



UAGro

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local

**Contenido de CLA en la leche de vacas del trópico en
pastoreo con la adición de semilla de soya tostada molida**

T e s i s

**Presentada como requisito parcial
para obtener el grado de:
Maestra en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local**

P r e s e n t a:

I.A.Z. Reyna Elizabeth Zetina Martínez

**Directores: Dr. Jaime Olivares Pérez
Dr. Rodolfo Vieyra Alberto**

**Asesores: Dr. Luis Miguel Camacho Díaz
Dr. Saúl Rojas Hernández
MC. Héctor Hugo Galicia Aguilar**

Iguala de la Independencia, Gro., México, julio 2021



UAGro

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local

La presente tesis titulada **Contenido de CLA en la leche de vacas del trópico en pastoreo con la adición de semilla de soya tostada molida**, realizada por la alumna **Reyna Elizabeth Zetina Martínez**, ha sido leída y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local. La dirección de la investigación estuvo integrada por el:

COMITÉ TUTORIAL

Dr. Jaime Olivares Pérez
Director y tutor

Dr. Rodolfo Vieyra Alberto
Co-Director

P. A.

Dr. Luis Miguel Camacho Díaz
Asesor

Dr. Saúl Rojas Hernández
Asesor

M.C Héctor Hugo Galicia
Aguilar

Iguala de la Independencia a 5 de julio del 2021

DEDICATORIAS

A mis abuelos **Julián Martínez Otero** y **Porfiria Rosas Antolino** que siempre los tengo presentes en cada logro cumplido. En especial a mi abuelita que fue mi guía en mis primeros años de vida y me dio lo mejor de sí hasta sus últimos días, siempre vivirás en mi corazón.

A mi padre **Ángel Martínez Rosas** por ser mi mayor apoyo y creer en mí, que es el mejor papa que pude haber tenido.

A mi madre **Edelmira Martínez Rosas** por haberme dado la vida y su cariño incondicional, a pesar de las adversidades siempre ha estado conmigo.

A mi hermana **Violeta Solís Martínez** que es mi motivación e inspiración para seguir adelante día a día, te quiero mucho.

A mis familiares **Gloria Martínez Rosas** y **Cesar Martínez Rosas** por la motivación, consejos y valores que han contribuido a lo largo de mi vida para llegar a mis metas propuestas siempre.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local inscrito al PNPC de CONACYT por brindarme las herramientas necesarias para mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante mis estudios de maestría por un periodo de 24 meses.

A la Secretaría de Educación Pública por el financiamiento parcial a través del proyecto PRODEP (511-6/18-861) con registro interno de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo: UAEH-PTC-803 de Rodolfo Vieyra Alberto

Al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO) por sus espacios: Unidad de Apoyo a la Docencia, Investigación y Extensión, y el Laboratorio de Zootecnia

Al Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (ICAp-UAEH) por la estancia corta de investigación y sus espacios: el Laboratorio de Nutrición (Investigación) y el Laboratorio de Análisis Especiales.

Al Director de tesis, el **Dr. Jaime Olivares Pérez**, por aceptarme como tesista, agradezco por haberme brindado la confianza y facilidad de los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades del posgrado.

Al Co-director de tesis, el **Dr. Rodolfo Vieyra Alberto**, por haberme brindado su apoyo, confianza, paciencia y presión en terminar mis actividades en tiempo y forma.

A los Asesores, el **Dr. Luis Miguel Camacho Díaz**, el **Dr. Saúl Rojas Hernández** y al **M. en C. Héctor Hugo Galicia Aguilar**, por confiar en mí y haberme brindado de su tiempo y paciencia en las revisiones de mis escritos y actividades curriculares del programa de maestría.

A los profesores de **UAGro**, **CSAEGRO** y del **ICAp** por sus conocimientos transmitidos en mi trayecto en mi formación como Maestra en Ciencias.

Y a todas aquellas personas que me apoyaron a lo largo de todo mi trabajo de investigación, principalmente a José de Jesús Gálvez Pineda por ser un gran apoyo en mi trabajo de campo.

Muchas gracias a todos.

*Si quieres llegar donde la mayoría no llega, necesitas hacer lo que la mayoría no hace
(Yudis Lonzoy)*

CONTENIDO

I.	RESUMEN GENERAL	9
II.	INTRODUCCIÓN	10
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	12
	3.1 Situación actual de la ganadería	12
	3.2 La leche y sus componentes	16
	3.2.1 La proteína de la leche	16
	3.2.2 La lactosa de la leche	17
	3.2.3 La grasa de la leche	17
	3.2.3.1 Ácidos Grasos Saturados	18
	3.2.3.2 Ácidos Grasos Insaturados	18
	3.2.3.3 El ácido linoleico conjugado	20
	3.2.4 Sólidos totales de la leche	22
	3.3 Estrategias de alimentación para mejorar el perfil lipídico en la leche de vacas	22
	3.3.1 Forrajes y pastoreo	23
	3.3.2 Lípidos en la dieta	24
	3.3.2.1 Uso de oleaginosas	25
	3.3.2.2 La semilla de soya (<i>Glycine max</i> L.) y su efecto en la alimentación de vacas	26
	3.4. Metabolismo de lípidos de vacas en producción	28
	3.4.1 Proceso de lipólisis	28
	3.4.2 Proceso de Biohidrogenación	30
	3.5 Ácidos grasos benéficos en el humano	30
IV.	JUSTIFICACIÓN	34
V.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	36
VI.	OBJETIVOS	37
	6.1 Objetivo general	37
	6.2 Objetivos específicos	37
VII.	HIPÓTESIS	38
VIII.	MATERIALES Y MÉTODOS	39
	8.1 Área de trabajo	39
	8.2 Animales, semilla de soya y tratamientos	39
	8.3 Desarrollo experimental y alimentación	41
	8.4 Análisis de laboratorio	42

8.5 Análisis estadístico	43
IX. RESULTADOS	45
X.- DISCUSIÓN	54
XI. CONCLUSIONES	58
XII. SUGERENCIAS	59
XIII. BIBLIOGRAFIA	60
XIV. ANEXOS	74
14.1 Estancia de investigación	74
14.2 Resúmenes en congresos	75
14.3 Artículo enviado	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución porcentual por especie de la producción mundial de leche----	
-----	.12
Figura 2. Producción nacional de leche de vaca por entidad federativa en 2019.----	
-----	14
Figura 3. Producción mensual de leche de bovino, 2011-2020. -----	15
Figura 4. Estructura química del ácido linoleico y los 2 principales isómeros del ácido linoleico conjugado.-----	20
Figura 5. Producción natural de isómeros más importantes del CLA en la leche de vacas.-----	21
Figura 6. Diagrama del metabolismo de lípidos en rumiantes -----	29

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción nacional de leche de bovino 2011-2020.-----	13
Cuadro 2. Composición química de leche de algunas especies.-----	16
Cuadro 3. Clasificación de los ácidos grasos saturados e insaturados.-----	19
Cuadro 4. Composición de algunos ácidos grasos de la semilla de soya.-----	27
Cuadro 5. Datos meteorológicos observados durante el periodo experimental.---	39
Cuadro 6. Composición química de los alimentos ofrecidos en estabulación.-----	45
Cuadro 7. Proporción y composición química del forraje fresco en la pradera durante el periodo experimental.-----	46
Cuadro 8. Producción y composición de la leche, ingesta de materia seca y eficiencia alimenticia.-----	47
Cuadro 9. Producción y composición de la leche, ingesta de materia seca y eficiencia alimenticia de las dietas en el periodo experimental-----	48
Cuadro 10. Perfil de ácidos grasos en la leche (g/100 g) por tratamiento y semana-----	50

I. RESUMEN GENERAL

En el presente estudio realizó una evaluación de la producción de leche, la composición química y el perfil lipídico de la leche de vacas en pastoreo continuo en el trópico seco de México, con la adición de semilla de soya tostada y molida en su alimentación. En los capítulos se describen los diferentes apartados que comprenden la difusión de la investigación (resumen, introducción, revisión de literatura, justificación, planteamiento del problema, hipótesis, objetivos, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, bibliografía y anexos). Se utilizaron diez vacas en lactancia distribuidas al azar en dos tratamientos (T0 y T1). Durante la ordeña, las vacas en el T0 recibieron individualmente 4.6 kg de materia seca (MS) de un concentrado comercial® y los animales en el T1 recibieron 3.7 kg de MS de un concentrado comercial® con 380 g de MS de semilla de soya tostada y molida. El experimento tuvo una duración de 78 días (15 días para adaptación y 63 días para medición). Semanalmente se registró el rendimiento de leche y se colectaron muestras para la composición química y perfil lipídico de la leche. La producción de leche y su composición química no fueron diferentes ($P>0.05$) por efecto de tratamientos. El contenido de ácido graso linoleico (C18:2 c9 c12) se incrementó en 22% en la grasa láctea de las vacas del T1 ($P<0.05$). También en el T1 se mejoró ($P<0.05$) la suma de los ácidos grasos mono y poliinsaturados en un 29.1%, la relación entre los ácidos grasos saturados e insaturados en 1.65 y el índice de aterogenicidad en 1.71. En conclusión, la adición de semilla de soya tostada y molida en la dieta de vacas lecheras en pastoreo en el trópico seco de México, no afectó la producción de leche ni de sus componentes y sí mejoró el perfil lipídico en la grasa láctea con índices favorables para promover la salud humana.

Palabras clave: grasa, lípidos, leche, ácidos grasos, insaturados, aterogenicidad.

II. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de leche procede casi en su totalidad de ganado vacuno. En las últimas tres décadas, la producción lechera ha aumentado en más del 59%, pasando de 530 millones de toneladas en 1988 a 843 millones de toneladas en 2018 (FAO, 2021). India destaca como el mayor productor de leche en el mundo, la Unión Europea son los productores más importantes de leche de bovino del mundo, seguido por los Estados Unidos de América, la India, Rusia, China, Brasil, Nueva Zelanda y México (FIRA, 2019). En México, en el 2019 se produjeron alrededor de 12,275,865 millones de litros de leche, el 20.7% lo aportó el estado de Jalisco, seguido de Coahuila, Durango y Chihuahua, el estado de Guerrero, ocupó el vigésimo lugar con 0.7% del aporte total de leche producida (SIAP, 2020). En los países en desarrollo, la leche es producida por pequeños agricultores y contribuye a los medios de vida, la seguridad alimentaria y la nutrición de los hogares (FAO, 2018). En México, estos sistemas representan más del 78% del total de unidades de producción lechera y se estima que aportan más del 35% de la producción total nacional de leche de vaca (Plata-Reyes *et al.*, 2018).

La grasa es uno de los componentes más valiosos en leche de vaca y la composición de ácidos grasos (AG) se puede modificar con la manipulación de la dieta y/o alteración de las condiciones del rumen (O'Callaghan *et al.*, 2018). Se ha observado que la inclusión de lípidos (Suksombat *et al.*, 2013) y el consumo de fibra también ha tenido como resultado el mejoramiento del perfil lipídico de la leche (Elgersma *et al.*, 2015). Pero agregar más del 5% de grasa a la dieta tendrá como consecuencia el síndrome de depresión de la grasa láctea (Jenkins *et al.*, 2008)

Los productos lácteos tienen alto contenido de ácidos grasos saturados (AGS) y su consumo contribuye al desarrollo de enfermedades cardiovasculares (Lordan y Zabetakis, 2017). Los alimentos procedentes de rumiantes (carne y leche) tienen lípidos beneficiosos como el AG ruménico (CLA), el AG vaccénico y el AG linolénico, entre otros (Buccioni *et al.*, 2012; Parodi, 2016), los cuales han demostrado sus efectos positivos en la salud (Lordan *et al.*, 2018). El CLA y los ácidos grasos insaturados (AGI) tienen efectos potenciales en disminución de la

presión arterial (Livingstone *et al.*, 2013), ayudando a reducir la colesterolemia (St-onge *et al.*, 2000), la diabetes mellitus tipo II (Eussen *et al.*, 2016), una disminución significativa en la masa corporal del humano (Shahmirzadi *et al.*, 2019), así también beneficios en el control de peso y acumulación de grasa corporal en animales (Park *et al.*, 2007).

Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento de leche, la composición química, el perfil de ácidos grasos y el índice de aterogenicidad en leche de vacas en un sistema de pastoreo en el trópico seco con la inclusión de semilla de soya tostada molida en su alimentación.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Situación actual de la ganadería

En octubre de 2016 se llevó a cabo la Cumbre Mundial de la Leche, en Rotterdam, Holanda, en la cual la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) destacó, entre otros puntos, lo siguiente: en 2013 este producto agrícola fue de los más importantes en términos monetarios ya que fue valuada en 328,000 millones de dólares Estadounidenses con una producción aproximada de 770,000 millones de litros, solo la leche de vaca representa el 82.7% de la producción global respecto a las otras especies (búfalo 13.3%, cabra 2.3%, oveja 1.3% y camello 0.4%) (Figura 1), se estima que la producción de leche aumentará 177 millones de toneladas de 2016 a 2025, durante este tiempo se observa en la estimaciones que el consumo per cápita de los productos lácteos incrementará entre 0.8% y 1.7% en países en desarrollo, y entre 0.5% y 1.1% en países desarrollados, cada año alrededor de los últimos diez años (FAO, 2016).

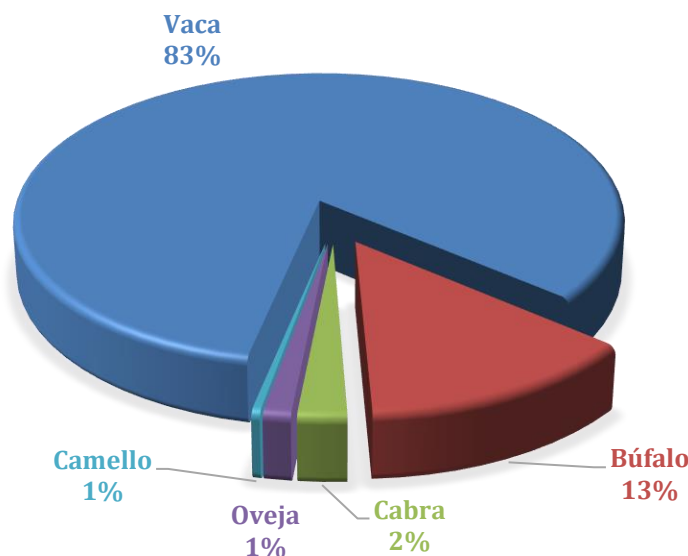


Figura 1. Distribución porcentual por especie de la producción mundial de leche Fuente: FAO, 2016.

Los sistemas de producción de leche a pequeña escala tienen entre 3 y 30 vacas y se considera un desarrollo humano para aumentar la resiliencia y mitigar la pobreza rural en el mundo (Plata-Reyes *et al.*, 2018). La leche es un producto en el cual se tiene ingresos en subproductos o efectivo relativamente rápido y es una gran ventaja para los pequeños productores (FAO, 2016). En México, estos sistemas productivos representan un 78% del total de unidades de producción lechera y se estima que aportan más del 35% de la producción total nacional de leche de vaca (Plata-Reyes *et al.*, 2018).

En México, en el 2019 la producción de leche obtuvo una tasa de crecimiento de 2.3%, es decir, se produjeron 270 millones de litros más que el año anterior, en la última década la fluctuación del crecimiento anual es de considerable como se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Producción nacional de leche de bovino 2011-2020 (Miles de litros).

Año	Producción	Crecimiento anual (%)
2020 e/	12,533,700	2.1
2019	12,275,865	2.3
2018	12,005,693	2.0
2017	11,767,556	1.4
2016	11,608,400	1.9
2015	11,394,663	2.4
2014	11,129,622	1.5
2013	10,965,632	0.8
2012	10,880,870	1.5
2011	10,724,288	0.4
2010	10,676,695	1.2

e/: estimado

Fuente: SIAP, 2020

El estado de Jalisco aportó 20.7% de la leche de vaca producida a nivel nacional, seguido de Coahuila, Durango y Chihuahua con 11.3%, 10.1% y 9.4%, respectivamente; el estado de Guerrero ocupó el vigésimo lugar con un aporte del 0.7% (Figura 2) (SIAP, 2020).

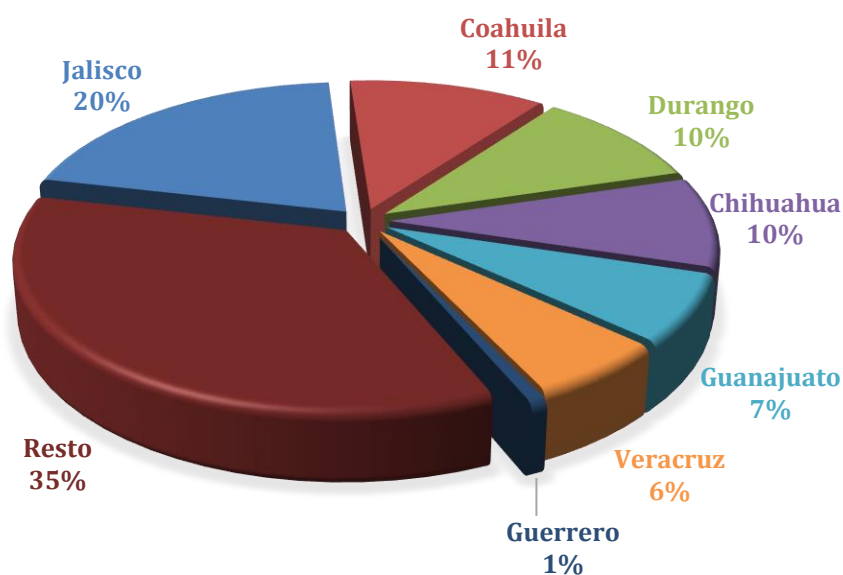


Figura 2. Producción nacional de leche de vaca por entidad federativa en 2019.
Fuente: SIAP, 2020

Se estimó que en 2020 la producción incrementaría 258 millones de litros de leche de vaca respecto del año anterior, cabe señalar que los datos aún no son publicados por el SIAP. La producción mensual de leche ha tenido un comportamiento similar como se observa en la Figura 3, en enero y febrero tiene los niveles más bajos a partir de marzo empieza el crecimiento para tener la producción más alta de julio a septiembre, posteriormente empieza a descender hasta diciembre, esto se puede deber a las temporadas de sequía y lluvias marcadas durante todo el año.

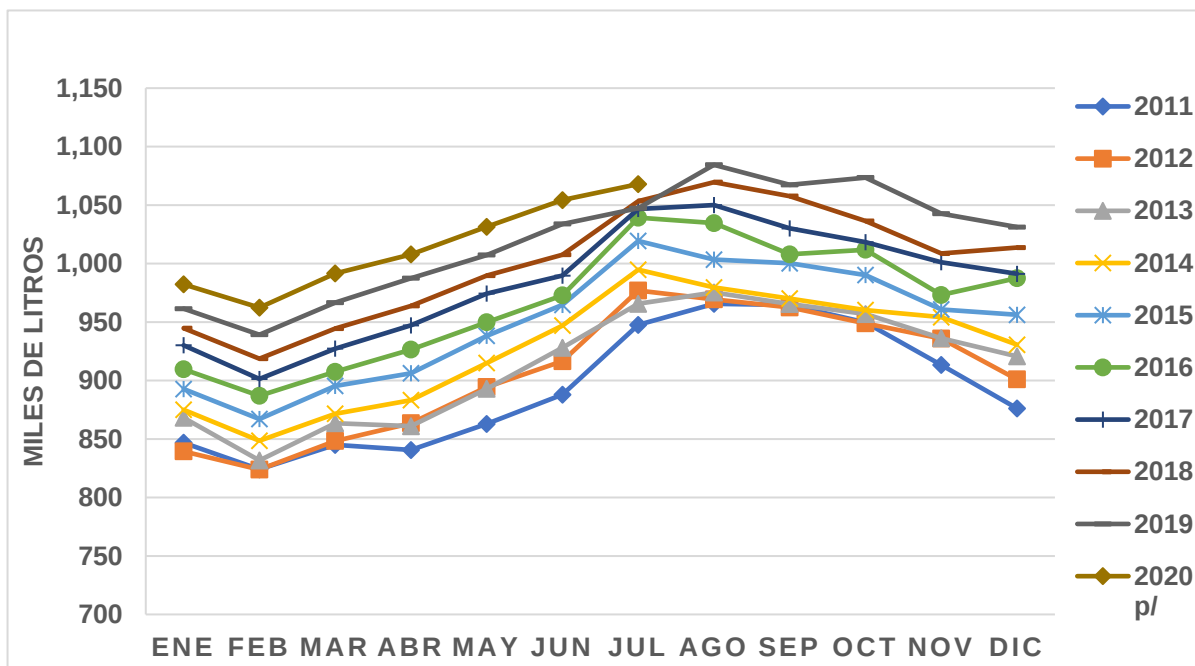


Figura 3. Producción mensual de leche de bovino, 2011-2020 (Miles de litros).

Fuente: SIAP, 2020

El clima es uno de los factores que afecta el rendimiento de leche en vacas sobre todo en sistemas de producción en pastoreo. En el trópico mexicano la producción de leche puede disminuir hasta en un 75% comparado con las zonas templadas (Carvajal *et al.*, 2002), ya que depende de la abundancia de pastos en ciertas temporadas (Padilla, 2016). El genotipo racial Holstein sigue siendo por excelencia la que mayor rendimiento ha presentado; sin embargo, los genetistas han desarrollado genotipos raciales especializadas en la producción de leche y carne como la Pardo Suizo y que se han adaptado a las condiciones tropicales (Araúz *et al.*, 2010). En el estado de Veracruz desarrollaron el genotipo racial Sardo Negro que también produce becerros más pesados al destete y mejor producción de leche comparadas con animales criollos, que además tienen una resistencia al calor y a ectoparásitos (Iturbide, 2014). La alimentación que reciben los animales ha sido y seguirá siendo el principal factor en el rendimiento lechero y de sus componentes mayoritarios y con ello algunas propiedades funcionales contenidos en la grasa de esta leche (Dewhurst *et al.*, 2006).

3.2 La leche y sus componentes

La leche de bovino tiene una densidad media de 1.032 g/mL, es un producto complejo y heterogéneo que lo conforman aproximadamente 100 sustancias, que se pueden encontrar ya sea en solución, suspensión o emulsión, sus componentes mayoritarios comprenden los grupos de lípidos, lactosa, proteínas y otra una gran variedad de componentes solubles (Park y Haenlein, 2006).

Se observan diferencias entre las cantidades de los componentes de la leche de los distintos mamíferos, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición química de leche de algunas especies (%).

Especie	Proteína	Lípidos	Glúcidos	SNG	Lactosa	Sólidos totales
Mujer	1.0	3.8	-	-	7.0	12.2
Vaca	3.2	3.4	4.7	8.30	4.8	12.7
Búfala	4	7.5	4.8	9.92	-	-
Oveja	5.5	7	4.3	12	4.8	19.3
Cabra	3.8	4.3	4.6	7.99	4.1	12.3
Burra	1.6	1.1	6.5	-	7.4	11.7
Yegua	2.1	1.7	6.1	-	6.2	11.2
Camella	3.4	4.1	3.8	-	-	-
Cerda	4.8	6.8	-	-	5.5	18.8
Coneja	11.9	18.3	-	-	2.1	32.8
Elefanta	4.9	11.6	-	-	4.7	31.9

Fuente: Modificado de Fox *et al.* (2000) y Ocampo *et al.* (2016).

3.2.1 La proteína de la leche

Es una mezcla proteica con fracciones y pesos moleculares distintos debido a la genética y a su concentración, la leche de vaca puede variar de 2.9 a 3.9% (Agudelo y Bedoya, 2005). Las proteínas se dividen en dos grandes grupos: el coágulo (caseína) que representa un 80%, comprende cuatro proteínas: α S1 -, α S2 -, β - y κ -caseínas (Turck, 2013). La caseína puede ser modificada al momento

que se separa por la acidificación y es estable a la acción del calor (Agudelo y Bedoya, 2005). El segundo grupo es el lactosuero (suero) que representa el 20% del total de proteínas, donde se encuentran la β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina, albuminas, lactoferrina e inmunoglobulinas (Turck, 2013). Las albúminas se desnaturalizan con altas temperaturas y las globulinas de la leche son proteínas de alto peso molecular conocidas como anticuerpos o inmunoglobulinas que en su mayoría se encuentran en el calostro (Agudelo y Bedoya, 2005).

3.2.2 La lactosa de la leche

Es el carbohidrato característico de la leche de mamíferos, es un disacárido compuesto por una molécula de glucosa y una molécula de galactosa y se sintetiza en la glándula mamaria (Haenlein y Caccese, 1984; Chandan *et al.*, 1992).

3.2.3 La grasa de la leche

La grasa es uno de los componentes más valiosos de la leche, se compone de aproximadamente 400 diferentes ácidos grasos (AG), son un conjunto de moléculas insolubles en agua y la solubles en solventes orgánicos (ejemplo: benceno, cloroformo y hexano) (Alothman *et al.*, 2019). Las grasas de la leche son propensas a oxidarse esto conduce a una formación de peróxidos aldehídos, cetonas, entre otros, lo cual origina alteraciones del sabor. El contenido de grasa en la leche está influenciado principalmente por la alimentación (Harvatine y Allen, 2005) y proporcionalmente, la composición de AG se puede modificar con la manipulación de la dieta y/o alteración de las condiciones del rumen (Lindmark-Mansson, 2008 y O'Callaghan *et al.*, 2018). La grasa de la leche puede clasificarse por el número de dobles enlaces en su cadena de carbonos, así tenemos los ácidos grasos saturados (AGS) y los ácidos grasos insaturados (AGI); este último a su vez se divide en monoinsaturados (AGMI) con un doble enlace y poliinsaturados (AGPI) con dos o más dobles enlaces.

3.2.3.1 Ácidos Grasos Saturados

Estos son cadenas de átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, solo poseen enlaces simples y son sólidas a temperatura ambiente. Los ácidos grasos saturados (AGS) que se encuentran en los alimentos son de 14, 16 y 18 átomos y en la leche de rumiantes existen desde cuatro átomos de carbono (Torrejón y Uauy, 2011). Los AGS tiene efectos negativos en la salud humana (Lordan *et al.*, 2018), particularmente C14:0 y C16:0, que determinan disfunciones fisiológicas que incluyen un mayor colesterol plasmático (Suksombat *et al.*, 2013). El consumo en humanos de los AGS se asocia al incremento del índice de masa corporal (IMC), obesidad, enfermedades neurodegenerativas, Alzheimer, resistencia a la insulina y diabetes (Cabezas-Zábala *et al.* 2016).

