacas que se encuentran en la etapa de fin de lactancia producen leche con valores altos (mayores a 7.4). También se puede atribuir a cambios en la temperatura, según la literatura la leche sufre cambio en el sistema buffer, en donde se ve afectada la solubilidad de fosfato de calcio. Otro aspecto a considerar es que valores de pH altos también pueden ser a causa de leches mastíticas ya que esto ocasiona un incremento en la permeabilidad de las membranas que se encuentran presentes en la glándula mamaria, dando origen a concentraciones altas de sodio y cloro lo que ocasiona una reducción de lactosa y de fósforo (Negri 2005).

Al relacionar la viscosidad con el pH se puede atribuir el aumento de la viscosidad a presencia de microorganismos de la especie *Alcaligenes*, los cuales crecen en medios de pH básico, sin embargo, las condiciones de temperatura pudieron haber afectado esta bacteria debido a que ésta puede crecer lentamente hasta un máximo de cero grados centígrados (Celis y Juárez 2009).

El índice de blancura no presentó diferencias significativas entre los tres tratamientos. Si el índice de blancura presenta valores cercanos a cien significa que la leche posee tonalidades más blancas y se acerca al blanco perfecto (Mayta y Toc 2013). En este estudio las tonalidades obtenidas demostraron que las muestras analizadas tenían coloraciones más amarillentas.

La coloración en la leche se puede ver afectada por diversos factores, entre ellos se puede destacar el efecto de dispersión de luz, en el caso de la leche los glóbulos grasos son los causantes principales. Cuando los glóbulos grasos son pequeños hay un efecto de mayor dispersión de luz causando una coloración más blanca en la leche. También influye en la coloración las micelas de la caseína, fosfatos de calcio, carotenoides y riboflavinas (Chuchuca *et al.* 2012). Otro de los factores que pudo influir en la coloración son los dos pigmentos contenidos en la leche: carotenos, y la coloración amarilla de la fase grasa, en este caso la fase grasa tiene un mayor aporte porcentual debido a que la leche proviene de vacas Jersey (CANILEC 2011).

Con respecto a las interacciones se justificó el uso de tratamientos ( $P < 0.05$ ) en las variables sólidos totales, grasas saturadas, grasas trans y ácido linoleico conjugado.

Cuadro 7. Comparación de viscosidad según el tipo de aceite vegetal en el balanceado

Aceite	Viscosidad (N s/m <sup>2</sup> )	pH	Índice de Blancura
	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Maíz	0.00726±0.00015 a	7.10±0.08 a	82.26±0.05 a
Canola	0.00726±0.00015 a	7.10±0.08 a	82.06±0.11 a
Palma	0.00726±0.00011 a	7.11±0.08 a	82.06±0.05 a
	CV: 1.25% R <sup>2</sup> : 72%	CV: 0.11% R <sup>2</sup> : 99%	CV: 0.11% R <sup>2</sup> : 72%

a-b: letras iguales en la misma columna indican que no existió diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ). R<sup>2</sup>: Ajuste de modelo CV: Coeficiente de Variación.

Estadísticamente no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en la producción de leche diaria la cual fue 13 litros/día (cuadro 8). Otro estudio sugiere que la producción de leche de vaca Jersey se encuentra en un rango de 13 a 16 litros/día, lo cual concuerda con los resultados obtenidos.

Cuadro 8. Comparación producción de leche diaria para los tres tratamientos según tipo de aceite vegetal en el balanceado.

Aceite	Porcentaje Producción diaria
	Litros± D.E.
Maíz	13.25±0.34 a
Canola	13.33±0.34 a
Palma	13.25±0.34 a
	CV: 3.50% R <sup>2</sup> : 92%

a-b: letras iguales en la misma columna indican que no existió diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ). R<sup>2</sup>: Ajuste de modelo CV: Coeficiente de Variación.

El rango promedio de los costos de alimentación en la ganadería de leche de Zamorano oscila en un 42-60%. En este estudio los costos obtenidos se mantienen en ese rango (Cuadro 9). El costo más alto obtenido fue de L. 6.82, en los tratamientos con aceite de maíz y canola. El costo de alimentación en estos tratamientos es equivalente a un 60% de los ingresos. Debido al precio de estos aceites, ya que son de grado alimenticio y poseen un valor más alto. El costo de la alimentación por litro de leche para el tratamiento con aceite de palma fue de L. 6.68.

El incremento en el costo de la alimentación por litro de leche en cada uno de los tratamientos fue de L. 0.40- 0.60 extra, ya que solamente se adicionó el costo de los diferentes aceites. El costo de la alimentación para la producción de un litro de leche utilizando el mismo sistema de alimentación a base de pasto, concentrado y ensilaje excluyendo el uso de aceites fue de L. 6.21 (0.27\$) (Mitre 2015).

Cuadro 9. Comparación costo de la alimentación en la producción por litro de leche en los tres tratamientos.

