

**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**

**Luis Alejandro Marzano Barreda**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Honduras**

Noviembre, 2013

ZAMORANO  
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **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**

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

Presentado por

**Luis Alejandro Marzano Barreda**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 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**

Presentado por:

Luis Alejandro Marzano Barreda

Aprobado:

---

Francisco Javier Bueso, Ph.D.  
Asesor Principal

---

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

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

---

Celia Trejo, Ph.D.  
Asesora

## **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**

**Luis Alejandro Marzano Barreda**

**Resumen.** El perfil de ácidos grasos de la leche es el más complejo de todos. La leche puede contener ácidos grasos funcionales como omega 3, omega 6 y principalmente CLA (ácido linoleico conjugado). El objetivo de éste estudio fue determinar el cambio de perfil de ácidos grasos de la leche entera cruda de Zamorano a través de la alimentación suministrada a las vacas en verano e invierno; y la hora de ordeño. Se identificó y cuantificó ácidos grasos a través de cromatografía de gases y grasa total. Se utilizó diseño de parcelas divididas con medidas repetidas en el tiempo, siendo las parcelas principales las estaciones (verano e invierno) y las subparcelas el turno de ordeño (mañana y tarde), con separaciones de medias (LSMEANS y TUKEY). El porcentaje de grasa total fue mayor en la tarde (4.31%) que en la mañana (3.41%). El contenido de grasa saturada fue mayor en verano (73.58%) que invierno (66.31%). El contenido de grasa monoinsaturada aumentó significativamente del verano (20.29%) al invierno (26.37%). El contenido de ácidos grasos poliinsaturados aumentó significativamente del verano (1.83%) al invierno (1.94%). Las grasas trans fueron significativamente mayores en invierno (5.37%) que verano (4.28%). El contenido de CLA y omega 3 fueron significativamente mayores en invierno que el verano, no hubo diferencias en el contenido de omega 6. En conclusión el consumo de pasto fresco aumentó significativamente el porcentaje de grasa monoinsaturada, poliinsaturada, trans, CLA y omega 6; sin embargo el consumo de heno y ensilaje aumentó el contenido de grasa saturada.

**Palabras clave:** ácido linoleico conjugado, omega 3, omega 6, vaca lechera.

**Abstract:** The fatty acid profile of milk is the most complex of all. Milk may contain functional fatty acids like omega 3, omega 6 and mainly CLA (conjugated linoleic acid). The objective of this study was to determine the change in fatty acid profile of whole raw milk Zamorano through the feeding supplied to the cows in summer seasons (concentrate) and winter (grass) and milking time. It was as identified and quantified fatty acids through gas chromatography and total fat. It was used a split-plot design with repeated measures on time, being the main plots seasons (summer and winter), and subplots turn milking (morning and afternoon) with separation of means (LSMEANS and TUKEY). The percentage of total fat was higher in the afternoon (4.31%) than in the morning (3.41%). The saturated fat content was higher in the summer (73.58%) than winter (66.31%). Monounsaturated fat content significantly increased in summer (20.29%) than winter (26.37%). The content of polyunsaturated fatty acids significantly increased summer (1.83%) to winter (1.94%). Trans fats were significantly higher in winter (5.37%) than summer (4.28%). The content of CLA and omega 3 were significantly higher in winter than summer, there was no difference in the content of omega 6. In conclusion the grass intake significantly increased the percentage of monounsaturated fat, polyunsaturated, trans CLA and omega-3, in the other hand the consumption of hay and silage increased of saturated fat content.

**Keywords:** dairy cow, conjugated linoleic acid, omega 3, omega 6

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido . .....	iv
Índice de cuadros .....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>16</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>6 LITERATURA CITADA .....</b>	<b>18</b>
<b>7 ANEXOS .....</b>	<b>20</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Rangos de porcentajes de grasa total, grasa saturada, monoinsaturada, poliinsaturada, trans, omega 3, omega 6 y CLA de la leche de vaca (Holstein y Jersey) .....	2
2. Cambios en el porcentaje de grasa total de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.....	8
3. Cambios en el porcentaje de ácidos grasos saturados de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.....	9
4. Cambios en el porcentaje de pácidos grasos monoinsaturados de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.....	10
5. Cambios en el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.....	11
6. Cambios en el porcentaje de ácidos grasos trans de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.....	12
7. Cambios en el porcentaje de CLA (ácido ruménico) de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.....	13
8. Cambios en el porcentaje de omega 3 de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.....	14
9. Cambios en el porcentaje de omega 6 de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras; Febrero-Agosto de 2013.....	15
Anexos	Página
1. Tabla de calibración usada para GC (tiempos de elusión de ácidos grasos). .....	20
2. Promedio por fecha de ordeño de ácidos grasos presentes en la leche Zamorano, estación de verano.....	22
3. Promedio por fecha de ordeño de ácidos grasos presentes en la leche Zamorano, estación de invierno. ....	24
4. Tabla de alimentación con concentrado y heno durante los meses de muestreo, (en los meses se alimentó con 15 libras de ensilaje al día).....	26

5.	MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (Cuadro de abajo) aplicable a Grasa total .....	26
6.	MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (cuadro abajo) aplicable a Grasa saturada.....	26
7.	MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos (cuadro abajo) aplicable a Grasa monoinsaturada.....	27
8.	MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (cuadro abajo) aplicable a Grasa poliinsaturada.....	27
9.	MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (cuadro abajo) aplicable a Grasa trans. ....	27
10.	MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (cuadro abajo) aplicable a CLA. ....	28
11.	MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (cuadro abajo) aplicable a Omega 3.....	28
12.	MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (cuadro abajo) aplicable a Omega 6.....	29
13.	Cromatograma del perfil de ácidos grasos del suplemento energético (LACTOMIL) usado en el establo de Zamorano.....	29
14.	Formulación de concentrado para las vacas del ható lechero de Zamorano. ....	30
15.	Proceso de Biohidrogenación de las bacterias del rumen, y el paso de ácidos grasos al torrente sanguíneo y tejidos.....	30
16.	Flujo de proceso para extracción, cuantificación e identificación de grasa láctea.....	31
17.	Cromatogramas verano (arriba) e invierno (abajo) de la grasa de la leche entera cruda de Zamorano, diferencia en picos y áreas encontradas de la zona de trans.....	32
18.	Cambios en el porcentaje de grasa total de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013. ....	33
19.	Cambios en el porcentaje de ácidos grasos saturados de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.....	34
20.	Cambios en el porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013. ....	35
21.	Cambios en el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013. ....	36

22.	Cambios en el porcentaje de ácidos grasos trans de la leche cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.....	37
23.	Porcentaje de CLA (ácido ruménico) de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, 2013.....	38
24.	Cambios en el porcentaje de omega 3 de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.....	39
25.	Cambios en el porcentaje de omega 6 de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.....	40

## 1. INTRODUCCIÓN

La leche de los bovinos contiene gran cantidad de ácidos grasos, cerca de 400 ácidos grasos diferentes, aunque se ha apuntado como número más realista 30; debido a que los demás se encuentran en cantidades traza (Pérez *et al.* 1998). La leche de vaca (*Bos taurus*) contiene del 2 al 5 % de lípidos de los cuales el 70% son ácidos grasos saturados y 30% de insaturados. (Martínez-Borraz *et al.* 2010). La grasa de esta leche es considerada como la más compleja de las grasas comestibles, ya que en ella se han encontrado cerca de 400 ácidos grasos cuyas longitudes de cadena van desde C<sub>2</sub> hasta C<sub>28</sub> siendo estos saturados, insaturados, pares, impares, de la configuración cis o trans y conjugados y no conjugados. (Rico *et al.* 2007). Algunos de estos ácidos grasos se les ha asociado con propiedades importantes para la salud de las personas, que pueden ser incrementadas aún más al modificar el perfil de ácidos grasos.

La grasa de la leche es uno de los principales componentes, ya que explica las características físicas y organolépticas de la leche. En cuanto al contenido de grasa total varía mucho; la alimentación con cantidades moderadas de grasa saturada, jabones cálcicos y grasas encapsuladas, no tiene efecto a aumentar la concentración de grasa. Sin embargo el intervalo de ordeño es un factor determinante para la cantidad de grasa total de la leche (Rodríguez *et al.* 2012).

La composición de la grasa láctea varía, sin embargo los ácidos grasos predominantes son los saturados de cadena corta C<sub>4</sub>-C<sub>10</sub> y media (laúrico, mirístico y palmítico) que representan el 50% del total de ácidos grasos, los de cadena larga (esteárico y oleico) representado el 45%, y los ácidos grasos insaturados (linoleico y linoléico). El resto derivados de la hidrogenación bacteriana, como trans e isómeros conjugados del ácido linoleico (Fuentes Álvarez 2009). Sin embargo no se evidencia cambios en perfil de ácidos grasos por la hora e intervalo de ordeño estudios anteriores (Rodríguez *et al.* 2012).

Entre los ácidos grasos potencialmente beneficiosos se encuentran los ácidos linoleicos conjugado (CLA por sus siglas en inglés) y el ácido trans-vaccénico (Rico *et al.* 2007). El contenido de ácidos grasos trans y CLA de la leche está basado en la alimentación que reciben las vacas dependiendo de la época del año; ensilaje de maíz y las pasturas tiernas tienen gran influencia en el contenido de estos ácidos grasos, ya que la composición de la dieta modifica el ambiente dentro del rumen (Fuentes Álvarez 2009). La presencia de CLA cis 9, trans 11; trans 11 cis 13 y ácido transvaccénico se debe a una dieta alta en pastos (Kramer *et al.* 2004).

Cuadro 1. Rangos de porcentajes de grasa total, grasa saturada, monoinsaturada, poliinsaturada, trans, omega 3, omega 6 y CLA de la leche de vaca (Holstein y Jersey).

<b>Grasa total y componentes de grasa</b>	<b>Rango</b>
Grasa total	2.58 - 4.26
Grasa saturada	56.20 - 60.21
Grasa monoinsaturada	26.20 - 33.27
Grasa poliinsaturada	3.15 - 4.00
Grasa trans	3.10 - 4.00
Omega 3	0.30 - 0.90
Omega 6	1.50-2.00
CLA	0.72-0.91

Fuentes: Chilliard *et al.* 2007, Fuentes 2009 y Rodríguez *et al.* 2012.

La leche es una de las mayores fuentes naturales de CLA que pueden ser modificados por factores como la alimentación. La concentración promedio del isómero cis-9, trans-11 CLA encontrada en la leche de vacas Holstein estabuladas en el noroeste de México en verano fue de 9.36 mg/g de grasa (junio  $10.78 \pm 0.41$ , julio  $8.50 \pm 0.37$  y agosto  $10.16 \pm 0.39$ ), la cual se considerada alta y similar a lo reportado en otros países con el mismo clima (templado). La cantidad de CLA en leche puede ser atribuida a la dieta por la presencia del 58.8 % de alfalfa, rica en ácidos grasos precursores del CLA (linoleico y linolénico) durante el verano (Martínez-Borraz *et al.* 2010).

En Zamorano se desconoce la incidencia de la alimentación de verano (concentrado) e invierno (pastos y forrajes) en el cambio de grasa total y perfil de ácidos grasos de la leche; contenido de ácidos grasos saturados e insaturados, como también ácidos grasos funcionales omega 3, omega 6 y CLA los cuales pueden representar un valor agregado a la leche.

La importancia de este estudio radica en conocer el perfil de ácidos grasos de la leche entera de Zamorano y la concentración de ácidos grasos trans y CLA, ya que la zona donde está ubicada la Escuela Agrícola Panamericana se caracteriza por presentar dos estaciones una seca y una lluviosa; la seca va de enero a abril y la lluviosa que empieza a mediados de mayo y finaliza en octubre (Servicio Meteorológico Nacional de Honduras 2011) en las cuales la alimentación del ganado cambia, lo que modificaría el perfil de ácidos grasos; más no el intervalo de ordeño (Rodríguez *et al.* 2012). Por lo cual se han encontrado ácidos grasos beneficiosos en la leche, los mismos que pueden ser mencionados en la etiqueta del producto, convirtiéndose en un alimento funcional, lo que le da un valor agregado a la leche.

Al mismo tiempo, la industria láctea está diversificando sus productos hacia la línea de alimentos funcionales. En la planta de lácteos de Zamorano no se tiene un producto de alimento funcional, que otras industrias están desarrollando. Por las razones antes descritas, los objetivos de este estudio fueron los siguientes:

- Determinar los cambios en porcentajes de grasa total en la leche entera cruda de Zamorano como consecuencia de las dietas suministradas con diferentes fuentes de forraje en verano e invierno; y la hora de ordeño.
- Determinar la incidencia que tuvieron las dietas suministradas de diferentes fuentes de forraje en verano e invierno; y la hora de ordeño en la producción de ácidos grasos saturados, insaturados y trans de la leche entera cruda de Zamorano.
- Determinar la incidencia que tuvieron las dietas suministradas de diferentes fuentes de forraje en verano e invierno; y la hora de ordeño en la producción de ácidos grasos funcionales (CLA's, omega 3, omega 6) de la leche entera cruda de Zamorano.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del estudio.** Se realizó en tres áreas: en el establo de Zamorano para la toma de muestras de leche, en la Planta de Lácteos de Zamorano, para el análisis de contenido de grasa, y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos para el perfil de ácidos grasos. Todos éstos, están localizados en el Departamento de Francisco Morazán, km 32 al este de Tegucigalpa, Honduras.

**Materia Prima.** Muestras de leche entera cruda de las vacas Holstein, Pardo Suizo, Jersey y sus encastes, extraídas de los dos ordeños en la mañana (4:00 – 7:00 a.m) y en la tarde (2:00 – 4:20 p.m); de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

**Reactivos.** Utilizados para el método de perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases:

- Hidróxido de potasio (99% pureza) pellets, Merck CAS 1310-58-3.
- Metanol (MeOH) grado HPLC  $\geq 99.9\%$ , Merck CAS 67-56-1.
- Sulfato de sodio, grado de reactivo 97%, Fluka CAS 7757-82-6.
- Ácido Sulfúrico reactivo ACS 95-97%, Merck CAS 7664-93-9.
- Estándar de referencia FAME MIX GLC-714, 20 mg/mL en isooctano, ampolle de 100 mg, Nucheck Prep.
- Estándar de referencias FAME MIX GLC-463, 20 mg/mL en isooctano, ampolle de 100 mg, Nucheck Prep.
- Isooctano grado reactivo de 99.5% pureza, Merck CAS 540-84-1.

