

**Efecto de la suplementación de aceite de maíz
sobre la producción, composición y el
contenido de ácido linoleico conjugado en la
leche de vacas Jersey bajo pastoreo rotacional
intensivo**

**Jia Wei Loo Pan
Marco Ernesto Juárez Alfaro**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**
Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Efecto de la suplementación de aceite de maíz
sobre la producción, composición y el
contenido de ácido linoleico conjugado en la
leche de vacas Jersey bajo pastoreo rotacional
intensivo**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros Agrónomos en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Jia Wei Loo Pan
Marco Ernesto Juárez Alfaro

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2017

Efecto de la suplementación de aceite de maíz sobre la producción, composición y el contenido de ácido linoleico conjugado en la leche de vacas Jersey bajo pastoreo rotacional intensivo

Jia Wei Loo Pan
Marco Ernesto Juárez Alfaro

Resumen: El objetivo de este estudio fue determinar los efectos de la suplementación de aceite de maíz en la dieta en la producción y composición de leche en vacas Jersey de mediana producción; y evaluar el impacto que ocasiona el estrés calórico en la misma. El estudio duró 42 días entre junio y julio de 2017 en la Unidad de Ganado Lechero de Zamorano con una temperatura promedio de 23°C. Se utilizó 24 vacas Jersey, antes del estudio las vacas presentaron una producción promedio de leche de 15.7kg/día. Las dosis utilizadas fueron determinadas bajo un modelo matemático que nos proporcionó tres dosis de aceite de maíz (120, 240 y 360g). Los tratamientos se determinaron según la dosis de aceite de maíz, creando dos tratamientos por cada dosis de aceite, dando así seis tratamientos en total. Cada tratamiento contó con cuatro vacas, las cuales fueron alimentadas con pastos y una Ración Totalmente Mezclada (RTM) a base de ensilaje de maíz, concentrado y suplementada con el aceite de maíz. En la suplementación de aceite de maíz se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos para la producción de leche y ácido linoleico conjugado (CLA), dando una producción de 16.87/kg/día/vaca, mientras que no se encontró diferencias en la composición de la leche (grasa y proteína).

Palabras claves: Eficiencia de pastoreo, grasa de la leche, proteína de la leche, RTM.

Abstract: The objective of this study was to determine the effects of the supplementation of corn oil on the production and composition of milk of lactating Jersey cows; and to evaluate the impact caused by the heat stress in milk production. The study lasted 42 days between June and July 2017 in the Dairy Cattle Unit of Zamorano with an average temperature of 23 ° C. Twenty-four Jersey cows were used, before the study cows had an average milk yield of 15.7 kg / day. The doses used were determined under a mathematical model that provided us with three doses of corn oil (120g, 240g and 360g). The treatments were determined according to the dose of corn oil, creating two treatments for each dose of oil, thus giving six treatments in total. Each treatment had four cows, which were fed with grass and Total Mixed Ration (TMR) based on corn silage and concentrate and the supplementation of corn oil. In corn oil supplementation, a significant difference ($P \leq 0.05$) was found between the treatments for milk production and linoleic conjugate acid (CLA), yielding a production of 16.87 kg / day / cow, whereas no differences were found in the composition of milk and protein).

Key words: Grazing Efficiency, Fat, Protein, (TMR).

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y figuras	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
4. CONCLUSIONES.....	19
5. RECOMENDACIONES.....	20
6. LITERATURA CITADA.....	21

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS

Cuadros	Página
1. Dieta en materia fresca de vaca/día	4
2. Ingredientes del concentrado.....	5
3. Composición química, en base seca, del pasto Mulato II y Cayman.	5
4. Composición de los tratamientos y dosis de aceites.....	5
5. Resultados obtenidos en las correlaciones totales.	10
6. Correlación tratamiento 1T120-385	11
7. Correlaciones tratamiento 2T120-400.....	11
8. Correlaciones tratamiento 3T360-385.....	12
9. Correlaciones tratamiento 4T360-400.....	13
10. Correlaciones tratamiento CT240-393	13
11. Correlaciones de producción de leche en los diferentes tratamientos.	14
12. Diferencias en producción de leche en los diferentes tratamientos.....	14
13. Correlaciones de grasa en los diferentes tratamientos.....	15
14. Porcentaje de grasa en los diferentes tratamientos.	15
15. Correlaciones de proteína en los diferentes tratamientos.	16
16. Porcentaje de proteína en los diferentes tratamientos.	16
17. Porcentaje de ácido linoleico conjugado en los diferentes tratamientos.	17
18. Coeficiente de regresión y su probabilidad del modelo de regresión lineal para el contenido de ácidos linoleicos conjugados en la leche.....	17

Figuras	Página
1. Distribución de los potreros en los lotes.....	6
2. Efecto de la variable independiente; Aceite de maíz diario en la producción de ácidos linoleicos conjugados.....	18

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en América Latina y El Caribe es uno de los principales rubros de fuentes de alimentos para la seguridad alimentaria de la población. América Latina por contar con extensas áreas de pasturas, amplio régimen climático favorable y el uso racional de insumos que incluyen granos (soya, cereales) y fertilizantes tiene todos los ingredientes para explotar el potencial pecuario en la zona para así satisfacer la demanda de alimentos de alta calidad y asegurar la seguridad alimentaria regional y mundial (FAO, 2017).

La producción de ganado lechero se puede realizar con diferentes sistemas de pastoreo dependiendo de los recursos con que cuente el productor. Los sistemas de producción se pueden clasificar en: intensivos, semi intensivos y extensivos, cada uno tiene diferentes ventajas y desventajas, en este caso nos enfocaremos en el sistema semi intensivo o semi estabulado. Este sistema se caracteriza por el uso de potreros acompañado de una buena suplementación energética y proteica balanceada, considerando que la suplementación este diseñada de acuerdo a los requerimientos nutricionales que el ganado requiera menos los aportes que brinde los pastos, la cual las calidades del pasto están condicionado al manejo que se le haya dado anteriormente (Flores y Sosa, 2009).