<b>Alimentación /Semana/ Grupo</b>	<b>Costo TRT con Aceite de Maíz (L.)</b>	<b>Costo TRT con Aceite de Canola (L.)</b>	<b>Costo TRT con Aceite de Palma (L.)</b>
Concentrado	2,823.65	2,823.65	2,823.65
Ensilaje	738.00	738.00	738.00
Aceite	257.60	257.60	180.32
Total	3,819.25	3,819.25	3,741.97
Costo de la alimentación/litro de leche	6.82	6.82	6.68

## **4. CONCLUSIONES**

- Los porcentajes más altos de grasas trans y ALC se obtuvieron en los tratamientos que contenían aceite de maíz y canola.
- La implementación de aceites en una dieta a base de pasto, ensilaje y concentrado no afectó la producción diaria de leche.
- El uso de aceites ricos en ácidos grasos insaturados como maíz y canola causó diferencia significativa en grasas saturadas, monoinsaturadas, trans y ALC.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Evaluar el efecto del procesamiento en el porcentaje de ALC en la elaboración de nuevos productos.
- Controlar las posibles fuentes de variación como condición corporal y etapa de lactancia.

## 6. LITERATURA CITADA

Alba Claudia Mayta Apaza, Marco Eduardo Toc Sagra. 2013. Evaluación del efecto de la adición de dos tipos de hierro en leche entera pasteurizada y ultrapasteurizada como una iniciativa para el Programa de Merienda Escolar en Honduras [Tesis]. Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. 35 p.

Alejandro Saborío Montero. 2011. Factores que influyen el porcentaje de sólidos totales de la leche [Tesis]. Centro de investigación en nutrición animal. Universidad de Costa Rica. Disponible en: [http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Publicaciones/articulo\\_ecag\\_solidos\\_revista\\_56.pdf](http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Publicaciones/articulo_ecag_solidos_revista_56.pdf).

Alfonso Martínez Borraz. 2010. Contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche de ganado lechero Holstein estabulado en el noroeste de México. Rev. Mexicana Ciencia Pecuaria 2010. 221-235 p.

Ana María Haro, Reyes Artacho, Carmen Cabrera. 2006. Ácido linoleico conjugado: interés actual en nutrición humana [Tesis]. Unidad de Nutrición Animal. Estación Experimental del Zaidín-CSIC, Departamento de Nutrición y Bromatología. Facultad de Farmacia, España. En línea. Disponible en: [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com).

Ángel Gil Hernández. 2010. Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos, Edición 2. Editor: María Dolores Ruiz. Ed. Médica Panamericana. 812 p.

CANILEC Cámara Nacional de Industriales de la Leche. 2011. El libro blanco de la leche y los productos lácteos. 157 p. [Consultado 2016 Julio 20]. Disponible en: [http://www.canilec.org.mx/descarga\\_archivos\\_publico/Libro\\_Blanco\\_mail.pdf](http://www.canilec.org.mx/descarga_archivos_publico/Libro_Blanco_mail.pdf)

Carlos Campabadal. s.f. Factores que afectan el contenido de sólidos en la leche [Tesis]. Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. Dialnet- 5166258. 24p. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5166258>.

Charles Alais, Antonio Lacasa Godina. 1985. Ciencia de la leche: principios de técnica lechera. Edición ilustrada, reimpresión. Editor Reverte. 873p.



Diego Alfonso Mitre Jarquín. Implementación de un sistema de pastoreo rotacional intensivo con suplementación de precisión para la producción de leche con vacas Jersey. Ingeniería Agronómica. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 29 p.

FDA Food and drug administration. 2016. GRAS Notices. GRN No. 232. Conjugated linoleic acid isomers. Washington. Actualizado 30/06/16. [Consultado: 2016 septiembre 10]. Disponible <http://www.accessdata.fda.gov/>.

Galo Wenceslao Chuchuca Morán, Arianna Karina Dick Zambrano, Jaime Fernando Peñafiel Ube. 2012. “Implementación y Validación de una Metodología Económica para la Medición de Color Aplicada en Alimentos”. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/90012/D-79702.pdf>.

Gerardo Gagliostro. 2010. Leche Funcional con Bajo Potencial Aterogénico y alto contenido en ácido linoleico conjugado (CLA). Desde la Innovación a la Comercialización. Primer Encuentro Provincial de la Cadena de Valor de las PYMES Lácteas, Ecuador. Disponible en: <https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/pymes-lacteas/GerardoGagliostro.pdf>.

José Mauricio Zavala Pope. 2005. Aspecto nutricionales y tecnológico de la leche. Dirección de promoción agraria. Ministerio De Agricultura Dirección De Crianzas. Perú. [Consultado: 2016 Agosto 10. Disponible en: <http://www2.congreso.gob>.

K. Sejrsen, Torben Hvelplund, Mette Olaf Nielsen. 2006. Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and Stress. Wageningen Academic Pub, 2006. 600 p.

Livia M. Negri. 2005. Manual de Referencias técnicas para el logro de leche de calidad. 2º ed. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). [Consultado 2016 Octubre 02]. Disponible en: <http://www.aprocal.com.ar/wp-content/uploads/pH-y-acidez-en-leche2.pdf>.

Luis Alejandro Marzano Barreda. 2013. Efecto de la alimentación de diferentes fuentes de forrajes en el hato vacuno sobre el perfil de ácidos grasos de la leche entera cruda de Zamorano [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. 48 p.

M. Juárez Iglesias, J. Fontecha Alonso. 2014. Vol 21. Departamento de Bioactividad y Análisis de alimentos. Grupo Lípidos [Tesis]. Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación, Madrid. 37p.