**Equipo y materiales.** Utilizados para el método de perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases:

- Cromatógrafo de Gases Agilent 7890 A GC system, con detector FID.
- Viales ámbar 2 ml Teflon<sup>TM</sup>.
- Balanza analítica, Mettler AE 200.
- Botella Nalgene® 500 mL.
- Butirómetros Garver.
- Centrifugadora Garver Electrífuge Model 224.
- Pipetas (1mL) PYREX.
- Pipeta EPPENDORF ( con acople de 50 mL)
- Columna capilar: SP<sup>TM</sup> 2560 de sílice fundida 100 m, y 25 mm, espesor de 0,20  $\mu\text{m}$  100 % de cianopropil silicón de fase estacionaria.

- Micro jeringa con aguja, para cromatografía de gases 10 µL.
- Hidrogeno 99.999% como gas de acarreo.
- Gases de llama: hidrogeno y aire, para cromatografía de gases.
- Generador de hidrógeno Parker Balston para cromatografía de gases.
- Puerto de inyección Split liner 4mm i.d.; 6,6 mm o.d. x 75 mm
- Beaker 50 mL PYREX.

**Diseño Experimental.** Se usó un diseño experimental de parcelas divididas donde las dos parcelas principales fueron las épocas del año (verano e invierno) y las sub parcelas fueron los dos ordeños (mañana y tarde), con tres repeticiones. Adicionalmente se tomaron medidas repetidas por 3 meses cada 15 días por estación. En la estación de verano se tomó datos desde el empezó el 15 de febrero hasta el 9 de mayo; y la de invierno desde el 23 de mayo hasta el 15 de agosto.

Todos los animales estuvieron bajo las mismas condiciones de manejo y alimentación: en invierno (mayo–octubre) fueron trasladadas a los potreros cercanos al establo y alimentadas con pasto estrella (*Cynodon nlemfluenencis*), transvala (*Digitaria eriantha*), tobiatá (*Panicum maximun*) y agua *ad libitum*. De acuerdo a los niveles de producción las vacas fueron distribuidas en grupos: alta, media y baja producción; se les suministró una dieta que consiste en 0.42 kg/litro de leche producida, 0.1 kg/vaca/día de bicarbonato, 0.06 kg/vaca/día de fondosal, 0.03 kg/vaca/día de heno y 10 kg/vaca/día de ensilaje de maíz o sorgo, todos los ingredientes totalmente mezclados. En verano (noviembre-abril) la alimentación se basó en una ración totalmente mezclada que incluyó 0.96 kg/vaca/día de concentrado/litro de leche producida, 1.15 kg/vaca/día de heno, 35 kg/vaca/día de ensilaje de maíz o sorgo, 0.1 kg/vaca/día de bicarbonato y 0.06 kg/vaca/día de fondosal, todos los ingredientes totalmente mezclados. De igual manera las vacas fueron distribuidas en grupos en base a la producción como en la época lluviosa (Madrid y Matamoros 2013).

**Muestreo de leche entera cruda del establo.** En la estación de verano se empezó a muestrear desde el 15 de febrero hasta el 9 de mayo, y en el invierno de 23 de mayo hasta el 15 de agosto. La leche se muestreó de acuerdo a la norma ISO, de acuerdo al inciso 9.3.2.2 la leche se agitó manualmente; en dado caso que el tanque esté programado con una agitación periódica, el muestreo se realizó 2 minutos después de la agitación. En caso de que la hélice esté cerca de la superficie, no usar, porque provoca formación de espuma. En el día de muestreo se tomó tres repeticiones de 300 mL de la mañana y tres repeticiones de 300 mL de la tarde (ISO 707 IDF 50 2008).

**Extracción de grasa láctea.** Se siguió los pasos del método Babcock AOAC. 989.04. Se hizo un triplicado para cada repetición: 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 se derivatizó a través de la transesterificación de ácidos grasos, con los siguientes pasos:

- Se tomó 6 gotas de la muestra de triglicérido y colocar en tubo de ensayo.
- Luego se adicionó 0.8 ml de isooctano en solución metanol al 2M.
- Se dejó agitar 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 reposó 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 quedó listo para análisis cromatográfico.

**Análisis Cromatográfico.** Se hizo 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 los estándares GLC-714 y GLC-463 y la cuantificación a través de la integración de áreas de los cromatogramas, calculando en porcentaje cada área con respecto a la línea base.

**Análisis Estadístico.** El análisis de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (PROC GLM) con la opción de análisis de medidas repetidas en el tiempo (REPEATED MEASURES) para determinar cuál fue el efecto de la estación y la hora de ordeño en el contenido total de grasa, ácidos grasos saturados, insaturados y trans; y en los ácidos grasos funcionales (CLA's, omega 3 y omega 6). En caso que el modelo fuese significativo se vio la significancia de la covariable tiempo, y la significancia de los tratamientos (estación y hora de ordeño) y su interacción a través de LS MEANS en el caso que existió interacción. De no haber interacción con el tiempo se realizó una separación de medias Tukey para determinar si existieron diferencias entre los tratamientos. Como herramienta de análisis se utilizará el programa estadístico SAS<sup>®</sup> versión 9.2.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Grasa total en la leche cruda de Zamorano.** El tiempo influyó en el porcentaje de grasa total, la prueba utilizada para la significancia de ésta covariable y la interacción con las variables turno de ordeño y estación, fue Wilks Lambda ( $P=0.009$ ). La interacción de los efectos turno de ordeño y estación fue significativa ( $P=0.02$ ), es decir ambos influyeron en el porcentaje de grasa total en la leche.

El turno de ordeño (mañana y tarde) y la estación determinaron el porcentaje de grasa total en la leche cruda de Zamorano (Cuadro 2). El contenido de grasa total en el turno de la tarde (4.31%) fue significativamente mayor que en la mañana (3.41%), lo que indica que el intervalo entre ordeño tuvo un alto nivel de importancia. El porcentaje de grasa total está dentro del rango (2.58 - 4.26%) según el Cuadro 1.

El ordeño de la mañana se realizó de 4:00 -7:00 a.m y el ordeño de la tarde fue 2:00 p.m-4:30 p.m; lo que significa el intervalo de ordeño es corto para la tarde, por lo tanto se concentran más los sólidos totales, subiendo así el contenido de grasa total de la leche (Rodríguez *et al.* 2012). Sin embargo el consumo de forrajes y lípidos insaturados resultan en una disminución del contenido de grasa total, que se conoce como síndrome de grasa baja; lo que produce la inhibición de síntesis de la grasa; debido a desórdenes en el proceso de biohidrogenación ruminal; como producción de ácidos grasos trans intermediarios que inhiben la codificación de enzimas lipogénicas y ácido graso sintetasa en la glándula mamaria (Fuentes Álvarez 2009).

Cuadro 2. Cambios en el porcentaje de grasa total de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.

Fecha de muestreo	VERANO		Fecha de muestreo	INVIERNO	
	Mañana	Tarde		Mañana	Tarde
	%Media ± DE	%Media ± DE		%Media ± DE	%Media ± DE
15-feb	3.27 ± 0.21 <sup>b/wx</sup>	4.17 ± 0.06 <sup>a/wx</sup>	23-may	3.47 ± 0.06 <sup>b/w</sup>	4.37 ± 0.06 <sup>a/wx</sup>
01-mar	3.03 ± 0.15 <sup>d/x</sup>	4.00 ± 0.10 <sup>b/xy</sup>	06-jun	3.47 ± 0.06 <sup>c/w</sup>	4.33 ± 0.06 <sup>a/wx</sup>
15-mar	3.57 ± 0.15 <sup>c/w</sup>	4.17 ± 0.06 <sup>b/wx</sup>	20-jun	3.43 ± 0.06 <sup>c/w</sup>	4.47 ± 0.06 <sup>a/w</sup>
01-abr	3.23 ± 0.06 <sup>b/wx</sup>	4.30 ± 0.10 <sup>a/w</sup>	04-jul	3.33 ± 0.12 <sup>b/w</sup>	4.23 ± 0.12 <sup>a/x</sup>
12-abr	3.33 ± 0.06 <sup>c/wx</sup>	3.87 ± 0.12 <sup>b/y</sup>	18-jul	3.47 ± 0.06 <sup>c/w</sup>	4.20 ± 0.10 <sup>a/x</sup>
24-abr	3.57 ± 0.06 <sup>c/w</sup>	4.13 ± 0.06 <sup>b/wx</sup>	01-ago	3.40 ± 0.10 <sup>c/w</sup>	4.37 ± 0.06 <sup>a/wx</sup>
09-may	3.43 ± 0.06 <sup>c/w</sup>	4.33 ± 0.06 <sup>a/w</sup>	15-ago	3.27 ± 0.06 <sup>d/w</sup>	4.20 ± 0.00 <sup>b/x</sup>

a, b, c, d = Valores en la misma fila con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS, P<0.05)

w, x, y = Valores en la misma columna con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey, P<0.05)

P = Probabilidad

1 DE = Desviación Estándar

**Grasa Saturada.** La covariable tiempo fue significativa en interacción con la estación (Prueba Wilks Lambda, P=0.009). La interacción del turno de ordeño y estación no fue significativa (P=0.47), sin embargo la estación fué significativa (P=0.0001) y el turno de ordeño también (P=0.003).

El consumo de alimentos balanceados determinó la cantidad de ácidos grasos saturados encontrados en la leche entera cruda de Zamorano; siendo más alto en la estación de verano (73.58%) que el invierno (66.31%). También el turno de ordeño mostró diferencias siendo mayor significativamente en la mañana (Cuadro 3). En éste estudio fue más alto el porcentaje de grasa saturada en los meses de verano, el contenido de grasa saturada está típicamente en el rango de 56.20 – 60.21% (Cuadro 1).

Esto se puede atribuir al consumo de suplemento energético, llamado Lactomil; y ensilaje suministrado en los meses de verano. Éste suplemento son sales cálcicas de ácidos grasos de aceite de palma, siendo el principal palmítico (16:0). Los suplementos lipídicos ricos en ácidos grasos de cadena media (12:0, 14:0 y 16:0) aumenta el contenido de grasa saturada en la leche (Chilliard *et al.* 2007). Sin embargo el consumo de dietas con cantidades elevadas de concentrado, reduce la biohidrogenación de las bacterias ruminales (*Butyrivibrio fibrisolvens*, *Megasphaera elsdenii* YJ-4 y *Anaerovibrio lipolytica*) lo que provoca reducción en el porcentaje de grasa saturada (Carulla y Pabon 2009).

Cuadro 3. Cambios en el porcentaje de ácidos grasos saturados de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.

Fecha de muestreo	VERANO		Fecha de muestreo	INVIERNO	
	Mañana	Tarde		Mañana	Tarde
	%Media ± DE <sup>1</sup>	%Media ± DE		%Media ± DE	%Media ± DE
15-feb	75.37 ± 0.95 <sup>a/wx</sup>	73.49 ± 0.38 <sup>b/wx</sup>	23-may	67.95 ± 0.46 <sup>c/wx</sup>	67.29 ± 0.55 <sup>c/w</sup>
01-mar	74.82 ± 2.05 <sup>a/wx</sup>	74.92 ± 1.55 <sup>a/w</sup>	06-jun	64.81 ± 0.46 <sup>b/xy</sup>	64.04 ± 1.08 <sup>b/x</sup>
15-mar	79.34 ± 5.14 <sup>a/w</sup>	74.44 ± 1.27 <sup>b/w</sup>	20-jun	64.30 ± 0.27 <sup>c/y</sup>	65.12 ± 0.41 <sup>c/wx</sup>
01-abr	73.94 ± 0.74 <sup>a/wx</sup>	73.21 ± 2.03 <sup>a/wx</sup>	04-jul	64.73 ± 0.79 <sup>b/xy</sup>	63.92 ± 0.34 <sup>b/x</sup>
12-abr	71.66 ± 2.66 <sup>ab/wx</sup>	72.88 ± 0.50 <sup>a/wx</sup>	18-jul	68.56 ± 3.16 <sup>bc/w</sup>	66.57 ± 0.13 <sup>c/wx</sup>
24-abr	75.53 ± 5.37 <sup>a/wx</sup>	71.17 ± 0.33 <sup>ab/xy</sup>	01-ago	69.15 ± 0.36 <sup>b/w</sup>	66.97 ± 0.87 <sup>b/wx</sup>
09-may	70.02 ± 0.80 <sup>a/x</sup>	69.38 ± 0.31 <sup>a/y</sup>	15-ago	67.34 ± 0.46 <sup>ab/wxy</sup>	65.20 ± 2.53 <sup>b/wx</sup>

a, b y c = Valores en la misma fila con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS, P<0.05)

w, x, y = Valores en la misma columna con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey, P<0.05)

P=Probabilidad

1 DE = Desviación Estándar

**Grasa Monoinsaturada.** La interacción de la covariable tiempo con la estación fue significativa (P=0.004). La interacción de la estación y turno de ordeño en el análisis de varianza no fue significativa (P=0.66), sin embargo los efectos de cada tratamiento fueron significativos: turno de ordeño (P=0.02) y estación (P=0.0001).

Se pudo observar que hubo diferencias entre los tratamientos (P<0.05). El contenido de grasa monoinsaturada aumentó significativamente (P=<.0001) del verano (20.29%) al invierno (26.37%). En la mayoría de fechas de muestreo no hubo diferencia en cuanto al turno de ordeño (Cuadro 4). En los meses de invierno se mantiene típicamente en el rango de 26.20 - 33.27% (Chilliard *et al.* 2007), pero en verano está debajo del rango reportado.

Éste incremento del porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados en invierno se debió al consumo de pastos frescos: estrella (*Cynodon nlemfluenencis*), transvala (*Digitaria eriantha*), tobiatá (*Panicum maximun*). Típicamente el contenido de ácidos grasos monoinsaturados es 26% de los ácidos grasos totales (Chilliard *et al.* 2007); siendo el ácido oleico el más representativo tanto en los meses de verano e invierno, éste ácido graso ocupa en promedio 21.41 - 24.25% de los ácidos grasos totales en invierno; lo que concuerda con estudios previos (Rico *et al.* 2007).

Cuadro 4. Cambios en el porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.