3.2.3.2 Ácidos Grasos Insaturados

Las características de los ácidos grasos insaturados (AGI) es que contienen uno, dos o más dobles enlaces, se clasifican en tres familias omega 3, 6 y 9, esto según el terminal metilo. La clasificación de los AGI de acuerdo a su estructura molecular en “cis” que se encuentran en todos los alimentos por igual y los “trans” encontrados en cantidades pequeñas en la carne y leche de rumiantes (Cabezas *et al.*, 2016). Estos AGI han demostrado beneficios a la salud humana desde la disminución de colesterol en sangre, modulación de la masa corporal y reducción de enfermedades cardiovasculares (Ulbricht y Southgate, 1991; Balaciano, 2016).

En el Cuadro 3 se muestra la clasificación de algunos AG presentes en la leche de vaca de acuerdo a su insaturación. Los AGI se dividen en monoinsaturados y poliinsaturados.

Cuadro 3. Clasificación de los ácidos grasos.

Ácidos Grasos	Nombre	Abreviación
Saturados	Butírico	C4:0
	Caproico	C6:0
	Caprílico	C8:0
	Cáprico	C10:0
	Láurico	C12:0
	Mirístico	C14:0
	Palmítico	C16:0
	Esteárico	C18:0
	Araquídico	C20:0
	Behénico	C22:0
Monoinsaturados	Palmitoleico	C16:1 c9
	Oleico	C18:1 c9
Poliinsaturados	Linoleico	C18:2 c9 c12
	Linolénico	C18:3 c9 c12 c15
	Araquidónico	C20:4n-6
	Estearidónico	C18:4n-3
	Eicosapentaenoico	C:20:5 c5 c8 c11 c14 c17
	Docosahexaenoico	C22:6 c4 c7 c10 c13 c16 c19

CX:Yn-Z, X = número de carbonos; Y = número de dobles enlaces; Z = posición del primer doble enlace numerado del final de la cadena de carbonos (Modificado de Martínez, 2010 y, Kalac y Samkova, 2010).

La Figura 4 muestra el AG linoleico (C18:2 *c9 c12*) y principales isómeros en la conjugación de la cadena de carbonos que son los mayoritarios del ácido linoleico conjugado (CLA), el AG ruménico (C18:2, *c9 t11*) y el C18:2 *t10 c12*.

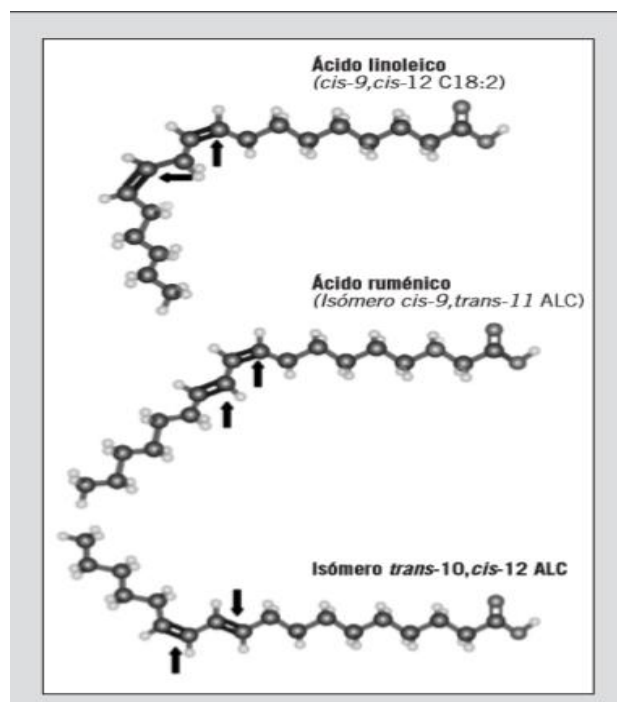


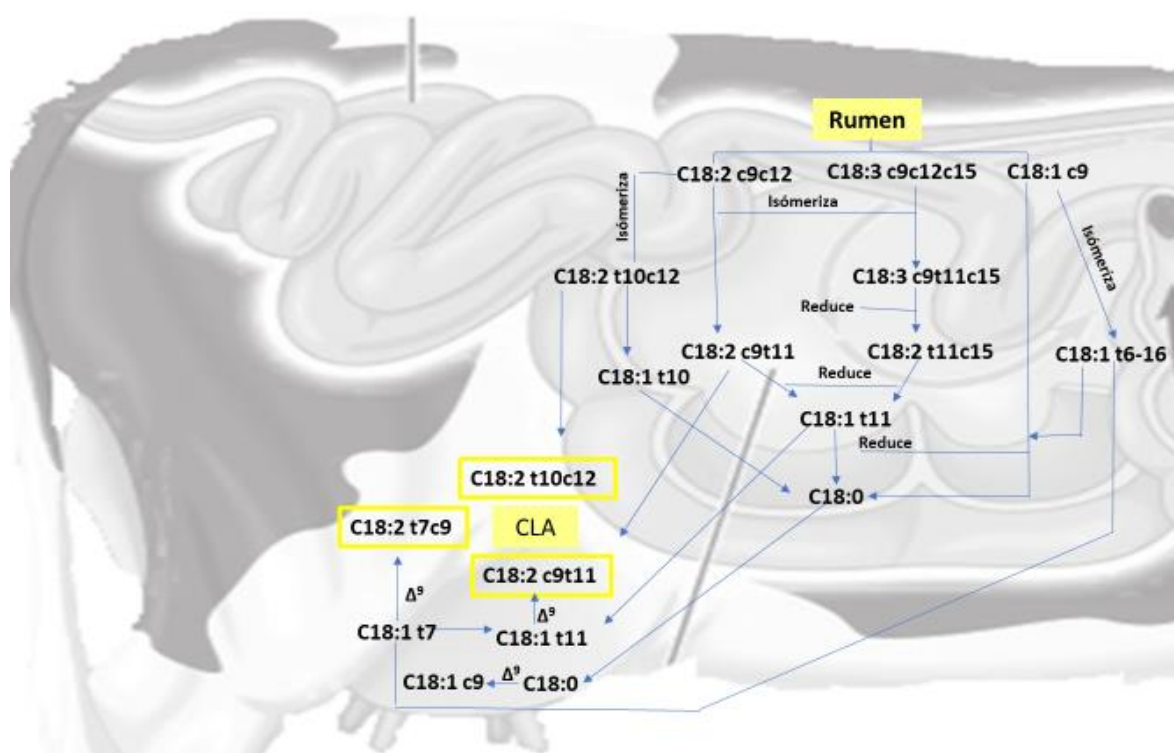
Figura 4. Estructura química del ácido linoleico y los 2 principales isómeros del ácido linoleico conjugado (Bauman *et al.*, 2006).

3.2.3.3 El ácido linoleico conjugado

El ácido linoleico conjugado (CLA) es una mezcla de isómeros posicionales (7,9; 8,10; 9,11; 10,12 y 11,13) y geométricos (*cis* o *trans*) del ácido linoleico (C18:2 *c9, c12*) con dobles enlaces conjugados (Bauman *et al.*, 1999). El principal isómero del CLA es el AG ruménico (C18:2 *c9, t11*) que está presente un 75 a 90% del total de isómeros del CLA en leche (Bauman *et al.*, 2006).

El AG ruménico se sintetiza en el rumen como un intermediario de la biohidrogenación del ácido linoleico, de donde también deriva AG vaccénico (C18:1 *t11*), utilizado como sustrato en la síntesis *de novo* en la glándula mamaria por acción de la enzima Δ^9 desaturasa para la producción de AG ruménico (Bauman *et al.*, 1999; Bauman *et al.*, 2006; Sun y Gibbs, 2012).

El AG ruménico está presente naturalmente en la carne, en la leche y los productos lácteos de los animales rumiantes debido al procesos metabólicos que sufren los AG de los alimentos en el rumen (Bhattacharya *et al.*, 2006), Como se muestra en la Figura 5.



21

3.2.4 Sólidos totales de la leche

Es la suma del contenido de grasa con sólidos no grasos (Chigerwe y Hager, 2014). Su concentración es variable y depende de los componentes mayoritarios en la leche. Un alto contenido de sólidos totales en la leche generalmente trae como resultado altos rendimientos queseros (Fox *et al.*, 2000).

3.2.4.1 Minerales y vitaminas

La concentración de calcio en la leche depende del calcio dietario; sin embargo, cuando esta dieta tiene un déficit, el animal utiliza sus reservas corporales manteniendo así un contenido de calcio constante en leche 113.5–150.4 mg/100 g (NRC, 2001). El fósforo es el segundo mineral más abundante de la leche de vaca teniendo concentraciones de 87–109.6 mg/100 g. El magnesio en la vaca interviene en funciones musculares, nerviosas y se complementa con el calcio y fósforo para la salud ósea (Lindmark-Mansson *et al.*, 2003) su contenido en la leche es de 9.4–15 mg/100 g. El contenido de potasio en leche 143–152 mg/100 g es bastante estable, incluso si su ingesta de potasio fluctúa (NRC, 2001). Por otro lado, la vitamina E de la leche de vaca es bastante bajo y depende de la alimentación, en verano generalmente tiene concentraciones más altas que invierno, esto se debe porque el forraje fresco aporta esta vitamina al animal (NRC, 2001). Las vitaminas del complejo B son sintetizadas por el rumen, y secretadas en la leche (Renner *et al.*, 1989). La vitamina C se sintetiza en el hígado del animal y posiblemente en el intestino y el riñón, parte de esa producción se secreta en leche (Swensson y Lindmark-Mansson, 2007).

3.3 Estrategias de alimentación para mejorar el perfil lipídico en la leche de vacas

La dieta es principal factor para manipular la composición nutrimental de la leche (Dewhurst *et al.*, 2006). La grasa de la leche esta influenciada por el contenido de lípidos en la dieta y la relación de fibra efectiva que tiene la dieta balanceada (Lock y Bauman, 2004). La inclusión de lípidos en la alimentación de las vacas ha tenido como resultado mejorar el perfil lipídico de su leche (Suksombat *et al.*, 2013).

Aumentar el consumo de fibras dietaría también ha tenido una correlación positiva con la concentración de grasa y mejoramiento del perfil lípido de la leche (Elgersma, 2015).

3.3.1 Forrajes y pastoreo

Los forrajes en las praderas son ricos en AG linolénico (C18:3 c9 c12 c15) y llegan a representa del 48 al 56% del total de AG (Sun y Gibbs, 2012). La alimentación de vacas con forrajes tiernos o jóvenes producen una leche con mayor contenido de CLA (Dias *et al.*, 2019). Aumentar el tiempo de permeancia de las vacas en las praderas (12 vs 8 h) incrementa el contenido de CLA y AG vaccénico en su leche (Vieyra-Alberto *et al.*, 2018). Kay *et al.* (2005) reportaron incremento en el contenido de los AG ruménico, vaccénico y linolénico de vacas en pastoreo comparado con vacas en estabulación. De igual forma, Bargo *et al.* (2006) incrementaron el contenido de los AG ruménico y vaccénico de vacas en un sistema de pastoreo comparados con un sistema que alimentaba con dietas completas mezcladas; estos mismos autores incrementaron el CLA y AG vaccénico en un sistema mixto comparado con un sistema estabulado. Morales-Almaráz *et al.* (2010) evaluaron cero pastoreo, 6 y 12 horas de permanencia en la pradera, el CLA aumento un 40 y 100% con 6 y 12 horas de permanencia en la pradera comparado con cero pastoreo, el AG vaccénico aumento un 84% con el pastoreo y linolénico aumento 89 y 173% con 6 y 12 horas de permanencia en la pradera, respectivamente. Castro-Hernández *et al.* (2014) aumentaron el contenido de los AG vaccénico, CLA y linolénico en vacas en pastoreo con la reducción de concentrado en su alimentación. White *et al.* (2001) evaluaron el pastoreo y confinamiento respecto a vacas Holstein y Jersey, donde se demostró que las vacas en pastoreo con concentrado de 5.5 kg por vaca produjo concentraciones más altas de AGPI omega 3 (86.8%), y CLA (75%), y disminuyó AG omega 6 (26.9%), palmítico (1.51%) y AG vaccénico (1%), además que las vacas Holstein fueron más eficientes que las vacas Jersey.

3.3.2 Lípidos en la dieta

Utilizar más del 5% de lípidos sobre la materia seca de la dieta puede provocar el síndrome de depresión de grasa láctea en vacas, caracterizado por reducir hasta un 50% del contenido normal de la grasa en la leche (Jenkins, 1993). Este síndrome es provocado por una baja proporción de fibra detergente neutro (FDN) y/o la alta inclusión de AGI en la dieta (Bauman y Griinari, 2001); modificar el pH en el rumen y los cambios en las proporciones de los ácidos grasos volátiles, favorecen a la fermentación propiónica incrementan la población de bacterias *Megasphaera elsdenii*, responsables de C18:2 *t10 c12* (Maldonado-Jaqueza *et al.*, 2017). También, la presencia en el rumen de los AG linoleico y α -linolénico dan origen al C18:2 *t10 c12* a través de isomerización enzimática, lo que a su vez permitirá una mayor tasa de escape de este isómero hacia la glándula mamaria afectando la producción de AG de cadena corta y media (Wattiaux y McCullough, 2011).

La inclusión moderada de lípidos en la dieta de vacas mejora el perfil lipídico, aumenta la disponibilidad del AG palmítico (16:0) en la glándula mamaria, se lleva a cabo la síntesis de triglicéridos en leche, lo que incrementa la concentración de la grasa. La inclusión de AG palmítico aumenta la concentración en grasa de la leche de vaca, pudiendo ser una opción viable para recuperar la concentración de grasa en leche disminuida por el efecto del isómero C18:2 *t10 c12* (Maldonado *et al.*, 2017).

Incluir 0.5 kg de aceite vegetal en la alimentación de las vacas aumenta el contenido de AGI y del CLA en la grasa de la leche hasta un 61% en vacas en pastoreo, sin afectar el rendimiento productivo (Schroeder *et al.*, 2004). En el mismo sentido, Loores y Herbein (2003) mencionan que la inclusión de lípidos de origen vegetal en la alimentación de vacas incrementa la producción de CLA, aún más, si la adición es con aceite insaturado con alto contenido de AG linoleico (Bauman *et al.*, 1999). Bodkowski *et al.* (2016) observaron que suplementar 400 g/ de un complejo lipídico (CLA, EPA y DHA) en vacas Holstein, disminuyó el contenido de grasa en leche de 4.6 al 4.1%, principalmente el C12:0 en 22.2%, pero aumentaron

los AGMI, AGPI, AG ruménico. y C18:2 *t10 c12* en 6, 69, 278 y 233%, respectivamente. Adicionar 5% de aceite de soya en la dieta de vacas en lactación fue más efectivo para incrementar el contenido de CLA en la leche que un suplemento de CLA en la misma dieta (Huang *et al.*, 2008). Vacas en pastoreo con la adición de una dieta completa mezclada que contenía 6% de aceite vegetal afectó el rendimiento productivo, disminuyó el porcentaje de grasa, pero mejoró el contenido de los AG oleico, vaccénico, linoleico y CLA (Vieyra-Alberto *et al.*, 2017). Rodrigues *et al.* (2018) reportaron en vacas en lactación temprana una mayor producción en leche y concentración de AG ruménico (C18:2 *c9 t11*) cuando se adicionó 1.57 y 4.43% de aceite de soya en su dieta.

Estrategias de alimentación en vacas lecheras con lípidos protegidos permite incrementar los ácidos grasos disponibles para la absorción intestinal y reducir los efectos negativos de la grasa en la fermentación ruminal sin afectar a los microorganismos (Ferlay *et al.*, 1992). Los lípidos se pueden proteger mediante procedimientos físicos (tamaño de partícula) o químicos (encapsulación, sales de calcio, etc.) manteniendo el metabolismo normal de los animales (Moreno, 2019).

Utilizar distintos aceites (canola, linaza y soya) con sales de calcio en la alimentación de vacas afecta el contenido de grasa en su leche, pero mejora la concentración de los AG oleico y vaccénico (Chouinard *et al.*, 1998). Suplementar 5.4% con aceite de linaza protegida con sales de calcio a vacas en producción aumenta los AG omega 3 de 1.20 a 2.25 g/100 g AG en la grasa de su leche (Brzóška, 2006).

3.3.2.1 Uso de oleaginosas

Las semillas de oleaginosas son aquellas que se pueden extraer aceites ya sea para uso industrial o comestible o para la elaboración de pastas para la alimentación del ganado (SAGARPA, 2017). Utilizar 50 gramos por animal al día de semilla de girasol en la alimentación de cabras incrementa la producción de leche, grasa y CLA en un 6.4, 5.8 y 33.3%, respectivamente (Morsy *et al.*, 2015). La inclusión de semilla de girasol molida en vacas Holstein aumenta la concentración del 20% de AG linoleico (C18:2 *c9 c12*) y CLA en 91% en grasa de la leche, y una

disminución del 17% de los AG de cadena corta y media (Razzaghi *et al.*, 2016). Suksombat *et al.* (2013) concluyeron que usar 344 gramos al día de linaza entera en dietas de vacas Holstein incrementa el AG oleico (C18:1 *c*9), linolénico (C18:3 *c*9 *c*12 *c*15) y el total de AGI en 21, 91 y 18%, por el contrario, disminuye el contenido de los AGS en un 7%. La inclusión de 12.4% de linaza cruda en la dieta de vacas Holstein tuvo un efecto positivo en la grasa de la leche (+4.3 g/kg) (Martin *et al.*, 2008).

Souza *et al.* (2018) incluyó 8.6% de semilla de algodón en la dieta de vacas Holstein y observó un incremento del 15% en el contenido de grasa en leche y un 46.7% en su rendimiento en comparación con el uso de cáscarilla de soya (8.6%). La inclusión del 10% de harina de algodón en la dieta de vacas incrementa 37% de AG esteárico (C18:0) (Valentim *et al.*, 2017). Schettino *et al.* (2017) concluyeron que la inclusión del 5.5% de semilla de chía en dietas de cabras aumenta los contenidos en leche de los AGPI hasta en un 20% y disminuye los AG mirístico (C14:0) y palmítico (C:16:0). Ayerza y Coates (2006) adicionó 17.5% semilla de chía entera en la dieta de vacas Holstein, la cuales aumentaron en la leche el contenido de los AG oleico, AGMI y AGPI en 15.6, 15, y 23.8%, respectivamente, así mismo, se observó una mejor relación de AGS:AGPI. Adicionar 1.7% de colza en la dieta de vacas con un manejo convencional dio resultados más altos en AG omega 3 (94%) y CLA (59%) (Butler *et al.*, 2019).

3.3.2.2 La semilla de soya (*Glycine max* L.) y su efecto en la alimentación de vacas

Glycine max L. es originaria de China y Asia oriental, en la actualidad es cosmopolita, dentro de las oleaginosas, esta semilla es la más cultivada y utilizada a nivel mundial, por ser una fuente de proteínas de alta calidad para el ganado y la acuicultura (Anderson *et al.*, 2019). La semilla entera contiene 38% de proteína bruta, 28% de grasa 16% de hidratos de carbono y es una fuente importante de minerales (Etiosa *et al.*, 2018).

En el Cuadro 4 se muestran algunos AG contenidos en la semilla de soya, destaca la concentración del AG linoleico en más del 50%, seguido del AG oleico, la suma de estos dos representa el 73.6% del total de AG.

Cuadro 4. Composición de algunos ácidos grasos de la semilla de soya.

Ácido graso	Abreviación	g/100 g AG
Mirístico	14:0	0.2
Palmítico	16:0	10.7
Palmitoleico	16:1	0.3
Esteárico	18:0	3.9
Oleico	18:1	22.8
Linoleico	18:2	50.8
Linolénico	18:3	6.8
Araquidónico	20:0	0.2

Fuente: Palmquist, 1988

Se ha utilizado la semilla de soya en la alimentación de vacas por distintas vías de presentación como son entera, extruida, quebrada, molida y, cruda o tostada. La presentación mejor aprovechada por los animales rumiantes ha sido la extruida y quebrada cuando previamente tuvo un proceso de cocción (tostado) (Dhiman *et al.*, 1997). En este sentido, incluir en la dieta de vacas semillas ricas en AG linoleico y linolénico, tratadas con calor aumenta el contenido de CLA en la leche (Dhiman *et al.*, 2000). Barnabé *et al.* (2007) y Vinícius *et al.* (2015) no observaron diferencias en la ingesta de materia seca (MS), producción de leche y composición de la leche cuando se compara la pasta de soya (subproducto de la extracción de aceite de soya) con soya (quebrado, molido y, crudo o tostado), con lo anterior se pretende que sea una opción viable y de menor costo en la alimentación de vacas de rendimientos limitados en regiones donde se cultive la soya. Chen *et al.* (2008) encontraron que la adición de 10% de soya extruida en la dieta de las vacas incrementó el contenido AG ruménico y disminuyó la concentración de los AG mirístico y palmítico en la grasa de la leche. Por su parte, Almeida *et al.* (2016) reportaron que la inclusión de 12% soya cruda entera en la alimentación de vacas lecheras no afectó el rendimiento y composición de la leche concluyendo que la

pasta de soya puede ser remplaza por la soya cruda entera. Valentime *et al.* (2017) observaron un incremento de los AGPI en 32.5% y el AG linoleico en 35.8%, cuando se adicionó 12% de soya cruda molida en la alimentación de vacas Holstein.

3.4. Metabolismo de lípidos de vacas en producción

Los rumiantes se caracterizan por tener un proceso de digestión fermentativo microbiano, es decir, los carbohidratos y proteínas de forrajes en rumen ayudan a los microorganismos a producir los ácidos grasos volátiles (AGV) (Quintero *et al.*, 2011). Por su parte, lípidos presentes en la dieta se unen a partículas de los alimentos y microorganismos disminuyendo la fermentación, sobre todo de los carbohidratos fibrosos; los microorganismos del rumen hidrogenan los AGI (Wattiaux, 2007).

Los lípidos presentes en los alimentos que consumen los rumiantes pasan por dos procesos importantes para su absorción y aprovechamiento. El primer proceso es la lipólisis, que es la separación del glicerol con los ácidos grasos. Los ácidos grasos libres (que en su mayoría son AGPI) tienen una serie de cambios en su estancia en el rumen como lo describe la Figura 6.

3.4.1 Proceso de lipólisis

En los rumiantes, la lipólisis es llevada a cabo por la bacteriana *Anaerovibrio lipolítica*, pero no es la única, las enzimas asociadas como las lipasas (pH=7.4 entre 20-22°C) que se intensifican con el incremento de la concentración de CaCl₂ y BaCl₂ y que se inhibe con la presencia de ZnCl₂ y HgCl₂. Los protozoos su participación es reducida con resultados variables y los hongos no intervienen dentro del proceso. Los galactoacilgliceroles de la lipólisis se hidrolizan a glicerol, AG y galactosa; los fosfolípidos, a AG libres, fosfato y glicerol y los triacilgliceroles, a AG y glicerol. El glicerol, se incorpora rápidamente a glicólisis para la producción de piruvato, el cual, es posteriormente transformado en propionato, mediante el proceso de fermentación anaerobia. La galactosa es rápidamente fermentada y transformada en ácidos grasos volátiles (Castillo *et al.*, 2013).

3.4.2 Proceso de Biohidrogenación

Posterior a la lipólisis ocurre la biohidrogenación donde las bacterias son las principales responsables de este proceso. Kemp *et al.* (1975) registraron tres especies de bacterias implicadas: *Ruminococcus albus*, *Eubacterium* y *Fusocillus*. También se dividieron las bacterias en dos grupos: el grupo A es el responsable de transformar el AG linoléico hasta el AG vaccénico, el grupo B transforma el AG vaccénico en AG esteárico. Para el AG linoléico, la biohidrogenación es más compleja e involucra los dos grupos de bacterias en todos los pasos, ambos mecanismos presentan, como paso inicial, la isomerización del enlace *c12*, de lo cual, resulta la formación de un intermediario químico con un sistema conjugado con isomería geométrica *c9 t11* (Castillo *et al.*, 2013).

El primer paso es realizado por la enzima linoleato isomerasa, que se encuentra en la membrana de las bacterias. En 1971 se propuso, por primera vez, el sistema de electrones (*c9*, *c12*) y el grupo carboxilo; que son los sitios de interacción del AG linoleico y la enzima (Castillo *et al.*, 2013).

El segundo paso en el proceso de biohidrogenación es la reducción del enlace *c9* del sistema conjugado, para producir el AG vaccénico a partir del linoléico y el C18:2 *t11 c15* a partir del linoleico. Este paso involucra la adición de dos hidrógenos al enlace *c9* del sistema dieno conjugado *c9 t11*, por la enzima *c9 t11* octadecadienoato reductasa (EC 1.3.1.) (Hughes *et al.* 1982; Jenkins *et al.* 2008; Sterk *et al.* 2010).

La reducción del AG vaccénico parece ser el paso determinante de la biohidrogenación de AG linoléico y linoleico y, por lo tanto, se podría acumular en el rumen aumentándose así su disponibilidad para ser absorbido (Castillo *et al.*, 2013).

3.5 Ácidos grasos benéficos en el humano

Los ácidos grasos se consideran fundamentales para los componentes estructurales de células, tejidos y órganos, así como para la síntesis de determinadas sustancias biológicamente activas en el ser humano (Sokola *et al.*,

2018). El consumo de lácteos tiene un efecto beneficioso sobre la salud de las enfermedades cardiovasculares (Wang *et al.*, 2015; Drouin- Chartier *et al.*, 2016; Gholami *et al.*, 2017). Marchioli *et al.* (2001) y Marchioli *et al.* (2002) evaluaron en más de 60,000 pacientes cardíacos, la adición de 1 gramo al día del AGPI omega-3 redujo la mortalidad del 20%. Estudios realizados por Drouin-Chartier *et al.* (2016) y Gholami *et al.* (2017) asocian un menor riesgo de hipertensión cuando se consume leche entera de vaca. Appel *et al.* (2006) y Livingstone *et al.* (2013) encontraron que los lácteos y sus productos está asociado con una presión arterial más baja.

Van Meijl y Mensink (2011) utilizaron un grupo de personas con exceso de peso, a los cuales se les proporcionó durante ocho semanas tres porciones de productos lácteos a la semana y se tuvo una reducción significativa de la presión arterial sistólica. Las personas hipertensas que consumían más de dos porciones por semana de yogur tenían menor riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares (Buendía *et al.*, 2018).