M.V. Calvo, M.P. Castro-Gómez, A. García-Serrano, L.M. Rodríguez-Alcalá. 2014. Grasa láctea: una fuente natural de compuestos bioactivos. Departamento de Bioactividad y Análisis de alimentos. Grupo Lípidos [Tesis]. Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL) CSIC-UAM. Campus de la Universidad Autónoma de Madrid. Vol 21. 57-63 p.

Maria Isabel Piedra Alfaro. s.f. Grasas. Guías alimentarias para la educación nutricional en Costa Rica. Primera Edición. San José, Costa Rica. Ministerio de Salud, 1997. [Consultado: 2016 agosto 16]. Disponible en: [https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores\\_en\\_salud/guiasalimentarias/grasas.pdf](https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/guiasalimentarias/grasas.pdf)

Martha Coronado Herrera, Salvador Vega y León, Rey Gutiérrez Tolentino, Beatriz García Fernández y Gilberto Díaz González. 2006. LOS ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 Y OMEGA-6: NUTRICIÓN, BIOQUÍMICA Y SALUD. 72-79 p.

Miriam Gallardo. 2015. Depresión de grasa en la leche (Inversión de sólidos), factores de variación normales de los sólidos de la leche. Engormix. Consultado [2016 septiembre 01]. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/articulos/inversion-solidos-leche-t6620/p0.htm>.

Montoya López J., Giraldo G., A. Lucas Aguirre J. 2012. Determinación del índice de blancura en harina de trigo comercial. Vitae, vol. 19, núm. 1. Universidad de Antioquia Medellín, Colombia. [Consultado 2016 septiembre 15]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914130>.

Rafael Alberto Paz Cabrera. 2009. ACIDO LINOLEICO CONJUGADO-CLA EN ALIMENTOS. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA, Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. 43p.

Richard D. O'Brien. 2004. Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications, Second Edition. 616 p. [Consultado 2016 Agosto 10]. Disponible en: <https://books.google.hn>.

Richard Zapata Salas. 2011. Papel de protozoos ruminales en las síntesis de ácido linoleico conjugado. Revista colombiana de ciencias pecuarias. Grupo de investigación en microbiología veterinaria, Escuela de microbiología, Universidad de Antioquia, AA 1226, Medellín, Colombia.

Roser Romero del Castillo, Josep Mestres Lagarringa. 2004. Productos Lácteos. Edición ilustrada. Tecnología. Universidad politécnica de Catalunya. 228p.

Sergio Hazard T. s.f. Variación de la composición de la leche. CRI- Carillanca. 12p. [Consultado: 2016 agosto 26]. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/seriesinia/NR22424.pdf>.

UNAD. s.f. Capítulo 1: Química de la leche. Lección 4: Propiedades físico químicas de la leche. [Consultado 2016 Agosto 09]. Disponible en: <http://datateca.unad.edu>.

Wrolstad, R.E y D.E, Smith. 2010. Color Analysis. In: S. Suzanne Nielsen. Food Analysis, Fourth Edition. Chapter 32. 13 p.

Mauricio Celis y Daniel Juárez. 2009. Seminario de Procesos Fundamentales Físico-Químicos y Microbiológicos Especialización y Maestría en Medio Ambiente Laboratorio de Química. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional. 27 p. [Consultado 2016 Septiembre 27]. Disponible en: [www.edutecne.utn.edu](http://www.edutecne.utn.edu).

## 7. ANEXOS

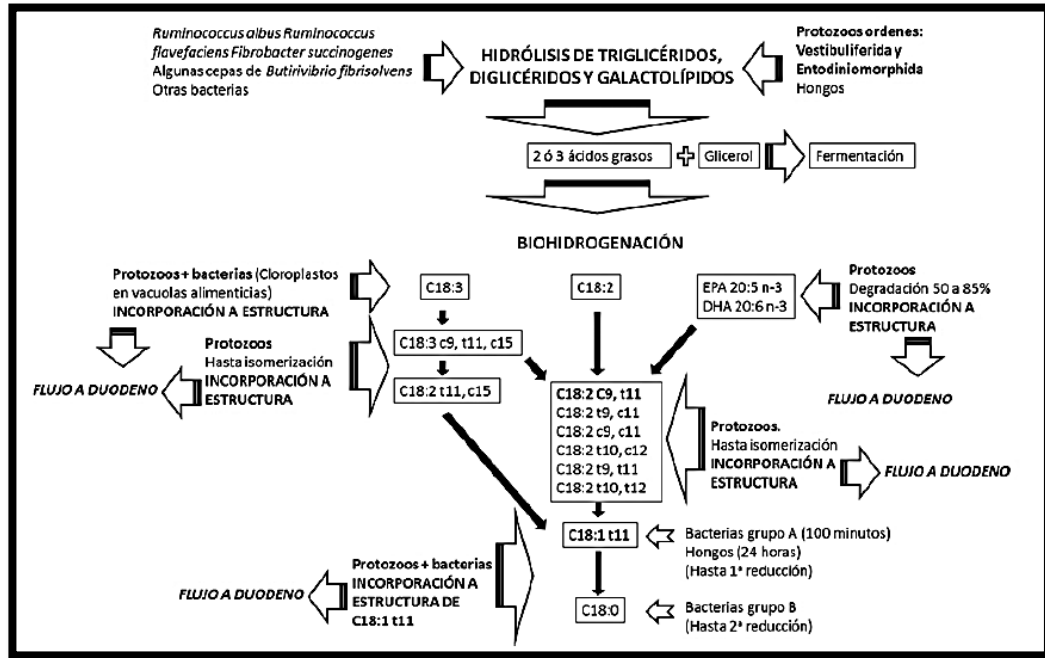
**Anexo 1.** Tabla de calibración usada para cromatografía de gases (Tiempo de elusión de ácidos grasos).