Fecha de muestreo	VERANO		Fecha de muestreo	INVIERNO	
	Mañana %Media ± DE <sup>1</sup>	Tarde %Media ± DE		Mañana %Media ± DE	Tarde %Media ± DE
15-feb	19.90 ± 1.05 <sup>b/wx</sup>	20.83 ± 0.94 <sup>b/wx</sup>	23-may	25.37 ± 0.50 <sup>a/wx</sup>	26.21 ± 0.46 <sup>a/wx</sup>
01-mar	18.73 ± 1.30 <sup>b/wx</sup>	17.50 ± 1.09 <sup>b/y</sup>	06-jun	27.46 ± 0.09 <sup>a/wx</sup>	28.19 ± 1.44 <sup>a/w</sup>
15-mar	15.62 ± 3.51 <sup>c/x</sup>	19.31 ± 0.87 <sup>b/xy</sup>	20-jun	27.86 ± 0.18 <sup>a/w</sup>	27.51 ± 0.37 <sup>a/wx</sup>
01-abr	20.32 ± 0.54 <sup>b/wx</sup>	20.21 ± 0.99 <sup>b/wx</sup>	04-jul	27.43 ± 0.65 <sup>a/wx</sup>	27.93 ± 0.40 <sup>a/wx</sup>
12-abr	18.23 ± 1.58 <sup>c/wx</sup>	20.83 ± 0.29 <sup>bc/wx</sup>	18-jul	23.49 ± 3.91 <sup>ab/x</sup>	26.35 ± 0.14 <sup>a/wx</sup>
24-abr	19.97 ± 4.70 <sup>b/wx</sup>	23.30 ± 0.21 <sup>ab/w</sup>	01-ago	23.66 ± 0.34 <sup>ab/wx</sup>	24.86 ± 0.68 <sup>a/x</sup>
09-may	24.49 ± 0.63 <sup>b/w</sup>	24.93 ± 0.11 <sup>b/w</sup>	15-ago	26.48 ± 0.69 <sup>ab/wx</sup>	27.76 ± 2.34 <sup>a/wx</sup>

a, b, c = Valores en la misma fila con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS, P<0.05)

w, x, y = Valores en la misma columna con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey, P<0.05)

P=Probabilidad

1 DE = Desviación Estándar

**Grasa Poliinsaturada.** La covariable tiempo fue significativa en su interacción con la estación y turno de ordeño (P=0.02), en el análisis de varianza no hubo interacción entre los tratamientos: el turno de ordeño y estación (P=0.09), sin embargo fue significativa la variable estación (P=0.05).

Se determinó que hubo diferencias en los tratamientos en contenido de grasa poliinsaturada por estación, y no por turno de ordeño (Cuadro 5). En éste estudio el contenido de grasa poliinsaturada fue bajo en la estación de verano; típicamente el contenido de grasa poliinsaturada está alrededor de 3.15 - 4.00%.

El contenido de ácidos grasos poliinsaturados aumentó significativamente (P=0.0467) del verano (1.83%) al invierno (1.94%). En los meses de invierno se disminuyó el consumo de concentrado y aumentó la alimentación con pastos. El consumo de forrajes frescos es suministro de ácidos grasos poliinsaturados (Carulla y Pabon 2009), comparada con forrajes conservados, ensilaje de maíz, que proveen un menor suministro de ácido linoleico y linolénico (Rico *et al.* 2007).

Cuadro 5. Cambios en el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.

Fecha de muestreo	VERANO		Fecha de muestreo	INVIERNO	
	Mañana	Tarde		Mañana	Tarde
	%Media ± DE	%Media ± DE		%Media ± DE	%Media ± DE
15-feb	1.18 ± 0.04 <sup>c/x</sup>	1.52 ± 0.11 <sup>b/yz</sup>	23-may	1.81 ± 0.15 <sup>a/wx</sup>	1.62 ± 0.12 <sup>ab/y</sup>
01-mar	2.09 ± 0.75 <sup>a/wx</sup>	2.58 ± 0.31 <sup>a/w</sup>	06-jun	2.04 ± 0.24 <sup>a/wx</sup>	1.98 ± 0.27 <sup>a/xy</sup>
15-mar	1.68 ± 0.78 <sup>a/wx</sup>	1.68 ± 0.08 <sup>a/yz</sup>	20-jun	2.11 ± 0.23 <sup>a/wx</sup>	2.14 ± 0.10 <sup>a/x</sup>
01-abr	1.44 ± 0.05 <sup>c/x</sup>	1.40 ± 0.10 <sup>c/z</sup>	04-jul	1.87 ± 0.11 <sup>b/wx</sup>	2.19 ± 0.23 <sup>a/x</sup>
12-abr	4.01 ± 1.89 <sup>a/w</sup>	2.11 ± 0.02 <sup>c/x</sup>	18-jul	2.22 ± 0.11 <sup>bc/w</sup>	1.96 ± 0.04 <sup>c/xy</sup>
24-abr	0.91 ± 0.11 <sup>c/x</sup>	1.54 ± 0.04 <sup>b/yz</sup>	01-ago	1.82 ± 0.09 <sup>a/wx</sup>	1.93 ± 0.08 <sup>a/xy</sup>
09-may	1.77 ± 0.05 <sup>c/x</sup>	1.82 ± 0.10 <sup>bc/xy</sup>	15-ago	1.76 ± 0.08 <sup>c/x</sup>	2.69 ± 0.19 <sup>a/w</sup>

a, b, c = Valores en la misma fila con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS, P<0.05)

w, x, y, z = Valores en la misma columna con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey, P<0.05)

P=Probabilidad

1 DE = Desviación Estándar

**Grasa Trans.** La covariable en interacción con la estación fue significativa (P=0.04), es decir el tiempo es un factor que influyó en el porcentaje de grasa trans. En el análisis de varianza la interacción turno de ordeño y estación no fue significativa (P=0.14), sin embargo el efecto de la estación fue significativo (P=<.0001).

Se encontró diferencia entre los tratamientos en cuanto a estación, siendo significativamente mayor la estación de invierno (5.37%) en contraste al verano (4.28%); sin embargo no se mostró diferencia en la fecha (12 de abril y 18 de julio) (Cuadro 6). El contenido de ácidos grasos trans fue 1% encima de lo normal, típicamente está dentro del rango de 3.10 - 4.00%.

El principal ácido graso trans encontrado en la leche fue el transvaccénico (18:1 t-11), aproximadamente 1.7% similar con estudio previo (Turpeinen *et al.* 2002). Las vacas del establo consumieron pastos frescos en los meses de invierno; a diferencia del verano que fue con otra fuente de forraje (sólo ensilaje y heno). Los pastos frescos son ricas fuentes de ácido oleico y linolénico; en el caso del ácido oleico puede ser biohidrogenado a trans-11 desde el carbono 6 hasta el 16; una dieta pobre en fibra produce ácidos grasos trans intermediarios como el 18:1 t-11 (Fuentes 2009).

Cuadro 6. Cambios en el porcentaje de ácidos grasos trans de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.

Fecha de muestreo	VERANO		Fecha de muestreo	INVIERNO	
	Mañana	Tarde		Mañana	Tarde
	%Media ± DE	%Media ± DE		%Media ± DE	%Media ± DE
15-feb	3.56 ± 0.43 <sup>b/wx</sup>	4.60 ± 0.79 <sup>ab/w</sup>	23-may	4.87 ± 0.10 <sup>a/yz</sup>	4.87 ± 0.26 <sup>a/xy</sup>
01-mar	4.36 ± 0.53 <sup>b/wx</sup>	5.00 ± 1.05 <sup>ab/w</sup>	06-jun	5.70 ± 0.28 <sup>a/wx</sup>	5.80 ± 0.21 <sup>a/w</sup>
15-mar	3.36 ± 0.89 <sup>c/x</sup>	4.56 ± 0.42 <sup>b/w</sup>	20-jun	5.68 ± 0.09 <sup>a/wx</sup>	5.24 ± 0.26 <sup>ab/x</sup>
01-abr	4.30 ± 0.16 <sup>b/wx</sup>	5.17 ± 1.24 <sup>ab/w</sup>	04-jul	5.97 ± 0.06 <sup>a/w</sup>	5.94 ± 0.20 <sup>a/w</sup>
12-abr	6.14 ± 2.08 <sup>a/w</sup>	4.18 ± 0.33 <sup>a/w</sup>	18-jul	5.57 ± 0.44 <sup>a/wx</sup>	5.12 ± 0.05 <sup>a/x</sup>
24-abr	3.59 ± 0.58 <sup>c/wx</sup>	4.00 ± 0.10 <sup>c/w</sup>	01-ago	5.33 ± 0.07 <sup>b/xy</sup>	6.24 ± 0.22 <sup>a/w</sup>
09-may	3.72 ± 0.23 <sup>b/wx</sup>	3.86 ± 0.20 <sup>b/w</sup>	15-ago	4.42 ± 0.21 <sup>a/z</sup>	4.45 ± 0.10 <sup>a/y</sup>

a, b, c = Valores en la misma fila con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS, P<0.05)

w, x, y, z = Valores en la misma columna con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey, P<0.05)

P=Probabilidad

1 DE = Desviación Estándar

**Porcentaje de Ácido Linoleico Conjugado (CLA).** La interacción de la covariable (tiempo) y la variable (estación) fue significativo (P=0.0006), sin embargo no mostró significancia con la variable turno de ordeño. En el análisis de varianza no fue significativa la interacción turno de ordeño y estación (P=0.58), pero sólo el efecto de estación fue significativo (Pr=<.0001).

Se determinó diferencia entre tratamientos en cuanto a estación (verano e invierno), siendo significativamente mayor en invierno (0.74%) que el verano (0.11%). El contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) apareció a partir de los meses de abril y mayo (verano); sin embargo tuvo menor proporción a diferencia del meses de invierno. No hubo diferencia en cuanto a turno de ordeño (mañana y tarde). El único ácido linoleico conjugado encontrado en éste estudio fue el ácido ruménico (18:2 cis-9, t-11) (Cuadro 7). Éste estudio presenta porcentajes de CLA dentro de lo normal, típicamente el rango es 0.72 - 0.91%.

El CLA es producido por la biohidrogenación en el rumen por las bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens* y en disfunciones por *Megasphaera elsdenii* (Kramer *et al.* 2004 y Carulla y Pabon 2009). En el estudio se evidencia el CLA durante la estación de invierno, cuando las vacas empezaron a consumir pastos frescos. Las vacas alimentadas con pastos suben el nivel de cis-9, t-11 CLA, t-11, cis-13 CLA y transvaccénico en la leche (Dhiman *et al.* 1999, Kramer *et al.* 2004, Rico *et al.* 2007, Chilliard *et al.* 2007, Fuentes 2009 y Martínez-Borraz *et al.* 2010). En el mes de verano las vacas consumieron que en el invierno, lo que ocasiona que no haya producción de CLA debido al cambio de pH ruminal y sólo se sintetice intermediarios trans como t-11 y t-10 18:1 (Carulla y Pabon 2009). La aparición de CLA a partir del 24 de abril es probable que se deba a un disfunción del rumen ya sea a causa de la alimentación o el estrés (Rodríguez *et al.* 2012).

Cuadro 7. Cambios en el porcentaje de CLA (ácido ruménico) de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.

Fecha de muestreo	%		Fecha de muestreo	%	
	VERANO			INVIERNO	
	Mañana Media ± DE <sup>1</sup>	Tarde Media ± DE		Mañana Media ± DE	Tarde Media ± DE
15-feb	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	23-may	0.63 ± 0.02 <sup>a/xy</sup>	0.68 ± 0.12 <sup>a/wx</sup>
01-mar	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	06-jun	0.74 ± 0.14 <sup>a/wxy</sup>	0.80 ± 0.12 <sup>a/wx</sup>
15-mar	0.00 ± 0.00 <sup>c/x</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c/x</sup>	20-jun	0.82 ± 0.02 <sup>a/wx</sup>	0.69 ± 0.14 <sup>b/wx</sup>
01-abr	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	04-jul	0.86 ± 0.06 <sup>a/w</sup>	0.89 ± 0.11 <sup>a/w</sup>
12-abr	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	18-jul	0.74 ± 0.06 <sup>a/wxy</sup>	0.73 ± 0.02 <sup>a/wx</sup>
24-abr	0.35 ± 0.08 <sup>b/w</sup>	0.40 ± 0.02 <sup>b/w</sup>	01-ago	0.78 ± 0.04 <sup>a/wx</sup>	0.85 ± 0.07 <sup>a/wx</sup>
09-may	0.42 ± 0.01 <sup>b/w</sup>	0.38 ± 0.06 <sup>b/w</sup>	15-ago	0.56 ± 0.06 <sup>a/y</sup>	0.61 ± 0.03 <sup>a/x</sup>

a, b, c = Valores en la misma fila con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS, P<0.05)

w, x, y = Valores en la misma columna con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey, P<0.05)

P = Probabilidad

1 DE = Desviación Estándar

**Porcentaje de Omega 3.** La interacción de la covariable tiempo con el turno de ordeño y la estación fue significativa (P=0.03). La interacción de las variables turno de ordeño y estación, no fueron significativas (P=0.12), sin embargo la única variable que mostró significancia fue estación (P=<.0001).

El contenido de ácidos grasos omega 3 aumentó significativamente del verano (0.04%) al invierno (0.29%); no se encontró diferencia en los turnos de ordeño (mañana y tarde). Los ácidos grasos omega 3 aparecieron desde el 24 de abril, mes de verano (Cuadro 8). El único omega 3 encontrado fue alfa linolénico (18:3n3 cis-9, 12, 15). El contenido de omega 3 en la leche típicamente es 0.30 - 0.90% (Cuadro 1), lo que coincide con éste estudio.

En el invierno a las vacas se les suministró 3 tipos de pastos frescos descritos anteriormente, lo que aumenta el contenido de ácido linoleico y linolénico (Carulla y Pabon 2009). Sin embargo el consumo de ácido linolénico a través de dietas ricas en oleaginosas produce intermediarios productos de la biohidrogenación (18:0 y cis-9 18:1) (Chilliard *et al.* 2007).

Cuadro 8. Cambios en el porcentaje de omega 3 de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.

Fecha de muestreo	% VERANO		Fecha de muestreo	% INVIERNO	
	Mañana	Tarde		Mañana	Tarde
	Media ± DE	Media ± DE		Media ± DE	Media ± DE
15-feb	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	23-may	0.24 ± 0.04 <sup>a/w</sup>	0.20 ± 0.03 <sup>a/w</sup>
01-mar	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	06-jun	0.28 ± 0.05 <sup>a/w</sup>	0.31 ± 0.05 <sup>a/w</sup>
15-mar	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	20-jun	0.31 ± 0.08 <sup>a/w</sup>	0.25 ± 0.02 <sup>a/w</sup>
01-abr	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>b/x</sup>	04-jul	0.29 ± 0.03 <sup>a/w</sup>	0.34 ± 0.13 <sup>a/w</sup>
12-abr	0.00 ± 0.00 <sup>c/x</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c/x</sup>	18-jul	0.35 ± 0.04 <sup>a/w</sup>	0.24 ± 0.07 <sup>b/w</sup>
24-abr	0.00 ± 0.00 <sup>d/x</sup>	0.19 ± 0.03 <sup>c/w</sup>	01-ago	0.30 ± 0.02 <sup>b/w</sup>	0.35 ± 0.03 <sup>a/w</sup>
09-may	0.18 ± 0.01 <sup>b/w</sup>	0.19 ± 0.02 <sup>b/w</sup>	15-ago	0.29 ± 0.02 <sup>a/w</sup>	0.28 ± 0.02 <sup>a/w</sup>

a, b, c = Valores en la misma fila con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS, P<0.05)

w, x = Valores en la misma columna con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey, P<0.05)

P = Probabilidad

1 DE = Desviación Estándar

**Porcentaje de Omega 6.** La covariable tiempo mostró significancia interactuando con el turno de ordeño y la estación (P=0.0056). La interacción de las variables turno de ordeño y estación no fueron significativas (P=0.14), al igual que la variable estación (P=0.83)

El contenido de omega 6 fue estadísticamente igual en cuanto a estación (verano e invierno) (Cuadro 9). El único encontrado en verano fue el alfa linoleico (18:2n6 cis - 9,12); a diferencia del invierno que se encontró (18:2n6 cis-9,12 (alfa linoleico); 20:3n6 cis-8, 11, 14 (homogammalinoleico); 18:2n6t trans-9,12 (linoelaídico). El contenido típico de omega 6 en leche es 1.50 - 2.00%.