La leche y los productos lácteos son fundamentales en la dieta de los seres humanos, ya que aportan un alto valor nutricional (Zavala Pope, 2005). La leche es una fuente indispensable de calcio, fósforo y vitaminas, que es favorable para la salud humana, además es una fuente de otros componentes como el ácido butírico y ácido linoleico conjugado (CLA). Este último se ha comprobado que brinda efectos positivos sobre la salud humana como: prevención del aterosclerosis, prevención de cánceres, mejoramiento en la mineralización de los huesos, reducción de peso y reducción de la hipertensión arterial (Gil Hernandez, 2010).

La producción de CLA aumenta cuando los rumiantes son alimentados con pastos. Sin embargo, se ha demostrado que al suministrarle compuestos ricos en ácido linoleico a su alimentación se ha obtenido mejores respuestas en la producción del CLA, en este caso aceites (Alais y Lacasa Godina, 1985). En investigaciones anteriores se ha comprobado que suplementándole aceite de maíz en la dieta se ha obtenido buenos resultados del CLA, asimismo altos porcentajes de grasas trans, grasas saturadas y monoinsaturadas. Sin embargo, no se estableció la cantidad adecuada de aceite que se debe de suplir para obtener la mayor cantidad de CLA (Orellana, 2016).

Por consiguiente, la importancia de este estudio es encontrar la dosis adecuada de aceite de maíz a suplir en la alimentación de vacas lecheras que brinde los mejores rendimientos productivos, ya sea en producción o componentes (grasa y proteína) y la mayor cantidad de

CLA. Por último, permita evaluar los efectos que ocasionan el Índice de Temperatura (IT) e Índice de Humedad Relativa (IHR) en la producción de leche.

Se puede considerar como limitantes de la investigación las condiciones climáticas que influyen en la disponibilidad de pasto. La conclusión se fundamenta en encontrar la dosis adecuada de aceite de maíz en la suplementación que brinde la mejor producción y composición de la leche. Dicha investigación puede ser fuente de datos para futuros investigaciones relacionadas a la producción pecuaria.

Los objetivos del presente estudio fueron:

- Determinar el efecto de la suplementación de diferentes dosis de aceite de maíz sobre la producción.
- Determinar una dieta que brinde un mejor contenido de grasa, proteína y CLA en la leche.
- Evaluar el impacto del estrés calórico en el desempeño productivo de vacas lecheras.

2. MATERIALES Y METODOLOGÍA

Ubicación del estudio:

El estudio se realizó entre junio y julio de 2017 en la Unidad de Ganado Lechero de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en el Valle del Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, localizada en el km 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí. Las coordenadas geográficas son: 14°00'12" latitud norte y 80°59'47" longitud oeste, altitud de 800msnm (Mitre Jarquin, Implementación de un sistema de pastoreo rotacional intensivo con suplementación de precisión para la producción de leche con vacas Jersey, 2015), la temperatura promedio durante el periodo del estudio fue de 23°C con una humedad relativa promedio de 56% y precipitación total de 585mm.

Criterios de inclusión para los animales:

Se utilizaron 24 vacas Jersey multíparas que se encontraban entre la segunda y cuarta lactancia, con al menos 60 días en lactancia con una producción promedio de 16L/día, condición corporal >2.50 en la escala de uno a cinco para ganado lechero, ausencia de historial patológico y problemas reproductivos. Se seleccionó esta raza por tener una mejor característica de adaptación para el estudio, por su alta productividad y su capacidad de conjugar los ácidos grasos de la leche.

Grupo de estudio:

El lote de vacas se distribuyó aleatoriamente en grupos de cuatro vacas por tratamiento: 1T-VB, 2T-AB, 3T-RR, 4T-AR, Control-1 y Control-2. Cada categoría tuvo cuatro unidades experimentales en toda la investigación exceptuando el grupo control que contó con ocho unidades experimentales para brindar una mayor confiabilidad en los datos a obtener. Se utilizaron collares de diferentes colores para la clasificación e identificación de los grupos. Se detallan los tratamientos y dosis de aceite en el Cuadro 1.

Alimentación:

En el estudio se utilizaron dos sistemas de pastoreo: El primero consistió en un potrero de 14 gavetas en un sistema de pastoreo rotacional intensivo a base de pasto Mulato II y Cayman (*Brachiaria* spp.). Cada gaveta tuvo un área efectiva de 0.20 ha, con cerca eléctrica perimetral y reservorio con agua limpia y fresca *ad libitum*. El segundo sistema fue un sistema silvopastoril con árboles de Madreado (*Gliricidia sepium*) dispersos en el potrero y con pasto Guinea (*Panicum maximum* c.v. Tobiata). Este potrero fue dividido en siete gavetas, cada una con un área efectiva de 0.22 ha. Los potreros pertenecen a la Unidad de Ganado Lechero y son utilizados para investigaciones. Los potreros fueron divididos en gavetas utilizando un GPS Garmin eTrex 10.

Las vacas fueron alimentadas estratégicamente con una Ración Totalmente Mezclada (RTM) a base de concentrado de 89% de materia seca (MS) y ensilaje de maíz de 24% de

MS. La RTM fue fraccionada y ofrecida dos veces al día después de cada rutina de ordeño. La cantidad de concentrado y ensilaje ofrecido se detalla en el Cuadro 1. Los ingredientes utilizados en la formulación del concentrado se detallan en el Cuadro 2; se formuló un concentrado sin fuente de lípidos para que no influyera en el efecto en la suplementación del aceite de maíz en el estudio.

El pastoreo se dividió en dos fases: fase de adaptación y fase de estudio. La fase de adaptación tuvo una duración de 14 días, consistió en una dieta a base de *Gliricidia sepium* y pasto Tobiatá y la RTM en el sistema Silvopastoril. El objetivo de esta fase fue adaptar a las vacas a la nueva dieta antes de comenzar la toma de datos de producción (Molina Espino, 1973). Posteriormente, en la fase de estudio se alimentó 14 días en el sistema de pastoreo rotacional intensivo con Mulato II y Cayman (*Brachiaria spp*). Se ofreció la RTM más la adición de las diferentes dosis de aceite y luego 14 días en el sistema Silvopastoril nuevamente; en las gavetas del sistema Silvopastoril se utilizó por dos días cada una (Figura 1).