	Ácidos grasos de cadena corta	Tiempo de elución (minutos)
C4:0	Ácido butanoico (butírico)	7.139
C5:0	Ácido pentanoico (valérico)	7.222
C6:0	Ácido hexanoico (caproico)	7.325
C7:0	Ácido heptanoico (enántico)	7.457
C8:0	Ácido octanoico (caprílico)	7.632
C9:0	Ácido nonanoico (pelargónico)	7.859
C10:0	Ácido decanoico (cáprico)	8.154

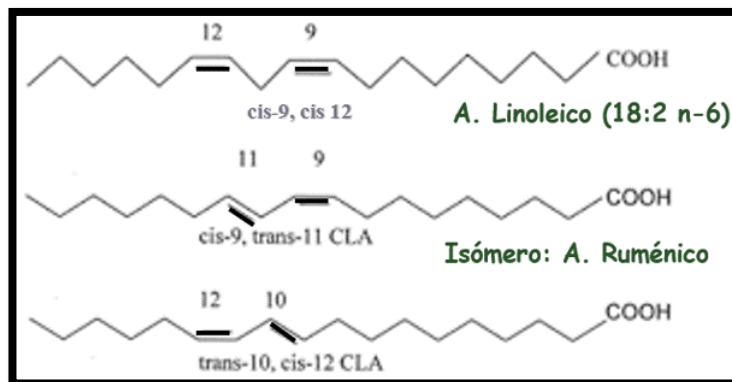
	Ácidos grasos de cadena corta	Tiempo de elución (Minutos)
C11:0	Ácido undecanoico (undecílico)	8.54
C11:1	Ácido undecenoico	9.107
C12:0	Ácido dodecanoico (láurico)	9.044
C13:0	Ácido tridecanoico (tridecílico)	9.701
C13:1	Ácido tridecenoico	9.774
C14:0	Ácido tetradecanoico (mirístico)	10.557
C14:1	Ácido tetradecenoico (mirístoleico)	10.646
C15:0	Ácido pentadecanoico (pentadecílico)	11.617
C15:1	Ácido pentadecenoico	11.674

	Ácidos grasos de cadena corta	Tiempo de elución (Minutos)
C16:0	Ácido Hexadecanoico (Palmítico)	13.134
16:1n9t trans-9	Ácido Hexadecenoico (Palmitelaídico)	14.111
C16:1	Ácido Hexadecenoico (Palmitoleico)	14.616
C17:0	Ácido Heptadecanoico (Margárico)	15.04
C17:1	Ácido Heptadecenoico (Margárico)	16.91
C18:0	Ácido Octadecanoico (Esteárico)	17.53
C18:1 T9 ELAIDICO	Ácido Octadecenoico (Elaídico)	19.15
C18:1 A9 OLEICO	Ácido Octadecenoico (Oleico)	19.61
18:1n11t trans-11	Ácido Octadecenoico (Transvaccénico)	18.951
C18:1 A11 VACCENICO	Ácido Octadecenoico (Vaccénico)	19.905
18:2n6t trans - 9,12	Ácido Octadecadienoico (Linoelaídico)	
C18:2 Linoleico	Ácido Octadecadienoico (Linoleico)	23.293
C19:0	Ácido Nonadecanoico (Nondecílico)	20.784
18:3n6 cis - 6,9,12	Ácido Octadecatrienoico (Γ-Linolénico)	
C19:1	Ácido Nonadecenoico	
18:3n3 cis - 9,12,15		28.722
C20:0 ARAQUIDICO		25.052
C20:1 A5		27.205
C20:1 A8	Ácido Eicosenoico	27.856
C20:1 A11		28.288
20:2 cis - 11,14	Ácido Eicosadienoico	
20:3n6 cis - 8,11,14	Ácido Eicosatrienoico	
20:4 cis - 5,8,11,14		40.35
20:3n3 cis - 11,14,17	Ácido Eicosatrienoico	36.455
20:5n3 cis 5,8,11,14,17	Ácido Eicosapentaenoico (Epa)	36.812
C21:0	Ácido Heneicosanoico	
C22:0	Ácido Docosanoico (Behénico)	34.657
C22:1	Ácido Docosenoico (Erúcico)	36.328
22:2 cis-13,16	Ácido Docosadienoico	39.109
22:4 cis - 7,10,13,16	Ácido Docosatetraenoico (Adrénico)	
22:3 cis - 13,16,19	Ácido Docosatrienoico	
C24:0	Ácido Tetracosanoico (Lignocérico)	42.652
22:5 cis - 7,10,13,16,19	Ácido Docosapentaenoico (Dpa)	48.039
22:6n3 cis - 4,7,10,13,16,19	Ácido Docosahexaenoico (Dha)	50.21
C24:1		42.526