Los tratamientos fueron iguales debido a que en la estación de verano hubo alimentación con concentrado que contiene harina de coquito y torta de soya, lo que concuerda con estudios anteriores con granos oleaginosos y subproductos de palma (Chilliard *et al.* 2007). De la misma forma se mantuvo el contenido de omega 6 en invierno, debido a la dieta con pastos que es rica en ácido linoleico (Rico *et al.* 2007).

Cuadro 9. Cambios en el porcentaje de omega 6 de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras; Febrero-Agosto de 2013.

Fecha de muestreo	% VERANO		Fecha de muestreo	% INVIERNO	
	Mañana	Tarde		Mañana	Tarde
	Media ± DE <sup>1</sup>	Media ± DE		Media ± DE	Media ± DE
15-feb	1.18 ± 0.04 <sup>b/x</sup>	1.52 ± 0.11 <sup>a/yz</sup>	23-may	1.62 ± 0.08 <sup>a/wxy</sup>	1.46 ± 0.13 <sup>a/z</sup>
01-mar	2.09 ± 0.75 <sup>a/wx</sup>	2.58 ± 0.31 <sup>a/w</sup>	06-jun	1.86 ± 0.26 <sup>a/w</sup>	2.02 ± 0.11 <sup>a/wx</sup>
15-mar	1.68 ± 0.78 <sup>a/wx</sup>	1.68 ± 0.08 <sup>a/y</sup>	20-jun	1.69 ± 0.09 <sup>a/wx</sup>	1.77 ± 0.11 <sup>a/xyz</sup>
01-abr	1.44 ± 0.05 <sup>b/x</sup>	1.40 ± 0.10 <sup>b/yz</sup>	04-jul	1.67 ± 0.10 <sup>a/wxy</sup>	1.68 ± 0.07 <sup>a/xyz</sup>
12-abr	4.01 ± 1.89 <sup>a/w</sup>	2.11 ± 0.02 <sup>bc/x</sup>	18-jul	1.74 ± 0.07 <sup>c/wx</sup>	1.64 ± 0.08 <sup>c/yz</sup>
24-abr	0.91 ± 0.11 <sup>d/x</sup>	1.19 ± 0.05 <sup>c/z</sup>	01-ago	1.45 ± 0.05 <sup>b/xy</sup>	1.82 ± 0.10 <sup>a/xy</sup>
09-may	1.09 ± 0.64 <sup>b/x</sup>	1.48 ± 0.09 <sup>b/yz</sup>	15-ago	1.34 ± 0.08 <sup>b/y</sup>	2.29 ± 0.22 <sup>a/w</sup>

a, b, c, d = Valores en la misma fila con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS, P<0.05)

w, x, y, z = Valores en la misma columna con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey, P<0.05)

P = Probabilidad

1 DE = Desviación Estándar

#### **4. CONCLUSIONES**

- La leche ordeñada por la tarde tuvo un aumento significativo de grasa total con respecto a la mañana.
- La alimentación con forrajes frescos aumentó la grasa monoinsaturada, poliinsaturada y trans en la leche; y disminuyó la grasa saturada.
- La alimentación de la época lluviosa aumentó los porcentajes de CLA y omega 6 en la leche; sin embargo el contenido de omega 3 se mantuvo igual durante el estudio.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Evaluar efecto de estabulación de vacas con alimentación basada en semillas oleaginosas y pastos para modificar perfil de ácidos grasos.
- Implementar método completo de transesterificación según AOCS Ce 2b-11 para mejorar la identificación y cuantificación de ácidos grasos trans.

## 6. LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 2000. Fat in Raw Milk: Babcock Method. 33.2. 27.
- A.O.C.S. 2012. Direct Methylation of Lipids in food by Alkali Hydrolysis. Ce 2b-11(11).
- Carulla, J y M. SF. Pabon. 2009. Alimentación d la vaca lechera y componentes funcionales en la leche. Universidad Nacional de Colombia. 12p.
- Chilliard, Y; F. Glasser; F. Enjalbert; A. Ferlay; F. Bocquier y Ph. Schmidely. 2007. Resultados recientes sobre los efectos de la alimentación en la composición en ácidos grasos de la leche de vaca, cabra y oveja. Revista Argentina de producción animal 27(3): 197-213.
- Dhiman, T. R; G. R. Anand; L. D. Satter y M. W. Pariza. 1999. Conjugated Linoleic Acid Content of Milk from Cows Fed Different Diets. Journal of Dairy Science 82:2146-2156.
- Fuentes Álvarez, M. C. 2009. Modificación del perfil de ácidos grasos de la leche a través de la manipulación nutricional en vacas lecheras: el papel del rumen. Tesis Dr. Bellaterra, Universitat Autònoma de Barcelona. 203 p.
- Kramer, J.K.G; C.Cruz-Martínez; Z. Deng; J. Zhou; G. Jahreis y M.E.R. Dugan. 2004. Analysis of conjugated linoleic acid and trans 18:1 isomers in synthetic and animal products. The American Journal of Clinical Nutrition 79:1137S-1145S.
- ISO 707 IDF 50. 2008. Milk and milk products - Guidance on sampling. 3 ed. Switzerland. International Dairy Federation. p. 7-8.
- Madrid, A.M y Y. Matamoros. 2013. Inducción de celo y porcentaje de preñez en vacas con Catosal<sup>®</sup> o Calfosvit Se<sup>®</sup> al momento del retiro del implante intravaginal DIV-B<sup>®</sup>. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 14 p.
- Martinez-Borraz, A; S. Moya-Camarena; H. González-Ríos; J. Hernández y A. Pinelli-Saavedra. 2010. Contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en la leche de ganado lechero Holstein estabulado en el noroeste de México. Revista Mexicana Ciencias Pecuarias 1(3):221-235.
- Pérez Flores, N. A.; G. Díaz Gonzáles; R. Gutiérrez Tolentino; S. Vega y León; G. Urbán Carrillo; M. G. Prado Flores; M. M. Gonzáles López; A. Ramírez Ayala y M. E. Pinto. 1998. Composición en ácidos grasos de la grasa de leches pasteurizadas mexicanas. Revista Veterinaria Mexicana 29(4):329-335.

Rico, J; B. Moreno; M. Pabón y J. Carulla. 2007. Composición de la grasa láctea en la sabana de Bogotá con énfasis en ácido ruménico CLA cis 9, trans 11. Revista Colombiana Ciencias Pecuarias 20(1):30-39.

Rodríguez Neira, J. D; G. A. Correa Londoño y J. J. Echeverri Zuluaga. 2012. Prediction models for total milk yield and fat percentage using partial samples. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 66(1): 6909-6917.

Servicio Meteorológico Nacional de Honduras. 2011. Clasificación General del clima en Honduras. Consultado el 26 de junio de 2012. Disponible en: <http://www.smn.gob.hn/web/node/2094>.

Turpeinen, Ana M; M. Mutanen; A. Aro; I. Salminen; S. Basu; D. L. Palmquist y M. Griinari. 2002. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. The American Journal of Clinical Nutrition 76:504-10.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Tabla de calibración usada para GC (tiempos de elusión de ácidos grasos).

<b>Ácidos grasos de cadena corta</b>		<b>Tiempo de elución (minutos)</b>
04:0	Ácido butanoico (butírico)	8.056
05:0	Ácido pentanoico (valérico)	8.139
06:0	Ácido hexanoico (caproico)	8.233
07:0	Ácido heptanoico (enántico)	8.350
08:0	Ácido octanoico (caprílico)	8.504
09:0	Ácido nonanoico (pelargónico)	8.706
10:0	Ácido decanoico (cáprico)	8.962

<b>Ácidos grasos de cadena media</b>		<b>Tiempo de elución (minutos)</b>
11:0	Ácido undecanoico (undecílico)	9.299
12:0/11:1 cis-10	Ácido dodecanoico (laúrico)/ácido undecenoico	9.726
12:1 cis-11	Ácido dodecenoico	9.803
iso 13:0		9.890
anteiso 13:0		10.042
13:0	Ácido tridecanoico (tridecílico)	10.297
13:1 cis-12	Ácido tridecenoico	10.370
iso 14:0		10.519
14:0	Ácido tetradecanoico (mirístico)	11.018
14:1 cis-9	Ácido tetradecenoico (miristoleico)	11.125
iso 15:0/9t-14:1		11.336
anteiso 15:0		11.664
15:0	Ácido pentadecanoico (pentadecílico)	1.944

<b>Ácidos grasos de cadena larga</b>		<b>Tiempo de elución (minutos)</b>
iso 16:0		12.474
16:0	Ácido hexadecanoico (palmítico)	13.215
16:1n9t trans-9	Ácido hexadecenoico (palmitelaídico)	14.051
7c-13t-16:1/anteiso 17:0		14.155
16:1 cis-9	Ácido hexadecenoico (palmitoleico)	14.465
17:0	Ácido heptadecanoico (margárico)	14.843
17:1 cis-10	Ácido heptadecenoico (margárico)	16.421
18:0	Ácido octadecanoico (esteárico)	16.981
18:1n9t trans-9	Ácido octadecenoico (elaídico)	18.161
18:1n11t trans-11	Ácido octadecenoico (transvaccénico)	18.309
18:1n6c cis-6	Ácido octadecenoico (petroselínico)	18.587
18:1n9c cis-9	Ácido octadecenoico (oleico)	18.716
18:1 cis-11	Ácido octadecenoico (vaccénico)	18.995
19:0	Ácido nonadecanoico (nondecílico)	19.780
18:2n6t trans - 9,12	Ácido octadecadienoico (linoelaídico)	20.270
9t,12c-18:2/9c,12t-18:2		20.293
19:1 cis-7	Ácido nonadecenoico	21.666
18:2n6 cis - 9,12	Ácido octadecadienoico (alfa linoleico)	21.809
20:00	Ácido eicosanoico (araquídico)	23.511
18:3n6 cis - 6,9,12	Ácido octadecatrienoico ( $\gamma$ -linolénico)	24.705
20:1 cis-5	Ácido eicosenoico	25.191
20:1 cis-8	Ácido eicosenoico	25.758
20:1 cis-11	Ácido eicosenoico (gadoléico)	46.148
18:3n3 cis - 9,12,15	Ácido octadecatrienoico (linolénico)	26.414
20:2 cis - 11,14	Ácido eicosadienoico	31.083
22:00	Ácido docosanoico (behénico)	33.51
20:3n6 cis - 8,11,14	Ácido eicosatrienoico	33.988
20:3n3 cis - 11,14,17	Ácido eicosatrienoico	33.988
22:1 cis-13	Ácido docosenoico (erúcico)	34.882
20:4 cis - 5,8,11,14	Ácido eicosatetraenoico (araquidónico)	35.148
22:2 cis-13,16	Ácido docosadienoico	37.649
20:5n3 cis 5,8,11,14,17	Ácido eicosapentaenoico (EPA)	38.687
24:00:00	Ácido tetracosanoico (lignocérico)	39.569
22:3 cis - 13,16,19	Ácido docosatrienoico	40.843
24:1 cis-15	Ácido tetracosénico (nervónico)	41.119
22:5 cis - 7,10,13,16,19	Ácido docosapentaenoico (DPA)	45.578

Anexo 2. Promedio por fecha de ordeño de ácidos grasos presentes en la leche Zamorano, estación de verano.

<b>Ácidos grasos saturados</b>	<b>15-feb</b>	<b>01-mar</b>	<b>15-mar</b>	<b>01-abr</b>	<b>12-abr</b>	<b>24-abr</b>	<b>09-may</b>
04:0	6.18	14.94	15.95	8.35	10.13	9.85	3.44
06:0	1.91	2.46	2.48	2.09	2.94	1.28	1.11
07:0	1.62	2.55	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00
08:0	1.20	0.00	1.31	1.26	0.00	0.74	0.74
10:0	2.20	2.26	2.14	2.28	2.63	1.58	1.70
11:0	0.38	0.53	0.50	0.41	0.19	0.33	0.23
12:0	3.48	3.41	3.50	3.72	4.10	3.81	3.86
13:0	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.20
iso 13:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07
anteiso 13:0	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.12
iso 14:0	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.13
14:0	10.33	8.68	9.28	10.29	9.78	10.10	10.48
anteiso 15:0	0.79	0.99	0.81	0.74	0.48	0.46	0.49
15:0	2.25	2.34	2.14	1.96	2.52	1.68	1.71
iso 16:0	0.34	0.00	0.00	0.00	0.27	0.18	0.20
16:0	33.33	27.59	29.44	32.19	29.27	31.69	32.81
17:0	0.93	1.17	1.37	1.11	1.13	0.70	0.57
18:0	9.06	7.96	7.26	9.17	8.80	10.11	11.39
20:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.19
22:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.15
24:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.10

<b>Ácidos grasos monoinsaturados</b>	<b>15-feb</b>	<b>01-mar</b>	<b>15-mar</b>	<b>01-abr</b>	<b>12-abr</b>	<b>24-abr</b>	<b>09-may</b>
13:1 cis-12	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
14:1 cis-9	0.26	0.84	0.49	0.53	0.23	0.00	0.00
16:1 cis-9	1.62	2.73	2.03	1.78	1.70	1.51	1.50
17:1 cis-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.20
18:1n9c cis-9	17.14	12.93	13.20	16.65	15.81	19.05	21.69
18:1 cis-11	1.09	1.60	1.75	1.31	1.80	0.63	0.72
19:1 cis-7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.17
20:1 cis-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.23

<b>Ácidos grasos poliinsaturados</b>	<b>15-feb</b>	<b>01-mar</b>	<b>15-mar</b>	<b>01-abr</b>	<b>12-abr</b>	<b>24-abr</b>	<b>09-may</b>
18:2n6 cis - 9,12	1.35	2.33	1.68	1.42	3.06	0.99	1.30
18:3n3 cis - 9,12,15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.19
20:3n6 cis - 8,11,14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.16
20:4 cis - 5,8,11,14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.15

<b>Ácidos grasos trans</b>	<b>15-feb</b>	<b>01-mar</b>	<b>15-mar</b>	<b>01-abr</b>	<b>12-abr</b>	<b>24-abr</b>	<b>09-may</b>
iso 15:0/9t-14:1	0.52	0.82	0.49	0.53	0.62	0.25	0.25
16:1n9t trans-9	0.81	1.29	1.01	1.01	0.97	0.48	0.46
16:1 7c-13t/anteiso	0.82	0.83	0.87	0.90	1.05	0.59	0.56
17:0							
18:1n9t trans-9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:1n11t trans-11	2.23	2.56	2.08	2.83	3.14	1.90	1.88
18:2n6t trans - 9,12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:2 t9 c13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.22
18:2 t9 c12/c12 t 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.27
18:2 (c9,t11) CLA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.40

<b>Consolidado de ácidos grasos</b>	<b>15-feb</b>	<b>01-mar</b>	<b>15-mar</b>	<b>01-abr</b>	<b>12-abr</b>	<b>24-abr</b>	<b>09-may</b>
Σ Saturados	74.43	74.87	76.89	73.57	72.25	73.35	69.70
Σ Monoinsaturados	20.36	18.11	17.47	20.26	19.53	21.63	24.71
Σ Poliinsaturados	1.35	2.33	1.68	1.42	3.06	1.22	1.79
Σ Trans	3.86	4.68	3.96	4.74	5.16	3.79	3.79
Σ Omega 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.19
Σ Omega 6	1.36	2.34	1.68	1.42	3.06	1.05	1.29
Σ CLA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.40

Anexo 3. Promedio por fecha de ordeño de ácidos grasos presentes en la leche Zamorano, estación de invierno.