Mann y Spoerry (1974) realizaron estudios en grupos étnicos de África donde la inclusión de leche en su alimentación disminuyó los niveles plasmáticos de colesterol en sangre.

El consumo de lácteos tiene propiedades antiinflamatorias (Wang *et al.*, 2015; Drouin- Chartier *et al.*, 2016). En particular, los AG de cadena larga como el palmítico (C16:0) y el esteárico (C18:0) pueden contribuir a efectos proinflamatorios, estos AG se encuentran en abundancia en los productos lácteos. Una vez que la leche sufre un proceso de fermentación como el yogurt la bioactividad de los inhibidores de los factores de activación de las plaquetas se incrementa (Lordan y Zabetakis, 2017).

Un estudio ha demostrado que las altas ingestas de yogur y productos fermentados se asociaron con menores probabilidades de presentar diabetes mellitus tipo II (Eussen *et al.*, 2016). La asociación de lácteos con diabetes mellitus tipo II se muestra en una reducción del 24% de riesgo para productos fermentados bajos en grasa y una disminución del 28% para la ingesta de yogur (Clifton, 2017).

Keaster *et al.* (2015) mostraron una relación positiva entre el índice de adiposidad y consumo de lácteos en niños. Esto pudo ser debido al alto contenido de vitamina A (Vanderhout *et al.* 2016). Aunque parece tener un mayor efecto en mujeres (Lee y Cho, 2017).

Las propiedades de los productos lácteos pueden ser el resultado de la presencia de lípidos bioactivos como los AG ruménico, vaccénico y butírico y, la presencia de otras moléculas biológicamente activas como ácido fitánico, vitamina A y péptidos bioactivos que pueden interactuar con la activación del receptor- γ activado por proliferador de peroxisoma (Parodi, 2016).

A pesar de las preocupaciones anteriores sobre la ingesta de productos lácteos por el alto contenido de AGS, se ha demostrado que no todos los AG son iguales y que la presencia de AG específicos (C14:0, C15:0, C17:0, CLA y trans-palmitoleico) disminuyen la presencia de enfermedades cardio metabólicas (Givens, 2015), por lo tanto, está claro que las recomendaciones dietéticas para evitar los lácteos en la dieta no está respaldada por la literatura actual, pero aún se requiere más investigación para explicar y aclarar los mecanismos de protección de los productos lácteos (Lordan *et al.*, 2018).

El desafío de la investigación es incrementar AG beneficiosos primordialmente ruménico y vaccénico en la leche, por ser el producto de más consumo en el mundo (FAO, 2016), y recalcar que los lácteos son la fuente primordial del CLA en la dieta humana y su concentración en los subproductos dependerá de la grasa bruta de la leche (Parodi, 1999).

Índice de Aterogenicidad

Se ha observado que los niveles de colesterol en sangre contribuyen al proceso de desarrollo de la aterosclerosis en humanos. El colesterol viaja por la sangre asociado a proteínas de dos tipos: bajos niveles de colesterol HDL (lipoproteína de alta densidad) y altos valores de colesterol LDL (lipoproteína de baja densidad) el cual aumenta el riesgo de desarrollar la aterosclerosis (OMS, 1994; Quintana, 1994).

Los AGS se encuentran en las grasas de origen animal. Dentro de estos, los AG láurico (12:0), mirístico (14:0) y palmítico (16:0) son clasificados como aterogénicos, porque al ser ingeridos contribuyen al aumento de los niveles de colesterol LDL en la sangre. Los AGS con cadenas de menos de 10 carbonos o más de 18 carbonos se clasifican dentro los no aterogénicos. Los AGMI y los AGPI reducen o equilibran los niveles de colesterol del organismo (Chavarría *et al.*, 2006).

Se fijó el Índice de Aterogenicidad (I.A.) por Ulbricht y Soutgate (1991) que es igual al contenido de AG hipercolesterolémicos (láurico, mirístico y palmítico), entre el contenido de los AG con acción protectora (oleico, linoleico y α -linolénico):

$$\text{I.A.} = \frac{[12 : 0] + 4 \cdot [14 : 0] + [16 : 0]}{\text{AGPI } \omega-3 + \text{AGPI } \omega-6 + [18 : 1] + \text{otros AGMI}}$$

Entre mayor sea el valor del I.A. aumenta el riesgo de la contribución de la grasa al desarrollo de ateromas (Chavarría *et al.*, 2006).

IV. JUSTIFICACIÓN

La producción de leche de vaca es cosmopolita y su fácil adquisición hace que sea parte indispensable de la dieta para la población, además, por sus aportes nutricionales al humano se ha considerado el alimento más completo; sin embargo, se ha atribuido que la ingesta de leche con alto contenido de grasa saturada es responsable de problemas de salud a los consumidores, es por ello que la investigación en sistemas de producción lecheros se ha centrado en reducir los niveles de grasa saturada y aumentar el contenido de grasa insaturada en la leche, específicamente ácidos grasos insaturados de cadena larga como el oleico, linoleico, linolénico, vaccénico y linoleico conjugado. Estos dos últimos han sido y seguirán siendo objeto de estudio en las ciencias veterinarias por sus propiedades benéficas al humano incluyendo la disminución de trastornos metabólicos como la diabetes, apoyo en la modulación de la grasa corporal (obesidad), prevención de aterosclerosis, enfermedad coronaria del corazón y como anticancerígenos.

Modificar el contenido de grasa y su proporción de ácidos grasos saturados e insaturados de la leche proveniente de las vacas a través de su alimentación sin afectar su rendimiento productivo ha sido un reto difícil para los nutriólogos. Hoy en día se tienen avances sustanciosos como el uso de lípidos protegidos o no en las dietas, aumento del contenido de fibra en la ración, incluir distintos tiempos y/o momentos en la pradera, el uso de forrajes frescos, henificados o ensilados en distintos niveles, el uso de semillas y/o granos enteros, quebrados, molidos, crudos o cocidos. En estos estudios se ha observado el aumento de ácidos grasos insaturados en la grasa de la leche y en ocasiones el incremento de ácidos grasos de cadena larga.

Ahora bien, el 92% de soya que se utiliza en nuestro país es de importación y la gran mayoría la ocupa el sector pecuario como pasta de soya para la alimentación del ganado en producción. Existen regiones en México, que, por sus condiciones agroclimáticas, debería producirse esta oleaginosa. El estado de Guerrero tiene las condiciones necesarias para el crecimiento óptimo de este cultivo como bien lo refiere el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero y el

INIFAP-Iguala. Por un lado, se produciría un grano de calidad nutritiva (38 a 42 % de proteína cruda) necesario en las dietas del ganado lechero y por otro, un ingrediente que podría sumar a la producción de leche y sus productos con una mejor calidad nutritiva.

El tostado y la disminución de la partícula de granos y semillas son una alternativa para un mejor aprovechamiento por los microorganismos ruminales, ya que, en estudios previos han demostrado una mejor colonización y una mayor digestibilidad de estos ingredientes.

V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El consumo de leche de vaca se ha asociado a la mayor incidencia de enfermedades cardiovasculares en el hombre por su alto contenido de ácidos grasos saturados. Incrementar el contenido de ácidos grasos insaturados en la leche, sin afectar la producción de leche de vaca se ha convertido en un desafío en la investigación con efecto positivo en el abastecimiento y la salud del consumidor. Entre los ácidos grasos insaturados de cadena larga están el ácido linoleico conjugado (por sus siglas en inglés, CLA) y el ácido graso vaccénico, ambos tienen especial importancia por los efectos benéficos observados en modelos animales y probablemente en el ser humano. Por esta razón se plantea la pregunta de investigación: ¿la inclusión de semilla de soya tostada molida en la dieta de vacas en producción en pastoreo incrementará el contenido de ácidos grasos insaturados de cadena larga con especial énfasis del oleico, linolénico, linoleico, linoleico conjugado y vaccénico en su leche sin afectar su rendimiento productivo?

VI. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Evaluar el rendimiento de leche, la composición química, el perfil de ácidos grasos y calcular el índice de aterogenicidad en la leche de vacas bajo un sistema de pastoreo en el trópico seco con la inclusión de semilla de soya tostada molida en su alimentación.

6.2 Objetivos específicos

- Conocer el efecto de la adición de semilla de soya tostada molida en la alimentación de vacas en pastoreo en el trópico seco sobre la producción de leche y, el contenido de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales en su leche.
- Determinar el efecto de la adición de semilla de soya tostada molida en la alimentación de vacas en pastoreo en el trópico seco sobre el perfil de ácidos grasos con especial énfasis en oleico, linolénico, linoleico, linoleico conjugado y vaccénico en su leche.
- Calcular el índice de aterogenicidad y la actividad de la enzima Δ^9 desaturasa a partir del contenido en leche de los ácidos grasos láurico, mirístico, propiónico, esteárico y linoleico.

VII. HIPÓTESIS

La adición de semilla de soya tostada molida (*Glycine max* L.), como fuente de ácidos grasos poliinsaturados, en la alimentación de vacas en producción en un sistema de pastoreo en el trópico incrementa el contenido de los ácidos grasos insaturados de cadena larga, especialmente oleico, linolénico, linoleico, linoleico conjugado y vaccénico en la grasa de la leche, sin afectar su rendimiento productivo.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1 Área de trabajo

El trabajo de campo se realizó en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2019, en la unidad de apoyo a la docencia del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), localizado en el km 14.5 de la carretera Iguala-Cocula a 18° 14' 26" LN y 99° 39' 46" LO y a una altitud de 640 m. El Cuadro 5 muestra los datos meteorológicos observados durante el periodo experimental de campo.

Cuadro 5. Datos meteorológicos observados durante el periodo experimental.

Mes 2019	Precipitación total (mm)	Temperatura °C		
		Máximo	Promedio	Mínimo
Agosto	139.2	35.9	25.9	16.6
Septiembre	221.5	35.9	25.2	17.4
Octubre	140.2	33.4	24.6	18.4

Fuente: Estación 1 CEP, Cocula, Guerrero. Elevación: 630 m, Latitud: 18° 15' 49" N, Longitud: 99° 38' 43" W

Los análisis de laboratorio se realizaron en el laboratorio de nutrición animal de investigación y en el laboratorio de análisis especiales del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, ubicado en la ciudad de Tulancingo, Hidalgo, en las coordenadas a 20°3' 24" LN y 98° 22' 53" LO y una altitud de 2160 m, la temperatura media anual es de 14°C, con una precipitación pluvial anual de 550 mm.

8.2 Animales, semilla de soya y tratamientos

Animales

Los procedimientos utilizados en este estudio se realizaron en estricto apego a las reglas establecidas en la Norma Oficial Mexicana para las especificaciones técnicas para la producción cuidado y uso de animales de laboratorio (NOM-062-

ZOO-1999) de acuerdo con las normas de salud y bienestar animal establecidas por el comité del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero.

Se utilizaron diez vacas multíparas encastadas con Holstein y Pardo Suizo con un peso vivo de 473 ± 41 kg, una producción diaria de leche 13 ± 2.8 kg, con una edad de 5.4 ± 2.2 años y 57 ± 27 días en lactación.

Semilla de soya

La semilla de soya se obtuvo de los cultivos realizados en el CSAEGRO en el periodo de otoño-invierno del 2018. Las labores culturales incluyeron la preparación del terreno en forma mecánica con dos barbechos, un rastreo y un surcado a 0.81 m. La siembra se realizó en forma manual depositando la semilla a chorrillo quedando así establecidas las parcelas en hilera doble. Dos días después, se aplicó un sellador (Sencor®; 35 mL en 15 litros de agua). Se realizó un aclareo de manera manual 30 días posteriores a la siembra, las plantas que estaban muy cerca entre sí se arrancaron dejando una distancia aproximada entre ellas de 10 cm. La fertilización fue: a) foliar para remediar los problemas de hierro que presentaron las plantas en su crecimiento, se prepararon 50 gramos de Sulfato Ferroso en 15 litros de agua a los 40 días y; b) granular para ayudar en el crecimiento y desarrollo de las plantas a los 50 días después de la siembra, este último se hizo a chorrillo abriendo un canal entre las dos hileras, se utilizó la fórmula de 60-40-00, como fuente de Nitrógeno se utilizó el Sulfato de Amonio (21% de N) y de Fósforo el Superfosfato de Calcio Simple (20% de P_2O_5). Se utilizó el Fusiflex® para el control de maleza (75 mL en 20 L de agua).

Una vez obtenida la semilla se deshidrataron en contenedores metálicos (50°C), para después molerse en un molino mixto de martillo (M.A.GRO® TR-3500) y una criba con agujeros de 2 mm de diámetro. La molienda se conservó en bolsas con capacidad de 40 kg y se almacenaron en sombra y aireación.

Tratamientos

Los animales fueron asignados al azar en uno de los dos tratamientos, cinco vacas en cada uno. Los tratamientos fueron: T0: 5 horas de permanencia en la pradera, forraje fresco de corte a libre acceso y 4.6 kg de concentrado comercial®

en base seca (BS); T1: 5 horas de permanencia en la pradera, forraje fresco de corte a libre acceso, 3.7 kg de concentrado comercial® en BS y 380 g de semilla de soya tostada molida en BS.

8.3 Desarrollo experimental y alimentación

El experimento de campo tuvo una duración de 12 semanas, tres semanas de adaptación para el manejo en el establo, el tiempo de permanencia en la pradera (09:00 a 14:00 h), el alimento ofrecido individualmente en bolsas de nylon de acuerdo al tratamiento correspondiente y el reconocimiento de la pradera por las vacas que contaba con 9.1 ha con una biomasa forrajera, constituida de 56 % *Shorgum halepensis*, 4 % *Cynodon plectotachyus* y 40 % malezas y una masa herbácea de 4.9 ton de MS/ha al inicio del experimento, cabe mencionar que el potrero no contaba con manejo agronómico previo. Posteriormente, nueve semanas fueron de recolección de muestras y registro de parámetros productivos.

La ordeña se realizó a las 07:00 h del día en donde se registró individualmente la producción de leche, después se les ofreció el concentrado solo o con soya tostada molida a cada vaca individualmente con apoyo de bolsas de nylon la cual se retiraba antes de salir a la pradera. Los animales se trasladaban a la pradera donde permanecían de 09:00 a 14:00 h. Una vez en el establo, se ofreció forraje fresco de corte a libre acceso, este era cortado diariamente de las parcelas cultivadas en el CSAEGRO que consistían en su gran mayoría de zacate Jonhson y ahí permanecían hasta las 07:00 h del día siguiente. En todo momento las vacas tuvieron acceso a agua de bebida.

Semanalmente, los animales se pesaron con una báscula ganadera después del ordeño, se midió la producción de leche con un pesaleche (DeLaval®), se recolectaron 100 mL de muestra de leche por vaca divididas en dos tubos estériles, herméticos de 50 mL y se conservaron en congelación a -4°C hasta su posterior análisis en el laboratorio para cuantificar el contenido de componentes mayoritarios y el perfil lipídico y, se recolectaron dos muestras de cada alimento proporcionado en el establo antes de ofrecerlo a los animales. Cada dos semanas, se recolectaron muestras de forraje presentes en la pradera, una muestra se obtuvo de acuerdo a

la técnica de Teuber *et al.* (2007), que consiste en utilizar un cuadrante de 0.25 m² y arrojarlo en distintas ocasiones en forma de zig-zag dentro de la pradera, el forraje dentro de los cuadrantes es cortado a ras de suelo y conservados en bolsas herméticas, son llevadas al laboratorio donde se separaron en zacate Johnson, pasto Estrella de África y otras especies; la segunda muestra se recolectó mediante la técnica de pastoreo simulado descrita por Wayne (1964) que consiste en seguir la ruta de las vacas en la pradera y recolectar con la mano el forraje que consumían.

El consumo de alimento ofrecido en el establo se midió por la diferencia entre la oferta y el rechazo. El consumo de forraje fresco fue calculado de acuerdo al método de rendimiento animal descrito por Macoon *et al.* (2003), para ello se estimó las necesidades de la energía neta de lactación (ENL) de las vacas, la cual se estimó con las ecuaciones de predicción del NRC (2001), donde se incluyeron los requerimientos de energía neta (EN) para el mantenimiento, para la lactancia, para el cambio de peso corporal, para la actividad en el pastoreo y para el desplazamiento hacia o desde la pradera al establo, la diferencia entre los requerimientos ENL (Mcal/día) de la vaca menos la EN proporcionada por el forraje de corte, concentrado comercial y la semilla de soya tostada molida. La EN de los alimentos fue calculada con las ecuaciones descritas por Menke y Steingass (1988) a partir del contenido de fibra detergente ácido (FDA).

8.4 Análisis de laboratorio

Todas las muestras de los alimentos fueron secadas en estufa de aire forzado a 55°C por 48 horas hasta peso constante y se molieron con un molino Wiley (R-TE-680) con criba de 2 mm, se conservaron en bolsas de plástico. El contenido de MS y de cenizas se realizó por pérdida de peso tras desecación de la muestra a 100 ± 1°C en estufa de aire forzado durante 24 h, seguida de la incineración en mufla a 600°C durante 4 h; el contenido de proteína bruta se determinó por el método kjeldalh (AOAC, 2012); el análisis de fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN) y Lignina detergente ácido (LDA) se realizó por el método descrito por Van Soest *et al.* (1991). El porcentaje de digestibilidad

de la MS se estimó con la ecuación propuesta por Caddel y Allen (2000): eDM Digestibility (%) = 88.9 – (%FDA * 0.779).

En la leche se determinó el contenido de grasa siguiendo el método Gerber (Kleyn *et al.*, 2001), la proteína y la lactosa fueron cuantificadas con un analizador de leche (Ultrasonic Milk Analyzer modelo LAC-SSPA50; BOECO, Germany). Para conocer su perfil lipídico, a los tubos con leche se realizó la extracción de la grasa de acuerdo con la técnica descrita por Feng *et al.* (2004), la metilación de la muestra se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Christie (1982) con modificaciones de Chouinard *et al.* (1999). Los ésteres metílicos de los ácidos grasos fueron separados y cuantificados por cromatografía de gases (Perkin Elmer), con una columna capilar de 100 m x 0.25 mm x 0.2 µm (SUPELCO TM-2560), utilizando nitrógeno como gas acarreador. El detector e inyector se mantuvieron a 260°C, la temperatura inicial del horno fue de 140°C por cinco minutos, aumentando 4°C por minuto hasta llegar a 240°C. Cada pico se identificó de acuerdo con los tiempos de retención de estándares de ésteres metílicos (Supelco 37 FAME MIX). Los ácidos grasos se reportan en g por 100 g del total de ácidos grasos.

8.5 Análisis estadístico

El análisis de potencia se realizó utilizando el software G-Power (Faul *et al.* 2007) a medidas repetidas entre el diseño de factores. Las entradas que alimentaron el G-Power fueron: tamaño del efecto = 0.34, α = 0.05, potencia = 0.85, número de grupos = 2, número de medidas = 9, y correlación entre las medidas repetidas = 0.5. El cálculo del tamaño del efecto se basó en los hallazgos de Liu *et al.* (2008) que evaluaron el efecto de la suplementación de soya tostada sobre la producción y la composición química de leche en vacas.

El efecto de la inclusión de la semilla de soya tostada molida sobre el comportamiento productivo y el perfil lipídico de la leche fueron analizados con un completamente al azar con medidas repetidas, con el procedimiento MIXTO de SAS (Statistical Analysis System, versión 8.0) como sigue:

$$Y_{ijk}: \mu + D_i + W_j + (D \times W)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde,

Y_{ijk} : es la variable de respuesta;

μ : es la media general;

D_i : es el efecto aleatorio debido a la i -ésima dieta ($i = T0$: sin semilla de soya tostada molida o $T1$: con 380 g de semilla de soya tostada molida en base seca);

W_j : es el efecto fijo debido a la j -ésima semana de muestreo ($j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ y 9);

$(D \times W)_{ij}$: es el efecto fijo de la interacción de la dieta con la semana de muestreo;

E_{ijk} : es el error residual.

Las diferencias se designaron a un nivel de significancia de <0.05 . Se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de medias (Steel *et al.*, 1997).

IX. RESULTADOS

Cuadro 6. Composición química de los alimentos ofrecidos en estabulación.

Variable	<i>Shorgum</i>		
	<i>halepensis</i> (L.) <i>Pers.</i>	Concentrado	Soya
Materia seca (g/kg)	325±65	933±25	951±17
Materia orgánica (g/kg MS)	910±13	854±25	938±12
Proteína bruta (g/kg MS)	74±23	137±29	420±17
Fibra detergente neutro (g/kg MS)	723±44	313±24	462±18
Fibra detergente ácido (g/kg MS)	454±38	173±23	160±10
Lignina (g/kg MS)	90±18	33±9	29±4
Digestibilidad eMS (%)	53±3	75±1	76±1
eENL (Mcal/kg DM)	1.12±0.09	1.77±0.05	1.80±0.02

MS – Materia seca, eMS – estimación en materia seca, eENL – estimación de energía neta de lactación.

El Cuadro 6 muestra el contenido nutricional de los alimentos que complementaron el pastoreo. La proteína cruda (PC) del forraje de corte fue de 7.4±2.3%, el concentrado 13.7±2.9% ligeramente inferior a lo que reporta la etiqueta comercial y el grano tostado de soya de 42±1.7%. El forraje de corte tuvo un contenido de fibras (FDA, FDN y LDA) elevado y su digestibilidad estimada estuvo alrededor del 53%. El grano tostado de soya tuvo una digestibilidad estimada del 76% y el aporte estimado de energía neta de lactación para vacas lecheras fue de 1.8 Mcal/kg de materia seca (MS).

Cuadro 7. Proporción y composición química del forraje fresco en la pradera durante el periodo experimental.

Variable	Semana de muestra				
	1	3	5	7	9
Composición botánica (%)					
<i>Shorgum halepensis</i> (L.) Pers.	57.0	43.2	92.1	39.4	48.9
<i>Cynodon plectotachyus</i>	7.6	0.0	0.0	0.0	11.1
Otras especies	35.4	56.8	7.9	60.6	40.0
Composición química					
Materia seca (g/kg)	370.0	358.3	500.0	350.0	301.0
Materia Orgánica (g/kg MS)	907.4	908.9	936.8	912.3	892.6
Proteína bruta (g/kg MS)	107.6	94.3	59.7	75.5	112.5
Fibra detergente neutro (g/kg MS)	580.0	663.8	856.8	787.6	638.5
Fibra detergente ácido (g/kg MS)	338.8	346.1	462.7	396.4	354.8
Lignina (g/kg MS)	90.1	73.1	99.0	97.9	100.8
Digestibilidad eMS (%)	62.5	61.9	52.8	58.0	61.2
eLNE (Mcal/kg MS)	1.38	1.37	1.09	1.25	1.35

MS – Materia seca, eMS – estimación en materia seca, eENL – estimación de energía neta de lactación.

En el Cuadro 7 se muestra la composición botánica y la composición química del forraje de la pradera donde pastaron las vacas durante el experimento. En cuanto a su composición botánica, proporcionalmente el zacate *Shorgum halepensis* (L.) Pers. fue el que predominó sobre las otras especies viéndose

superior en la quinta semana con 92%, se registró la presencia de pasto *Cynodon plectotachyus* al inicio y al final del experimento probablemente por la disminución de lluvias en estos días. La composición química del forraje tuvo fluctuaciones durante el experimento y probablemente estuvo influenciado por el zacate *Shorgum halepensis* (L.) Pers. observándose un menor contenido de PC y aumento de fibras detergente neutro y ácido en la semana cinco. La digestibilidad y el aporte de energía neta de lactación estimada también se redujeron en esta semana con 52% y 1.09 Mcal/kg de MS.

Cuadro 8. Efecto del tratamiento sobre la producción y composición química de la leche, ingesta de materia seca y eficiencia alimenticia de vacas alimentadas con semilla de soya tostada molida

Variable	Tratamiento			
	T0	T1	EEM	P<
Producción (kg/vaca/día)	11.70	13.13	0.83	0.26
Grasa de la leche (%)	3.17	3.21	0.09	0.80
Proteína de la leche (%)	2.98	3.09	0.57	0.22
Lactosa de la leche (%)	4.50	4.62	0.08	0.36
Sólidos totales de la leche (%)	8.12	8.43	0.15	0.19
Ingesta de MS de forraje fresco (kg/vaca/día)	2.48	2.87	0.45	0.55
Ingesta total de MS (kg/vaca/día)	12.66	13.56	0.45	0.19
Consumo (% of PV)	2.52b	2.82a	0.81	0.03
Eficiencia alimenticia	1.09	1.04	0.04	0.49

EEM – Error estándar de la media. Medias con distinta literal en la misma hilera son estadísticamente diferentes ($P<0.05$).

El Cuadro 8 muestra la producción de leche y sus componentes químicos, la ingesta al día por vaca de forraje y su eficiencia alimenticia. La ingesta total de alimentos con respecto a su peso vivo fue superior ($P<0.05$) en vacas que consumieron el grano tostado de soya.

Cuadro 9. Efecto de la semana de muestreo sobre la producción y composición química de la leche, ingesta de materia seca y eficiencia alimenticia de vacas alimentadas con semilla de soya tostada molida

Variable	Semanas										EEM	P<
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Producción (kg/vaca/día)	13.25 ^{ab}	13.61 ^a	13.02 ^{abc}	12.48 ^{bcd}	12.12 ^{cde}	11.49 ^e	11.82 ^{de}	11.73 ^{de}	12.23 ^{cde}	0.62	<0.01	
Grasa de la leche (%)	3.35 ^{ab}	3.24 ^{ab}	2.85 ^b	3.13 ^{ab}	3.19 ^{ab}	3.56 ^a	2.80 ^b	3.21 ^{ab}	3.41 ^{ab}	0.16	<0.02	
Proteína de la leche (%)	2.98 ^b	2.97 ^b	2.92 ^b	3.06 ^{ab}	3.05 ^{abc}	2.98 ^b	3.20 ^a	3.06 ^{ab}	3.10 ^{ab}	0.59	<0.01	
Lactosa de la leche (%)	4.48 ^b	4.47 ^b	4.41 ^b	4.58 ^{ab}	4.58 ^{ab}	4.48 ^b	4.41 ^a	4.57 ^{ab}	4.68 ^{ab}	0.08	<0.01	
Sólidos totales de la leche (%)	8.06 ^b	8.13 ^b	7.94 ^b	8.34 ^{ab}	8.32 ^{ab}	8.15 ^b	8.72 ^a	8.34 ^{ab}	8.49 ^{ab}	0.15	<0.01	
Ingesta de MS de forraje fresco (kg/vaca/día)	3.11 ^a	3.11 ^a	2.40 ^{ab}	2.49 ^{ab}	3.02 ^a	2.95 ^a	1.96 ^b	2.55 ^{ab}	2.50 ^{ab}	0.35	<0.01	
Ingesta total de MS (kg/vaca/día)	13.54 ^a	13.55 ^a	12.83 ^{ab}	12.92 ^{ab}	13.45 ^a	13.39 ^a	12.39 ^b	12.98 ^{ab}	12.93 ^{ab}	0.35	<0.01	
Consumo (% de PV)	2.71 ^{ab}	2.74 ^a	2.64 ^{ab}	2.63 ^{ab}	2.73 ^a	2.71 ^a	2.57 ^b	2.59 ^{ab}	2.70 ^{ab}	0.06	<0.01	
Eficiencia alimenticia	1.03 ^{de}	1.00 ^e	1.00 ^e	1.04 ^{de}	1.11 ^{abc}	1.18 ^a	1.06 ^{bcd}	1.11 ^{ab}	1.06 ^{bcd}	0.03	<0.01	

EEM – Error estándar de la media. Medias con distinta literal en la misma hilera son estadísticamente diferentes (P<0.05).