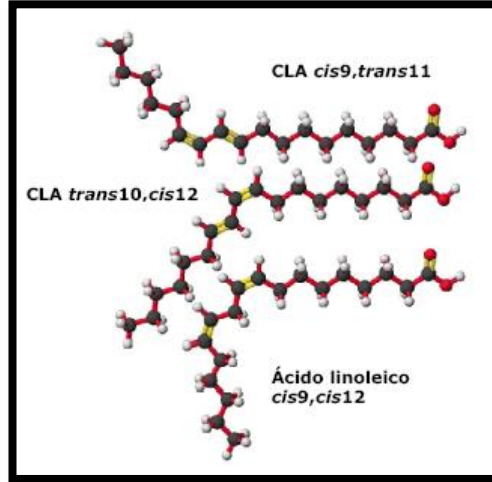
**Anexo 2.** Participación de bacterias ruminales en la síntesis de ALC.  
Fuente: Zapata 2011.



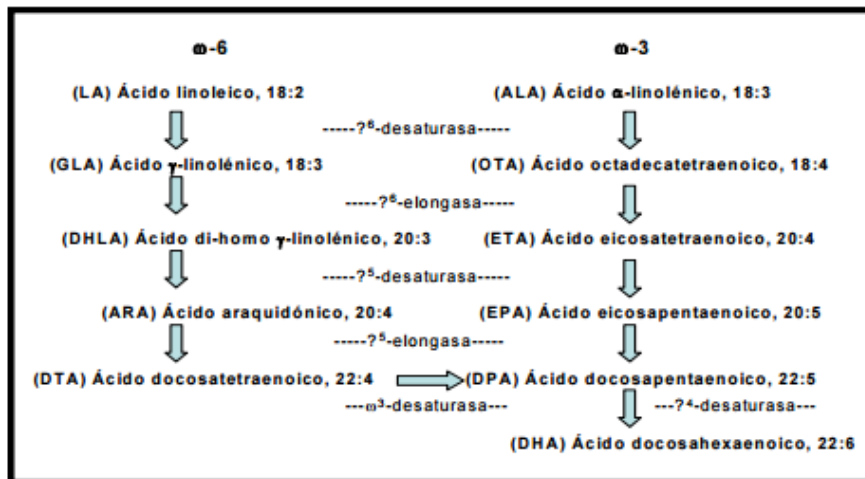
**Anexo 3.** Estructura ácido linoleico y ácido ruménico.  
Fuente: Gallardo 2015.



**Anexo 4.** Estructura ácido linoleico e isómeros.  
 Fuente: Sejrnsen *et al.* 2006.



**Anexo 5.** Biosíntesis de ácidos grasos por medio de ciclos de desaturación y elongación.  
 Fuente: Coronado *et al.* 2006



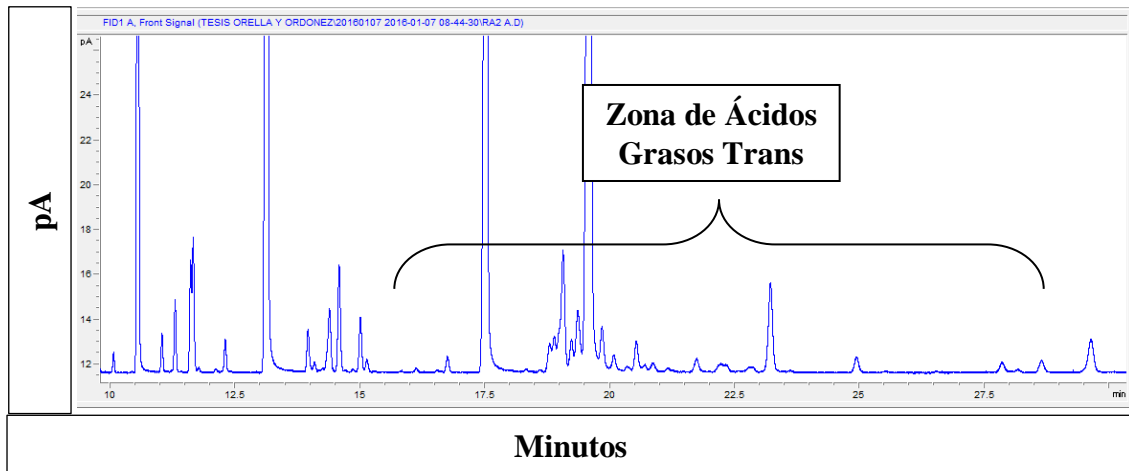
**Anexo 6.** Noticias FDA. GRAS (Generally Recognized as Safe/ Generalmente es reconocido como seguro).