<b>Ácidos grasos saturados</b>	<b>23-may</b>	<b>06-jun</b>	<b>20-jun</b>	<b>04-jul</b>	<b>18-jul</b>	<b>01-ago</b>	<b>15-ago</b>
04:0	3.91	3.15	2.88	2.69	2.87	7.36	1.68
05:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
06:0	1.06	0.88	0.90	0.64	1.03	0.60	0.99
07:0	0.05	0.00	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02
08:0	0.68	0.58	0.61	0.51	0.71	0.52	0.72
09:0	0.03	0.00	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02
10:0	1.57	1.37	1.44	1.35	1.66	1.19	1.71
11:0	0.19	0.22	0.21	0.22	0.22	0.13	0.23
12:0	3.66	3.47	3.68	3.28	3.73	3.04	3.53
13:0	0.16	0.14	0.14	0.15	0.16	0.15	0.14
iso 13:0	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.05	0.04
anteiso 13:0	0.11	0.09	0.11	0.08	0.09	0.09	0.10
iso 14:0	0.11	0.14	0.13	0.13	0.15	0.12	0.16
14:0	9.89	9.25	9.58	9.47	10.32	9.34	9.68
anteiso 15:0	0.49	0.53	0.51	0.49	0.57	0.49	0.47
15:0	1.61	1.49	1.54	1.60	1.73	1.56	1.59
iso 16:0	0.20	0.18	0.26	0.24	0.26	0.29	0.23
16:0	30.42	28.07	27.64	28.30	29.71	29.09	32.67
17:0	0.65	0.61	0.53	0.65	0.69	0.68	0.64
18:0	12.20	13.41	13.73	13.68	13.03	12.62	11.95
19:0	0.17	0.29	0.24	0.27	0.23	0.26	0.18
20:0	0.17	0.25	0.22	0.20	0.17	0.23	0.26
22:0	0.11	0.13	0.12	0.13	0.11	0.12	0.11
24:0	0.13	0.12	0.10	0.13	0.10	0.14	0.15

<b>Ácidos grasos insaturados</b>	<b>23-may</b>	<b>06-jun</b>	<b>20-jun</b>	<b>04-jul</b>	<b>18-jul</b>	<b>01-ago</b>	<b>15-ago</b>
12:1 cis-11	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04
13:1 cis-12	0.14	0.14	0.13	0.13	0.15	0.12	0.11
14:1 cis-9	0.26	0.28	0.28	0.29	0.32	0.29	0.25
15:1 cis-10	0.20	0.23	0.25	0.24	0.25	0.26	0.23
16:1 cis-9	1.45	1.43	1.41	1.45	1.48	1.34	1.49
17:1 cis-10	0.18	0.24	0.23	0.24	0.23	0.25	0.17
18:1n9c cis-9	22.50	24.11	24.25	24.18	21.41	20.83	22.65
18:1 cis-11	0.64	0.84	0.65	0.64	0.67	0.62	1.13
19:1 cis-7	0.14	0.23	0.19	0.21	0.18	0.23	0.16
20:1 cis-11	0.23	0.27	0.23	0.23	0.18	0.29	0.23

<b>Ácidos grasos poliinsaturados</b>	<b>23-may</b>	<b>06-jun</b>	<b>20-jun</b>	<b>04-jul</b>	<b>18-jul</b>	<b>01-ago</b>	<b>15-ago</b>
18:2n6 cis - 9,12	1.22	1.39	1.35	1.27	1.36	1.19	1.06
18:3n3 cis - 9,12,15	0.22	0.29	0.28	0.32	0.30	0.33	0.29
20:3n6 cis - 8,11,14	0.12	0.14	0.13	0.14	0.10	0.13	0.10
20:4 cis - 5,8,11,14	0.15	0.18	0.15	0.18	0.15	0.17	0.16
22:5 cis - 7,10,13,16,19	0.00	0.00	0.24	0.12	0.18	0.06	0.16

<b>Ácidos grasos trans</b>	<b>23-may</b>	<b>06-jun</b>	<b>20-jun</b>	<b>04-jul</b>	<b>18-jul</b>	<b>01-ago</b>	<b>15-ago</b>
ISO 15:0/9t-14:1	0.26	0.28	0.28	0.29	0.32	0.30	0.25
16:1n9t trans-9	0.50	0.55	0.54	0.56	0.56	0.55	0.43
16:1 7c-13t/anteiso 17:0	0.62	0.67	0.67	0.68	0.66	0.64	0.54
18:1n9t trans-9	0.42	0.51	0.42	0.43	0.40	0.41	0.39
18:1n11t trans-11	2.07	2.35	2.36	2.67	2.34	2.51	1.89
18:2n6t trans - 9,12	0.20	0.32	0.25	0.26	0.23	0.32	0.18
18:2 t9 c13	0.20	0.27	0.21	0.20	0.18	0.24	0.17
18:2 t9 c12/c12 t 9	0.21	0.31	0.24	0.26	0.24	0.30	0.26
18:2 (c9,t11) CLA	0.66	0.77	0.75	0.87	0.74	0.82	0.56

<b>Consolidado de ácidos grasos</b>	<b>23-may</b>	<b>06-jun</b>	<b>20-jun</b>	<b>04-jul</b>	<b>18-jul</b>	<b>01-ago</b>	<b>15-ago</b>
Σ Saturados	67.62	64.42	64.71	64.33	67.65	68.08	67.34
Σ Monoinsaturados	25.79	27.82	27.69	27.68	24.92	24.26	26.48
Σ Poliinsaturados	1.71	2.00	2.14	2.03	2.09	1.87	1.76
Σ Trans	4.87	5.75	5.46	5.95	5.34	5.79	4.42
Σ Omega 3	0.22	0.30	0.28	0.33	0.30	0.33	0.29
Σ Omega 6	1.57	1.94	1.73	1.68	1.69	1.64	1.34
Σ CLA	0.66	0.77	0.75	0.87	0.74	0.82	0.56

Anexo 4. Tabla de alimentación con concentrado y heno durante los meses de muestreo, (en los meses se alimentó con 15 libras de ensilaje al día).

<b>Meses</b>	<b>Lbs concentrado/vaca</b>	<b>Pacas de heno/total de vacas</b>
Febrero	14.35	23.00
Marzo	15.50	20.25
Abril	14.36	23.00
Mayo	13.43	25.12
Junio	11.68	17.21
Julio	11.71	16.34
Agosto	11.04	17.00

Anexo 5. MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (Cuadro de abajo) aplicable a Grasa total.

<b>Efectos</b>	<b>Wilks Lambda (P&gt;F)</b>
Tiempo	0.112
tiempo×estación	0.001
tiempo×turno de ordeño	0.005
tiempo×estación×turno de ordeño	0.009

<b>Fuentes</b>	<b>P&gt;F</b>
estación	0.0003
Turno de ordeño	<.0001
estación×turno de ordeño	0.015

Anexo 6. MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (cuadro abajo) aplicable a Grasa saturada.

<b>Efectos</b>	<b>Wilks Lambda (P&gt;F)</b>
Tiempo	0.153
tiempo×estación	0.009
tiempo×turno de ordeño	0.641
tiempo×estación×turno de ordeño	0.301

<b>Fuente</b>	<b>P&gt;F</b>
estación	<.0001
Turno de ordeño	0.003
estación×turno de ordeño	0.465

Anexo 7. MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos (cuadro abajo) aplicable a Grasa monoinsaturada.

<b>Efectos</b>	<b>Wilks Lambda (P&gt;F)</b>
Tiempo	0.107
Tiempo×estación	0.004
Tiempo×turno de ordeño	0.826
Tiempo×estación×turno de ordeño	0.186

<b>Fuentes</b>	<b>P&gt;F</b>
Estación	<.0001
Turno de ordeño	0.018
Estación×turno de ordeño	0.659

Anexo 8. MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (cuadro abajo) aplicable a Grasa poliinsaturada.

<b>Efectos</b>	<b>Wilks Lambda (P&gt;F)</b>
Tiempo	0.004
Tiempo×estación	0.0703
Tiempo×turno de ordeño	0.0317
Tiempo×estación×turno de ordeño	0.0198

<b>Fuentes</b>	<b>P&gt;F</b>
Estación	0.0467
Turno de ordeño	0.7169
Estación×turno de ordeño	0.0971

Anexo 9. MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (cuadro abajo) aplicable a Grasa trans.

<b>Efectos</b>	<b>Wilks Lambda (P&gt;F)</b>
Tiempo	0.0121
Tiempo×estación	0.0397
Tiempo×turno de ordeño	0.0765
Tiempo×estación×turno de ordeño	0.0726

<b>Fuentes</b>	<b>P&gt;F</b>
Estación	<.0001
Turno de ordeño	0.0977
Estación×turno de ordeño	0.1370

Anexo 10. MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (cuadro abajo) aplicable a CLA.

<b>Efectos</b>	<b>Wilks Lambda (P&gt;F)</b>
Tiempo	0.0192
Tiempo×estación	0.0006
Tiempo×turno de ordeño	0.5716
Tiempo×estación×turno de ordeño	0.3473

<b>Fuentes</b>	<b>P&gt;F</b>
Estación	<.0001
Turno de ordeño	0.5262
Estación×turno de ordeño	0.5780

Anexo 11. MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (cuadro abajo) aplicable a Omega 3.

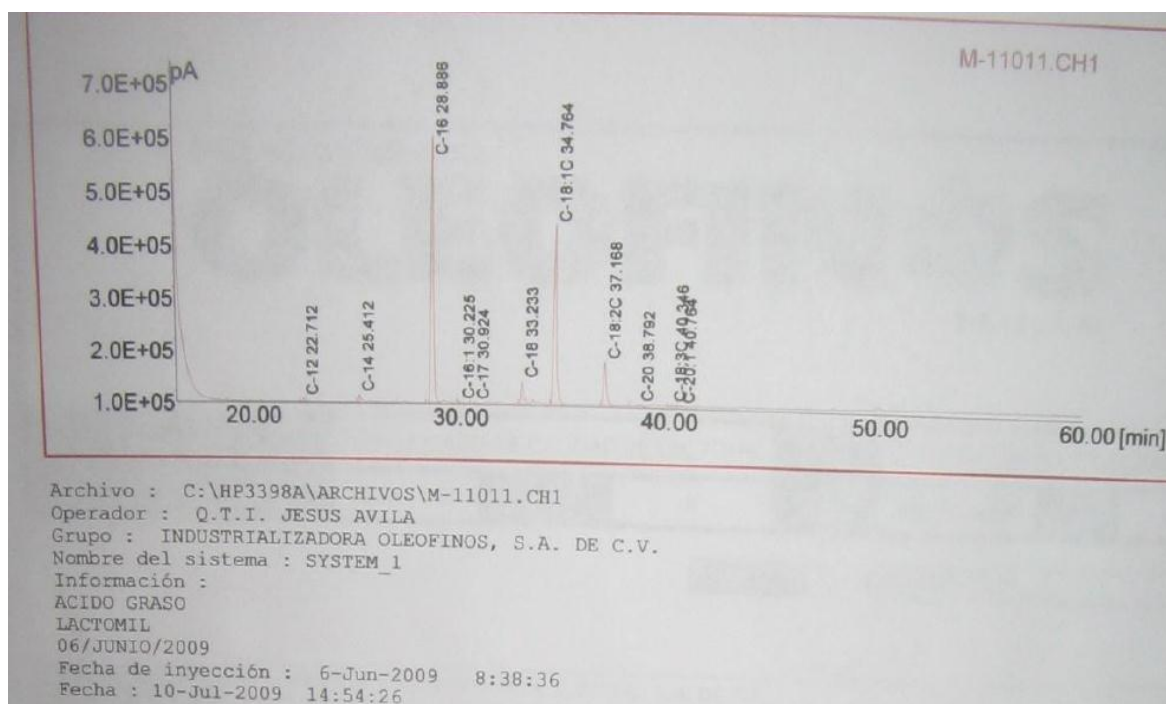
<b>Efectos</b>	<b>Wilks Lambda (P&gt;F)</b>
Tiempo	0.0027
Tiempo×estación	0.0006
Tiempo×turno de ordeño	0.0015
Tiempo×estación×turno de ordeño	0.0399

<b>Fuentes</b>	<b>P&gt;F</b>
Estación	<.0001
Turno de ordeño	0.5538
Estación×turno de ordeño	0.1204

Anexo 12. MANOVA (Prueba de Wilks Lambda) para significancia de covariable tiempo (cuadro arriba) y análisis de varianza de los efectos de tratamientos (cuadro abajo) aplicable a Omega 6.