En el cuadro 9, En la semana 1, 2 y 3 se observó un mayor rendimiento lechero ($P<0.05$) con respecto al resto de las semanas. El contenido de componentes mayoritarios de la leche se comportó de manera variable; sin embargo, disminuyó ($P<0.05$) la concentración de proteína, lactosa y sólidos totales de la leche en las primeras tres semanas de muestreo. También se observó variabilidad en el consumo de materia seca (MS) de forraje fresco y total, mostrando desde 1.96 kg hasta 3.11 kg y de 12.39kg hasta 13.55 kg por vaca al día. La eficiencia alimenticia (EA) fue mejor a partir de la cuarta semana de muestreo.

Cuadro 10. Perfil de ácidos grasos en la leche (g/100 g) por tratamiento y semana.

Variable	Tratamiento		EEM	Semana									EEM	P<Valor		
	T0	T1		1	2	3	4	5	6	7	8	9		T	S	T*S
C4:0	2.20	2.55	0.22	2.33	2.39	2.79	1.86	2.36	2.38	2.29	2.52	2.46	0.42	0.31	0.98	0.26
C6:0	2.80	2.30	0.25	2.64	2.28	3.14	2.25	2.17	2.81	3.16	2.36	2.13	0.46	0.19	0.69	0.86
C8:0	1.50	1.35	0.09	1.43b	1.24b	1.51ab	1.30b	1.15b	1.52ab	1.41b	2.52a	0.73b	0.22	0.28	<0.01	0.85
C10:0	1.66	1.47	0.24	1.18	1.48	1.64	1.42	1.30	1.38	1.81	2.00	1.89	0.40	0.59	0.94	0.53
C11:0	1.46	1.52	0.13	0.99b	0.98b	1.53b	1.01b	1.19b	1.10b	1.60b	3.19a	1.83ab	0.28	0.79	<0.01	0.14
C12:0	1.59	1.40	0.16	2.20ab	2.48 ^a	2.19ab	2.08ab	1.82 ^{abc}	1.46 ^{abc}	0.41c	0.32c	0.48bc	0.32	0.41	<0.01	0.74
C13:0	0.39	0.44	0.07	0.55ab	0.61ab	0.78 ^a	0.45ab	0.38ab	0.57ab	0.14b	0.16b	0.13b	0.13	0.65	0.04	0.98
C14:0	10.49 ^a	8.91b	0.37	9.33	9.85	9.08	9.99	9.32	10.42	8.97	10.97	9.38	0.65	0.01	0.50	0.42
C14:1	0.55	0.48	0.03	0.47	0.56	0.55	0.59	0.52	0.53	0.45	0.45	0.47	0.04	0.18	0.40	0.85
C15:0	2.02	1.89	0.12	2.03ab	2.13ab	2.22ab	2.29a	1.99ab	2.11ab	1.46b	1.72ab	1.65ab	0.17	0.44	0.04	0.53
C15:1	0.25	0.23	0.01	0.21b	0.23ab	0.27 ^a	0.30a	0.28a	0.24ab	0.21b	0.21b	0.19b	0.02	0.53	0.01	0.14
C16:0	28.05	27.15	0.42	27.96 ^{ab}	27.79 ^{ab}	25.01b	26.70b	26.64b	28.16 ^{ab}	28.91a	28.25 ^{ab}	28.98a	0.75	0.17	0.02	0.73
C16:1	0.67	0.59	0.03	0.45d	0.44d	0.47cd	0.48cd	0.45d	0.66 ^{bcd}	0.91ab	1.01a	0.84bc	0.06	0.12	<0.01	0.06
C17:0	0.53	0.52	0.02	0.53ab	0.54ab	0.61 ^a	0.63a	0.53ab	0.63a	0.47ab	0.37b	0.42ab	0.04	0.85	<0.01	0.66
C17:1	0.26	0.25	0.03	0.24	0.35	0.23	0.16	0.22	0.35	0.26	0.27	0.22	0.05	0.85	0.41	0.93
C18:0	12.53	12.31	0.47	12.81 ^{ab}	11.92 ^{ab}	12.67 ^{ab}	13.70 ^{ab}	14.02 ^a	10.98 ^b	12.70 ^{ab}	11.35 ^{ab}	11.61 ^{ab}	0.62	0.75	0.01	0.30

C18:1t11	3.66	4.27	0.21	3.82 ^{abc}	4.47 ^{ab}	4.58 ^a	4.61 ^a	4.44 ^{ab}	3.61 ^{abc}	3.13 ^{bc}	2.96 ^c	4.09 ^{abc}	0.28	0.07	<0.01	0.24
C18:1c9	25.53	26.99	0.81	26.44	24.27	25.51	26.05	27.70	25.36	27.96	25.27	27.77	1.29	0.24	0.55	0.75
C18:2c9t11	1.39	1.56	0.10	1.39	1.28	1.51	1.46	1.42	1.43	1.48	1.31	2.00	0.13	0.30	0.11	0.42
C18:2c9c12	1.97 ^b	2.41 ^a	0.11	2.21 ^{ab}	2.29 ^{ab}	2.05 ^b	2.57 ^a	2.27 ^{ab}	2.17 ^{ab}	2.19 ^{ab}	1.88 ^b	2.11 ^{ab}	0.13	0.02	0.02	0.37
C18:3c9c12c15	0.32	0.35	0.02	0.42 ^a	0.40 ^{ab}	0.38 ^{ab}	0.45 ^a	0.34 ^{abc}	0.34 ^{abc}	0.27 ^{bcd}	0.20 ^d	0.21 ^{cd}	0.02	0.24	<0.01	0.75
Otros	0.30	0.22	0.03	0.33ab	0.30ab	0.28ab	0.39a	0.32ab	0.19ab	0.20ab	0.23ab	0.12b	0.04	0.12	0.01	0.06
Cadena corta (C4:0-C12:0)	10.35	11.20	0.71	11.64	11.78	11.86	9.69	10.44	11.50	9.31	11.01	9.74	1.12	0.43	0.78	0.79
Cadena mediana (C13:0-C17:1)	43.95a	40.43b	0.75	42.35	42.96	40.24	41.58	40.69	43.39	40.30	44.18	43.98	1.42	0.01	0.35	0.61
Cadena larga (C18:0 o >)	46.02	48.19	1.11	46.21	45.02	48.30	48.71	48.35	45.00	50.20	44.51	47.60	1.97	0.22	0.64	0.86
AGS	66.04a	62.58b	0.94	65.34	65.21	64.69	63.60	61.94	65.17	64.48	66.19	62.21	1.41	0.03	0.51	0.39
AGMI	30.16b	32.87 ^a	0.81	30.42	30.56	31.24	31.70	33.83	30.71	31.56	30.14	33.48	1.29	0.05	0.43	0.42
AGPI	3.76b	4.52 ^a	0.15	4.24	4.19	3.99	4.68	4.20	4.07	3.97	3.50	4.42	0.25	0.01	0.22	0.70
AGS/AGI	2.00a	1.71b	0.75	1.93	1.90	1.85	1.77	1.65	1.91	1.89	2.06	1.73	0.11	0.03	0.30	0.25
Índice de aterogenicidad ²	2.18a	1.81b	0.08	2.20	2.02	1.87	1.93	1.76	2.10	1.96	2.27	1.83	0.15	0.01	0.43	0.48
Actividad Δ^9 desaturasa ³																

C14	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.00	0.57	0.13	0.25
C16	0.02	0.02	0.00	0.02ab	0.01b	0.01ab	0.01ab	0.01ab	0.02ab	0.02ab	0.03a	0.02ab	0.00	0.29	<0.01	0.52
C18	0.67	0.68	0.01	0.67	0.67	0.66	0.65	0.70	0.69	0.69	0.69	0.70	0.01	0.71	0.32	0.46
Ruménico	0.27	0.27	0.00	0.26 ^{abc}	0.22 ^c	0.23 ^{bc}	0.23 ^{bc}	0.24 ^{bc}	0.29 ^{abc}	0.32 ^a	0.29 ^{abc}	0.32 ^{ab}	0.01	0.64	<0.01	0.23

AGS – Ácidos grasos saturados, AGI – Ácidos grasos insaturados, AGMI – Ácidos grasos monoinsaturados, AGPI – Ácidos grasos poliinsaturados, EEM– Error estándar de la media. En cada efecto, medias con distinta literal en la misma hilera son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). ¹Cálculo según Ulbricht y Southgate (1991) como $(C12 + 4 * C14 + C16) / (\sum \text{ácido graso insaturado})$. ²Cálculo para cada ácido graso según Kelsey *et al.* (2003) como $(\text{producto de } \Delta^9\text{-desaturasa}) / (\text{producto de } \Delta^9\text{-desaturasa} + \text{sustrato de } \Delta^9\text{-desaturasa})$.

El Cuadro 10 muestra el contenido de AG en la grasa de la leche, su clasificación de acuerdo con el número de carbonos, por su saturación, el índice de aterogenicidad y la actividad de la enzima Δ^9 desaturasa. El contenido del AG Mirístico (C14:0) fue 15% inferior ($P<0.05$) en la leche de las vacas que se les adicionó la soya tostada molida en su alimentación. Contrariamente, se incrementó ($P<0.05$) el contenido del AG linoleico (C18:2 c9 c12) en un 22% en la leche de estas vacas. La sumatoria de los AG de cadena media (C13:0-C17:1) fue mayor ($P<0.05$) en la leche de vacas que no recibió la soya tostada molida. De acuerdo con su saturación, se observó un menor ($P<0.05$) contenido de AGS en la leche cuando se complementó el concentrado comercial con la soya tostada molida comparado con el grupo testigo. Por el contrario, se aumentó ($P<0.05$) el contenido de AGMI y AGPI en la leche con la adición de soya en la dieta de las vacas. La relación AGS/AGI y el índice de aterogenicidad también se mejoró ($P<0.05$) con la adición de soya en la dieta de las vacas.

X.- DISCUSIÓN

El consumo de materia seca (CMS), la producción láctea, la eficiencia alimenticia y la composición química de la leche no fueron diferentes ($P>0.05$) entre las vacas por efecto de los tratamientos (Cuadro 8), pero si se expresaron diferencias ($P<0.01$) por efecto de la semana de evaluación (Cuadro 9). Pese a las variaciones en el consumo de materia seca de las vacas durante las semanas del estudio, el consumo diario total en base al peso corporal siempre fue mayor en los animales del T1 y fue atribuido a diferencias en el metabolismo basal entre las vacas de ambos tratamientos, y no a la producción de leche y la eficiencia alimenticia. Even *et al.* (2001) mencionan que no hay una relación lineal entre el metabolismo basal y el peso corporal, pudiendo haber diferencias aún dentro de la misma especie e igual peso corporal. En el estudio, el peso vivo promedio de las vacas fue de 473 ± 41 kg y el consumo de 13.11 kg MS/día con una producción de 12.4 kg/día de leche al 3.1% de grasa, se puede apreciar que el consumo y la producción estuvieron por debajo de lo estipulado para vacas de alta producción (Zebeli *et al.*, 2010). Sin embargo, los resultados observados en niveles de consumo y producción fueron muy similares a los reportados por Wanapat *et al.* (2013) y Kaeokliang *et al.* (2019). La disminución en el CMS, el peso corporal y la producción de leche del inicio hacia el final del estudio ($P<0.01$) se atribuyó a una disminución en la oferta en cantidad y calidad de forraje en la pradera. Zebeli *et al.* (2010) y Liu *et al.* (2016) reportan que el consumo y digestibilidad de la materia seca puede ser afectado por un incremento en el contenido de fibra de la dieta, sobre todo si es de baja digestibilidad. En el Cuadro 7 se observa en el forraje de la pradera una disminución en el contenido de PC y a la par un aumento en los contenidos de FDN, FDA, LDA entre las primeras 3 semanas, respecto a las últimas 6 a 9 semanas del pastoreo continuo y esto afectó el porcentaje de eDMS, todo ello originó que las vacas entraran en balance energético negativo (Días *et al.*, 2019).

La mejora en la eficiencia alimenticia a través de las semanas de evaluación se relacionó con una disminución en el CMS, lo cual provocó en las vacas una remoción de las reservas nutricionales a través de la movilización de grasas y

cetogénesis descritas por Schuh *et al.* (2019) y Karis *et al.* (2020) para mantener la producción láctea.

Perfil de ácidos grasos

Aunque el nivel de inclusión de la semilla de soya en el T1 no fue suficiente para que se expresaran diferencias a favor en la producción láctea y en el peso corporal de las vacas. En el Cuadro 10 se observa que el contenido de AGS fue mayor ($P<0.03$) en la grasa láctea de las vacas del T0 (65.22 g/100 g) en comparación a las del T1 (61.81 g/100 g). El principal AG de este grupo responsable de las diferencias fue el mirístico (C14:0) con niveles inferiores del 15% en las vacas del T1 con respecto a las del T0 ($P<0.01$). Al-Sulaiti *et al.* (2018) y Nono-Nankam *et al.* (2020) mencionan que este AG es uno de los responsables del crecimiento del tejido adiposo intra-abdominal y glúteo en el humano. Olivieri *et al.* (2020) asociaron al AG mirístico como el principal responsable de una mayor circulación de triglicéridos en sangre y una mayor actividad de la ApoCIII y con ello más padecimientos cardiovasculares en pacientes.

El contenido de AGI fue mayoritario ($P<0.01$) en la grasa de la leche de las vacas del T1 (37.13 g/100 g) en comparación a las del T0 (DATOS). Los principales AG responsables de esta diferencia fue el linoleico (C18:2, *c9 c12*) con un incremento del 22% en la leche de vacas suplementadas con semilla de soya ($P<0.02$), seguido por el vaccénico (C18:1, *t11*) con tendencias ($P<0.07$) a mostrar incrementos en el mismo sentido (Cuadro 10). Vieyra-Alberto *et al.* (2017), Ali-Mahdavi *et al.* (2019) y Konno *et al.* (2020) también modificaron el contenido de AGI en especial el linoleico y vaccénico en la leche de vacas suplementados con aceite de soya, aun cuando en algunos casos el CMS se disminuyó ligeramente. Los resultados fueron atribuidos a que la soya como oleaginosa es rica en AGPI en especial el linoleico (Jenkins y Harvatine 2014, Almeida *et al.*, 2019, Gagliostro *et al.*, 2020), lo que favoreció el balance energético en las vacas con mayor proporción de AG no esterificados, colesterol, fosfolípidos y triglicéridos circulantes en sangre (Konno *et al.* 2020).

De acuerdo con el tamaño de la cadena de carbonos, en el Cuadro 10 se observa que la concentración de AG de cadena media (C13:0-C17:1) fueron mayores ($P<0.01$) en la grasa láctea de las vacas del T0 (43.95 g/100g) comparada con T1. De acuerdo a su insaturación, el contenido de AGMI y AGPI fueron mayores ($P<0.05$) en la grasa láctea de vacas en el tratamiento T1. Así mismo, la relación AGS/AGI y el índice de aterogenicidad presentaron mejores resultados en el T1 comparado con T0. Plata-Reyes *et al.* (2018) reportan un índice de aterogenicidad y la relación entre AGS/AGI similar. Prácticamente la mejora observada en el índice de aterogenicidad y la relación de los AGS/AGI se atribuyeron a un incremento en el contenido de los AG linoleico y vaccénico en la grasa láctea de las vacas del T1. Varios investigadores describen al AG linoleico como un componente esencial de la grasa de la leche con efectos benéficos para la salud del hombre (Abel *et al.*, 2019, Den-Hartigh 2019, Nazli-Namazi *et al.*, 2018). Generalmente se han relacionado los patrones de AG circulantes en la sangre, con la obesidad, la salud cardio metabólica, cardiovascular, la función pulmonar y la diabetes en el ser humano; sin embargo, los niveles altos de AGPI fueron asociados con menos trastornos corporales y metabólicos (Voortman *et al.*, 2018, Maki *et al.*, 2018, Cornell *et al.*, 2019). Maki *et al.* (2018) recomiendan disminuir la ingesta de AGS a menos del 10% diariamente, incluso suplirlos por AGPI. Esta práctica alimenticia puede disminuir la obesidad y hasta en un 30% la mortalidad por problemas cardiovasculares y en un 50% por la diabetes (Maki *et al.*, 2018). Nuestro estudio puede contribuir para atender esta recomendación, debido a que la adición de semilla de soya a la dieta de las vacas en T1 incrementó la concentración de AGMI y AGPI en la grasa de leche, alimento básico para las familias en el ser humano.

Los efectos de la semana de evaluación en la concentración de algunos AG en la leche de las vacas fueron atribuidos a la variación en la composición química de la dieta, especialmente en los contenidos de fibra (Cuadro 7) y AG linolenico en las especies forrajeras de la pradera durante el pastoreo continuo, donde este último por bio-hidrogenación en rumen pudo derivarse a AG linoleico y este a su vez en C18:1 *t8 t9 t19 t11 t12* y C18:1 *c9 10 c11 c12* hasta AG esteárico (C18:0) (Jenkins y Harvatine 2014, Dewanckele *et al.*, 2020). Marin *et al.* (2018) reportan que el

incremento del pastoreo en las vacas lecheras logró modificar las concentraciones de CLA y omega 3 en la grasa láctea y lo atribuyeron igualmente a la variación en la composición química de los pastos en especial al contenido del AG linolenico. Bauman y Griinari. (2003) mencionan que el deterioro de la grasa láctea también puede relacionarse con baja fibra digestible en la dieta, que correlacionadamente provoca un desabasto de acetato utilizado en la glándula mamaria como fuente de carbonos para la síntesis de la grasa (Urrutia *et al.*, 2019). Esto también podría explicar la variación ($P < 0.05$) en la concentración de ácidos grasos tanto saturados (C8:0, C11:0, C12:0, C13:0, C15:0, C16:0, C17 y C18:0) como insaturados (C18:1 *n*-7 ; C18:2 *n*-7 *n*-6; C18:3 *n*-7 *n*-6 *n*-3; C15:1 *n*-7 y C16:1 *n*-7) en la grasa de la leche entre las semanas de inicio y al final del estudio (Cuadro 10) y fue igualmente atribuido a un empobrecimiento en la calidad y cantidad del forraje de la pradera por el pastoreo continuo de las vacas y la lignificación de los pastos.

XI. CONCLUSIONES

La adición de soya tostada molida en la alimentación de vacas en pastoreo en el trópico seco de México mejoró el perfil lipídico de la leche, especialmente los ácidos grasos vaccénico y linoleico sin afectar la producción de leche de las vacas, también se favoreció la relación de ácidos grasos saturados con ácidos grasos insaturados y el índice de aterogenicidad, lo que indicó que la adición con semilla de esta oleaginosa en los sistemas de pastoreo es una opción atractiva para producir leche más saludable y benéfica al ser humano como consumidor.

XII. SUGERENCIAS

- ✓ Buenas prácticas de manejo agronómico de las praderas.
- ✓ Difusión de nuestros resultados para que se utilice las semillas de soya tostada molida en la región donde se produce.
- ✓ Evaluación con el incremento de niveles de inclusión de grano de soya en la dieta de las vacas.
- ✓ Evaluación de costos de producción con la inclusión de grano de soya en la dieta de las vacas.
- ✓ Evaluación de calidad nutricional de los subproductos de esta leche producida.

XIII. BIBLIOGRAFIA

Allothman, M., Hogan, S. A., Hennessy, D., Dillon, P., Kilcawley, K. N. O'Donovan, M., Tobin, J., Fenelon M. A. y O'Callaghan, T. F. 2019. The "Grass-Fed" Milk Story: Understanding the Impact of Pasture Feeding on the Composition and Quality of Bovine Milk: a review. *Foods*. 350: 1-24.

Abel, S., Muller, C. J. C. y Sasanti, B. 2019. Effect of alternating total mixed ration and pasture feeding on the fatty acid content and health indices of Jersey and Fleckvieh x Jersey milk, *South African Journal of Animal Science*. 49(3): 432-440. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v49i3.4>

Agudelo, G. D., y Bedoya M. O. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*. 2(1): 38-42.

Ali-Mahdavi., Ata-Mahdavi., Babak-Darabighane., Andrew-Mead. y Lee, R. F. M., 2019 Effects of soybean oil supplement to diets of lactating dairy cows, on productive performance, and milk fat acids profile: a meta-analysis, *Italian Journal of Animal Science*, 18(1):809-819.

Almeida, G. F., Del Valle, T. A., Paiva, P. G., Jesus, E. F., Barletta, R. V., Gandra, J. R., Bettero, V. P., Takiya, C. S. y Rennó, F. P. 2016. Effects of whole raw soybean or whole cottonseed on milk yield and composition, digestibility, ruminal fermentation and blood metabolites of lactating dairy cows. *Animal Production Science*.

Almeida, O. C., Ferraz, M. V. C., Susin, I., Gentil, R. S., Polizel, D. M., Ferreira, E. M., Barroso, J. P. R., Pires, A.V., 2019. Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets supplemented with oils from soybean, linseed or fish, *Small Ruminant Research*. 130: 125-130. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.11.002>

Al-Sulaiti, H., Diboun, I., Banu, S. 2018. Triglyceride profiling in adipose tissues from obese insulin sensitive, insulin resistant and type 2 diabetes mellitus individuals. *Journal of Translational Medicine*. 16:175.

Anderson, E. J., Ali, M. L., Beavis, W. D., Chen, P., T Clemente, T. E., Diers B.W., George L. Graef, G. L., Grassini, P., Hyten, D. L., McHale, L. K., Nelson, R. L., Parrott, W. A., Patil, G. B., Stupar, R M y Kelley J. Tilmon, K. J. 2019 Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] Breeding: History, Improvement, Production and Future Opportunities. In: Al-Khayri J., Jain S., Johnson D. (eds) *Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes*. Springer, Cham.

Antonio-Gagliostro, G., Elisabet Antonacci, L., Daiana Pérez, C., Rossetti, L., Tassone, M., Frossasco, V., Terreno, F. y Ugartemendia, A. 2020. Increasing Conjugated Linoleic Acid Content in Milk and Cheese after Supplementing a Blend of Crude Soybean Oil Sediment Combined with Fish Oil to Grazing Dairy Cows. *Open Journal of Animal Sciences*, 10: 468-492.

AOAC. 2012. Official Methods of Analysis, (Association of Official Analytical Chemists, International, USA). 608-614.

Appel, L. J., Brands, M. W., Daniels, S. R., Karanja, N., Elmer, P. J. y Sacks, F. M. 2006. Dietary approaches to prevent and treat hypertension: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Hypertension*. 47: 296–308.

Araúz, E. E., Fuentes, A. y Mendez, N. 2010. Alteración diurna de la carga calórica corporal e interrelación de las temperaturas rectal y láctea en vacas cruzadas (6/8 *Bos taurus* x 2/8 *Bos indicus*), Pardo Suizo y Holstein bajo estrés calórico diurno durante la época seca en el clima tropical húmedo REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 11(11): 1-36
Veterinaria Organización Málaga, España

Ayerza, R y Wayne, C. 2006. Influence of Chia on Total Fat, Cholesterol, and Fatty Acid Profile of Holstein Cow's Milk. *Revista Científica*. 10: 2

Balaciano, G. 2016. El reemplazo de los ácidos grasos saturados por ácidos grasos mono y poliinsaturados aporta beneficios en la salud. *Evidencia, Actualización en La práctica Ambulatoria*, 19(4.): 121.

Bargo, F., Delahoy, J., Schroeder, G., y Muller, L. 2006. Milk fatty acid composition of dairy cows grazing at two pasture allowances and supplemented with different levels and sources of concentrate. *Animal Feed Science and Technology*. 125:17-31.

Barnabé, E. C., Santos, F. A. P. y Machado, C. M. 2007. Fontes protéicas e energéticas com diferentes degradabilidades ruminais para vacas em lactação. *Acta Scientiarum Animal Sciences*. 29:209-216

Bauman, D. E., Baumgard, L. H., Corl, B. A. y Griinari, J. M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings of the American Society of Animal Science*. 1-15.

Bauman, D. E., Mather, I. H., Wall, R. J. y Lock, A. L. 2006. Major advances associated with the biosynthesis of milk. *Journal Dairy Science*. 89(4): 1235–1243.

Bauman, D., y Griinari, J. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science*. 70:15-29.

Bauman, D. E. y Griinari, J. M. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*. 23(1): 203-27.

Bhattacharya, A., Banu, J., Rahman, M., Causey, J., y Fernandes, G. 2006. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 17(12), 789–810.

Bodkowski, R., Czyż, K., Kupczyński, R., Patkowska-Sokoła, B., Nowakowski, P., y Wiliczkiewicz, A. 2016. Lipid complex effect on fatty acid profile and chemical composition of cow milk and cheese. *Journal of Dairy Science*. 99(1), 57–67.

Brzóśka, F. 2006. Effect of fatty acid calcium salts from linseed oil on the yield and n[1]3 fatty acid content of milk and on blood plasma parameters of cows. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 15(3): 347.

Buccioni, A., Decandia, M., Minieri, S., Molle, G. y Cabiddu, A. 2012. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. *Animal Feed Science and Technology*. 174: 1-25.

Buendia, J. R., Li, Y., Hu, F. B., Cabral, H. J., Bradlee, M. L., Quatromoni, P. A., Singer, M. R., Curhan, G. C. y Moore, L. L. 2018. Regular yogurt intake and risk of cardiovascular disease among hypertensive adults. *American Journal of Hypertension*.