Fuente: FDA 2016

The screenshot shows the FDA website interface. At the top, the logo for the U.S. Food and Drug Administration is displayed with the tagline "Protecting and Promoting Your Health". Below the logo is a navigation menu with links for Home, Food, Drugs, Medical Devices, Radiation-Emitting Products, Vaccines, Blood & Biologics, Animal & Veterinary, Cosmetics, and Tobacco Products. The main content area is titled "GRAS Notices" and includes a breadcrumb trail: FDA Home > Generally Recognized as Safe > Food Ingredient & Packaging Inventories > GRAS Notices > GRN No. 232. The specific notice for GRN No. 232 is detailed below:

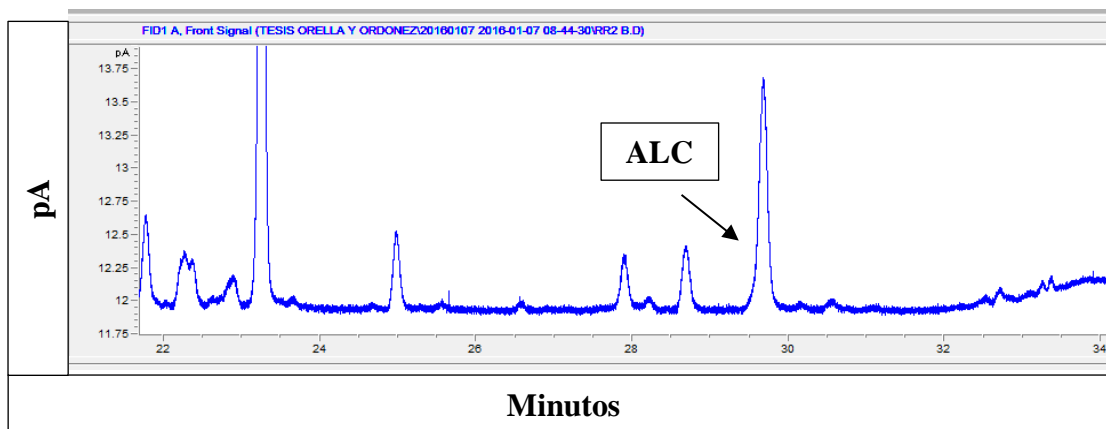
<b>Substance:</b>	Conjugated linoleic acid isomers
<b>Intended Use:</b>	Ingredient in certain specified foods within the general categories of soy milk, meal replacement beverages and bars, milk products and fruit juices at levels not to exceed 1.5 grams per serving
<b>Basis:</b>	Scientific procedures
<b>Notifier:</b>	Lipid Nutrition B.V. and Cognis GmbH P.O.Box 4, 1520 AA, Wormerveer, The NETHERLANDS and Rheinpromenade 1, 40789 Monheim, GERMANY
<b>Date of filing:</b>	Aug 13, 2007
<b>GRAS Notice (releasable information):</b>	232
<b>Date of closure / FDA's Letter:</b>	Jul 11, 2008 FDA has no questions (additional correspondence available)
<b>Additional correspondence:</b>	Additional correspondence about intended use: Sept. 8, 2009