Efectos	Wilks Lambda (P>F)
Tiempo	0.0024
Tiempo×estación	0.0056
Tiempo×turno de ordeño	0.0085
Tiempo×estación×turno de ordeño	0.0056

Fuentes	P>F
Estación	0.8344
Turno de ordeño	0.5525
Estación×turno de ordeño	0.144

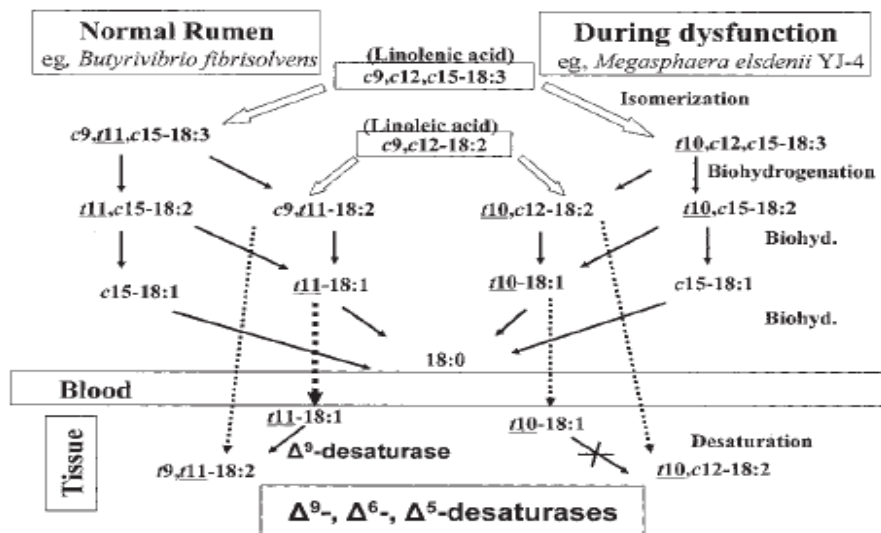


Anexo 13. Cromatograma del perfil de ácidos grasos del suplemento energético (LACTOMIL) usado en el establo de Zamorano.

Ingredient	%	AF kg	Cum. kg
Maíz Amarillo Molido	32.4369500	325	325
Torta de Soya 47 Solv.	31.0399900	310	635
Salvado de Trigo	12.7718700	130	765
H. de Coquito (ExpAj)	10.3147900	105	870
Melaza de Caña	6.8116660	70	940
<b>NUCLEO LECHERO ZAMORANO</b>	<b>2.3415100</b>	<b>23</b>	<b>963</b>
LACTOMIL	1.7029170	17	980
Bicarbonato de Sodio	1.2771870	13	993
Carbonato de Calcio	0.8773962	9	1002
SaltNaCl	0.4257291	4	1006
<b>Totals</b>	<b>100.0000000</b>	<b>1006</b>	

Vacas Grupo Alta: 26 Libras al día. Repartir en 4 a 6 veces y revisar que se mezcle bien con los forrajes.  
 Ensilaje: 48 libras  
 Heno: 4.5 libras  
 La dosificación en concentrado es de 13 libras por 1,000 (no va en el núcleo). Tampoco va el carbonato por eso se incluyeron en la fórmula.  
 Asegurar que el núcleo se incluye en 23 libras por cada 1,000 libras (2.3%)

Anexo 14. Formulación de concentrado para las vacas del hato lechero de Zamorano.

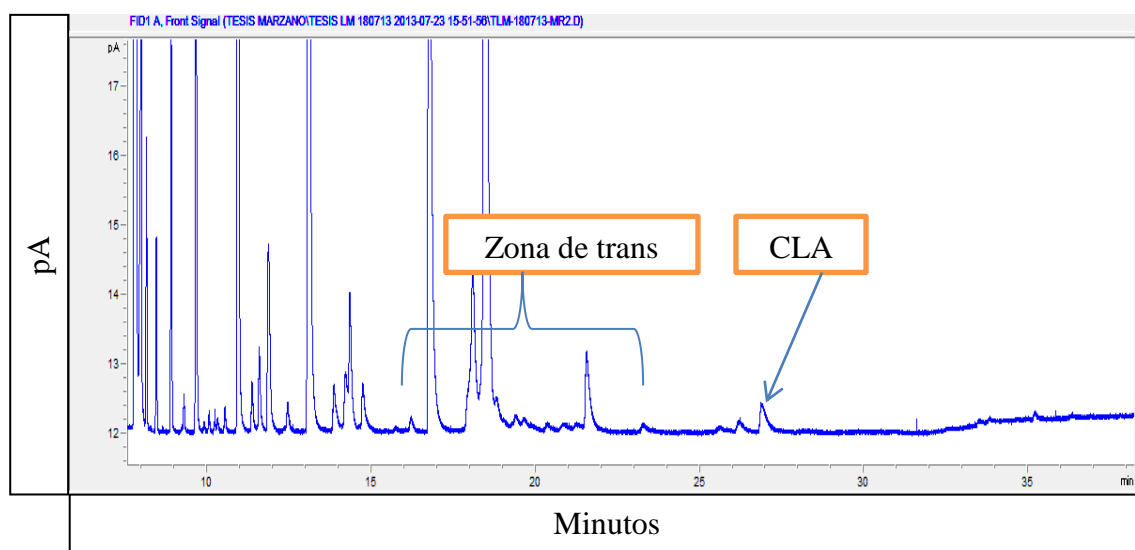
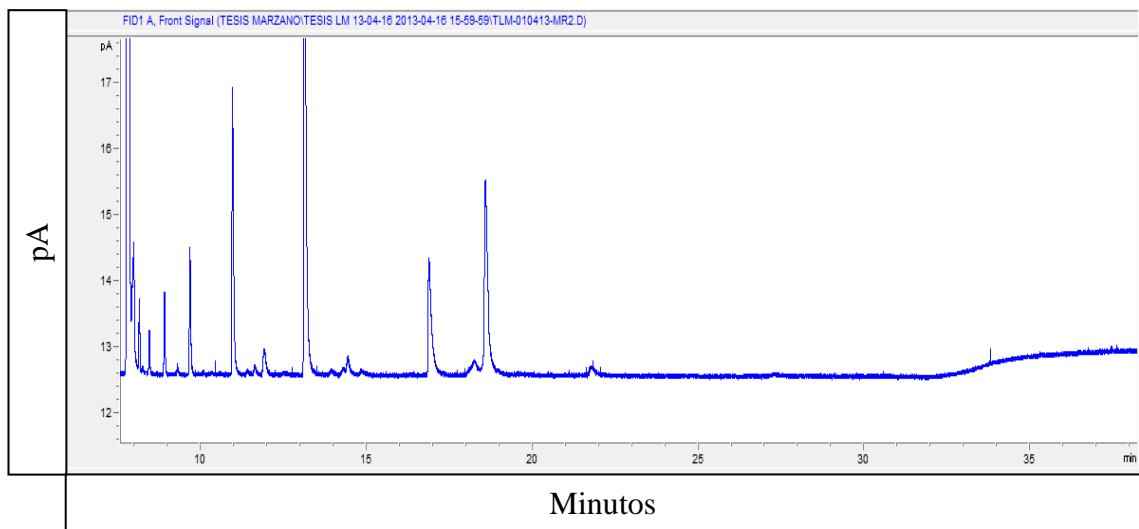


Fuente: Kramer *et al.* 2004.

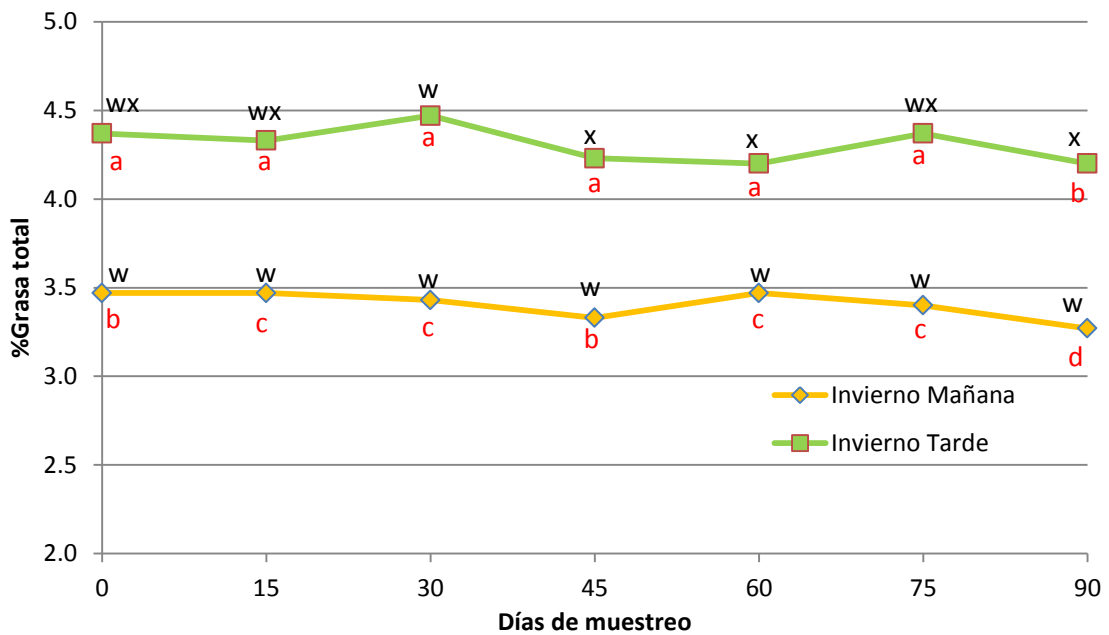
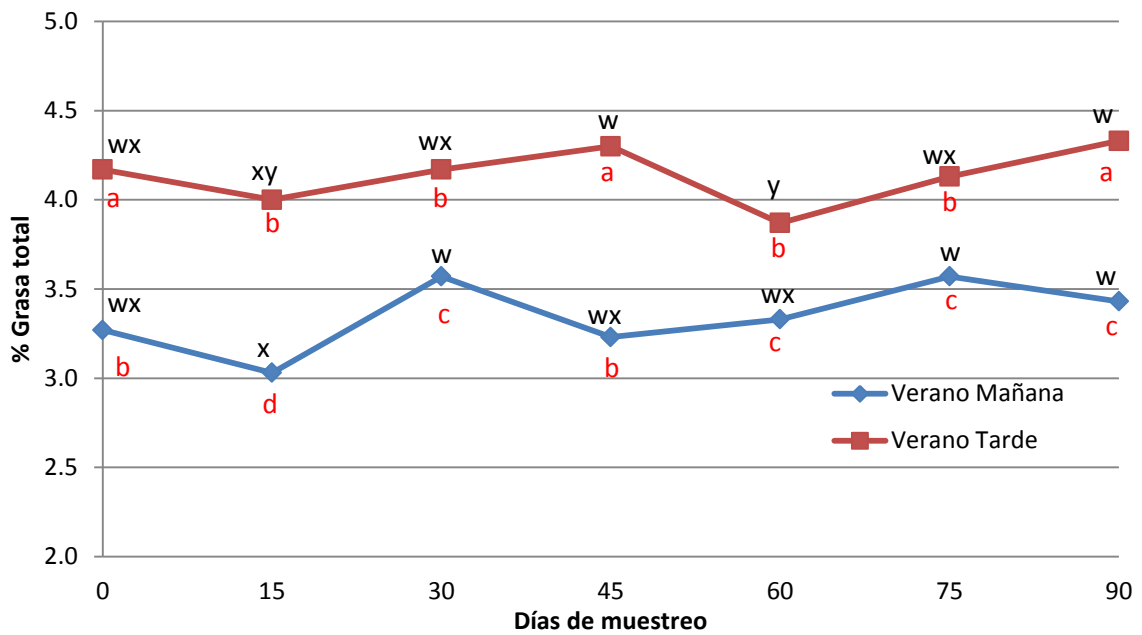
Anexo 15. Proceso de Biohidrogenación de las bacterias del rumen, y el paso de ácidos grasos al torrente sanguíneo y tejidos.



Anexo 16. Flujo de proceso para extracción, cuantificación e identificación de grasa láctea.



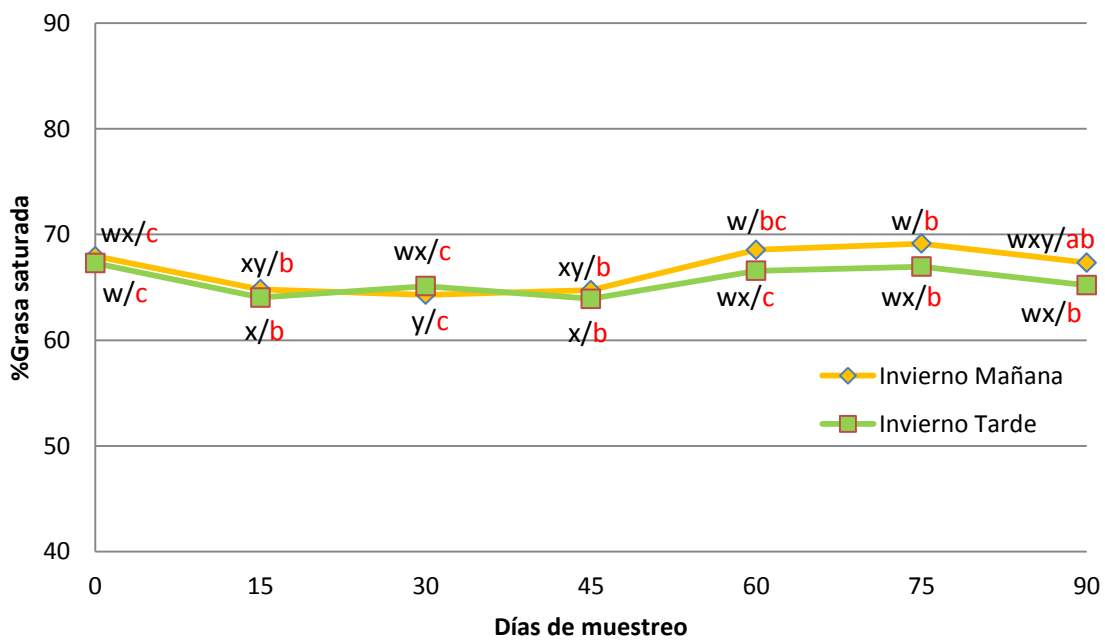
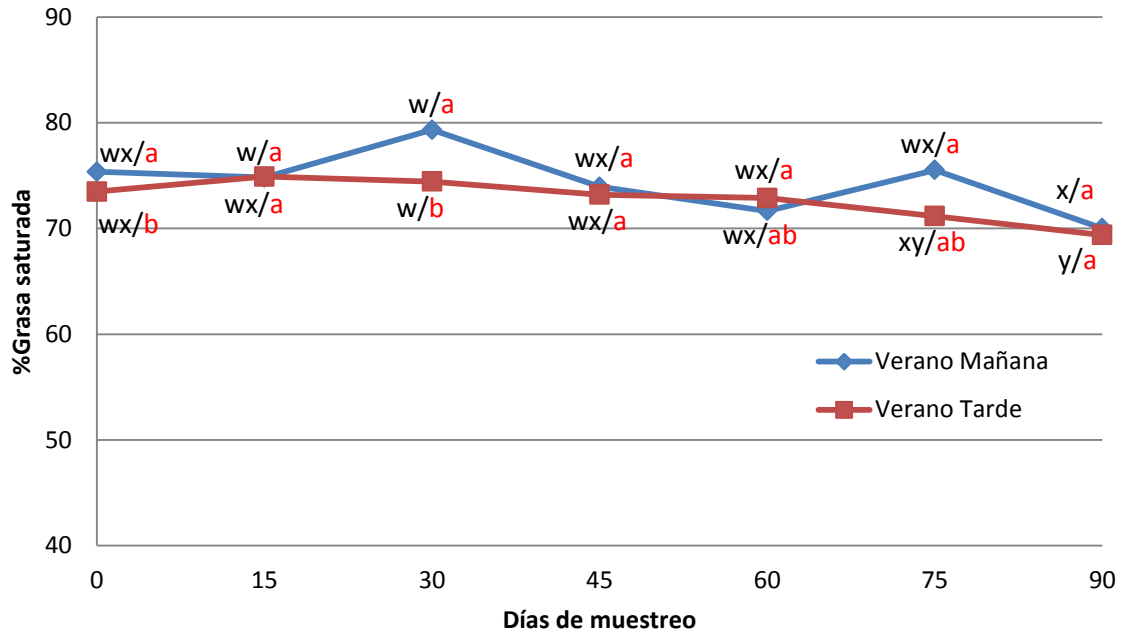
Anexo 17. Cromatogramas verano (arriba) e invierno (abajo) de la grasa de la leche entera cruda de Zamorano, diferencia en picos y áreas encontradas de la zona de trans.