Análisis estadístico:

El análisis estadístico utilizado fue un análisis de correlaciones para determinar el efecto que hubo entre las variables temperatura (IT) y humedad relativa (IHR) en torno a la producción de leche (PLECHE), porcentaje de grasa (Grasa), proteína (Proteína), Ácido Linoleico Conjugado (CLA) y consumo de materia seca (CMS) en las tres diferentes dosis de aceites para los seis tratamientos implementados. Se utilizó un diseño de Bloque Completos al Azar (BCA) con medidas repetidas en el espacio, cada bloque o grupo de vacas formó parte de un modelo lineal, los tratamientos se asignaron de una manera aleatoria. Se utilizó una separación de medias Tukey con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. El programa estadístico utilizado fue SAS® versión 9.4.

Por otra parte, se realizó un análisis factorial para evaluar los efectos de la suplementación con respecto al CLA. La cual se realizó en el programa Statistica 10.0® para obtener los gráficos de superficie respuesta y las regresiones. Además, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) con una probabilidad de 10% como criterio de significancia del modelo.

Cuadro 1. Dieta en materia fresca de vaca/día.

Grupos	Tratamientos	Concentrado (kg/día)	Ensilaje (kg/día)	Cantidad de aceite (g/día)
1T-VB	1T120-385	10.20	32.00	120.00
2T-AB	2T120-400	14.50	32.00	120.00
3T-RR	3T360-386	12.90	32.00	360.00
4T-AR	4T360-400	11.90	32.00	360.00
Control-1	CT240-393	13.50	32.00	240.00
Control-2	CT240-393	13.40	32.00	240.00

Cuadro 2. Ingredientes del concentrado.

Ingredientes	(%)
Harina de soya	20.00
Maíz molido fino	70.00
Sal mineral	2.00
Melaza	7.00
Urea	1.00
Rusensin	0.02
Procreatin	0.15

Cuadro 3. Composición química, en base seca del pasto Mulato II y Cayman.

Composición Química	Concentración %	
	Mulato II	Cayman
Materia seca	24.00	23.00
Proteína cruda	19.97	17.03
Extracto etero	3.52	2.68
Fibra Neutro Detergente	58.79	57.71
Fibra Acido Detergente	29.42	31.30

(Jaramillo Vargas & Rodríguez Poveda, 2014)

Cuadro 4. Composición de los tratamientos y dosis de aceites.

Aceite (g)	Concentrado (kg)	Tratamientos
120	385	120-385
	400	120-400
360	385	360-385
	400	360-400
240	393	240-393

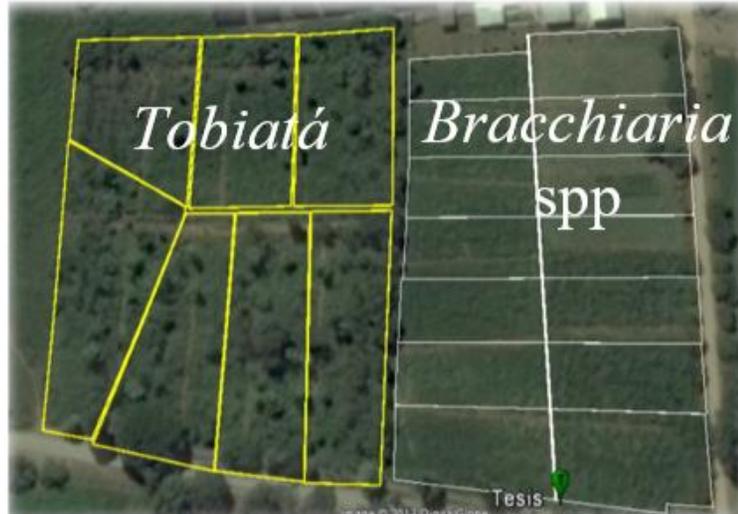


Figura 1. Distribución de los potreros en los lotes.

Variables medidas:

Biomasa disponible (kg/m²). Los pastos se cortaron a 10 cm del suelo, utilizando el método de cosecha de Wilm et al. (1944) antes del pastoreo.

Biomasa rechazada por pastoreo (kg/ha). Es la cantidad de pasto rechazada por el ganado después del pastoreo en un área específica de 1m² cortada a 10cm de altura.

Materia seca (MS) (%). Es la diferencia entre el peso inicial y el peso final del pasto luego de ser expuesto a deshidratación por el método del microonda (Schuman, et al., 1981).

Se estimó la disponibilidad de MS procedente de las pasturas. La deficiencia de MS fue suplida con la RTM. El consumo mínimo de MS por animal es de 9.50 kg/MS/día como mínimo de pasto + RTM.

Ración de ensilaje por vaca (kg/día). Se midió utilizando las variables anteriores: Biomasa disponible de pasturas, %MS de pasturas y ensilaje utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Aporte MS de Pasto} = (\text{Biomasa} \times \% \text{MSP} \times \text{EFP}) \times A \quad [1]$$

El aporte de MS de los pastos es producto de la biomasa disponible del pasto multiplicado por MS del pasto (%MSP) multiplicado por la eficiencia pastoril (%EFP) deseada y el área (m² de pastoreo asignado por animal A). La ración de ensilaje (kg/vaca/día) se calcula estimando que el consumo forrajero mínimo por vaca de MS es de 9.5 kg menos el aporte del pasto. Esto se divide por el % de MS del ensilaje (MSE).

Consumo de MS (kg/vaca/día). Se estimó en base a la sumatoria del consumo de MS del pasto, concentrado y ensilaje (RTM). Se aforó diariamente las gavetas del sistema rotacional intensivo a partir del segundo periodo del estudio y en el sistema Silvopastoril se aforó un día de por medio para obtener la oferta de pasto. Posteriormente se obtuvo el contenido de MS mediante el método de la microonda y finalmente se aforó las gavetas luego del pastoreo para calcular el rechazo.