**Anexo 7.** Cromatograma de la grasa láctea, zona ácidos grasos trans.

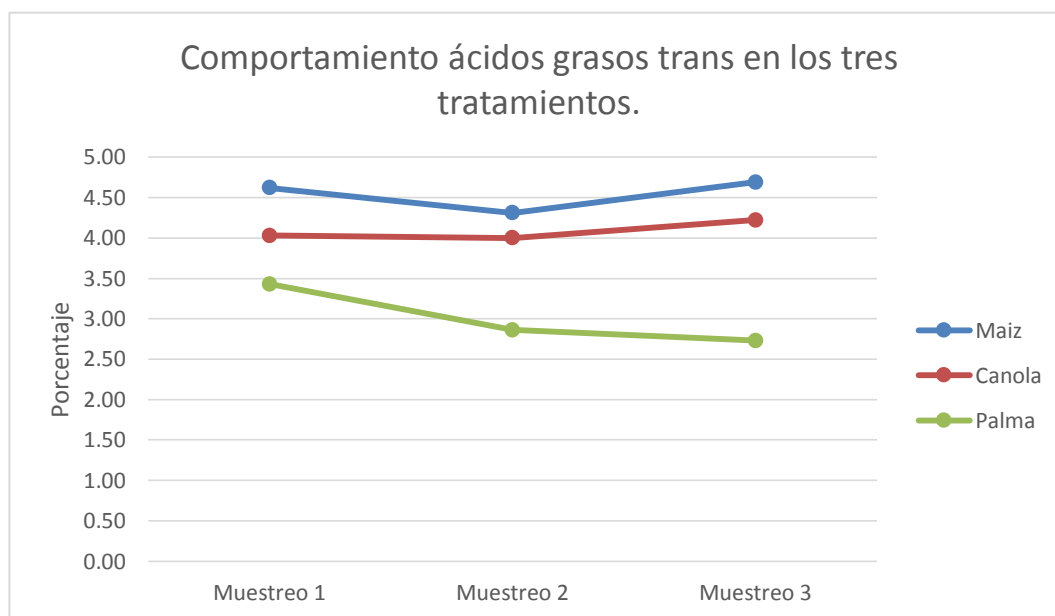




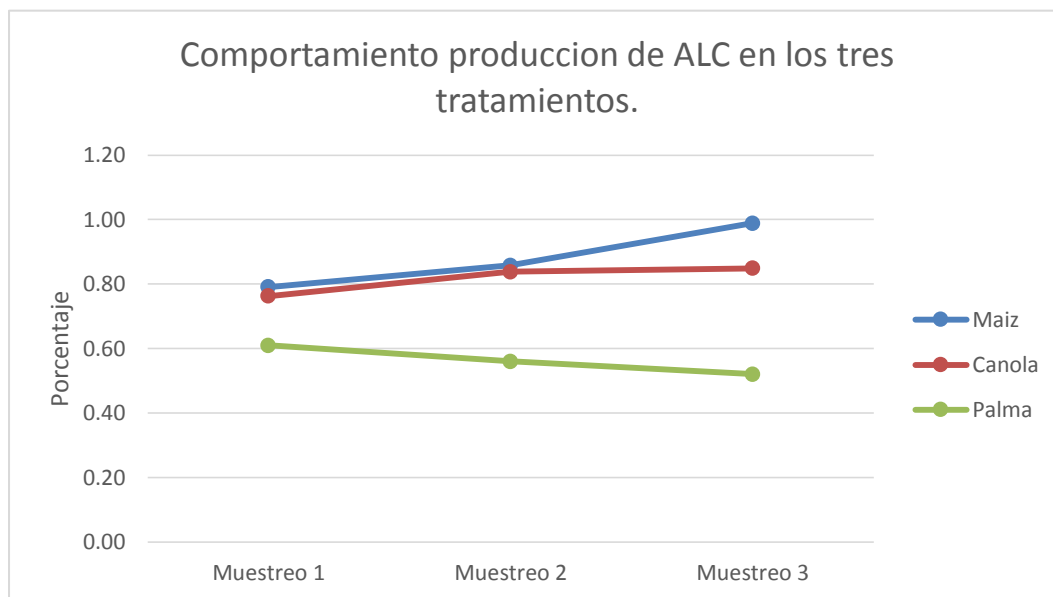
**Anexo 8.** Cromatograma de la grasa láctea, zona de ALC.



**Anexo 9.** Gráfica comportamiento grasas trans con cada tratamiento



**Anexo 10.** Gráfica comportamiento ALC tratamiento



**Anexo 11.** Resumen de la significancia estadística.

Variable	Interacciones			
	(P) Modelo	(P) Tratamiento	(P) Repetición	R <sup>2</sup> (%)
	Pr > F	Pr > F	Pr > F	
Sólidos totales	0.0422	0.0158	0.7939	87
Sólidos no grasos	0.3421	0.669	0.1938	70
Grasa	0.2049	0.0886	0.8636	70
Densidad	0.1778	0.0832	0.6358	73
Grasas Saturadas	0.0384	0.0455	0.0375	93
Grasas monoinsaturadas	0.0487	0.0741	0.043	86
Grasas Poliinsaturadas	0.1543	0.4656	0.0788	75
Grasas Trans	0.0106	0.004	0.4144	93
ALC	0.0369	0.0143	0.5995	88
Omega 3 Alfa-Linolénico	0.1907	0.4309	0.1072	75
Omega 3 EPA	0.2124	0.2096	0.2103	70
Omega 6	0.0978	0.1519	0.077	80
Viscosidad	0.1882	1.0000	0.0772	72
pH	0.001	0.2903	<0.0001	99
Producción (Litros/día)	<0.001	0.6502	<0.001	92
Índice de blancura	0.1886	0.0865	0.6944	72