a, b, c, d = Valores en sentido vertical con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS,  $P < 0.05$ )

w, x, y = Valores en sentido horizontal con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey,  $P < 0.05$ )

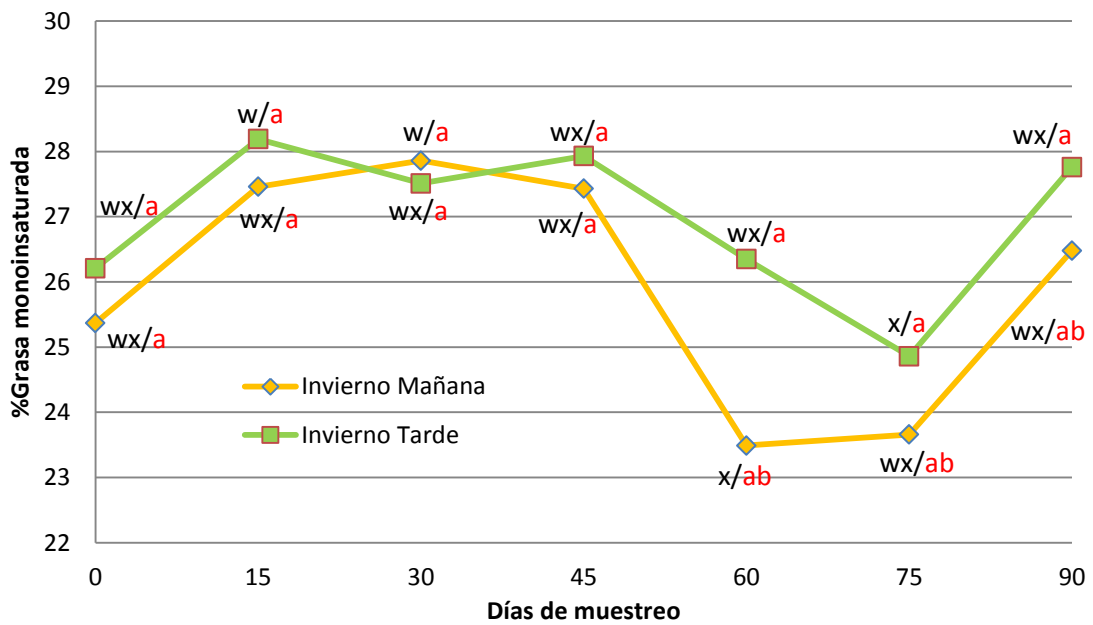
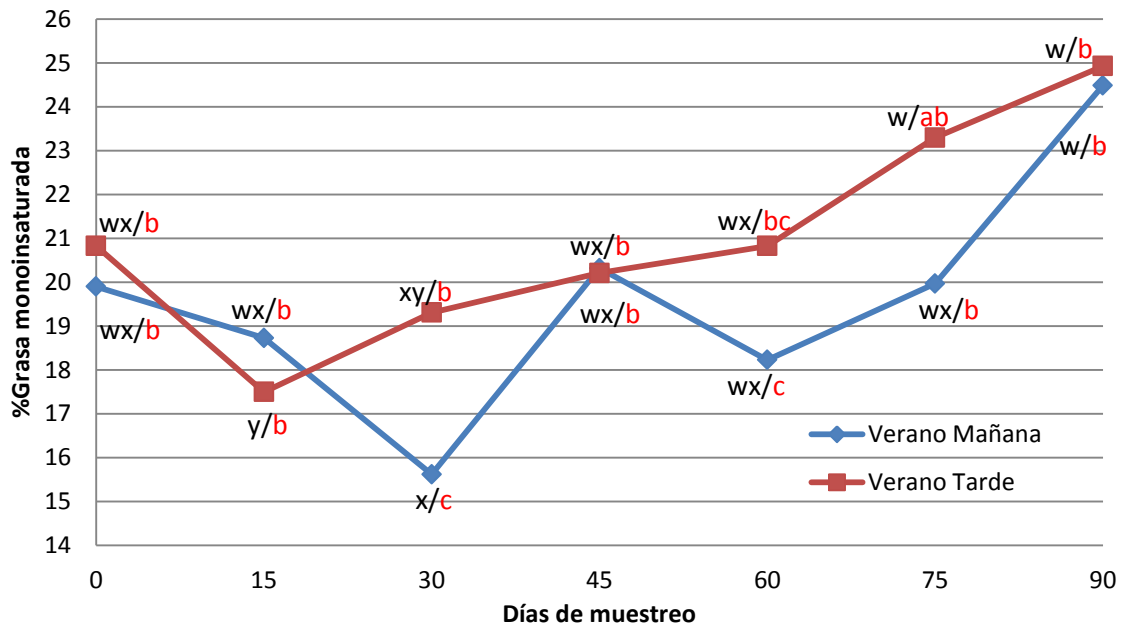
Anexo 18. Cambios en el porcentaje de grasa total de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.



a, b y c = Valores en sentido vertical con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS, P<0.05)

w, x, y, z = Valores en sentido horizontal con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey, P<0.05)

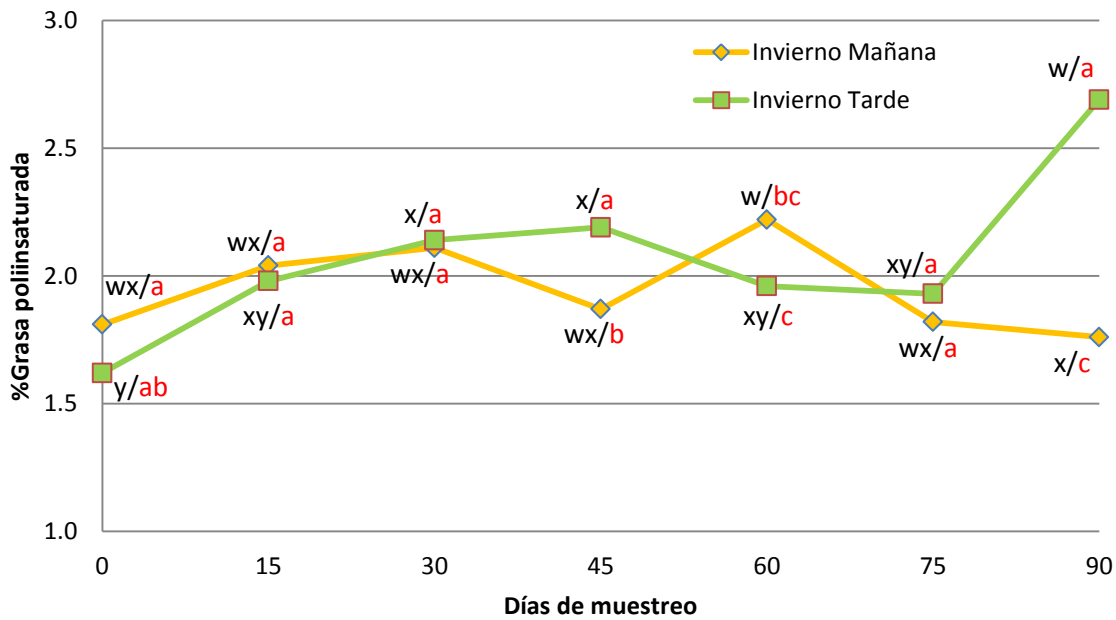
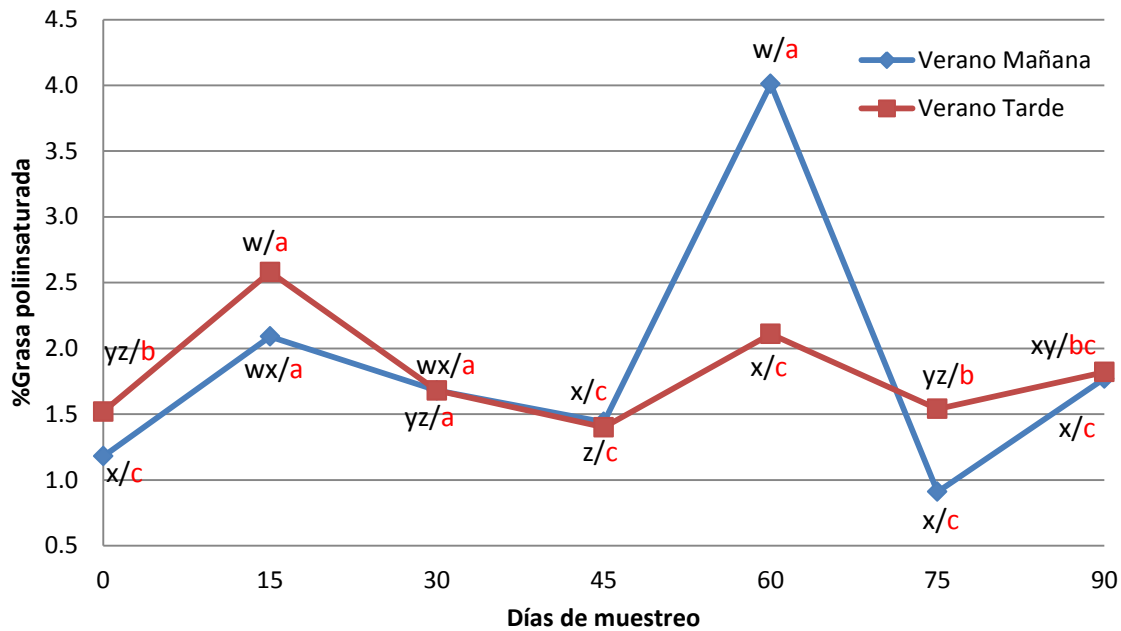
Anexo 19. Cambios en el porcentaje de ácidos grasos saturados de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.



a, b, c = Valores en sentido vertical con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS, P<0.05)

w, x, y = Valores en sentido horizontal con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey, P<0.05)

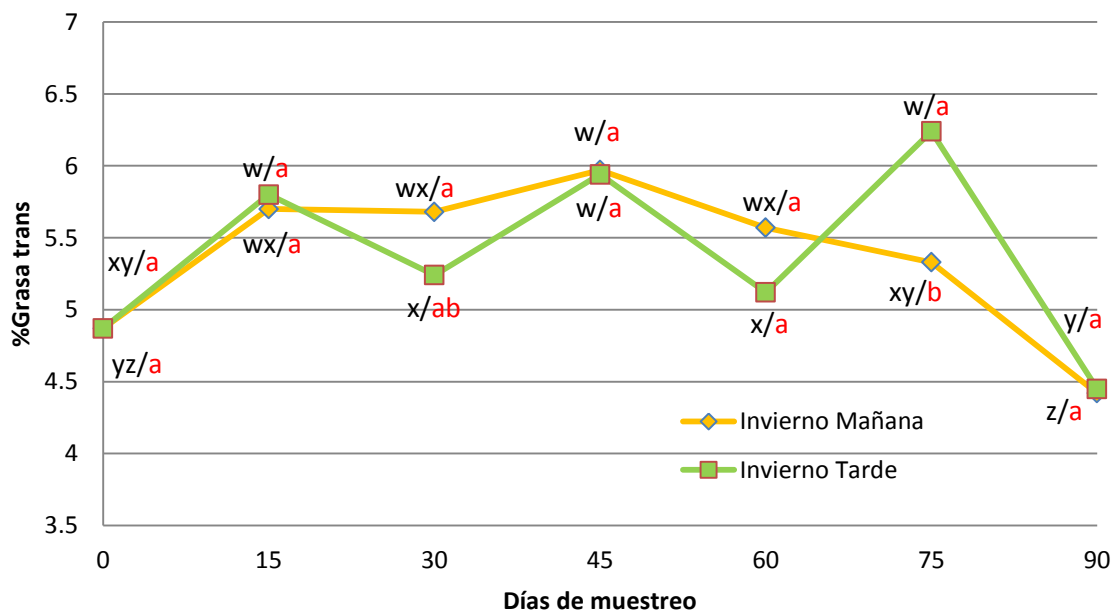
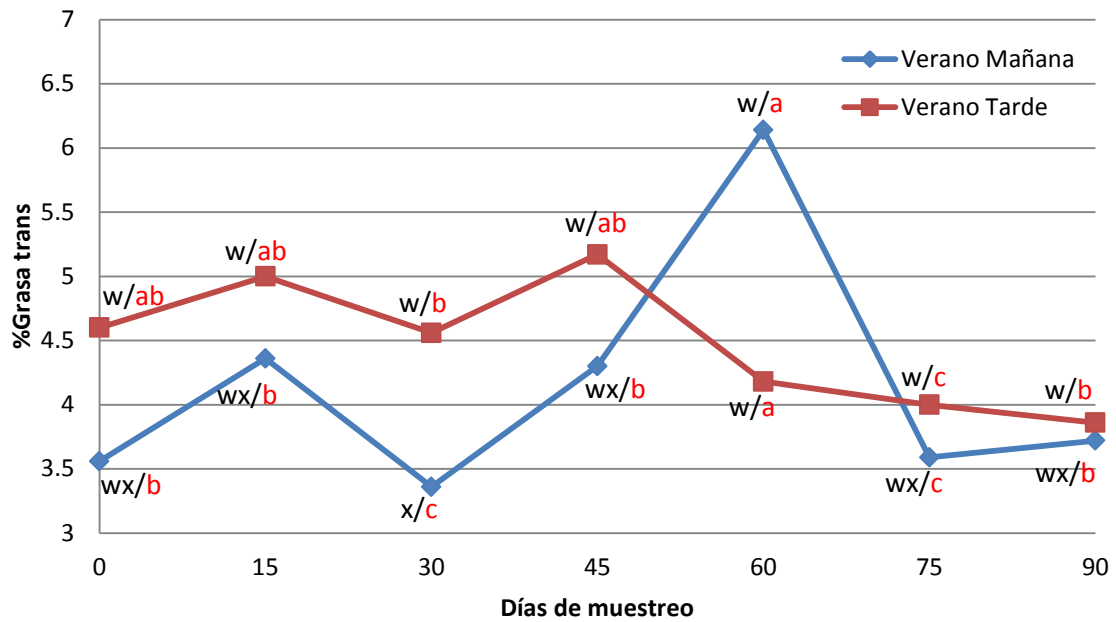
Anexo 20. Cambios en el porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.