Producción de leche (kg/vaca/día). Para efecto del análisis estadístico, se midió producción a partir del día 15 de alimentación, durante 28 días. Al día 14 de la toma de datos, se inició el muestreo de la leche para medir su contenido de grasa y proteína. Las muestras fueron recolectadas en ambos ordeños (AM y PM). Para efecto del análisis se mezclaron ambas muestras. Se utilizó un Analizador Ultrasónico de Leche Milkotester que fue calibrado con una leche Descremada y Entera Sula de 0.4 y 3.0 % de grasa respectivamente y 2.96% de proteína. El análisis del CLA se realizó en el Laboratorio de Análisis de Alimento Zamorano (LAAZ). Los muestreos se realizaron cada dos días hasta culminar el estudio, para un total de 7 tomas de datos. Obteniendo así 56 repeticiones por tratamiento. El día que se midió composición no se midió producción.

Se midió la producción de leche de cada vaca en ambas rutinas de ordeño con el sistema de ordeño mecanizado de la Unidad de Ganado Lechero a partir del día 15 del estudio hasta culminarlo. Luego, se sumaron la producción del ordeño de la mañana y de la tarde para obtener la producción total diaria.

Componentes de la leche (%). A partir del día 28 se tomaron muestras para medir componentes de la leche de un día de por medio hasta el día 42, cuando se finalizó el estudio. Se tomaron muestras en las dos rutinas de ordeño con el sistema de ordeño mecanizado de la Unidad de Ganado Lechero, que se mezclaron al final del día para obtener una muestra total. De las muestras se analizó el porcentaje de grasa y porcentaje de proteína con un Analizador Ultrasónico de Leche Milkotester. El análisis del CLA se realizó en el Laboratorio de Análisis de Alimento Zamorano (LAAZ), mediante un cromatógrafo de Gases Agilent 7890 A GC system, con detector FID. Los muestreos se realizaron cada dos días hasta culminar el estudio, para un total de siete tomas de datos. Obteniendo así 56 repeticiones por tratamiento.

Leche corregida por energía (ECM 3.5%). Es la expresión de la cantidad de energía en la leche en base al peso de la leche, grasa y proteína estandarizada a 3.5% de grasa y 3.2% de proteína. Se estima mediante la fórmula utilizada por (Shirley, 2006):

$$\text{ECM 3.5\%} = (12.82 \times \text{kg grasa}) + (7.13 \times \text{kg proteína}) + (0.323 \times \text{kg leche}) \quad [2]$$

Condición corporal (Escala 1 a 5). Se midió al inicio y al final del estudio del estudio, con el objetivo de conocer la cantidad de reservas energéticas almacenadas en las vacas, la cual será utilizado para determinar el potencial productivo, salud de los animales, estadio nutricional y se midió por medio de apreciación visual y palpación.

Datos meteorológicos. Temperatura media, mínima y máxima ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa (%HR) e irradiación solar, precipitación (mm) y velocidad del viento (mph) fueron recolectadas con la estación meteorológica de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano cada media hora durante todo el estudio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Correlaciones totales. En el análisis entre todas las variables se encontraron correlaciones ($P < 0.05$) en las variables dependientes de Producción de Leche (PLECHE), Proteína y Consumo de Materia Seca (CMS) con las variables independientes Índice de Temperatura (IT) e Índice de Humedad Relativa (IHR) ($P < 0.05$). Esto quiere decir que una variable estuvo influenciada por las otras variables, ya sea de una manera directamente o inversamente proporcional. La variable Grasa no tuvo correlaciones con ninguno de las otras variables, por ende, la grasa no tuvo efecto alguno con las demás variables. Por este motivo los resultados obtenidos se presentan como de primer factor y representan el CMS, PLECHE y Proteína por día de las tres variables.

El CMS tuvo una relación proporcional con la PLECHE, a medida se obtienen aumentos en el CMS se tendrá un aumento en la PLECHE porque el animal alcanza a cubrir sus requerimientos nutricionales de manera eficiente, esto impactará positivamente hasta cierto punto ya que una vaca con exceso de peso reduciría su producción ya que aumenta sus necesidades metabólicas. Esto indica que a medida que se aumenta el CMS hasta cierto punto la PLECHE también incrementaba (Cisint et al. 2007) Respecto al IHR se obtuvo una relación inversa, ya que se obtuvo un mayor CMS a medida que se tenía un bajo IHR, la cual en el estudio se obtuvo un IHR promedio de 57% y en dicho índice no entra dentro del rango para que nuestras vacas se encuentren bajo estrés, para que una vaca lechera se encuentre bajo estrés ambiental o calórico debe de presentar un IHR $> 70\%$, por consiguiente, nuestro IHR durante todo el estudio se encontraba entre 50-60%, lo que evitó que las vacas estuviera bajo los efectos del estrés calórico (Cony et al. 2004), y también a que los pastoreos coincidían con las horas frescas del día lo que permitió un mayor consumo de materia seca (García, 2007).

La PLECHE mostró una relación inversa con la Proteína e IT y una correlación directa con IHR. En el primer caso se obtuvo un menor porcentaje de proteína a medida que aumentaba la PLECHE debido a que nuestras unidades experimentales se encontraban en su mayoría en el segundo tercio de producción. En dicho tercio, de acuerdo a González Cu et al. (2010), se obtiene un menor porcentaje de proteína y la mayor concentración se obtiene en el primer y último tercio, mientras que en el segundo tercio tiende a producir un menor porcentaje de proteína, esto explica el porqué se dio una relación inversa.

En el mismo caso se encontró una relación inversa con el IT, esto quiere decir que a medida que se tenía una alta temperatura ambiental, la PLECHE se reducía, dichos datos se pueden comparar con el estudio realizado por Mitre Jarquín, (2015), ya que al estar expuestas a altas temperaturas las vacas se encontraban bajo estrés calórico, lo que repercutió en su rendimientos productivos. Esto debido a que la vaca tiende a utilizar la energía para regular su metabolismo antes que utilizarla para producción.

Respecto al IHR, se obtuvo una relación proporcional, debido a que el IHR se encontró siempre alrededor de su zona de confort (50-60%) según WingChing Jones et al. (2008) debe de ser <70% para no alterar la producción de leche.

No se encontró diferencias ($P>0.05$) en la grasa presentando una media de 4.57% producida en el grupo de seis vacas en los diferentes tratamientos (Cuadro 13). Por ende, la suplementación con diferente dosis de aceite no influyó en el porcentaje de grasa de la leche.