Butler, G., Stergiadis, S., Chatzidimitriou, E. 2019. Differing responses in milk composition from introducing rapeseed and naked oats to conventional and organic dairy diets. *Scientific Reports*. 9: 8115.

Cabezas-Zavala, C. C., Hernández-Torres, B. C. y Vargas-Zarate, M. 2016. Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. *Revista de la Facultad de Medicina*. 64(4): 761-768.

Caddel, J. y Allen, E. 2000. Forage quality interpretations. Oklahoma State University Cooperative Extension Service, Division of Agricultural Sciences and Natural Resources, F-2117, Stillwater (OK). Disponible en: URL: <http://www.agweb.okstate.edu/pearl/plantsoil/crops/f-2117.pdf>. Consultado: marzo 2019

Carvajal, H., Melinda., Valencia, Hered. y Segura, C. E. 2002. "Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el estado de Yucatán, México". *Revista Biomédica*; 13:25-31.

Castillo, V. J., Olivera, A. M. y Carulla, F. J. 2013. Description Of The Biochemistry Mechanism Of Polyunsaturated Fatty Acid Ruminant Biohydrogenation: A review revista U.D.CA Actulidad y Divulgacion Cientifica. 16(2): 459-468.

Castro-Hernández, H., González-Martínez, F. F., Domínguez, I. A., Pinos-Rodríguez, J. M., Morales-Almaráz, E., y Vieyra-Alberto, R. 2014. Efecto del nivel de concentrado sobre el perfil de ácidos grasos de la leche de vacas Holstein en pastoreo. *Agrociencia*. 48: 765-775

Chandan, R. C., Attaie, R., y Shahani, K. M. 1992. Nutrition aspects of goat milk and its products, in *Proceeding of the V international Conference on Goats*, New Delhi, India. 11:399

Chavarría, S. J., Herrera, R. C y Lutz, G. 2006. caracterización y determinación del potencial aterogénico de quesos producidos en costa rica. *Ciencia y Tecnología* 24(1): 31-50.

Chen, P. J. Y Li, L. I. 2008. Effects of Feeding Extruded Soybean, Ground Canola Seed and Whole Cottonseed on Ruminant Fermentation, Performance and Milk Fatty Acid Profile in Early Lactation Dairy Cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 21(2): 204 – 213.

Chigerwe, M., Hagey, J. V. 2014. Refractometer assessment of colostral and serum IgG and milk total solids concentrations in dairy cattle. *BMC Veterinary Research*. 10:178.

Chouinard, P. Y., Louise, C., Barbano, D. M., Metzger, L. E. y Bauman, D. E. 1999. Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. *Journal Animal Physiology Animal Nutrition*. 129: 1579-1584.

Chouinard, P. Y., Girard, V., y Brisson, G. J. 1998. Fatty acid profile and physical properties of milk fat from cows fed calcium salts of fatty acids with varying unsaturation. *Journal of Dairy Science*. 81:471–481.

Christie, W. W. 1982. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. *Journal of Lipid Research*. 23: 1072-1075.

Clifton, P. 2017. The influence of dairy consumption on the risk of type 2 diabetes, metabolic syndrome, and impaired glucose tolerance or insulin resistance: A review of cohort and intervention studies —Watson, Ronald Ross. In *Dairy in Human Health and Disease Across the Lifespan*; Collier, R.J., Preedy, V.R., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA. 411–422.

Cornell, K., Alam, M., Lyden, E., Wood, L., LeVan, T. D., Nordgren, T. M., Bailey, K. y Hanson, C. 2019. Saturated Fat Intake Is Associated with Lung Function in Individuals with Airflow Obstruction: Results from NHANES 2007–2012. *Nutrients*. 11(317):1-12.

De Souza, J., Preseault, C. L., y Lock, A. L. 2018. Altering the ratio of dietary palmitic, stearic, and oleic acids in diets with or without whole cottonseed affects nutrient digestibility, energy partitioning, and production responses of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(1), 172–185. Den-Hartigh, L.J. 2019. Conjugated Linoleic Acid Effects on Cancer, Obesity, and Atherosclerosis: A Review of Pre-Clinical and Human Trials with Current Perspectives. *Nutrients*. 11(370): 1-29.

Dewanckele, L., Toral, P. G., Vlaeminck, B. y Fievez, V. 2020. Invited review: Role of rumen biohydrogenation intermediates and rumen microbes in diet-induced milk fat depression: An update. *Journal Dairy Science*. 103(9):7655–7681. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17662>

Dewhurst, J. R., Shingfield, K. J., Lee, M. R. F. y Scollan, N. D. 2006. Increasing the Concentrations of Beneficial Polyunsaturated Fatty Acids in Milk Produced by Dairy Cows in High-Forage Systems. *Animal Feed Science and Technology*. 131:168–206.

Dhiman, T. R., Korevaar, A. C. y Satter, Y. L. D. 1997. Particle Size of Roasted Soybeans and the Effect on Milk Production of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 80(8).

Dhiman, T. R., Satter, L. D., Pariza, M. W., Galli, M. P., Albright, K. y Tolosa, M. X. 2000. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *Journal Dairy Science*. 83: 1016-1027.

Dias, K. M., Gama, M. A. S., Schmitt, D. y Sbrissia, A. F. 2019. Milk fatty acid composition of unsupplemented dairy cows grazing on a tropical pasture. *Revista brasileira de zootecnia*. 48:e 20190088. 10.1590/rbz4820190088

Drouin-Chartier, J. P., Brassard, D., Tessier-Grenier, M., Côté, J. A., Labonté, M.É., Desroches, S., Couture, P., Lamarche, B. 2016. Systematic review of the association between dairy product consumption and risk of cardiovascular-related clinical outcomes. *Advances in Nutrition*. 7:1026–1040.

Elgersma, R. C., Coumans, R. G. E., Huijbregts, T., Menge, W. M. P. B., Joosten, J. A. F., Spijker, H. J. y Beusker, P. H. 2015. Design, Synthesis, and Evaluation of Linker-Duocarmycin Payloads: Toward Selection of HER2-Targeting Antibody–Drug Conjugate SYD985. *Molecular Pharmaceutics*. 12(6):1813–1835.

Etiosa R, O., Blessing Chika, N., y Benedicta, A. 2018. Mineral and Proximate Composition of Soya Bean. *Asian Journal of Physical and Chemical Sciences*. 4(3):1-6.

Eussen, S. J. P. M., van Dongen, M. C. J. M., Wijckmans, N., den Biggelaar, L., Oude Elferink, S. J. W. H., Singh-Povel, C. M., Schram, M. T., Sep, S. J. S., van der Kallen, C. J. y Koster, A. 2016. Consumption of dairy foods in relation to impaired glucose metabolism and type 2 diabetes mellitus: The Maastricht study. *British Journal Nutrition*. 115:1453–1461.

Even, P. C., Rolland, V., Roseau, S., Bouthegourd, J. C. y Tomé, D. 2001. Prediction of basal metabolism from organ size in the rat: relationship to strain, feeding, age, and obesity. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 280:6, R1887-R1896.

FAO 2021. Gateway to dairy production and products. [<http://www.fao.org/dairy-production-products/production/en/>]. Consultado el 24 de junio de 2021.

FAO. 2016. El sector lechero mundial: Datos. <http://www.dairydeclaration.org/Portals/153/FAO-Global-Facts-SPANISH-F.PDF?v=1>. Consultado agosto de 2019

FAO.2018. Leche y productos lácteos. <http://www.fao.org>. Consultado 02 septiembre 2019.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A., G*Power 3. 2007. A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods* 39, 175–191.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 2019. Panorama Agroalimentario (leche y lácteos 2019). Consultado: <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/Panorama-Agroalimentario-Leche-y-la769cteos-2019.pdf>. Marzo 2019.

Feng, S., Lock, A. L. y Garnsworthy, P. C. 2004. Technical note: A rapid lipid separation method for determining fatty acid composition of milk, *Journal of Dairy Science*. 87: 3785-3788.

Ferlay, A., Chilliard, Y. y Doreau, M. 1992. Effect of calcium salts differing in fatty acids composition on duodenal and milk fatty acids profiles in dairy cows. *Journal of the Science of Food and Agriculture* . 60:31–37.

Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M. y Guinee, T. P. 2000. *Fundamentals of Cheese Science*. Springer. Germany. 1. Consultado: <https://www.springer.com/gp/book/9780834212602>

Gholami, F., Khoramdad, M., Esmailnasab, N., Moradi, G., Nouri, B. y Safiri, S., Alimohamadi. 2017. The effect of dairy consumption on the prevention of cardiovascular diseases: A meta-analysis of prospective studies. *Journal of Cardiovascular and Thoracic Research*. 9, 1–11.

Givens, D. I. 2015. Dairy products: Good or bad for cardiometabolic disease? *Am. The American Journal of Clinical Nutrition*. 101, 695–696.

Haenlein, G. F. W. y Caccese, R. 1984. Goat milk versus cow milk, in *Extension Goat Handbook* (eds G.F.W. Haenlein and D.L. Ace), USDA Publications, Washington, DC, E-1:1.

Harvatine, K. J., y M. S. Allen. 2005. The effect of production level on feed intake, milk yield and endocrine response to two fatty acid supplements in lactating cows. *Journal of Dairy Science* . 88:4018–4027.

Huang, Y., Schoonmaker, J. P., Bradford, B. J. y Beitz, D. C. 2008. Response of milk fatty acid composition to dietary supplementation of soy oil, conjugated linoleic acid or both. *Journal Dairy Science*. 91: 260-270.

Hughes, P. E., Hunter, W.J. y Tove, S. B. 1982. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. Purification and properties of cis-9, trans-11-octadecadienoate reductase. *Journal of Biological Chemistry*. 257(1):3643-3649.

Iturbide-Herrera, M. A. 2014. Descripción zootécnica de la producción de bovinos de registro sardo negro: Rancho el Redentor 19. Veracruz.

Jenkins, C.T., Harvatine, J.K., 2014. Lipid Feeding and Milk Fat Depression, *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 30(3): 623-642.

Jenkins, T. C., Wallace, R. J., Moate, P.J. y Mosley, E. E. 2008. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*. 86: 397-412.

Jenkins, T.C. 1993. Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science* . 76:3851-3863.

Kaeokiang, O., Kawashima, T. y Narmseelee, R. 2019. Effects of physically effective fiber in diets based on rice straw and cassava pulp on chewing activity, ruminal fermentation, milk production, and digestibility in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 90: 1193– 1199.

Kalac, P. y Samkova E. 2010. The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. Czech.Journal of Animal Science. 55:521-537.

Karis, P., Jaakson, H., Ling, K., Bruckmaier, R. M., Gross, J. J., Pärn, P., Kaart, T. y Ots, M. 2020. Body condition and insulin resistance interactions with periparturient gene expression in adipose tissue and lipid metabolism in dairy cows. Journal of Animal Science. 103(4).

Kay, J. K., Weber, W. J, Moore, C. E., Bauman, D. E., Hansen, L. B., Chester-Jones, H., Crooker, B, A. y Baumgard, L. H. 2005. Effects of week of lactation and genetic selection for milk yield on milk fatty acid composition in holstein cows. Journal of Animal Science. 88:3886-3893.

Keast, D., Hill Gallant, K., Albertson, A., Gugger, C. y Holschuh, N. 2015. Associations between yogurt, dairy, calcium, and vitamin D intake and obesity among U.S. Children aged 8–18 years: NHANES, 2005–2008. Nutrients. 7:1577.

Kemp, P., White, R. W. y Lander, D. J..1975. The Hydrogenation of Unsaturated Fatty Acids by Five Bacterial Isolates from the Sheep Rumen, Including a New Species. Journal of General Microbiology. 90.

Kemp, P., White, R.W. y Lander, D.J. 1975. The hydrogenation of insaturated fatty acids by five bacterial isolates from the sheep rumen, including a new species. The Journal of General Microbiology. 90:100-114.

Kleyn, H. D., Lynch, M. J., Barbano, M. D., Bloom, J. M. y Mitchell, W.M., 2001. Determination of Fat in Raw and Processed Milks by the Gerber Method: Collaborative Study. Journal of AOAC International. 84(5):1499-1508.

Konno, D., Takahashi, M., Osaka, I., Orihashi, T., Sakai, K., Sera, K., Obara, Y. y Kobayashi, Y. 2020. Effect of ruminal administration of soy sauce oil on rumen fermentation, milk production and blood parameters in dairy cows, Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 33(11):1779-1786

Lee, K. y Cho, W. 2017. The consumption of dairy products is associated with reduced risks of obesity and metabolic syndrome in Korean women but not in men. Nutrients. 9, 630.

Lindmark Månsson, H. 2008. Fatty acids in bovine milk fat. Food & Nutrition Research, 52(1), 1821.

Lindmark-Månsson H., Fonden R., Pettersson H.-E., 2003. Composition of Swedish milk. Int. Dairy Journal. 13:409-425.

Liu, S., Zhang, R., Kang, R. y Meng, J. 2016. Milk fatty acids profiles and milk production from dairy cows fed different forage quality diets. Animal Nutrition. 2(4):329-333.

Livingstone, K. M., Lovegrove, J. A., Cockcroft, J. R., Elwood, P. C., Pickering, J. E. y Givens, D. I. 2013. Does dairy food intake predict arterial stiffness and blood pressure in men? Evidence from the caerphilly prospective study. Hypertension. 61:42–47.

Lock, A. L. y Bauman, D. E. 2004. Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids*. 39(12):1197–1206

Loor, J. J. y Herbein J. H. 2003. Dietary canola or soybean oil with two levels of conjugated linoleic acids (CLA) alter profiles of 18:1 and 18:2 isomers in blood plasma and milk fat from dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 103:63-83.

Lordan, R., Tsoupras, A., Mitra, B., Zabetakis, I. 2018. Dairy Fats and Cardiovascular Disease: Do We Really Need to Be Concerned? *Foods*. 7:29.

Lordan, R., Tsoupras, A., Zabetakis, I. 2017. Phospholipids of animal and marine origin: Structure, function, and anti-inflammatory properties. *Molecules*. 22:1964.

Lordan, R. y Zabetakis, I. 2017. Invited review: The anti-inflammatory properties of dairy lipids. *Journal of Dairy Science*. 100:4197–4212.

Macon, B., Sollenberger, E., Moore, E., Staples, R., Fike, H. y Portier, M., 2003. Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *Journal of Animal Science*, 81: 2357-2366

Maki, C.K., Eren, F., Cassens, E.M., Dicklin, R.M. y Davidson, H.M. 2018. ω -6 Polyunsaturated Fatty Acids and Cardiometabolic Health: Current Evidence, Controversies, and Research Gaps, *Advances in Nutrition*. 9(6): 688–700. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy038>

Maldonado-Jaqueza J A., Granados-Rivera L. D., Hernández-Mendo, O., Francisco Pastor-Lopez, F. J., Isidro-Requejo, L. M., Salinas-González, H. y Torres-Hernández, G. 2017. Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche. *Nova Scientia ISSN*. 9(1):55 – 75.

Mann, G.V. y Spoerry, A. 1974. Studies of a surfactant and cholesteremia in the Maasai. *American Journal of Clinical Nutrition*. 27, 464–469.

Marchioli, R. 2002. Early Protection Against Sudden Death by n-3 Polyunsaturated Fatty Acids After Myocardial Infarction: Time-Course Analysis of the Results of the Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto Miocardico (GISSI)-Prevenzione. *Circulation*. 105(16):1897–1903.

Marchioli, R., Schweiger, C., Tavazzi, L., y Valagussa, F. 2001. Efficacy of n-3 polyunsaturated fatty acids after myocardial infarction: Results of GISSI-prevenzione trial. *Lipids*. 36(S1).

Marín, M. P., Meléndez, P. G., Aranda, P. y Ríos, C. 2018. Conjugated linoleic acid content and fatty acids profile of milk from grazing dairy cows in southern Chile fed varying amounts of concentrate, *Journal of Applied Animal Research*. 46(1): 150-154.

Martin, C., Rouel, J., Jouany, J. P., Doreau, M., y Chilliard, Y. 2008. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *Journal of Animal Science*. 86(10):2642–2650.

Martínez, M. A. L. 2010. Digestión de los lípidos en los rumiantes: una revisión. *Interciencia*. 35(4), 240–246.

Menke, H. y Steingass, H. 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research Development*. 28:488-55.

Morales-Almaráz, E., Soldado, A., González, A., Martínez-Fernández, A., Domínguez-Vara, I. A., Rosa-Delgado, B. y Vicente, F. 2010. Improving the fatty acid profile of dairy cow milk by combining grazing with feeding of total mixed ration. *Journal of Dairy Research*. 77: 225-230.

Moreno, G. Y. M. 2019. Suplementación con sales cálcicas de aceite de lino a vacas lecheras en primer tercio de lactancia: respuesta productiva y composición de leche (Tesis doctoral). Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano Facultad de Agronomía – Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Morsy, T. A., Kholif, S. M., Kholif, A. E., Matloup, O. H., Salem, A. Z. M., y Elella, A. A. 2015. Influence of Sunflower Whole Seeds or Oil on Ruminal Fermentation, Milk Production, Composition, and Fatty Acid Profile in Lactating Goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 28(8):1116–1122.

Nazli-Namazi, Irandoost, P., Larijani, B. y Azadbakht L., 2019. The effects of supplementation with conjugated linoleic acid on anthropometric indices and body composition in overweight and obese subjects: A systematic review and meta-analysis, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 59(17):2720-2733.

Nono-Nankam, P. A., Mendham, A. E., van Jaarsveld, P. J., Adams, K., Fortuin-de Smidt, M. C., Clamp, L., Blüher, M. y Goedecke, J. H. 2020, Exercise Training Alters Red Blood Cell Fatty Acid Desaturase Indices and Adipose Tissue Fatty Acid Profile in African Women with Obesity. *Obesity*. 28:1456-1466.

NRC, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th revised Edition. National Academy Press, Washington, DC. USA. 292

O’Callaghan, F. T., Vázquez-Fresno, R., Serra-Cayuela, A., Dong, E., Mandal, R., Hennessy, D., McAuliffe, S., Dillon, P., Wishart, S.D., Stanton, C. 2018. Pasture Feeding Changes the Bovine Rumen and MilkMetabolome. *Metabolites*. 8:27

Ocampo G. R., Gómez A. C., Restrepo V. D. y Cardona C. H. 2016. Estudio comparativo de parámetros composicionales y nutricionales en leche de vaca, cabra y búfala, Antioquia, Colombia. *Rev Colombiana Cience Animal*. 8(2):177-186.

Olivieri, O., Speziali, G., Castagna, A., Pattini, P., Udali, S., Pizzolo, F., Liesinger, L., Gindlhuber, J., Tomin, T., Schittmayer, M., Birner-Gruenberger, R., Cecconi, D., Girelli, D., Friso, S., Martinelli, N. 2020. The Positive Association between Plasma Myristic Acid and ApoCIII Concentrations in Cardiovascular Disease Patients Is Supported by the Effects of Myristic Acid in HepG2 Cells. *The Journal of Nutrition*. 150(10): 2707–2715.

OMS. 1994. Factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares: nuevas esferas de investigación. Ginebra, Quintana, R. Características de la dieta en relación con enfermedad cardiovascular en el distrito de La Fortuna de San Carlos, Trabajo Final de Graduación en la Carrera Interdisciplinaria en Nutrición, Universidad de Costa Rica: Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. 1994.

Padilla, R. R. 2016. el sector lácteo de doble propósito en el trópico mexicano dentro del contexto nacional. 21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. Congreso llevado a cabo en Mérida, Yucatán.

Palmquist, D. L. 1988. Utilización de lípidos en dietas de rumiantes. XII Curso de especialización FEDNA. Madrid, España.

Park Y., Albright, K. J., Storkson, J. M., Liu, W. y Pariza, M. W. 2007. Conjugated Linoleic Acid (CLA) prevents Body Fat Accumulation and Weight Gain in an Animal Model. *Journal of Food Science*. 72 (8):S612-S617.

Park, Y. W. y Haenlein, G. F. W. 2006. Handbook of milk of non-bovine mammals. Blakwell publishing. USA.

Parodi, P. W. 1999. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. *Journal Dairy Science*. 82: 1339-1349.

Parodi, P. W. 2016. Cooperative action of bioactive components in milk fat with ppar α may explain its anti-diabetogenic properties. *Med. Hypotheses*, 89, 1–7.

Piperova, L. S., Sampugna, J., Teter, B. B., Kalscheur, K. F., Yurawecz, M. P., Ku, Y., Morehouse, K. M. y Erdman, R. A. 2002. Duodenal and milk trans octadecenoic acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomers indicate that postabsorptive synthesis is the predominant source of cis-9-containing CLA in lactating dairy cows. *Journal. Nutrition*. 132:1235–1241.

Plata-Reyes, D. A., Morales-Almaraz. E., Martínez-García, C.G., Flores-Calvete, G., López-González, F., Prospero-Bernal, F., Valdez-Ruiz, C. L., Zamora-Juárez, Y. G. y Arriaga-Jordán, C. M. 2018. Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing four grass species pastures during the rainy season in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 50(8):1797-1805.

Quintero D. M., Martha, O., Ricardo, R. N. 2011. Metabolismo energético en vacas durante la lactancia temprana y el efecto de la suplementación con grasa protegida *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 24, (1): 74-82 Universidad de Antioquia Medellín, Colombia.

Razzaghi, A., Valizadeh, R., Naserian, A. A., Mesgaran, M. D., Carpenter, A. J., y Ghaffari, M. H. 2016. Effect of dietary sugar concentration and sunflower seed supplementation on lactation performance, ruminal fermentation, milk fatty acid profile, and blood metabolites of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 99(5): 3539–3548.

Renner E., Schaafsma G. y Scott K.J., 1989. Micronutrients in milk. In: E. Renner (Editor). *Micronutrients in Milk and Milk-Based Food Products*. Elsevier Applied Science, London. 1-70.

Rodrigues, J. P. P., de Paula, R. M., Rennó, L. N., Costa, G. P., Hamade, V. C. E., Valadares Filho, S. C. y Marcondes, M. I. 2018. Effects of soybean oil supplementation on performance, digestion and metabolism of early lactation dairy cows fed sugarcane-based diets. *Animal*. 1–10.

SAGARPA. 2017. Planeación agrícola nacional 2017- 2030: planeación de oleaginosas mexicanas. <http://www.consejagri.mx/images/PLANEACION%20AGRINAL%20MEX/CULTIVOS%20ESTRATEGICOS%20BASICOS/Basico-Oleaginosas.pdf>. Consultado en abril de 2019.

Salminen, I., M. Mutanen, M. Jauhiainen, and A. Aro.1998. Dietary trans fatty acids increase conjugated linoleic acid levels in human serum. *J. Nutr. Biochem*. 9:93–98.

SAS (2002) SAS/STAT. Statistical Analysis System. Guide for personal computers version Ver 9.0. Institute Inc., Cary. USA. 956p

Schettino, B., Vega, S., Gutiérrez, R., Escobar, A., Romero, J., Domínguez, E., y González-Ronquillo, M. 2017. Fatty acid profile of goat milk in diets supplemented with chia seed (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Dairy Science*. 100(8):6256–6265.

Schroeder G. F., Gagliostro, G. A., Bargo, F., Delahoy, J. E y Muller, L. D. 2004. Effects of fat supplementation on milk production and composition by dairy cows on pasture: a review. *Livestock Production Science*. 86:1-18.

Schuh, K., Sadri, H., Häussler, S., Webb, L., Urh, C., Wagner, M. y Sauerwein, H. 2019. Comparison of performance and metabolism from late pregnancy to early lactation in dairy cows with elevated v. normal body condition at dry-off. *Animal*. 13(7):1478-1488.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).2020. <https://www.gob.mx/siap/prensa/boletin-de-leche-155932>, Consultado abril del 2020

Shahmirzadi, E., Ghavamzadeh y Zamani. 2019. The Effect of Conjugated Linoleic Acid Supplementation on Body Composition, Serum Insulin and Leptin in Obese Adults. *Archives of Iranian Medicine*. 22(5): 255-261.

Sokoła-Wysoczańska, E., Tomasz W., Jolanta W., Katarzyna C., Robert B., Stanisław L., y Bożena, P. 2018. "Polyunsaturated Fatty Acids and Their Potential Therapeutic Role in Cardiovascular System Disorders—A Review" *Nutrients*. 10(10):1561.

Steel R. G. D., Torrie, J. H. y Dickey, D. A. 1997. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 3rd ed. McGraw-Hill Series in Probability and Statistics. USA. 622.

Sterk, A., Hovenier, R., Vlaeminck, B., Van vuuren, A.M., Hendriks, W.H., Dijkstra, J. 2010. Effects of chemically or technologically treated linseed products and

docosaehexaenoic acid addition to linseed oil on biohydrogenation of C18:3n-3 in vitro. *Journal Dairy Science*. 93: 5286-5299.

St-Onge, M. P., Farnworth, E. R., Jones, P. J. H. 2000 Consumption of fermented and nonfermented dairy products: Effects on cholesterol concentrations and metabolism. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 71:674–681.

Suksombat, W., Meeprom, C. y Mirattanaphrai, R. 2013. Milk production, milk composition, live weight change and milk fatty acid composition in lactating dairy cows in response to whole linseed supplementation. *Asian-australasian journal of animal sciences*. 26(8):1111-1118

Sun, X. Q. y Gibbs. 2012. Diurnal variation in fatty acid profiles in rumen digesta from dairy cows grazing high-quality pasture. *Animal Feed Science and Technology*. 177:152-160.

Swensson, C., y Lindmark-Månsson, H. 2007. The prospect of obtain beneficial mineral and vitamin contents in cow's milk through feed. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 16(10):22358.

Teuber, K. N., Balocchi, L. O. y Parga, M. J. 2007. Manejo del Pastoreo. Imprenta América. Chile.

Torrejón, C., y Uauy, R. 2011. Calidad de grasa, arterioesclerosis y enfermedad coronaria: efectos de los ácidos grasos saturados y ácidos grasos trans. *Revista médica de Chile*. 139(7):924-931.

Turck, D. 2013. Cow's Milk and Goat's Milk. *Evidence-Based Research in Pediatric Nutrition*. 56–62.

Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T. 1991. Enfermedad coronaria: siete factores dietéticos. *The Lancet*. 338(8773):985–992.

Urrutia, N., Bomberger, R., Matamoros, C. y Harvatine, K. J. 2019. Effect of dietary supplementation of sodium acetate and calcium butyrate on milk fat synthesis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 102:5172–5181.