a, b, c = Valores en sentido vertical con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS, P<0.05)

w, x, y, z = Valores en sentido horizontal con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey, P<0.05)

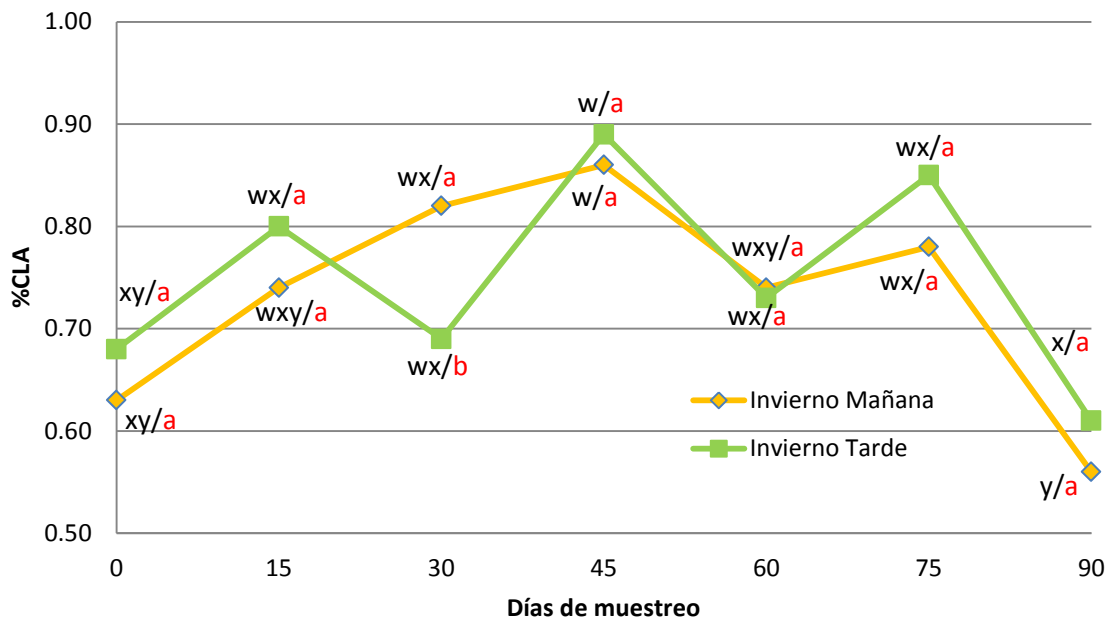
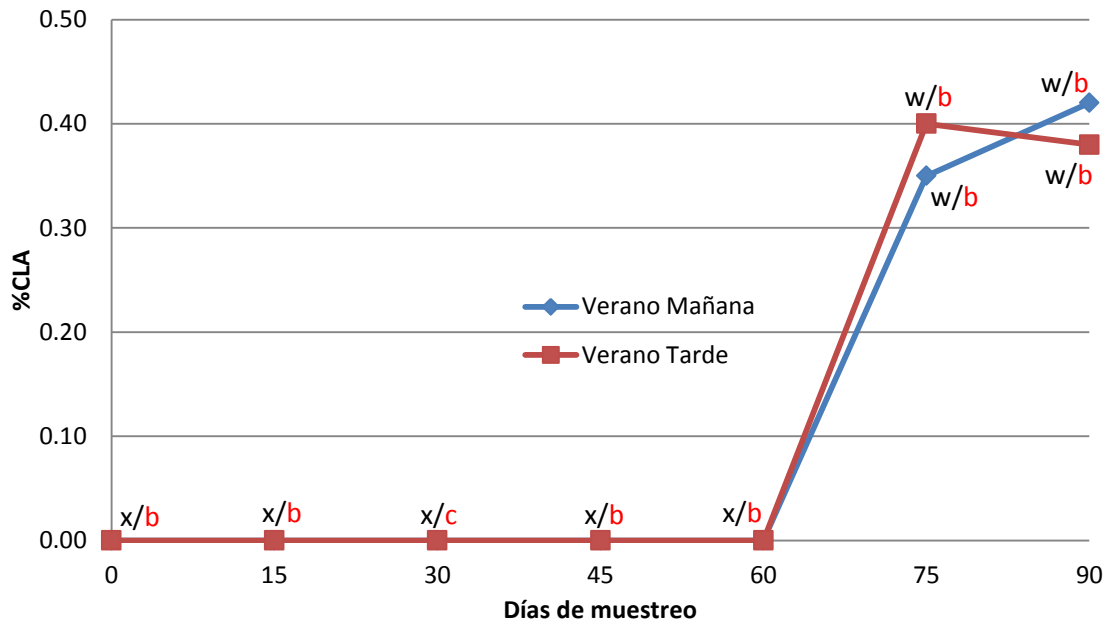
Anexo 21. Cambios en el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.



a, b, c = Valores en sentido vertical con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS,  $P < 0.05$ )

w, x, y, z = Valores en sentido horizontal con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey,  $P < 0.05$ )

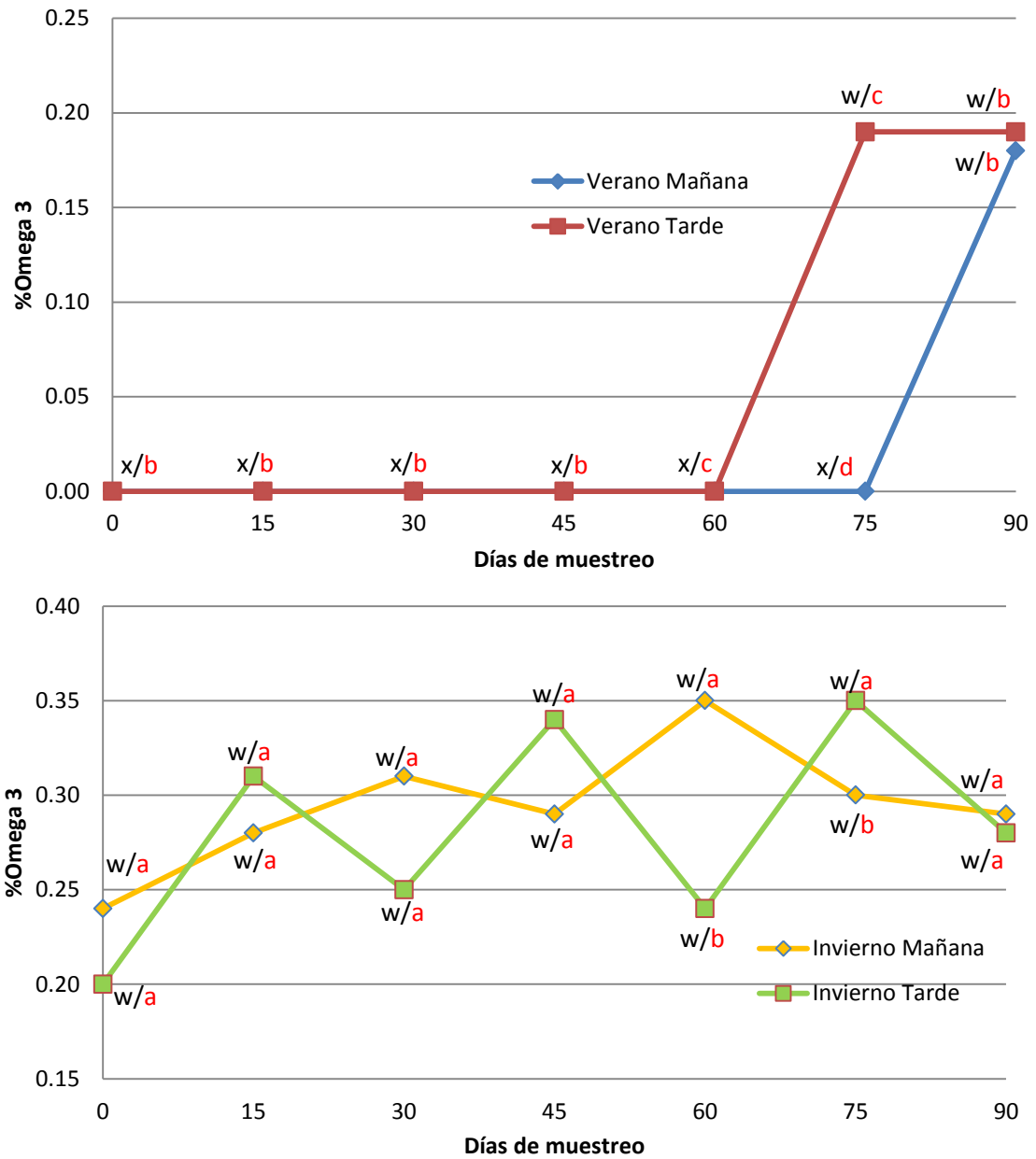
Anexo 22. Cambios en el porcentaje de ácidos grasos trans de la leche cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.



a, b, c = Valores en la misma fila con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS,  $P < 0.05$ )

w, x, y = Valores en la misma columna con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey,  $P < 0.05$ )

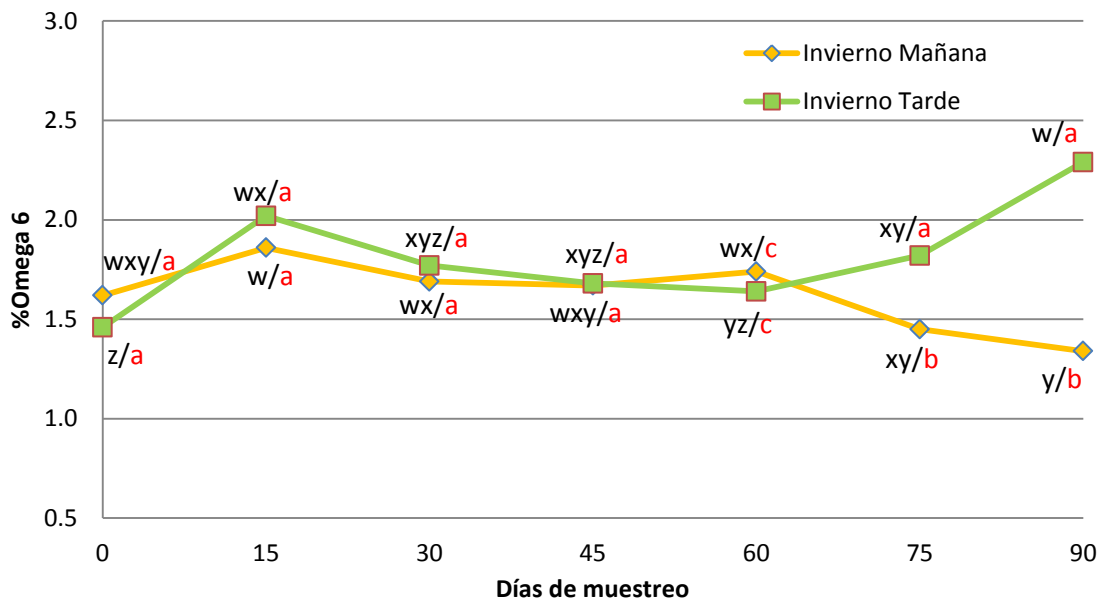
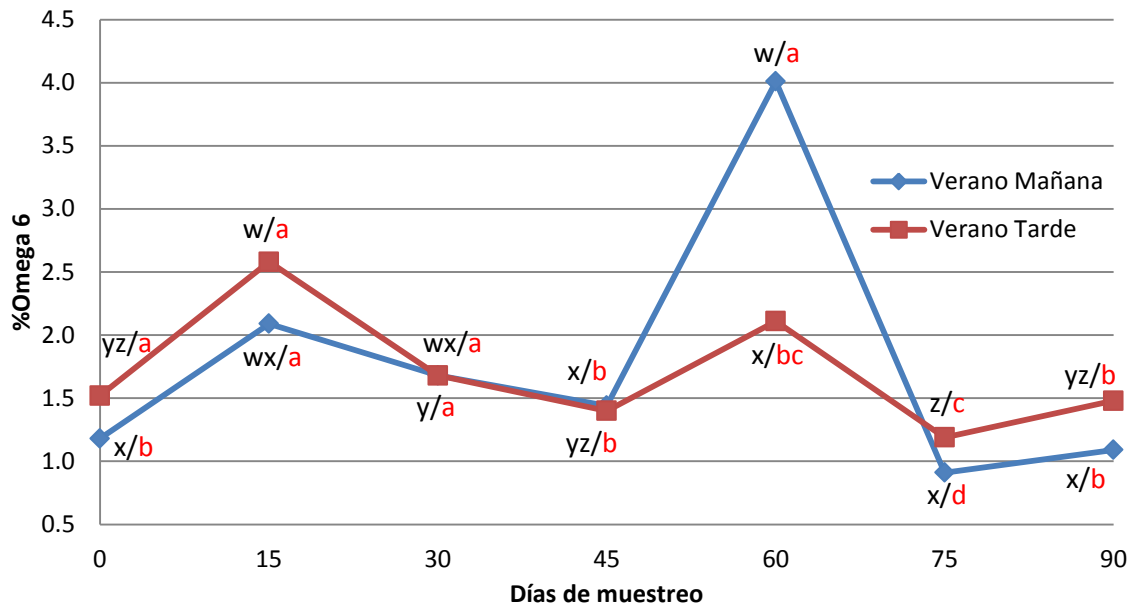
Anexo 23. Porcentaje de CLA (ácido ruménico) de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, 2013.



a, b, c = Valores en sentido vertical con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS, P<0.05)

w, x = Valores en sentido horizontal con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey, P<0.05)

Anexo 24. Cambios en el porcentaje de omega 3 de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.



a, b, c, d = Valores en sentido vertical con distinta letra difieren entre sí (prueba LSMEANS, P<0.05)

w, x, y, z = Valores en sentido horizontal con distinta letra difieren entre sí (prueba Tukey, P<0.05)

Anexo 25. Cambios en el porcentaje de omega 6 de la leche entera cruda del establo de Zamorano, Honduras, Febrero-Agosto de 2013.