Por último, la Proteína presentó una relación inversa con el IT e IHR, y esto se debe principalmente a que la Proteína tiene una relación directa con la PLECHE, si la PLECHE es afectada por los IT e IHR esto repercutirá en la Proteína. Por consiguiente, las variables IT e IHR tuvieron un efecto inverso con la PLECHE por ende en la cantidad de Proteína (Cony et al. 2004).

Cuadro 5. Resultados obtenidos en las correlaciones totales.

	Correlaciones					
	CMS	PLeche	Grasa	Proteína	IT	IHR
CMS	1.00	0.29394 0.0012	-0.13252 0.1526	-0.06817 0.4632	0.11414 0.2184	-0.42014 <.0001
PLeche	0.29394 0.0012	1.00	0.03197 0.7311	-0.42444 <.0001	-0.40635 <.0001	0.37418 <.0001
Grasa	-0.13252 0.1526	0.03197 0.7311	1.00	-0.05564 0.5495	0.01992 0.8305	0.00973 0.9167
Proteína	-0.06817 0.4632	-0.42444 <.0001	-0.05564 0.5495	1.00	-0.95115 <.0001	-0.88732 <.0001

Correlaciones del tratamiento 1T120-385. La Proteína en este caso tuvo una relación proporcional con el IT debido a que durante el estudio se contó con pasto y forrajes en cantidad y calidad necesarias para cubrir los requerimientos del animal. En el caso de los pastos se contó con buena radiación solar y buena temperatura lo que permitió el debido rebrote de los pastos en los potreros y así permitir el alto porcentaje de fibra para su posterior conversión a Proteína (Cuadro 6). (Zaragoza et al. 1998).

Cuadro 6. Correlaciones tratamiento 1T120-385

		Correlaciones				
	CMS	PLeche	Grasa	Proteína	IT	IHR
CMS		0.42532	-0.39290	-0.09451	0.23895	-0.63913
	1.00	0.0615	0.0866	0.6919	0.3103	0.0024
PLeche	0.42532		-0.41388	-0.65047	-0.62415	0.59842
	0.0615	1.00	0.0697	0.0019	0.0033	0.0053
Grasa	-0.39290	-0.41388		-0.32908	0.16012	-0.08485
	0.0866	0.0697	1.00	0.1566	0.5001	0.7221
Proteína	-0.09451	-0.65047	-0.32908		0.99418	-0.96041
	0.6919	0.0019	0.1566	1.00	<.0001	<.0001

Correlaciones del tratamiento 2T120-400. En dicho tratamiento solo se obtuvo una correlación inversa entre el CMS y el IHR como en todas las correlaciones anteriores entre estas dos variables, la cual se explicó anteriormente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Correlaciones tratamiento 2T120-400

		Correlaciones				
	CMS	PLeche	Grasa	Proteína	IT	IHR
CMS		0.20165	-0.23508	-0.21794	0.21231	-0.6208
	1.00	0.4078	0.3327	0.3701	0.3829	0.0046
PLeche	0.20165		0.20165	-0.36999	-0.39346	0.20083
	0.4078	1.00	0.4078	0.1189	0.0956	0.4097
Grasa	-0.23508	-0.19211		-0.04578	-0.42816	0.30452
	0.3327	0.4307	1.00	0.8524	0.0674	0.2049
Proteína	-0.21794	-0.36999	-0.04578		0.30917	-0.14112
	0.3701	0.1189	0.8524	1.00	0.1978	0.5644

Correlaciones del tratamiento 3T360-385. En este caso se obtuvo una mejor respuesta en Grasa por PLECHE, es decir, a medida que había una mejor PLECHE se obtenía alta Grasa, esto es debido a que la dosis de aceite suministrado ayudó a potenciar el aumento el porcentaje de grasa en la leche (Palmquist, 1996). Además, pudo haber tenido algún efecto debido a que se le ofreció a las vacas la ración correcta entre forraje: concentrado lo cual ayudó a obtener esta respuesta en la PLECHE y grasa.

La Grasa y la Proteína tuvieron una relación directa, esto debido a que se contaba con una buena cantidad y calidad de pastos y forrajes (Wing Ching Jones et al. 2008), lo que potencializó la producción de leche y los porcentajes de grasa y proteína, esto también se

debió a la suplementación del aceite añadido, lo cual se manifestó en aumento del porcentaje de grasa producido. Por otra parte, según Melendez (2006) la proteína en la leche se puede modificar a base de la dieta, lo cual demuestra que la RTM proporcionó una buena relación entre forraje y concentrado lo cual ayudó a potencializar el porcentaje de proteína en la leche.

La proteína tuvo una relación proporcional con el IT e IHR debido a que siempre se contó con pastos y forrajes en la cantidad adecuada lo cual ayudó a aumentar el porcentaje de proteína (Wing Ching Jones et al. 2008). También se atribuye a la buena relación de forraje y concentrado que se le proporcionó en las RTM, lo cual en conjunto con la suplementación con aceite ayudó a potencializar los resultados en porcentaje de grasa y proteína en la PLECHE (Calvache García y Navas Panadero, 2012). Los datos de las correlaciones del tratamiento 3T360-385 se encuentran en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Correlaciones tratamiento 3T360-385.

Correlaciones						
	CMS	PLeche	Grasa	Proteína	IT	IHR
CMS	1.00	0.01583 0.9472	0.02349 0.9217	-0.16874 0.4770	-0.06660 0.7803	-0.51195 0.0210
PLeche	0.01583 0.9472	1.00	0.44957 0.0467	0.21718 0.3577	0.13390 0.5736	-0.13928 0.5581
Grasa	0.02349 0.9217	0.44957 0.0467	1.00	0.80356 <.0001	0.36458 0.1140	-0.19163 0.4183
Proteína	-0.16874 0.4770	0.21718 0.3577	0.80356 <.0001	1.00	0.51773 0.0194	0.48338 0.0308

Correlaciones del 4T360-400. La PLECHE obtuvo una relación inversa con la grasa. Según Cañas et al. (2011), la mayor cantidad de grasa se alcanza al final de cada periodo de lactancia. Las vacas de nuestro estudio se encontraban en el segundo tercio de la lactancia por ende no se obtuvo alto porcentaje de grasa cuando se tenía alta PLECHE (Cuadro 9).