Valentim, E. N. M., José C. P., Vitor P. B., Fernando P. L., Raphael P. A., Leonardo, M. M., Rafael B. T., Joanis, T. Z. 2017. Influence of lipid supplementation on milk components and fatty acid profile. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 46(12):910-916.

Van Meijl, L. E. y Mensink, R. P. 2011. Low-fat dairy consumption reduces systolic blood pressure, but does not improve other metabolic risk parameters in overweight and obese subjects. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* . 21:355–361.

Van Soest, P. J., Roberson, J. B. y Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*. 74: 3583-3897.

Vanderhout, S. M., Birken, C. S., Parkin, P. C., Lebovic, G., Chen, Y., O'Connor, D. L. y Maguire, J. L. 2016. Collaboration, T. T. K. Relation between milk-fat percentage, vitamin D, and BMI z score in early childhood. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 104:1657–1664.

Vieyra-Alberto Rodolfo. 2017. "Estrategias De Alimentación Con Base En El Pastoreo Para Modificar El Perfil De Ácidos Grasos En Leche" (Tesis De Doctorado). Universidad Autónoma Del Estado De México. Toluca, Estado De México.

Vieyra-Alberto, R., Arriaga-Jordán, C. M., Domínguez-Vara, I. A., Bórquez-Gastelum, J. L. y Morales-Almaráz, E. 2017. Efecto del aceite de soya sobre la concentración de los ácidos grasos vaccénico y ruménico en leche de vacas en pastoreo. *Agrociencia*. 51:299-313.

Vieyra-Alberto, R., Domínguez-Vara, I. A., Castro-Hernández, H., Arriaga-Jordán, C. M., Morales-Almaráz, E. 2018. Pasture access times and milk fatty acid profile of dairy cows from central highland of Mexico. *Journal of Livestock Science*. 9:1: 8.

Vinícius, R. A., Fernando, P. L., Severino, D. J.V., Juliana, C. C., Raphael, P. A., Jonas, M. C., Henrique, V. N. M. Y Joanis, T. Z. 2015. Soybean in different forms of processing in the feeding of crossbred cows on brachiaria grass pastures. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 44(2):37-43.

Voortman, T., Tielemans, J. M., Stroobant, W., Schoufour, D. J., Kieft-de Jong, C. J., Steenweg-de Graaff, J., van den Hooven, H. D., Tiemeier, H., Jaddoe, W. V. V. y Franco, H.O. 2018. Plasma fatty acid patterns during pregnancy and child's growth, body composition, and cardiometabolic health: The Generation R Study, *Clinical Nutrition*. 37(3).

Wanapat, M., Kang, S., Khejornsart, P. 2013. Performance of tropical dairy cows fed whole crop rice silage with varying levels of concentrate. *Tropical Animal Health and Production*. 46:185–189.

Wang, H., Fox, C. S., Troy, L. M., Mckeown, N. M. y Jacques, P. F. 2015. Longitudinal association of dairy consumption with the changes in blood pressure and the risk of incident hypertension: The framingham heart study. *British Journal Nutrition*. 114:1887–1899.

Wattiaux, M. A. y McCullough D. 2011. Factors affecting size and productivity of the dairy replacement herd. *Dairy Essentials*. Babcock Institute for International Dairy Research and Development. University of Wisconsin - Madison. http://www.babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/en/de_26.en.pdf; consultado. el noviembre, 2011, 15:06.

Wattiaux, M. A. 2007. Metabolismo de lípidos en vacas lecheras. Universidad de Wisconsin-Madison. Instituto Babcock Ric R. Grummer Departamento de Ciencia de Ganado Lechero.

Wayne, C. C. 1964. Symposium on nutrition of forages and pastures: Collecting samples for representative of ingested material of grazing animals for nutritional studies. *Journal Animal Science*. 23:265-270.

White, S. L., Bertrand, J. A., Wade, M. R., Washburn, S. P., Green, J. T. y Jenkins, T. C. 2001. Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 84: 2295-2301.

Zebeli, Q., Mansmann, D., Steingass, H. y Ametaj, B.N. 2010. Balancing diets for physically effective fibre and ruminally degradable starch: A key to lower the risk of sub-acute rumen acidosis and improve productivity of dairy cattle. *Livestock Science*. 127(1):1-10.

XIV. ANEXOS

14.1 Estancia de investigación



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias Agropecuarias
School of Agricultural and Livestock Sciences
Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Asunto: Constancia de Estancia de Investigación

A quien corresponda

Presente

Por este conducto, hago constar que la estudiante **Reyna Elizabeth Zetina Martínez**, de la **Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión local**, de la **Universidad Autónoma de Guerrero**, con número de matrícula **19254320**, culminó satisfactoriamente la **ESTANCIA CORTA DE INVESTIGACIÓN**, en la cual contribuyó en el proyecto **“Mejorar el contenido de CLA en la leche de vacas en pastoreo con el uso de semilla de soya en su alimentación”**, durante el periodo del **04 de noviembre al 31 de enero de 2020**, en el **Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia** del **Instituto de Ciencias Agropecuarias**, de la **Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo**, fungiendo como **Co-Director** responsable el **Dr. Rodolfo Vieyra Alberto**, quien es Profesor Investigador Tiempo Completo, de esta institución.

Se extiende la presente a los nueve días del mes de junio del año dos mil veinte.

Atentamente

“Amor, Orden y Progreso”

Tulancingo, Hgo., 22 de octubre del 2020



A. MELITÓN JESÚS FRANCO FERNÁNDEZ
secretario del Instituto de Ciencias Agropecuarias
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

C.c.p. Archivo

C.c.p. Dra. Maricela Ayala Martínez. Responsable de Movilidad e Intercambio Académico de ICAP.



Rancho Universitario
Av. Universidad Km. 1
Ex-Hda. de Aquetzalpa
Tulancingo, Hidalgo, México; CP 43600

www.uaeh.edu.mx

Resumen 1: II Congreso Virtual Iberoamericano sobre Tendencias en Investigación y Comunicación Científica del 25 al 27 de noviembre del 2020.



#tendin20

LIBRO DE RESÚMENES

II Congreso Virtual Iberoamericano sobre Tendencias en Investigación y Comunicación Científica



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN SUPERIOR,
TIC Y TECNOLOGÍA
EDUCATIVA



EDITORES

TOMAS FONTAINES RUIZ
JOHANNA PIRELA MORILLO
JORGE MAZA CORDOVA
MARTHA VERGARA FREGOSO

<http://tendin.risei.org/>

© Tomás Fontaines-Ruiz | Johann Pirela Morillo | Jorge Maza-Cordova | Martha Vergara Fregoso

Coordinadores del proyecto:

Tomás Fontaines-Ruiz
Johan Pirela Morillo
Jorge Maza-Cordova
Martha Vergara Fregoso

Dirección y edición editorial:

Karina Lozano

Comité de arbitraje:

Yamely Almarza Franco

Diseño y diagramación:

Xiomara Medina
Kevin Feijoo

Instituciones participantes:

Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (Senescyt - Ecuador). La Organización de Estados Iberoamericanos (OEI Sede Ecuador) y Red Unitwin Cátedra UNESCO.

Segunda edición:

Noviembre 2020

Editorial:

Ediciones RISEI

ISBN: 978-9942-8772-5-3

Cómo citar este libro:

Fontaines-Ruiz T., Pirela J., Maza-Cordova J., Vergara Fregoso, M., (Ed) (2020). Libro de Resúmenes del Congreso Virtual Iberoamericano sobre Tendencia en Investigación y Comunicación Científica. Recuperado de: <http://tendin.risei.org>

Publicación dictaminada.

Los trabajos publicados en esta obra colectiva fueron previamente sometidos a dictamen de expertos bajo la modalidad Doble Ciego.



Este obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, siempre y cuando le reconozcan la autoría y sus nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

Este libro esta disponible en: <http://tendin.risei.org>

•Teresa González de Rivera Romero; María Pantoja González Análisis del proceso de educación inclusiva del alumnado con TEA desde educación infantil hasta la universidad: Historias de vida (EDITEA)	201
•María Soledad Perfumo, Federico Javier Giraudo, Diego Gabriel Andrión Proceso Analítico Jerárquico para ponderar dimensiones de la calidad del servicio educativo en el marco de la evaluación por indicadores	203
•Martha Natalia Poveda Najar; Lina María Mahecha Vázquez; Yarly Cecilia Reid García; Johan Enrique Caballero Olvares Análisis longitudinal de tendencias, aportes metodológicos para los estudios sociales	205

Tendencias de Investigación Multidisciplinarias

•Wilam Trinquilino Medina Castillo; Ronald Eugenio Ramon Guanuche; Mariana del Rocío Verdezoto Reinoso Constructos teóricos de la gestión de los costos en la toma de decisiones	208
•Cristina Fuentes Mejía; Nicolás Villota Contreras Significados que atribuyen al Compromiso Académico Estudiantes de las Modalidades Presencial, Virtual y a Distancia: una mirada desde la Universidad Pública y Privada	209
•Rosa del Carmen Aguilar Esparza; Lorena Aleida Flores Bazaldúa El aprendizaje social en línea como medio para la autogestión docente	211
•Reyna Elizabeth Zetina Martínez; Olivares Pérez Jaime; Vieyra Alberto Rodolfo Fluctuación de la producción y condición corporal en vacas lecheras suplementadas con semilla de soya	213
•Clevy Pérez Sánchez; Ysabel Noemí Tejeda Formación democrática y participación ciudadana: a propósito de la figura del veedor en la Ley General de Salud	215
•Paula Andrea Rubiolo; Diego Gabriel Andrión; María Cecilia Bazzanella; Raquel Susana Sandrone ¿Cómo entienden los docentes del sistema educativo el proceso de enseñanza y aprendizaje en épocas de aislamiento social obligatorio?	216
•Luis Rubén Pérez Pinzón Prácticas en investigación y fomento escolar del emprendimiento rural en Colombia	218
•Ericka Matus; Lorena Matus; Ana María Florez; Melba Stanzola Estrés en Panamá por COVID-19	220
•Yicenia Brito; Jorge Emile Manzur TICs en Postgrado/Residencias Médica	221
•Isabel Menacho Vargas; Francis Esmeralda Ibarquén Cueva; Nancy Elena Cueva Robles Actitud docente y tecnologías de información y comunicación en docentes de la EBR, Lima -Perú	222

AUTORES:

*Reyna Elizabeth Zetina Martínez; Olivares Pérez Jaime; Vieyra Alberto Rodolfo

Universidad Autónoma de Guerrero

INFORMACIÓN

Fecha de publicación:

Noviembre 2020.

ISBN:

978-9842-8772-5-3

Fluctuación de la producción y condición corporal en vacas lecheras suplementadas con semilla de soya

PALABRAS CLAVE: Suplementación; oleaginosas; alimentación de ganado, vacas, pastores.**INTRODUCCIÓN**

La composición de la leche está influenciada por una variedad de factores, como la genética, la salud, la etapa de lactancia y la dieta del animal básicamente se menciona que la cantidad y calidad de la leche está directamente relacionada con la alimentación de las vacas. se ha observado que vacas alimentadas con pastos elevaron el contenido graso en leche. Es importante estimar la condición corporal (CC) de los bovinos de leche.

OBJETIVO

Evaluar la fluctuación productiva y la condición corporal en vacas leche bajo pastoreo y suplementadas con semilla de soya.

TEORÍA DE SUSTENTO

Diez vacas lecheras encastadas de suizo americano y Holstein friesland con peso vivo de 473 ± 41 kg y producción media de 13 ± 2.8 kg de leche, fueron utilizadas. Las vacas fueron asignadas al azar a dos tratamientos (5 vacas/tratamiento), T0: 5 kg de concentrado y T1: 4.6 kg de concentrado más 400 g de soya tostada molida.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Diez vacas lecheras, asignadas al azar a T0: concentrado T1: concentrado soya tostada molida. Todas las vacas también recibieron forraje de corte y pastoreo continuo. El experimento duró 14 semanas, se registraron diariamente los rendimientos de leche. Fueron colectadas muestras de leche, se determinó el contenido de grasa y sólidos no grasos. La condición corporal se evaluó por la escala de medición descrita INIFAP (2015). Los datos de las variables medidas fueron analizados bajo un modelo de varianza con el uso del procedimiento mixto para medidas repetidas del SAS (2012).

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El comportamiento del peso vivo fluctuó a disminuir en los animales, lo que se reflejó en una condición corporal (CC) ($P < 0.0006$) de moderada (inicio del estudio) a regular (final del estudio)

La producción láctea tuvo una fluctuación similar en los periodos de evaluación ($p < 0.005$) con una tendencia a disminuir la producción promedio por vaca al día en 0.52 kg de leche del primer al sexto periodo de evaluación el contenido de grasa ($p < 0.009$) como el de sólidos no grasos ($p < 0.01$) incrementaron por efecto del periodo de evaluación.

* Autor de correspondencia: reynitha.martinez1994@gmail.com

CONCLUSIONES

El estudio indicó claramente que la suplementación de semilla de soya a vacas lecheras no tuvo efecto sobre el rendimiento de la leche y la composición de la leche, que esto pudo deberse a factores como, la condición corporal que tuvo una correlación positiva, la disponibilidad de forraje en la pradera por el pastoreo continuo entre otros.



CONGRESO DE GANADERIA SUSTENTABLE MODALIDAD DIGITAL



La Asociación de Médicos Veterinarios Zootechnistas Especialistas en Bovinos del Estado de Veracruz A.C.

La Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana

Otorga la presente

CONSTANCIA

A: Zetina MRE, Olivares PJ, Galicia AHH, Rojas HS, Camacho DLM, Vieyra AR

PONENTE DEL TRABAJO: FLUCTUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y
CONDICIÓN CORPORAL EN VACAS LECHERAS SUPLEMENTADAS CON
SEMILLA DE SOYA

Por su destacada participación como
En el marco del Congreso de la Asociación de Médicos Veterinarios Zootechnistas Especialistas en Bovinos
del Estado de Veracruz A.C. Celebrado del 27 de Octubre al 27 de Noviembre de 2020

Duración: 2 hrs


 MVZ. RAYMUNDO S. GUDIÑO ESCANDÓN
PRESIDENTE AMVZEB


 DR. JORGE GENARO VICENTE MARTINEZ
DIRECTOR FMVZ



BV 024/20












V CONGRESO DE GANADERIA SUSTENTABLE



MEMORIA

V CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN DE MÉDICOS VETERINARIOS ZOOTECNISTAS ESPECIALISTAS EN BOVINOS DEL ESTADO DE VERACRUZ.

**27 AL 30 DE OCTUBRE Y 4, 11, 18 25 27 DE
NOVIEMBRE 2020.**

V CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN DE MÉDICOS VETERINARIOS ZOOTECNISTAS ESPECIALISTAS EN BOVINOS DEL ESTADO DE VERACRUZ. 27 AL 30 DE OCTUBRE Y 4, 11, 18 25 27 DE NOVIEMBRE 2020.

COMITÉ CIENTÍFICO



PRESIDENCIA

VICENTE ELIEZER VEGA MURILLO	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
-------------------------------------	---

RESPONSABLES DE SECCIÓN

DORA ROMERO SALAS	Universidad Veracruzana	Salud Animal
RODOLFO CANSECO SEDANO	Universidad Veracruzana	Reproducción Animal
MARIA DEL CARMEN MOJICA ENRIQUEZ	Asesor Independiente	Nutrición Animal
ÁNGEL RÍOS UTRERA	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias	Mejoramiento Genético
CARLOS BRICEÑO CADENA	Asesor Independiente	Sustentabilidad
APOLO ADOLFO CARRASCO GARCIA	Universidad Veracruzana	Bienestar Animal

FLUCTUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CONDICIÓN CORPORAL EN VACAS LECHERAS SUPLEMENTADAS CON SEMILLA DE SOYA

PRODUCTION FLUCTUATION AND BODY CONDITION IN DAIRY COWS SUPPLEMENTED WITH SOYBEAN SEED

Zetina MRE 1, Olivares PJ 1*, Galicia AHH 2, Rojas HS 1, Camacho DLM 1, Vieyra AR 3*

¹ Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, UAGro, Unidad Tuxpan: Km 2.5 Carr. Iguala-Tuxpan, Iguala, Gro. Tel: 01 (733) 110-15-36.

² colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, SADER, México

³ Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ICAP, UAEH, México
Tulancingo, Hidalgo. rodolfo_vieyra@uaeh.edu.mx; olivares@hotmail.com

Introducción

La grasa es uno de los componentes más valiosos de la leche, juega un papel en la preferencia de los consumidores. La composición de la leche está influenciada por una variedad de factores, como la genética, la salud, la etapa de lactancia y la dieta del animal básicamente (Alothman et al., 2019). Elgersma (2015) menciona que la cantidad y calidad de la leche está directamente relacionada con la alimentación de las vacas. Alothman et al., (2019) observaron que vacas alimentadas con pastos elevaron el contenido graso en leche. Es importante estimar la condición corporal (CC) de los bovinos de leche, a fin de obtener información sobre algunos indicadores como la eficiencia reproductiva de las vacas, la presentación o predisposición de enfermedades y para relacionar con los parámetros de producción de leche (INIFAP, 2015). Por esta razón el objetivo del estudio fue evaluar la fluctuación productiva y la condición corporal en vacas leche bajo pastoreo y suplementadas con semilla de soya.

Materiales y Métodos

Localización y características del área: El trabajo se realizó de agosto-octubre de 2019, en la posta del Colegio Superior Agropecuario, Guerrero, México que se localiza entre 18° 14' 26" y 99° 39' 46" O y una altitud de 640 m, con temperatura media anual de 25 °C y una precipitación anual de 767 mm.

Animales y tratamientos: Diez vacas lecheras encastadas de suizo americano y Holstein friesian con peso vivo de 473±41 kg y producción media de 13±2.8 kg de leche, fueron utilizadas. Las vacas fueron asignadas al azar a dos tratamientos (5 vacas/tratamiento), T0: 5 kg de concentrado (Harina+ Rolado+Algodón) con un 16% de proteína cruda y 13% de fibra y el T1: 4.6 kg de concentrado más 400 g de soya tostada molida. Los tratamientos fueron isoproteicos (160 g/kg MS) e isoenergéticos (2.8 Mcal/kg MS). Todas las vacas también recibieron 146.73 kg/día/10vacas de forraje de corte de pasto Johnson (*Sorghum halepense* L.) y diariamente estuvo constituida de pastoreo continuo en una pradera tropical donde predominó el *Sorghum halepense* L., tuvieron acceso libre al agua, las vacas fueron alojadas en una corraleta provista de camas, comedero, bebedero y asoleadero

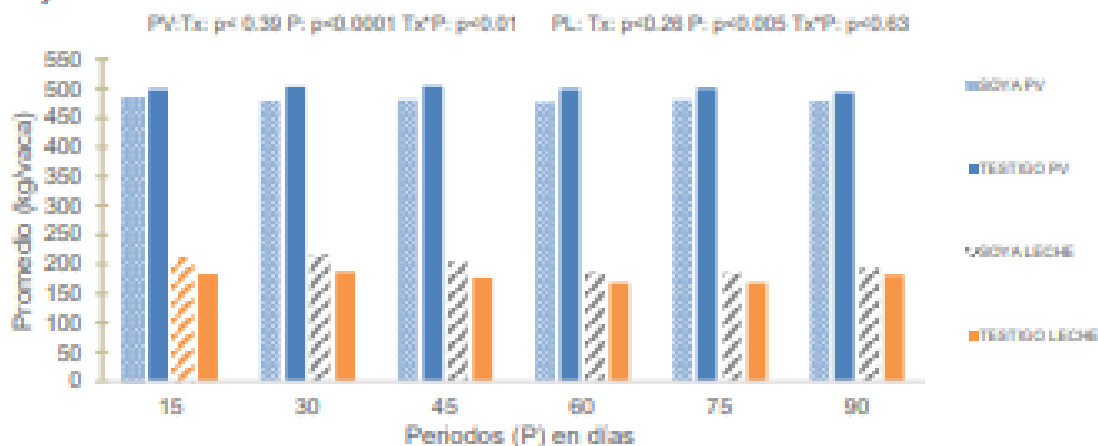
Mediciones, recolección de muestras y análisis químico: El experimento duró 14 semanas, 2 semanas de adaptación, más 12 semanas de evaluación. Las vacas fueron ordeñadas una vez al día por la mañana, se registraron diariamente los rendimientos de leche para cada vaca. Fueron colectadas muestras de leche cada semana y se almacenaron a 4 ° C para determinar el contenido de grasa y sólidos no grasos en un analizador ultrasonico milk analyzer (Boeco, Germany). La condición corporal se evaluó mediante el registro semanal del peso vivo de las vacas y utilizando la escala de medición descrita INIFAP (2015).

Análisis estadístico: Los datos de las variables medidas fueron analizados bajo un modelo de varianza con el uso del procedimiento mixto para medidas repetidas del SAS (2012). Modelo estadístico: $Y_{ijk} = \mu + D_i + W_j + (D \times W)_{ij} + E_{ijk}$ donde, Y_{ijk} es la variable dependiente; μ , la media general; D_i , es el efecto del tratamiento ($i = 0$ y 400 g de semilla de soya tostado molido); W_j , es el efecto del periodo de evaluación ($j = 1, 2, \dots, 6$ periodos de 14 días); $(D \times W)_{ij}$ es el efecto de la interacción de los tratamientos por el periodo de evaluación y E_{ijk} , es el error residual.

Resultados y Discusión

En la figura 1 el peso vivo ($p < 0.39$) y la producción total de leche ($p < 0.26$) de las vacas no fue diferente por el efecto de la adición de semilla de soya, sin embargo, se observó efecto del periodo de evaluación ($p < 0.0001$) sobre el peso vivo (PV) de las vacas durante el estudio, con una tendencia a disminuir el PV del 2% de 491 hasta 486 kg de PV del inicio al final, respectivamente.

Figura 1. Producción láctea (PL) y peso vivo (PV) en vacas lecheras suplementadas con semilla de soya



También se reflejó una condición corporal (CC) ($P: p < 0.0006$) de moderada (inicio del estudio) a regular (final del estudio) (Figura 2) atribuido a la producción láctea y probablemente a una disminución a la oferta en cantidad y calidad del forraje en la pradera a consecuencia del pastoreo continuo, lo que origina que las vacas entraran en un balance energético negativo (Dias *et al.*, 2019). La producción láctea tuvo una fluctuación similar en los periodos de evaluación ($p < 0.005$) con una tendencia a disminuir la producción promedio por vaca al día en 0.52 kg de leche del primer al sexto

periodo de evaluación, y se atribuyó a las mismas causas. Con respecto a su composición química de la leche, el contenido de grasa ($p<0.48$) y sólidos no grasos ($p<0.07$) no fue diferente entre las vacas por efecto de los tratamientos. Sin embargo, en el análisis de medidas repetidas se observa que tanto el contenido de grasa ($p<0.009$) como el de sólidos no grasos ($p<0.01$) incrementaron por efecto del periodo de evaluación (Figura 3). Este comportamiento pudiera relacionarse a una correlación negativa existente entre el contenido graso y SNG de la leche con la producción total de leche que expresaron las vacas. Es decir, el decremento en producción de leche por efecto de los periodos de evaluación provocó una concentración en el contenido de SNG y grasa de la leche.

Figura 2. Condición corporal (CC) de vacas lecheras suplementadas con semilla de soya.

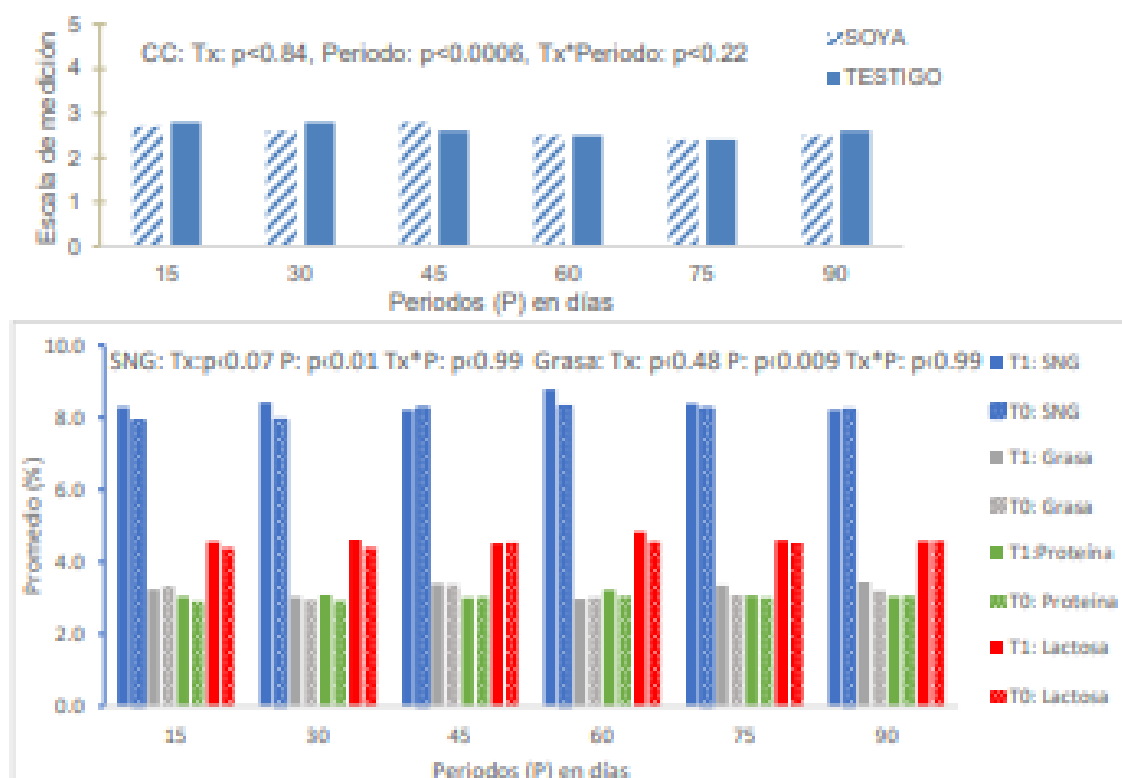


Figura 3. Grasa y sólidos no grasos (SNG) de leche de vacas suplementadas con semilla de soya

Conclusión

El estudio indicó claramente que la suplementación de semilla de soya a vacas lecheras no tuvo efecto sobre el rendimiento de la leche y la composición de la leche, que esto pudo deberse a factores como, pérdida de la condición corporal por efecto de la lactación, la disponibilidad de forraje en la pradera por el pastoreo continuo entre otros.