**Anexo 12.** Análisis de correlación entre variables químicas de la leche en los tres tratamientos.

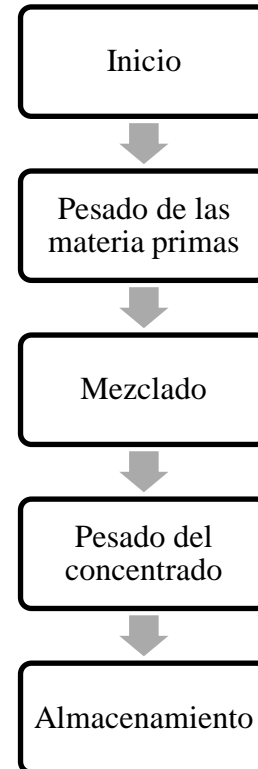
	ST	SNG	Grasa	Den	Gsat	Gmono	Gpoli	Gtrans	CLA	Omega 3 Alfa	Omega 3 Epa	Omega 6
<b>ST</b>	1	-0.09211	-0.75409	0.39769	0.45784	0.32409	0.40506	0.42634	0.36227	0.66645	-0.01986	0.35387
		0.8137	0.0189	0.2892	0.2152	0.3949	0.2795	0.2525	0.338	0.05	0.9596	0.3502
<b>SNG</b>	-0.09211	1	0.30567	-0.29645	0.05782	0.55857	-0.04028	-0.03039	0.1129	0.30908	-0.29341	-0.2732
	0.8137		0.4238	0.4386	0.8825	0.118	0.9181	0.9381	0.7724	0.4183	0.4435	0.4769
<b>Grasa</b>	0.75409	0.30567	1	-0.51971	-0.56837	0.00049	-0.00941	-0.25042	-0.20284	-0.37957	-0.3351	-0.34915
	0.0189	0.4238		0.1516	0.1103	0.999	0.9808	0.5158	0.6007	0.3137	0.378	0.3571
<b>Densidad</b>	0.39769	-0.29645	-0.51971	1	0.73326	-0.21909	-0.35313	0.16438	0.07751	-0.01783	-0.01892	0.09874
	0.2892	0.4386	0.1516		0.0246	0.5711	0.3512	0.6726	0.8429	0.9637	0.9615	0.8005
<b>Gsat</b>	0.45784	0.05782	-0.56837	0.73326	1	0.32557	-0.13769	0.28582	0.29574	0.25754	-0.31952	-0.08051
	0.2152	0.8825	0.1103	0.0246		0.3926	0.7239	0.4559	0.4397	0.5035	0.4019	0.8369
<b>Gmono</b>	0.32409	0.55857	0.00049	-0.21909	0.32557	1	0.6668	0.4512	0.40867	0.76404	-0.75688	0.21276
	0.3949	0.118	0.999	0.5711	0.3926		0.0498	0.2228	0.2748	0.1652	0.1822	0.5826
<b>Gpoli</b>	0.40506	-0.04028	-0.00941	-0.35313	-0.13769	0.6668	1	0.34489	0.14415	0.66114	-0.55798	0.54754
	0.2795	0.9181	0.9808	0.3512	0.7239	0.0498		0.3634	0.7114	0.0525	0.1185	0.127
<b>Gtrans</b>	0.42634	-0.03039	-0.25042	0.16438	0.28582	0.4512	0.34489	1	0.93046	0.43035	-0.24125	0.30459
	0.2525	0.9381	0.5158	0.6726	0.4559	0.2228	0.3634		0.0003	0.2476	0.5318	0.4255
<b>CLA</b>	0.36227	0.1129	-0.20284	0.07751	0.29574	0.40867	0.14415	0.93046	1	0.34243	-0.11894	0.02716
	0.338	0.7724	0.6007	0.8429	0.4397	0.2748	0.7114	0.0003		0.367	0.7605	0.9447
<b>Omega 3 Alfa</b>	0.66645	0.30908	-0.37957	-0.01783	0.25754	0.76404	0.66114	0.43035	0.34243	1	-0.42992	0.62795
	0.056	0.4183	0.3137	0.9637	0.5035	0.1652	0.0525	0.2476	0.367		0.2481	0.0702
<b>Omega 3 Epa</b>	-0.01986	-0.29341	-0.3351	-0.01892	-0.31952	-0.75688	-0.55798	-0.24125	-0.11894	-0.42992	1	-0.14273
	0.9596	0.4435	0.378	0.9615	0.4019	0.1822	0.1185	0.5318	0.7605	0.2481		0.7141
<b>Omega 6</b>	0.35387	-0.2732	-0.34915	0.09874	-0.08051	0.21276	0.54754	0.30459	0.02716	0.62795	-0.14273	1
	0.3502	0.4769	0.3571	0.8005	0.8369	0.5826	0.127	0.4255	0.9447	0.0702	0.7141	

**Anexo 13.** Análisis de correlación entre variables Físicoquímicas de la leche en los tres tratamientos.

	Viscosidad	pH	IB
<b>Viscosidad</b>	1	-0.05518	-0.07385
		0.9448	0.9262
<b>pH</b>	-0.05518	1	-0.95775
	0.9448		0.0422
<b>IB</b>	-0.07385	-0.95775	1
	0.9262	0.0422	

**Anexo 14.** Formulación de concentrado suministrado y flujo de proceso.

<b>Formulación concentrado</b>	
<b><u>Ingredientes</u></b>	<b><u>Libras</u></b>
Maíz molido	700
Harina de soya	200
Nutrivin	13.5
Sal blanca	10
Melaza	30
Urea	10
Aceite de Palma	35
Pocreatin	1.5
Total	1000
Rumensin	68 gramos



**Anexo 15.** Costo concentrado, ensilaje, y aceites utilizados.

Ingredientes	Libras	Precio (\$)	Cantidad (Precio/ presentación de venta)	Cantidad Requerida	Cantidad de compra	Total (\$)
Maíz molido	700.00	14.00	45.00 kg	318.18 kg	7.071 kg	98.990
Harina de soya	200.00	35.00	45.00 kg	90.91 kg	2.020 kg	70.707
Nutrivin	13.50	50.00	20.00 kg	6.14 kg	0.307 kg	15.341
Sal blanca	10.00	0.50	1.00 kg	4.55 kg	4.545 kg	2.273
Melaza	30.00	0.50	1.00 kg	13.64 kg	13.636 kg	6.818
Urea	10.00	23.00	45.00 kg	4.55 kg	0.101 kg	2.323
Aceite de Palma	35.00	0.70	1.00 L	18.00 L	12.600 L	8.820
Pocreatin	1.50	210.00	45.00 kg	0.68 kg	0.015 kg	3.182
Rumensin	0.15	123.00	25.00 kg	0.33 kg	0.013 kg	0.002
<b>Total(\$)</b> 10 quintales de concentrado						<b>208.79</b>
<b>Precio (\$)</b> por quintal						<b>20.88</b>
<b>Precio (L.)</b> por quintal						<b>480.21</b>

Componentes de la Ración	Precio (L.)	Cantidad	Total (L.)
Ensilaje/Semana/Grupo	41	18.22 qq	747.020
Aceite Maíz	23	11.2 L	257.6
Aceite Canola	23	11.2 L	257.6
Aceite de Palma	16.1	11.2 L	180.32