Cuadro 9. Correlaciones tratamiento 4T360-400.

		Correlaciones				
	CMS	PLeche	Grasa	Proteína	IT	IHR
CMS		0.05979	-0.36588	0.08872	0.17406	-0.51242
	1.00	0.8079	0.1234	0.7180	0.4761	0.0249
PLeche	0.05979		-0.54154	-0.14612	0.20181	-0.37756
	0.8079	1.00	0.0166	0.5506	0.4074	0.1110
Grasa	-0.36588	-0.54154		0.80356	-0.36856	0.47635
	0.1234	0.0166	1.00	<.0001	0.1205	0.0392
Proteína	0.08872	-0.14612	0.14070		0.08862	-0.09653
	0.7180	0.5506	0.5656	1.00	0.7183	0.6942

Correlaciones del CT240-393. Se obtuvieron correlaciones entre las variables CMS, PLECHE, Grasa, Proteína, IT e IHR, las cuales se explicaron en las correlaciones anteriores (Cuadro 10).

Cuadro 10. Correlaciones tratamiento CT240-393

		Correlaciones				
	CMS	PLeche	Grasa	Proteína	IT	IHR
CMS		0.27977	0.05250	-0.04902	0.24907	-0.63024
	1.00	0.0804	0.7477	0.7639	0.1212	<.0001
PLeche	0.27977		-0.04745	-0.52060	-0.50338	-0.06338
	0.0804	1.00	0.7712	0.0006	0.0009	0.6976
Grasa	0.05250	-0.04745		0.80356	-0.05857	-0.03312
	0.7477	0.7712	1.00	<.0001	0.7196	0.8392
Proteína	-0.04902	-0.52060	0.80356		0.97928	-0.92874
	0.7639	0.0006	<.0001	1.00	<.0001	<.0001

Correlación en producción de leche. Se obtuvo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos y la PLECHE. Obteniendo así una mejor producción en el tratamiento 3T360-385. Dichos datos no concuerdan con los resultados obtenidos por Palmquist (1996), Ordeño Flores y Orellana Quijada (2016), donde señalan que la producción de leche no obtuvo diferencias al suplir la alimentación con diferentes fuentes de aceites. Por otra parte, el porcentaje de grasa si concuerda con su estudio ya que no existieron diferencias significativas (Palmquist, 1996) ya que las diferencias eran mínimas para darlos por significativo al igual que los resultados de nuestro estudio. Las correlaciones de producción

de leche de los diferentes tratamientos se encuentran en el Cuadro 11 y la diferencia en producción de leche de los diferentes tratamientos se encuentran en el Cuadro 12.

Cuadro 11. Correlaciones de producción de leche en los diferentes tratamientos.

		Correlaciones			
	1T120-385	2T120-400	3T360-385	4T360-400	CT240-393
1T120-385	1.00	0.0364	0.0039	0.2454	0.0353
2T120-400	0.0364	1.00	0.2786	0.2883	0.7012
3T360-385	0.0039	0.2786	1.00	0.0426	0.1072
4T360-400	0.2454	0.2883	0.0426	1.00	0.3824
CT240-393	0.0353	0.7012	0.1072	0.3824	1.00
R-Cuadrado = 0.693		Coeficiente de variación = 14.362		P<0.05	

Cuadro 12. Diferencias en producción de leche en los diferentes tratamientos.

Fuentes	Lsmeans PLeche \pm EE		
Tratamientos	3T360-385	16.87 a	0.90
	2T120-400	15.39 ab	0.94
	CT240-393	14.95 b	0.64
	4T360-400	13.92 bc	0.94
	1T120-385	12.33 c	0.90
R-Cuadrado			0.69
Coeficiente de variación			14.36
Probabilidades			<0.05

Letras diferentes difieren entre sí (P<0.05) entre tratamiento y producción de leche.

Correlación de grasa. No hubo diferencias (P>0.05) en Grasa en los Tratamientos. Generalmente el porcentaje de grasa de las vacas Jersey se encuentra alrededor de 4.8% (Campabada, 1999). A lo que dicho estudio respalda nuestros datos, ya que se encuentra dentro del rango promedio de porcentaje de grasa de las vacas Jersey (Cuadro 13 y 14).

Cuadro 13. Correlaciones de grasa en los diferentes tratamientos.

Correlaciones					
	1T120-385	2T120-400	3T360-395	4T360-400	CT240-390
1T120-385	1.00	0.8665	0.8177	0.3348	0.3397
2T120-400	0.8665	1.00	0.6943	0.4299	0.4558
3T360-395	0.8177	0.6943	1.00	0.2402	0.2294
4T360-400	0.3348	0.4299	0.2402	1.00	0.8654
CT240-390	0.3397	0.4558	0.2294	0.8654	1.00
R-Cuadrado = 0.715	Coeficiente de variación = 14.657			P<0.05	

Cuadro 14. Porcentaje de grasa en los diferentes tratamientos.

Fuente	Promedio de Grasa (%) ± EE	
Tratamientos	1T120-385	4.80 a ± 0.43
	2T120-400	4.69 a ± 0.45
	3T360-385	4.94 a ± 0.43
	4T360-400	4.16 a ± 0.45
	CT240-393	4.27 a ± 0.31
R-Cuadrado	0.72	
Coeficiente de variación	14.66	
Probabilidad	<0.05	

Correlación de proteína. No se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en la proteína, ya que los diferentes tratamientos no generaron ningún tipo de efecto en la composición de proteína de la leche. Según estudios de Bulacio et al. (2014) el promedio de porcentaje de proteína para vacas Jersey es de 3.5% a lo que se pueden comparar con los resultados obtenidos en nuestro estudio (Cuadro 15 y 16).

Cuadro 15. Correlaciones de proteína en los diferentes tratamientos.