Literatura Citada

Althman M, Hogan SA, Hennessy D, Dillon P, Kilcawley KN, O'Donovan M, Tobin J, Fenelon MA y O'Callaghan TF. 2019. The "Grass-Fed" Milk Story: Understanding the Impact of Pasture Feeding on the Composition and Quality of Bovine Milk. *Foods*.08, 350: 1-24

Dias KM, Gama MAS, Schmitt D y Sbrissia AF. 2019. Milk fatty acid composition of unsupplemented dairy cows grazing on a tropical pasture. *Revista brasileira de zootecnia*. 48: e 20190088

Elgersma A. 2015. Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: a review of the contributing factors, challenges and future perspectives. *Eur. J. Lipid Sci. Technol*. 117:1345–136

Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (INIFAP). 2015. Clasificación de la condición corporal del ganado. Folleto para Productores Núm. 28 Primera Edición 2015.

SAS (Statistical Analysis System) 1999. SAS/STATTM User's Guide, (Statistical Analysis System Institute Inc. Cary, North Caroline, USA).

Presentación; Cartel palabras clave: suplementación, vacas, pastoreo

Aguilar DM, 59, 67, 71
 Aguilar-Domínguez M, 48
 Aguirre AMR, 27
 Alonso DMA, 56, 59, 71
 Avalos RII, 111
 Ávila PME, 108
 Barradas PFT, 59, 63, 75
 Barrientos MM, 27, 56, 106
 Barrientos-Morales M, 115
 Bravo RJL¹, 63
 Cab JFE, 23
 Camacho DLM, 31
 Canseco SR, 106, 108
 Cárdenas AC, 59
 Carpio QLL, 111
 Carrasco GAA, 88, 101
 Carrasco GAA 1, García CD 2, 92
 Cen PFA, 45
 Cervantes, 27, 56, 67, 79, 97, 115
 Cervantes AP, 27
 Cervantes P., 79
 Chong GLA, 59
 Contreras HG, 108
 Cruz GG, 75
 Cruz RA, 56, 59, 63, 67, 71
 Cruz SY, 45
 Cruz TAA, 38
 Cruz-Romero A, 48, 52
 Cuevas GJJ, 27
 Domínguez AM, 63
 Domínguez MB, 27, 97
 Domínguez, MB, 115
 Enríquez QJF, 23, 75
 ENRIQUEZ QJFb, 16
 Esparza RSC, 63
 Figueroa-VJ, 101
 Galicia AHH, 31
 García-Bravo LA, 83
 Gómez BMRC, 97
 González GR, 35, 38, 41
 González GR¹, 20
 Green VM, 67
 Gudiño ERS, 27
 Gudiño-Escandón RS, 83
 Hernández BA, 27, 97
 Hernández CBC, 92
 HERNANDEZ EA, 16
 Hernández, BA, 115
 Herrera SC, 38
 Huerta CJ, 67
 Ibarra PN, 67
 Ico GJR, 35
 Lagunes MCK, 45
 Lagunes MS, 71
 Lammoglia VMA, 67, 111
 Leonel AJ, 38
 Lepe AIE, 106
 Livas Calderón., 8
 López-Cárdenas AG, 52
 Martínez-Hernández JM, 79
 Medeles Orozco, 8
 Meza E, 52
 Monroy PHI, 97
 Montero LM, 23
 MONTERO LMB, 16
 Montiel PF, 108
 Ochoa-Valencia JL, 48, 52
 Olivares MA¹, 56
 Olivares PJ, 31
 Ortiz PDO, 38, 41
 Parra, RF, 115
 Peniche CAEJ, 45
 Pérez DB, 20
 Perez de León AA, 71
 Pérez de León AA, 59
 Pérez, RVA, 115
 Pinos RJM, 56, 106
 Pulido LMG, 41
 Ramírez SML, 88
 Ramos-Vázquez JR, 52
 Retureta-Gonzalez CO, 83
 Riaño, GA, 115
 Rodríguez RF, 101
 Rojas HS, 31
 Romero SD, 106
 Romero SD¹, 56, 59, 63, 67, 71
 Romero-Salas D, 48, 52
 Salguero RJL, 67, 71
 Salguero-Romero JL, 48
 Sánchez MS, 71
 Sanchez-Montes DS, 48
 Santiago HA, 108
 Sosa RJ, 45
 Vallecillo LMA, 97
 Vega-Murillo VE, 79, 83
 Velazquez PV, 92
 Vicente-Martínez JG, 79
 Vieyra AR, 31
 Villagómez-Cortés JA, 79
 Vinay BJC, 23
 Zárate GOE, 106
 Zavaleta MA, 115

Zetina MRE, 31

14.3 Artículo enviado



Reyna Zetina <reinitha.martinez1994@gmail.com>

Fwd: TROP-D-20-02126 - Submission Notification to co-author - [EMID:6bdd029098797923]

1 mensaje

Rodolfo Vieyra Alberto <rodolfo_vieyra@uaeh.edu.mx>
Para: Reyna Zetina <reinitha.martinez1994@gmail.com>

16 de enero de 2021 a las 20:10

correo Tropical Animal Health and Production

----- Forwarded message -----

De: **Tropical Animal Health and Production** <em@editorialmanager.com>

Date: mié, 9 dic 2020 a las 12:59

Subject: TROP-D-20-02126 - Submission Notification to co-author - [EMID:6bdd029098797923]

To: Rodolfo Vieyra-Alberto <rodolfo_vieyra@uaeh.edu.mx>

Submission ID: TROP-D-20-02126

Re: "Effect of soybean seed supplementation on the production and profile of fatty acids in milk of grazing cows in the dry tropics of Mexico"

Full author list: Rodolfo Vieyra-Alberto, Dr; Reyna Elizabeth Zetina-Martínez, Ing; Jaime Olivares Perez, Dr.; Héctor Hugo Galicia Aguilar, Dr; Saúl Rojas-Hernández, Dr; Juan Carlos Angeles-Hernández, Dr

Dear Dr Vieyra-Alberto,

We have received the submission entitled: "Effect of soybean seed supplementation on the production and profile of fatty acids in milk of grazing cows in the dry tropics of Mexico" for possible publication in Tropical Animal Health and Production, and you are listed as one of the co-authors.

The manuscript has been submitted to the journal by Dr. Mr. Jaime Olivares Perez who will be able to track the status of the paper through his/her login.

If you have any objections, please contact the editorial office as soon as possible. If we do not hear back from you, we will assume you agree with your co-authorship.

Thank you very much.

With kind regards,

Springer Journals Editorial Office
Tropical Animal Health and Production

****Our flexible approach during the COVID-19 pandemic****

If you need more time at any stage of the peer-review process, please do let us know. While our systems will continue to remind you of the original timelines, we aim to be as flexible as possible during the current pandemic.

This letter contains confidential information, is for your own use, and should not be forwarded to third parties.

Recipients of this email are registered users within the Editorial Manager database for this journal. We will keep your information on file to use in the process of submitting, evaluating and publishing a manuscript. For more information on how we use your personal details please see our privacy policy at <https://www.springernature.com/production-privacy-policy>. If you no longer wish to receive messages from this journal or you have questions regarding database management, please contact the Publication Office at the link below.

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any

<https://mail.google.com/mail/u/17k=1bb4453d86&view=pt&search=all&permthid=thread-f%3A1689098061979595421&siml=msg-f%3A16890980619...> 1/2

19/1/2021

Gmail - Fwd: TROP-D-20-02126 - Submission Notification to co-author - [EMID:6bdd029098797923]

time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/trop/login.asp?s=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

==

Dr. en C. Rodolfo Vieyra Alberto
Profesor-Investigador de Tiempo Completo
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Agropecuarias
Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Rancho Universitario, Av. Universidad km 1
Exhacienda de Aquetzalpa, C.P. 43600
Tulancingo, Hidalgo, México.

Effect of soybean seed supplementation on the production and profile of fatty acids in milk of grazing cows in the dry tropics of Mexico

Reyna Elizabeth Zetina Martínez¹, Rodolfo Vieyra-Alberto^{2*}, Jaime Olivares Pérez^{1*}, Héctor Hugo Galicia Aguilar³, Saúl Rojas Hernández¹, Luis Miguel Camacho Díaz¹

¹ Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, Universidad Autónoma de Guerrero, Iguala de la Independencia, CP 40101, Guerrero, México.

² Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAP), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Rancho Universitario s/n km 1, CP 43760 Tulancingo, Hidalgo, México.

³ Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Cocula, Gro, CP 40580, México.

ORCID

Reyna Elizabeth Zetina Martínez:

Rodolfo Vieyra-Alberto: [0000-0001-5889-1203](https://orcid.org/0000-0001-5889-1203)

Jaime Olivares-Pérez: [0000-0002-7455-2890](https://orcid.org/0000-0002-7455-2890)

Héctor Hugo Galicia Aguilar: [0000-0003-2428-1022](https://orcid.org/0000-0003-2428-1022)

Saúl Rojas-Hernández: [0000-0001-5152-2149](https://orcid.org/0000-0001-5152-2149)

Luis Miguel Camacho-Díaz: [0000-0001-7984-8896](https://orcid.org/0000-0001-7984-8896)

Autores para correspondencia:

*Rodolfo Vieyra-Alberto, Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAP), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Rancho Universitario s/n km 1, CP 43760 Tulancingo, Hidalgo, México. E-mail: rodolfo_vieyra@uaeh.edu.mx

*Jaime Olivares-Pérez, Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, Universidad Autónoma de Guerrero, Iguala de la Independencia, CP 40101, Guerrero, México. e-mail: olivaares@hotmail.com

Abstract

Improving the lipid profile in milk of cow's with the use of oilseeds can be sustainable in grazing systems in the dry tropics of Mexico. The objective was to evaluate the milk production, the chemical composition and the fatty acids profile (FAs) of the milk of cows in continuous grazing and supplemented with and without soybean seeds in the dry tropics of Mexico. Ten cows randomly distributed in two equal groups were used. Daily during confinement for milking, the cows individually received the treatments on dry basis T0: supplement with 4.6 kg commercial concentrate® without soybean seed, T1: supplement with 3.7 kg commercial concentrate® with 380 g of soybean seed. During the seventy-eight days of the experiment, milk production was measured in all cows and samples were collected to determine the chemical composition and FAs profile. Milk production and chemical composition were not different ($p > 0.05$) due to the effect of treatments. Linoleic acid content (C18: 2, cis, cis- Δ^9 , Δ^{12}) increased by 22% in milk fat of cows of the T1 ($p < 0.05$). The sum of the mono and polyunsaturated FAs 29.1%, the ratio of saturated-unsaturated FAs (1.65) and the atherogenicity index (1.71), also improved in the milk of cows supplemented with T1 ($p < 0.05$). It is concluded that soybean seed supplement in the diet of grazing dairy cows, did not affect production and did improve the lipid profile in milk fat with favorable index to promote human health.

Keywords: fat, lipids, milk, fatty acids, unsaturated, atherogenicity.

Introduction

Soybean seed is widely used in animal feed, it has been offered whole, extruded, broken, ground and crude or roasted. Rafiee-Yarandi et al. (2016) and Días et al. (2017) recommend the use of roasted soybeans in coarse particles to maintain nutritional quality and increase the amount of non-

degradable amino acids in the rumen during ingestion and digestion in dairy cows. Alothman et al., (2019) mention that the level production and the chemical composition of milk is directly related to the diet consumed by dairy cows. In this scenario, soybean is an important source of linoleic acid (C18:2 cis, cis- Δ^9 , Δ^{12}) (Jenkins et al. 2014). Incorporating soybean into the diet of dairy cows may favor an increase in the lipid profile of omega-3 milk fat and conjugated linoleic acid (CLA) (Dewanckele et al. 2020). The milk production with a high profile in unsaturated fatty acids (UFA), can guarantee a healthier life in human beings as consumers (Lordan et al. 2018). Livingstone et al. (2013) demonstrated in cardiac patients that polyunsaturated omega-3 FAs in the diet decreased mortality by 20%. Drouin-Chartier et al. (2016) and Gholami et al. (2017) relate a lower hypertension risk, Eussen et al. (2016) reported a lower risk of type II diabetes mellitus and Shahmirzadi et al. (2019) obesity decrease, all in response to the intake of milk and its derivatives with content of bioactive lipids (rumenic and vaccenic). In addition, beneficial activity has also been reported in humans of circulating medium chain FAs (C14: 0, C15: 0 and C17: 0) (Givens, 2015). Chavarría et al. (2006) attribute atherogenic activity to the lauric (12: 0), myristic (14: 0) and palmitic (16: 0) FAs by increasing the concentration of cholesterol in the blood. With this background, the objective of the study was to evaluate milk yield, chemical composition, fatty acid profile and atherogenicity in cow's milk in a continuous grazing system and supplemented with ground roasted soybeans in a dry tropical environment.

Materials and methods

Study area

The study was developed from August to October 2019, at the Superior Agricultural College of Guerrero Estate (CSAEGRO), located at km 14.5 of the Iguala-Cocula highway at 18 ° 14 '26" NL and 99° 39' 46" WL and at an altitude of 640 masl. The chemical analyzes were developed in the Animal Nutrition and Special Analysis Laboratories of the Institute of

Agricultural Sciences of the Autonomous University of the Hidalgo State, located in the Tulancingo city, Hidalgo, Mexico the coordinates are 20° 3' 24" NL and 98° 22' 53" WL and an altitude of 2160 masl, the average annual temperature is 14° C, and annual rainfall is 550 mm.

Animals and treatments

Ten multiparous Holstein and Brown Swiss cows were used with averages of 5.4 ± 2.2 age years, live weight of 473 ± 41 kg, daily milk production of 13 ± 2.8 kg and 57 ± 27 lactation days, with daily requirements in dry matter basis of 12.2 kg DM, crude protein of 104 g / kg and metabolizable energy of 2.2 Mcal (NRC 2002). The animals were assigned in equal numbers and at random in two treatments, T0: supplement with 4.6 kg commercial concentrate® without soybean seed, T1: supplement with 3.7 kg commercial concentrate® with 380 g of soybean seed, on a dry basis, which they received individually and daily during confinement for milking.

Management and feeding of cows

The cows during the daytime (09:00 to 18:00 hrs) were group managed in continuous grazing in a meadow of 9.1 ha of surface, consisting of 56% *Shorgum halepensis*, 4% *Cynodon plectotasyus* and 40% weeds, and a herbaceous mass of 4.9 tons of DM / ha, at the beginning of the experiment. The botanical composition of the meadow was determined using the zigzag sampling technique with 0.25 m² quadrants described by Teuber et al. (2007). During the night until milking at 07:00 the following day, the cows remained stabled where they received fresh cut forage of *Shorgum halopensis* and free access water.

Variables measured and samples

The experiment was developed from September to October, 15 days of cows adaptation to handling and feeding, plus 63 days of evaluations and collection of data and samples to variables measure. The dry matter consumption of the cows in each treatment (T0 and T1 respectively), was measured in the supplement and the fresh cut forage by means of the difference between supply and rejection. The live weight of the cows was measured every three weeks on a two-ton capacity platform scale. The chemical composition of the cows' diet (Table 1) was determined by collecting weekly samples in the supplements used as treatments, in the fresh cut forage and in the forage available in the meadow, in the latter the collection was through the grazing simulation technique described by Wayne (1964) and were used to determine, DM contents by samples drying at 100 °C in a forced air oven for 24 h, ashes by muffle incineration at 600 °C during 6 h, crude protein by the kjeldalh method (AOAC 2012), acid detergent fiber (FDA), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent lignin (LDA) by the method of Van Soest et al. (1991) in the laboratory. To measure the milk production, the chemical composition and the fatty acid profile of the milk, during mechanical milking (four-seater equipment of the DeLaval brand) at 07:00 hrs, the milk of each cow was weighed with a digital scale graded in grams, in addition, two 50 mL samples of previously homogenized milk were collected in sterile hermetic tubes and stored at -4 °C to determine the chemical composition and fatty acid profile, respectively. Fat content was determined by the Gerber method (Kleyn et al. 2001), protein and lactose were quantified with a milk analyzer (LAC-SSPA50, Germany). For the fatty acids (FAs) content, the milk samples was fat extracted using the technique described by Feng et al. (2004), the samples methylation was carried out according to the methodology described by Christie (1982) with modifications of Chouinard et al. (1999). The fatty acids methyl esters were separated and quantified by gas chromatography (Perkin Elmer), with a capillary column of 100 m x 0.25

mm x 0.2 μ m (SUPELCO TM-2560), with the use of nitrogen as carrier gas. The detector and injector were kept at 260 °C, the initial oven temperature was 140 °C for five minutes, increasing 4 °C per minute until reaching 240 °C. Each peak was identified according to the retention times of methyl ester standards (Supelco 37 FAME MIX). The readings of each FA were reported in g per 100 g of total fatty acids.

Calculated variables: The total dry matter intake daily of the cows (Table 1*) was calculated according to the animal performance method described by Macoon et al. (2003). The percentage of dry matter digestibility estimated (eDMD) of feeds was determined with the equation validated by Macedo-Barragán et al. (2011): $eDMS (\%) = 88.9 - (\% FDA * 0.779)$. The atherogenicity index was calculated according to Ulbricht and Southgate (1991) as $(C12 + 4 * C14 + C16) / (\sum \text{fatty acid unsaturated})$. The relationship between saturated and unsaturated fatty acids was calculated by dividing the total of saturated fatty acids between the sum of the mono and polyunsaturated FAs. The $\Delta 9$ -desaturase activity was calculated for each pair of fatty acid according to Kelsey et al. (2003) as $(\text{product of } \Delta 9\text{-desaturase}) / (\text{product of } \Delta 9\text{-desaturase} + \text{substrate of } \Delta 9\text{-desaturase})$.

Statistic analysis

Power analysis was performed using G-Power software (Faul et al. 2007) at repeated measures between factor designs. The inputs that fed the G-Power were: effect magnitude = 0.34, $\alpha = 0.05$, power = 0.85, number of groups = 2, number of measures = 9, and correlation between repeated measures = 0.5. The effect magnitude calculation was based on the findings of Liu et al. (2008) who evaluated the effect of roasted soybean supplementation on the production and chemical composition of milk in cows.

The data obtained from the productive parameters and the lipid profile of the milk were analyzed with the PROC MIXED of the SAS (Statistical Analysis System, version 8.0). The model used was 2 x 9 factorial, as follows:

$$Y_{ijk} = \mu + Tx_i + Week_j + (Tx * Week)_{ij} + e_{ijk}$$

Where: Y_{ijk} = Response variable, μ = General mean, $(Tx)_i$ = Treatment effects ($i = T0, T1$), $(Week)_j$ = Effect due to sampling week ($j = 1, 2, 3 \dots 9$), $(Tx * Week)_{ij}$ = Effect due to the interaction treatment per sampling week, e_{ijk} = Residual error. Differences were analyzed with the Tukey test at a significance level of ≤ 0.05 (SAS 2002).

Table 1. Dry matter intake and chemical composition of the feeds offered in diet of cows

Variable	Cut forage	Concentrate	Soybean meal	Forage in prairie			
Daily dry matter intake of cows (kg dry matter basis)				Total			
T0	2.48	4.6	0	5.58			
T1	2.87	3.7	0.38	6.61			
Chemical composition (g kg ⁻¹ in dry matter basis)				First twelve weeks			
				1	3	6	9
DM	325±65	933±25	951±17	370.0	358.3	500.0	350.0
OM	910±13	854±25	938±12	907.4	908.9	936.8	912.3
CP	74±23	137±29	420±17	107.6	94.3	59.7	75.5
NDF	723±44	313±24	462±18	580.0	663.8	856.8	787.6
ADF	454±38	173±23	160±10	338.8	346.1	462.7	396.4
ADL	90±18	33±9	29±4	90.1	73.1	99.0	97.9
eDMD %	53±3	75±1	76±1	62.5	61.9	52.8	58.0

eLNE	1.12±0.09	1.77±0.05	1.80±0.02	1.38	1.37	1.09	1.25
------	-----------	-----------	-----------	------	------	------	------

* The total dry matter intake daily of the cows was calculated according to the animal performance method described by Macoon et al. (2003), DM: dry matter, OM: organic matter, CP: crude protein, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, ADL: acid detergent lignin, eDMD – estimated dry matter digestibility.

Results and Discussion

Production and chemical composition of milk

Dry matter intake (DMI), milk production, feed efficiency and chemical composition of milk (percentages of crude protein (CP), fat, lactose, and non-fat solids), were not different ($P > 0.05$) between the cows by effect of the treatments, but if differences were expressed ($P < 0.01$) by effect of the evaluation weeks (Table 2). Despite the variations in the dry matter intake of the cows during the study weeks, the total daily intake based on body weight was always higher in the T1 animals and was attributed to differences in the basal metabolism between the cows of both treatment, and not to milk production and feed efficiency. Even et al. (2001) mention that there is no linear relationship between basal metabolism and body weight, and there may be differences between animals of the same species and the same body weight. In the study, the average live weight of the cows was 473 ± 41 kg and the consumption of $13.11 \text{ kg DM day}^{-1}$ with a production of 12.4 kg day^{-1} of milk at 3.1% fat, it can be seen that the consumption and production was below that stipulated for high production cows (Zebeli et al. 2010). However, the results observed in consumption and production levels were very similar to those reported by Wanapat et al (2013) and Kaeokliang et al. (2019). The decrease in DMI, body weight and milk production from the beginning to the end of the study ($p < 0.01$) was attributed to a decrease in the offer in quantity and quality

of forage in the prairie. Zebeli et al (2010) and Liu et al (2016) report that the consumption and digestibility of dry matter can be affected by an increase in the fiber content of the diet, especially if it is of low digestibility. Table 1 shows a decrease in the CP content in the pasture forage and at the same time an increase in the NDF, ADF, LAD contents between the first 3 weeks, compared to the last 6 to 9 weeks of continuous grazing and this affected the percentage of eDMD, all this caused the cows to enter a negative energy balance (Dias et al., 2019).

The improvement in feed efficiency through the evaluation weeks was related to a decrease in the dry matter intake that caused a removal of nutritional reserves in the cows through lipomobilization and ketogenesis described by Schuh et al. (2019) and Karis et al. (2020) to maintain dairy production. This phenomenon could cause the cows to lose around 2% of their body weight over time ($p < 0.01$) to go from 491.7 to 488.4 kg, from the beginning to the end of the study, respectively, with a slight mean decrease ($p < 0.01$) in the total milk production of $3.6 \text{ kg cow}^{-1} \text{ day}^{-1}$ from the first to the fourth evaluation period (Figure 1). Schuh et al. (2019) and Wang et al. (2020) also report loss of body condition and reduction in back fat reserves due to the effect of lactation in dairy cows.

The milk solids concentration, especially protein, fat, and lactose caused a slight percentage increase, and was attributed to a reduction in milk production, comparatively from the beginning to the end of the study and thus the chemical composition of milk ($P < 0.01$) was modified in response to the effects of the evaluation weeks (Figure 2). This behavior attributed to a negative correlation between the content of total solids (fat, protein and lactose) in milk with the milk production expressed by the cows (Hermiz and Hada, 2020).

Fatty acids profile

Although the inclusion level of soybean seed in T1 was not enough to express differences to favor in milk production and in the body weight of cows. Table 3 shows that the content of saturated fatty acids was higher ($P < 0.03$) in the milk fat of the cows of T0 (65.22 g / 100 g) compared to those of T1 (61.81 g / 100 g). The main FA of this group responsible for the differences was the myristic (C14: 0) with lower levels of the 15% in the cows of T1 with respect to those of T0 ($P < 0.01$). Al-Sulaiti et al. (2018) and Nono-Nankam et al. (2020) mention that this fatty acid is one of those responsible for the growth of intra-abdominal and gluteal adipose tissue in humans. Olivieri et al. (2020) associated myristic FA (C14: 0) as the main responsible for a greater circulation of triglycerides in the blood and a greater activity of ApoCIII and with it more cardiovascular diseases in patients.

The unsaturated FA content was the majority ($P < 0.01$) in the milk fat of the cows of T1 (37.13 g / 100 g) compared to those of T0. The main FAs responsible for this difference was linoleic acid (C18: 2, cis, cis- Δ^9 , Δ^{12}) with an increase of 22% in milk from cows supplemented with soybean seed ($P < 0.02$), followed by vaccenic (C18: 1, trans- Δ^{11}) with tendencies ($P < 0.07$) to show increases in the same direction (Table 3). Vieyra-Alberto et al. (2017), Ali-Mahdavi et al. (2019) and Konno et al (2020) also modified the content of desaturated FAs, especially linoleic and vaccenic in the milk of cows supplemented with soybean oil, even though in some cases the dry matter intake was slightly decreased. The results were attributed to the fact that soybeans as an rich oilseed in polyunsaturated FAs, especially linoleic (Jenkins and Harvatine 2014, Almeida et al. 2019, Gagliostro et al. 2020), which favored the energy balance in cows with a higher proportion of Non-esterified FAs, cholesterol, phospholipids and blood circulating triglycerides (Konno et al 2020).

According to the size of the carbon chain, in Table 4 it is observed that the concentration of medium chain FAs (C13:0 - C17:1) were higher ($p < 0.01$) in the milk fat of T0 cows (43.95 g / 100g). On the contrary, the content of monounsaturated and polyunsaturated fatty acids were higher, 32.87 g / 100g ($p < 0.03$) and 4.52 g / 100g ($p < 0.01$) respectively, in the milk fat of cows supplemented with T1. The saturated / unsaturated FAs ratio and the atherogenicity index were also better than 1.65 ($p < 0.03$) and 1.71 ($p < 0.01$), respectively, in the milk fat of the cows that received T1. Plata-Reyes et al. (2018) report a similar atherogenicity index and the relationship between saturated / unsaturated FAs. Practically the improvement observed in the index and the ratio of the FAs were attributed to an increase in the content of the linoleic and vaccenic FAs in the milk fat of the T1 cows. Several researchers describe linoleic acid as an essential component of milk fat with beneficial effects on men's health (Abel et al. 2019, Den-Hartigh 2019, Nazli-Namazi et al. 2018). The patterns of circulating FAs in the blood have generally been related to obesity, cardiometabolic and cardiovascular health, pulmonary function and diabetes in humans, however, high levels of PUFAS were associated with fewer body and metabolic disorders. (Voortman et al. 2018, Maki et al. 2018, Cornell et al. 2019). Maki et al. (2018) recommend reducing the intake of saturated FAs to less than 10% daily, even change them for unsaturated FAs. This dietary practice can reduce obesity and mortality by up to 30% from cardiovascular problems and by 50% from diabetes (Maki et al. 2018). Our study can contribute to meet this recommendation, because the addition of soybean seed to the diet of cows in T1 increased the concentration of unsaturated FAs (MUFAs and (PUFAs) in milk fat, a staple food for families in human populations.