	Correlaciones				
	1T120-385	2T120-400	3T360-395	4T360-400	CT240-390
1T120-385	1.00	0.2710	0.3140	0.1680	0.5110
2T120-400	0.2710	1.00	0.9030	0.7650	0.5190
3T360-395	0.3140	0.9030	1.00	0.6700	0.6020
4T360-400	0.1680	0.7650	0.6700	1.00	0.3270
CT240-390	0.5110	0.5190	0.6020	0.3270	1.00
R-Cuadrado = 0.274	Coeficiente de variación = 67.911			P<0.05	

Cuadro 16. Porcentaje de proteína en los diferentes tratamientos.

Fuente	Promedio de Proteína (%) ± EE	
Tratamientos	1T120-38	4.34 a ± 0.50
	2T120-40	3.51 a ± 0.52
	3T360-38	3.60 a ± 0.50
	4T360-40	3.28 a ± 0.52
	CT240-39	3.92 a ± 0.35
R-Cuadrado	0.27	
Coeficiente de variación	67.91	
Probabilidad	<0.05	

Producción de Ácido Linoleico Conjugado (CLA).

Se observó un efecto significativo en la suplementación de aceite de maíz en la dieta con una $P < 0.10$ y un R-Cuadrado de 0.71, la cual cumple con el límite mínimo al cual se categoriza como modelo predictivo al tener una probabilidad $> 60\%$ (Rocha, 2009).

Con base al Cuadro 17 se definió una ecuación (ecuación 1) que permite predecir el contenido de CLA a partir de la cantidad de aceite de maíz suplementado diariamente en la dieta. Utilizando la ecuación 1 se desarrolló un gráfico de superficie de respuestas para la observación de las interacciones entre las variables. En la Figura 2 se observa el efecto del aceite de maíz en la producción de CLA. Se observó un efecto en los gramos de aceites de maíz en la producción de CLA (%) la cual dio una mayor producción de CLA, a mayor la suplementación de aceite, mayor es la respuesta a la producción de CLA. El incremento en CLA se debe a los altos niveles de ácido grasos poliinsaturados del aceite de maíz, el cual puede tener hasta un 56% de ácido linoleico en su matriz lipídica (FEDNA, 2010). Por ende, el aumento en la cantidad de aceite de maíz provoca un incremento en la producción de CLA. En el Cuadro 17 se observan los resultados obtenidos de CLA en los diferentes tratamientos.

Cuadro 17. Porcentaje de ácido linoleico conjugado en los diferentes tratamientos.

Fuente	Promedio de CLA (%)	
Tratamientos	1T120-385	0.943
	2T120-400	1.017
	3T360-385	1.989
	4T360-400	1.554
	CT240-393	1.713
R-Cuadrado	0.71	
Probabilidad	<0.10	

Cuadro 18. Coeficiente de regresión y su probabilidad del modelo de regresión lineal para el contenido de ácidos linoleicos conjugados en la leche.

Coeficientes	Ácidos Linoleicos	Probabilidad
	Conjugados	
Intercepto	6.97E-01	8.51E-02
X ₁	3.30E-03	6.96E-02 §
X ₂	-7.06E-03	6.82E-01 n.s.
X ₁ *X ₂	1.00E-04	2.86E-01 n.s.
Falta de ajuste		1.40E-01 n.s.
Curvatura		1.39E-01 n.s.
R ²		0.710
F. Calculado > F. tabular		8.69 > 4.54

X₁: Aceite diario (g), X₂: Concentrado (g) / L de leche, n.s.: No significativo

§: Significativa a una probabilidad <0.10.

$$\text{Ácidos linoleicos conjugados} = 0.697 + 0.0033X_1 \quad [3]$$

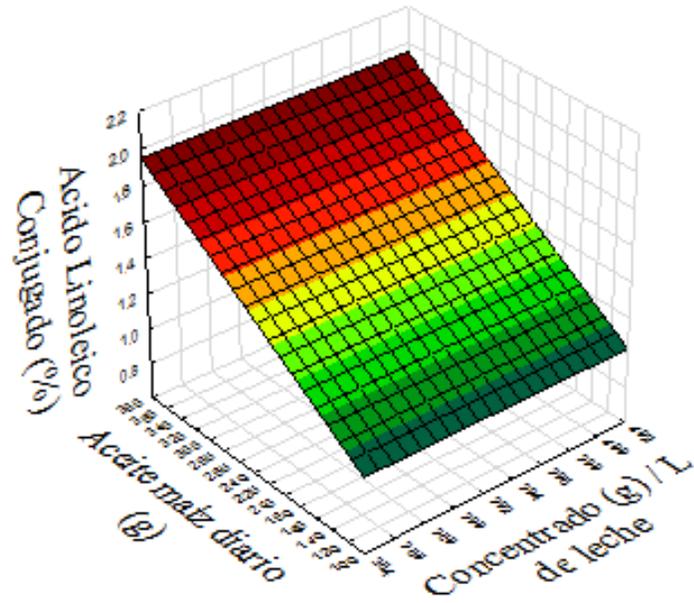


Figura 2. Efecto de la variable independiente; Aceite de maíz diario en la producción de ácidos linoleicos conjugados.

4. CONCLUSIONES

- La incorporación de aceite de maíz en la dieta cambió la producción de leche dando mejores resultados en el tratamiento número tres que consiste en 360g de aceite y 385g de concentrado por litro producido (3T360-385) ya que brindó la mayor producción de leche y de ácido linoleico conjugado.
- La suplementación con aceite de maíz no tuvo ningún efecto en la composición de proteína de la leche.
- El índice de temperatura (IT) e índice de humedad relativa (IHR) influyó en el consumo de materia seca (CMS), producción de leche (PLECHE), proteína y grasa, ya que dichos factores si no se encuentran en los rangos óptimos altera la PLECHE, por ende, la de proteína y grasa.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio en diferentes épocas del año para determinar si existe aumento en la producción de grasa.
- Realizar el estudio en un tiempo más prolongado para evaluar los parámetros reproductivos.
- Evaluar el efecto de la suplementación del aceite en otra raza de vacas para comparar los resultados obtenidos.
- Implementar la suplementación de aceite del tratamiento 3T360-385 si se quiere aumentar la PLECHE y del CLA.
- Realizar otro estudio similar al nuestro añadiéndole más variables como: condiciones corporales, pesos y tallas.

6. LITERATURA CITADA

- Alais, C., & Lacasa Godina, A. 1985. Ciencia de la leche: principios de técnica lechera. Compañía Editorial Continental, 1970.
- Bulacio, E. S., & Castillo, F. A. 2014. Análisis comparativo de razas lecheras en el establecimiento "La Morena". Facultad de Ciencias Agropecuarias, 7-9.
- Calvache García, I., & Navas Panadero, A. 2012. Factores que influyen en la composición nutricional de la leche. Revista científica animal, 73 - 82.
- Campabadal, C. 1999. Factores que afectan el contenido de sólidos de la leche. Centro de Investigación en Nutrición Animal, Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica, 67 - 90.
- Cañas A, J., Cerón-Muñoz, M., & Corrales, J. 2011. Modelación de curvas de lactancia para la producción de leche, grasa y proteína en bovinos Holstein en Antioquia, Colombia. 16; [consultado 2017 julio 25]. <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v17n2/v17n2a07.pdf>
- Cisint, J. C., Martin, G. O., & Vera, J. R. 2007 - 2009. Influencia de la alimentación en la composición química de la leche bovina, en la cuenca Tampera del dpto. Trancas, Tucumán. En Avances en la producción vegetal y animal del NOA (págs. 250-257). CIUNT.
- Cony, P., Casagrande, G. A., & Vergara, G. T. 2004. Cuantificación de un índice de estrés calórico para vacas lecheras en Anguil, provincia de La Pampa (Argentina). Rev.Fac. Agronomía - UNLPam, 9 - 15.
- Corrales A, J., Cerón-Muñoz, M., Cañas A, J., & Herrera R, C. C. 2011. Relación entre características de tipo y producción de leche en vacas Holstein en Antioquia, Colombia. 16; [consultado 2017 agosto 12]. <http://revistas.unicordoba.edu.co/revistamvz/mvz-162/V16N2A8.pdf>
- FAO. 2017. Producción pecuaria en América Latina y el Caribe. Recuperado el 25 de June de 2017, de <http://www.fao.org/americas/perspectivas/produccion-pecuaria/es/>
- Flores, G., & Sosa, R. 2009. Sistema de producción con bovinos de leche y doble propósito. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Fuentes, C. M. 2008. Suplementación de vacas lecheras de alta producción a pastoreo II. Universidad de Chile; [consultado 2017 julio 16]. www.uchile.cl/.../suplementacion-de-vacas-lecheras-de-alta-produccion-a-pastoreo-ii.ch
- García, A. 2007. Efectos del Medio Ambiente Sobre los Requerimientos Nutricionales del Ganado en Pastoreo . Extension Extra, 1-5; [consultado 2017 septiembre 01]. www.produccion-animal.com.ar/.../pastoreo%20sistemas/19-ambiente_pastoreo.pdf
- Gil Hernandez, A. 2010. Tratado de Nutrición. Editorial Médica Panamericana; [consultado 2017 agosto 15]. <http://scielo.isciii.es/pdf/eg/n19/revision4.pdf>

- González Cu, G. d., Molina Sánchez, B., & Coca Vásquez, R. 2010. Calidad de la leche cruda. Primer Foro sobre Ganadería Lechera de la Zona Alta de Veracruz, 1-10.
- Jaramillo Vargas, B. A., & Rodríguez Poveda, S. E. 2014. Efecto de la estrategia de pastoreo sobre el consumo por vaca, consumo por hectárea, carga animal, desempeño productivo y la respuesta de vacas lactantes Jersey al nivel de suplementación en pasturas tropicales. Tegucigalpa: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Melendez, P. 2006. Estrategias Nutricionales para Manipular la Proteína de la Leche. Obtenido de Universidad de Missouri, EEUU; [consultado 2017 julio 23]. http://dairy.missouri.edu/herdmgt/Estrategias_Nutricionales_para_Manipular_la_Proteina_de_la_Leche.pdf
- Mitre Jarquin, D. A. 2015. Implementacion de un sistema de pastoreo rotacional intensivo con suplementación de precisión para la producción de leche con vacas Jersey. Tegucigalpa: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado 2017 julio 30]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4604/1/CPA-2015-057.pdf>
- Molina Espino, O. 1973. Efecto en la suplementación de concentrado líquidos y la restricción del pastoreo en la producción de leche; [consultado 2017 septiembre 22]. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2822e/A2822e.pdf>
- Ordeño Flores, G. S. 2016. Influencia de la suplementación con tres tipos de aceites vegetales, en la producción de ácido linoleico conjugado en leche de vacas Jersey semiestabuladas. 2 - 28; [consultado 2017 julio 01]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5939/1/CPA-2016-T070.pdf>
- Orellana Quijada, D. F. 2016. Influencia de la suplementación con tres tipos de aceites vegetales en la producción de ácido linoleico conjugado en leche de vacas Jersey semiestabuladas. Tegucigalpa: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado 2017 julio 15]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5778/1/AGI-2016-T033.pdf>
- Palmquist, D. 1996. Utilización de Lípidos en Dietas de Rumiantes. XII CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA; [consultado 2017 septiembre 15]. www.montanba.com.ar/download/37083/utideli.pdf
- Shirley, J.K. 2006. Industry Presentation: Feed efficiency is an important management tool for dairy producers. Kansas State University.
- West, J. W. 1992. Estrés calórico: alimentación y manejo para reducir sus efectos en las vacas Holando . Sitio Argentino de Producción Animal, 1-5; [consultado 2017 agosto 20]. www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/23-estres_calorico.pdf
- WingChing Jones, R., Pérez, R., & Salazar, E. 2008. Condiciones ambientales y producción de leche de un hato de ganado Jersey en el trópico húmedo: el caso del módulo lechero-SDA/UCR. Agronomía Costarricense, 88-95.
- Wilm, H. G. y D.F. Costello. 1944. Estimating forage yield by the double sampling method. American Society of Agronomy. 36:192-203.
- Zaragoza, C., Seguí, A., & Sanz, E. 1998. Relación entre la producción y el contenido de proteína con los factores de la producción de leche. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaria (IRTA), 1-11.
- Zavala Pope, J. M. 2005. Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche. Lima: Dirección General de Promoción Agraria.