The effects of the evaluation week on the concentration of some FAs in the milk of the cows, were attributed to the variation in the chemical composition of the diet, especially in the fiber content (Table 1) and linolenic acid in the forage species of the prairies during continuous grazing, where the latter by rumen bio-hydrogenation could be derived to linoleic acid and this in turn in C18:1 trans^{-8, 9, 10, 11, 12} and C18:1 cis^{-9, 10, 11, 12} until stearic acid (C18:0) (Jenkins and Harvatine 2014, Dewanckele et al. 2020). Marin et al. (2018) report that the increase in grazing in dairy cows managed to modify the concentration of conjugated linoleic acid and omega-3 in milk fat and also attributed it to the variation in the chemical composition of the pastures, especially the content of alpha linolenic acid. Bauman and Griinari, (2003) mention that the deterioration of milk fat can also be related to diets low in digestible fiber, which correlatively causes a shortage of acetate used in the mammary gland as a source of carbons for fat synthesis (Urrutia et al. 2019). This could also explain the variation ($p < 0.05$) in the concentration of both saturated fatty acids (C8:0, C11:0, C12:0, C13:0, C15:0, C16:0, C17:0 and C18:0) as unsaturated (C18:1 trans- Δ^{11} ; C18:2 cis, cis- Δ^9, Δ^{12} ; C18:3 cis, cis, cis- $\Delta^9, \Delta^{12}, \Delta^{15}$; C15:1, cis- Δ^{10} and C16:1, cis- Δ^9) in milk fat between the beginning and end week of the study (Figure 3) and was also attributed to an impoverishment in the quality and quantity of the prairie by continuous grazing of the cows and the pastures lignification.

Conclusions

The addition of ground roasted soybeans seed in the feed of grazing cows in the dry tropics of Mexico, improved the lipid profile of milk, especially the mono (vaccenic) and polyunsaturated (linoleic) fatty acids, without affecting the dairy production of the cows, also was favored the saturated fatty acids with unsaturated fatty acids relation and the atherogenicity index were favored, which indicated that the supplement with soybean seed

in grazing systems is an attractive option to produce healthier milk that is beneficial to human beings as consumers

Acknowledgements

The authors express our gratitude to the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) for the postgraduate scholarship granted to Reyna Elizabeth Zetina Martínez, a student of the Master's Degree in Agricultural Sciences and Local Management at the Autonomous University of Guerrero, a PNPC-CONACYT development program. This work was financed by the Secretary of Public Education through PRODEP (511-6 / 18-8661) with internal registration of the Autonomous University of the State of Hidalgo: UAEH-PTC-803 by Rodolfo Vieyra Alberto. They also thank the CSAEGRO dairy cattle teaching support unit and its staff who participated in this experiment.

Conflict to interests

The authors declare no conflict to interest

Establishment of ethical standards and animal welfare

The procedures used in this study were carried out in strict adherence to the rules established in the Official Mexican Standard for technical specifications for the production, care and use of laboratory animals (NOM-062-ZOO-1999) in accordance with health standards and animal welfare established by the committee of the Higher Agricultural College of the State of Guerrero

References

- Abel, S., Muller, C.J.C., Sasanti, B., 2019. Effect of alternating total mixed ration and pasture feeding on the fatty acid content and health indices of Jersey and Fleckvieh x Jersey milk, South African Journal of Animal Science, 49(3): 432-440. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v49i3.4>
- Albores-Moreno, S., Alayón-Gamboa, J.A., Ayala-Burgos, A.J., Solorio-Sánchez, J., Aguilar-Pérez, C.F., Olivera-Castillo, L., Ku-Vera, J.C., 2017. Effects of feeding ground pods of *Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb on dry matter intake, rumen fermentation, and enteric methane production by Pelibuey sheep fed tropical grass, Tropical Animal Health and Production, 49, 857--866
- Ali-Mahdavi., Ata-Mahdavi., Babak-Darabighane., Andrew-Mead., Lee, R.F.M., 2019 Effects of soybean oil supplement to diets of lactating dairy cows, on productive performance, and milk fat acids profile: a meta-analysis, Italian Journal of Animal Science, 18(1):809-819, DOI: 10.1080/1828051X.2019.1585211
- Almeida, O.C., Ferraz, M.V.C., Susin, I., Gentil, R.S., Polizel, D.M., Ferreira, E.M., Barroso, J.P.R., Pires, A.V., 2019. Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets supplemented with oils from soybean, linseed or fish, Small Ruminant Research. 130: 125-130. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.11.002>
- Almeida, O.C., Ferraz, M.V.C., Susin, I., Gentil, R.S., Polizel, D.M., Ferreira, E.M., Barroso, J.P.R., Pires, A.V., 2019. Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets supplemented with oils from soybean, linseed or fish, Small Ruminant Research, 170:125-130. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.11.002>
- Althman M, Hogan SA, Hennessy D, Dillon P, Kilcawley KN, O'Donovan M, Tobin J, Fenelon MA y O'Callaghan TF. 2019. The "Grass-Fed" Milk Story: Understanding the Impact of Pasture Feeding on the Composition and Quality of Bovine Milk. Foods. 8:350. 1-24. <https://doi.org/10.3390/foods8080350>

- Al-Sulaiti, H., Diboun, I., Banu, S., 2018. Triglyceride profiling in adipose tissues from obese insulin sensitive, insulin resistant and type 2 diabetes mellitus individuals. *J Transl Med* 16, 175. <https://doi.org/10.1186/s12967-018-1548-x>
- Antonio-Gagliostro, G., Elisabet Antonacci, L., Daiana Pérez, C., Rossetti, L., Tassone, M., Frossasco, V., Terreno, F., Ugartemendia, A., 2020. Increasing Conjugated Linoleic Acid Content in Milk and Cheese after Supplementing a Blend of Crude Soybean Oil Sediment Combined with Fish Oil to Grazing Dairy Cows. *Open Journal of Animal Sciences*, 10, 468-492. doi: 10.4236/ojas.2020.103029.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists)., 2012. *Official Methods of Analysis*. 19th ed. AOAC: International, USA. pp: 34-36.
- Bauman, D.E., Griinari, J.M., 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu Rev Nutr.* 23: 203-27. doi: 10.1146/annurev.nutr.23.011702.073408
- Chavarría, S.J., Herrera, R.C., Lutz, G., 2006. Caracterización y determinación del potencial aterogénico de quesos producidos en costa rica. *Ciencia y Tecnología*, 24(1): 31-50.
- Chouinard, P.Y.C., Louise, D.M., Barbano, Metzger L.E., Bauman, D.E., 1999. Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. *J. Nutr.* 129: 1579-1584.
- Christie, W.W., 1982. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. *J. Lipid Res.* 23: 1072-1075.
- Cornell, K., Alam, M., Lyden, E., Wood, L., LeVan, T.D., Nordgren, T.M., Bailey, K., Hanson, C., 2019. Saturated Fat Intake Is Associated with Lung Function in Individuals with Airflow Obstruction: Results from NHANES 2007–2012. *Nutrients*. 11 (317):1-12. <https://doi.org/10.3390/nu11020317>

- Den-Hartigh, L.J., 2019. Conjugated Linoleic Acid Effects on Cancer, Obesity, and Atherosclerosis: A Review of Pre-Clinical and Human Trials with Current Perspectives. *Nutrients*. 11(370): 1-29. doi:10.3390/nu11020370
- Dewanckele, L., Toral, P.G., Vlaeminck, B., Fievez, V., 2020. Invited review: Role of rumen biohydrogenation intermediates and rumen microbes in diet-induced milk fat depression: An update. *J. Dairy Sci.* 103(9):7655–7681. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17662>
- Dias, J.G.S., Silveira, V.A., Ascari, I.J., Nogueira, P.R.A., Camargo, D.M., Pereira, M.N., 2017. Replacement of raw soybean with roasted soybean increased milk production in Holstein cows. *Ciencia Rural*.47:5.
- Dias, K.M., Gama, M.A.S., Schmitt, D., Sbrissia, A.F., 2019. Milk fatty acid composition of unsupplemented dairy cows grazing on a tropical pasture. *Revista brasileira de zootecnia*. 48: e 20190088
- Drouin-Chartier, J.P., Brassard, D., Tessier-Grenier, M., Côté, J.A., Labonté, M.È., Desroches, S., Couture, P., Lamarche, B., 2016. Systematic review of the association between dairy product consumption and risk of cardiovascular-related clinical outcomes. *Adv. Nutr.* 7, 1026–1040.
- Eussen, S.J.P.M., van Dongen, M.C.J.M., Wijckmans, N., den Biggelaar, L., Oude Elferink, S.J.W.H., Singh-Povel, C.M., Schram, M.T., Sep, S.J.S., van der Kallen, C.J., Koster, A., 2016. et al. Consumption of dairy foods in relation to impaired glucose metabolism and type 2 diabetes mellitus: The Maastricht study. *Br. J. Nutr.* 115, 1453–1461.
- Even, P.C., Rolland, V., Roseau, S., Bouthegourd, J.C., Tomé, D., 2001. Prediction of basal metabolism from organ size in the rat: relationship to strain, feeding, age, and obesity. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 280:6, R1887-R1896.

- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A., G*Power 3. 2007. A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods* 39, 175–191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Feng, S., Lock, A.L., Garnsworthy, P.C., 2004. Technical note: A rapid lipid separation method for determining fatty acid composition of milk. *J. Dairy Sci.* 87: 3785-3788.
- Gagliostro, G.A., Antonacci, L.E., Pérez, C.D., Rossetti, L., Tassone, M., Frossasco, V., Terreno, F., Ugartemendia, A., 2020. Increasing Conjugated Linoleic Acid Content in Milk and Cheese after Supplementing a Blend of Crude Soybean Oil Sediment Combined with Fish Oil to Grazing Dairy Cows. *Open Journal of Animal Sciences*, 10, 468-492. doi: 10.4236/ojas.2020.103029
- Gholami, F., Khoramdad, M., Esmailnasab, N., Moradi, G., Nouri, B., Safiri, S., Alimohamadi. Y., 2017. The effect of dairy consumption on the prevention of cardiovascular diseases: A meta-analysis of prospective studies. *J. Cardiovasc. Thorac. Res.* 9, 1–11.
- Givens, D. I., 2015. Dairy products: Good or bad for cardiometabolic disease? *Am. J. Clin. Nutr.* 101, 695–696.
- Hermiz, N.H., Hadad, M.J., 2020. Factors affecting and estimates of repeatability for milk production and composition traits in several breeds of dairy cattle, *Indian Journal of Animal Sciences* 90 (3): 129–133.
- Jenkins, C.T., Harvatine, J.K., 2014. Lipid Feeding and Milk Fat Depression, *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 30(3): 623-642. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2014.07.006>
- Kaeokliang, O., Kawashima, T., Narmseelee, R., 2019. Effects of physically effective fiber in diets based on rice straw and cassava pulp on chewing activity, ruminal fermentation, milk

- production, and digestibility in dairy cows. *Anim Sci J*. 90: 1193– 1199. <https://doi.org/10.1111/asj.13271>
- Karis, P., Jaakson, H., Ling, K., Bruckmaier, R.M., Gross, J.J., Pärn, P., Kaart, T., Ots, M., 2019. Body condition and insulin resistance interactions with periparturient gene expression in adipose tissue and lipid metabolism in dairy cows, *J. Dairy Sci.* 103(4). <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17373>
- Kelsey, J.A., Corl, B.A., Collier, R.J., Bauman, D.E., 2003. The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. *J Dairy Sci.* 86(8):2588-97. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73854-5. PMID: 12939083.
- Kleyn, H.D., Lynch, M.J., Barbano, M.D., Bloom, J.M., Mitchell, W.M., 2001. Determination of Fat in Raw and Processed Milks by the Gerber Method: Collaborative Study. *Journal of AOAC International*. 84(5): 1499-1508.
- Konno, D., Takahashi, M., Osaka, I., Orihashi, T., Sakai, K., Sera, K., Obara, Y., Kobayashi, Y., 2020. Effect of ruminal administration of soy sauce oil on rumen fermentation, milk production and blood parameters in dairy cows, *Asian-Australas J Anim Sci* ;33(11):1779-1786. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0617>
- Liu, S., Zhang, R., Kang, R., Meng, J., 2016. Milk fatty acids profiles and milk production from dairy cows fed different forage quality diets. *Animal Nutrition*, 2(4): 329-333. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.08.008>
- Liu, Z.L., Yang, D.P., Chen, P., Lin, S.B., Jiang, X.Y., Zhao, W.S., Li, J.M., Dong, W.X., 2008. Effect of dietary sources of roasted oilseeds on blood parameters and milk fatty acid composition

- Livingstone, K.M., Lovegrove, J.A., Cockcroft, J.R., Elwood, P.C., Pickering, J.E., Givens, D.I., 2013. Does dairy food intake predict arterial stiffness and blood pressure in men? Evidence from the caerphilly prospective study. *Hypertension*. 61, 42–47.
- Lordan, R., Tsoupras, A., Mitra, B., Zabetakis, I., 2018. Dairy fats and cardiovascular disease: Do we really need to be concerned? *Foods*; 1,7(3)
- Macedo-Barragán, R., López-Poblete, N.I., Arredondo-Ruiz, V., Rodríguez-Ramírez, R., 2011. Precision of an equation to estimate dry matter degradability of *Clitoria ternatea*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(3): 943-947
- Macon, B., Sollenberger, E., Moore, E., Staples, R., Fike, H., Portier, M., 2003. Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *J. Anim. Sci.* 81: 2357-2366.
- Maki, C.K., Eren, F., Cassens, E.M., Dicklin, R.M., Davidson, H.M., 2018. ω -6 Polyunsaturated Fatty Acids and Cardiometabolic Health: Current Evidence, Controversies, and Research Gaps, *Advances in Nutrition*, 9(6): 688–700. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy038>
- Marín, M.P., Meléndez, P.G., Aranda, P., Ríos, C., 2018. Conjugated linoleic acid content and fatty acids profile of milk from grazing dairy cows in southern Chile fed varying amounts of concentrate, *Journal of Applied Animal Research*, 46(1): 150-154. DOI:10.1080/09712119.2016.1277729
- Nazli-Namazi, Irandoost, P., Larijani, B., Azadbakht L., 2019. The effects of supplementation with conjugated linoleic acid on anthropometric indices and body composition in overweight and obese subjects: A systematic review and meta-analysis, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59:17, 2720-2733, DOI: 10.1080/10408398.2018.1466107.
- Nono-Nankam, P.A., Mendham, A.E., van Jaarsveld, P.J., Adams, K., Fortuin-de Smidt, M.C., Clamp, L., Blüher, M. and Goedecke, J.H. 2020, Exercise Training Alters Red Blood Cell Fatty

Acid Desaturase Indices and Adipose Tissue Fatty Acid Profile in African Women with Obesity. *Obesity*, 28: 1456-1466. doi:10.1002/oby.22862

NRC (National Research Council) (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*, 2001. Washington, DC: The National Academies Press. 450 p. <https://doi.org/10.17226/9825>.

Olivieri, O., Speziali, G., Castagna, A., Pattini, P., Udali, S., Pizzolo, F., Liesinger, L., Gindlhuber, J., Tomin, T., Schittmayer, M., Birner-Gruenberger, R., Cecconi, D., Girelli, D., Friso, S., Martinelli, N., 2020. The Positive Association between Plasma Myristic Acid and ApoCIII Concentrations in Cardiovascular Disease Patients Is Supported by the Effects of Myristic Acid in HepG2 Cells, *The Journal of Nutrition*, 150(10): 2707–2715, <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa202>

Palmquist, D.L., Jenkins, T.C., 2003. Challenges with fast and fatty acid methods. *Journal of Animal Science*, 81, 3250-3254.

Plata-Reyes, D.A., Morales-Almaraz, E., Martínez-García, C.G., Flores-Calvete, G., López-González, F., Próspero-Bernal, F., Valdez-Ruiz, C.L., Zamora-Juárez, Y.G., Arriaga-Jordán, C.M., 2018. Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing four grass species pastures during the rainy season in small-scale dairy Systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 50:1797–1805. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1621-8>

Rafiee-Yarandi, H., Alikhani, M., Ghorbani, G.R., Sadeghi-Sefidmazgi, A., 2016. Effects of temperature, heating time and particle size on values of rumen undegradable protein of roasted soybean. *South African Journal of Animal Science* 2016, 46 No. 2).

SAS (2002) SAS/STAT. Statistical Analysis System. Guide for personal computers version Ver 9.0. Institute Inc., Cary. USA. 956p

- Schuh, K., Sadri, H., Häussler, S., Webb, L., Urh, C., Wagner, M., Sauerwein, H. 2019. Comparison of performance and metabolism from late pregnancy to early lactation in dairy cows with elevated v. normal body condition at dry-off. *Animal*, 13(7), 1478-1488. doi:10.1017/S1751731118003385
- Shahmirzadi, E., Ghavamzadeh., Zamani., 2019. The Effect of Conjugated Linoleic Acid Supplementation on Body Composition, Serum Insulin and Leptin in Obese Adults. *Archives of Iranian Medicine*. 1;22(5): 255-261.
- Sukhija, P.S., Palmquist, D.L., 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36, 1202-1206.
- Teuber, K. N., Balocchi, L. O., Parga, M. J., 2007. *Manejo del Pastoreo*. Imprenta America. Chile. 129 p
- Ulbricht, T.L.V., Southgate, D.A.T., 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 338, 985-992.
- Urrutia, N., Bomberger, R., Matamoros, C., Harvatine, K. J., 2019. Effect of dietary supplementation of sodium acetate and calcium butyrate on milk fat synthesis in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 102:5172–5181. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16024>
- Van Soest, P. J., Roberson, J.B., Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3897
- Vieyra-Alberto, R., Arriaga-Jordán, C.M., Domínguez-Vara, I.A., Bórquez-Gastelum J.L., Morales-Almaráz, E., 2017. Effect of soybean oil on the concentration of vaccenic and rumenic fatty acids in grazing cow milk. *Agrociencia*, 3: 299-313.
- Voortman, T., Tielemans, J.M., Stroobant, W., Schoufour, D.J., Kieft-de Jong, C.J., Steenweg-de Graaff, J., van den Hooven, H.D., Tiemeier, H., Jaddoe, W.V.V., Franco, H.O., 2018. Plasma

- fatty acid patterns during pregnancy and child's growth, body composition, and cardiometabolic health: The Generation R Study, *Clinical Nutrition*, 37(3): 984-992.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2017.04.006>
- Wanapat, M., Kang, S., Khejornsart, P., 2014. Performance of tropical dairy cows fed whole crop rice silage with varying levels of concentrate. *Trop Anim Health Prod* 46, 185–189.
<https://doi.org/10.1007/s11250-013-0473-5>.
- Wang, Y.P., Cai, M., Hua, D.K., Zhang, F., Jiang, L.S., Zhao, Y. G., Wang, H., Nan, X.M., Xiong, B. H., 2020. Metabolomics reveals effects of rumen-protected glucose on metabolism of dairy cows in early lactation, *Animal Feed Science and Technology*, 269: 114620,
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114620>
- Wayne, C.C., 1964. Symposium on nutrition of forages and pastures: Collecting samples representative of ingested material of grazing animals for nutritional studies. *J. Anim. Sci.* 23: 265-270
- Zebeli, Q., Mansmann, D., Steingass, H., Ametaj, B.N., 2010 Balancing diets for physically effective fibre and ruminally degradable starch: A key to lower the risk of sub-acute rumen acidosis and improve productivity of dairy cattle. *Livestock Science*, 127(1):1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.09.003>.

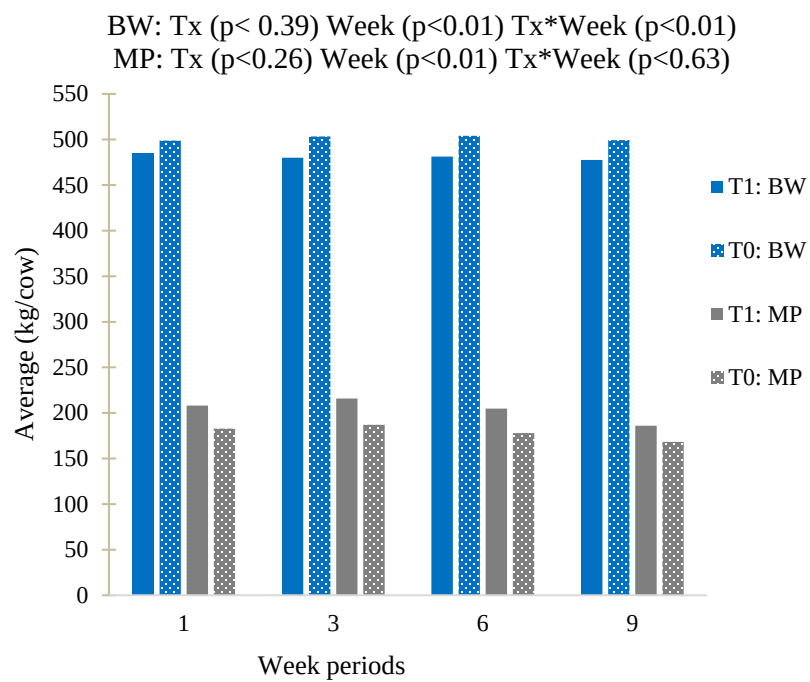


Figure 1. Fluctuation of milk production (MP) and body weight (BW) in dairy cows supplemented with soybean seed.

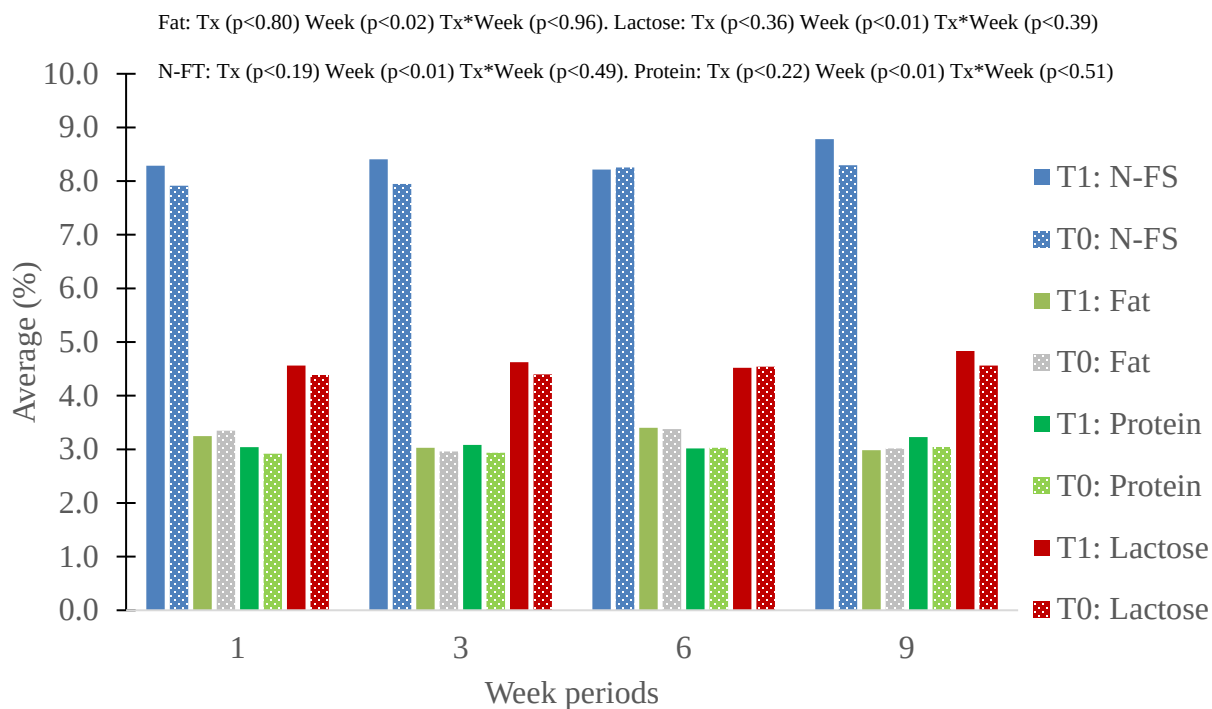


Figure 2. Fluctuation of Non-fat solids (N-FS), fat, protein and lactose content in milk of cows supplemented with soybeans seed

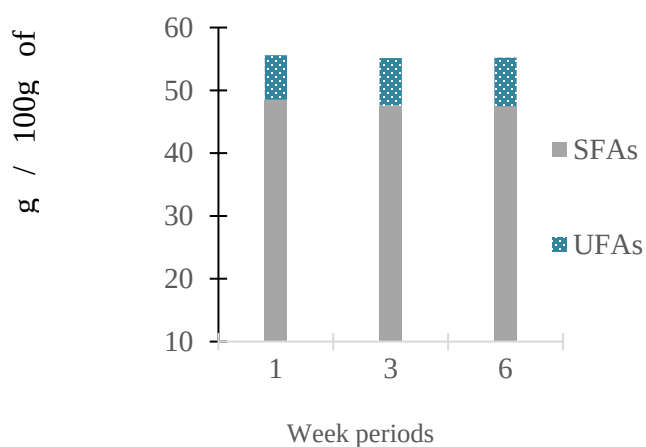


Figure 3. Relation of saturated fatty acids (C8:0, C11:0, C12:0, C13:0, C15:0, C16:0, C17 and C18:0) and unsaturated (C18:1 trans- Δ^{11} ; C18:2 cis, cis- Δ^9 , Δ^{12} ; C18:3 cis, cis, cis- Δ^9 , Δ^{12} , Δ^{15} ; C15:1, cis- Δ^{10} and C16:1, cis- Δ^9) that showed variation (p <0.05) through the weeks of evaluation.

Table 2. Dry matter intake in cows, production, feeding efficiency and chemical composition of milk

Measured variables	Treatments			p-value		
	T0	T1	SEM	Tx	Week	Tx*Week
Total dry matter intake (kg cow ⁻¹ day ⁻¹)	12.66	13.56	0.45	0.19	<0.01	0.98
Intake body weight based (%)	2.52 ^b	2.82 ^a	0.81	0.03	<0.01	0.97
Milk production (kg cow ⁻¹ day ⁻¹)	11.70	13.13	0.83	0.26	<0.01	0.44
Feeding efficiency (DM)	1.09	1.04	0.04	0.49	<0.01	0.67
Chemical composition of milk(%)						
Fat milk	3.17	3.21	0.09	0.80	0.02	0.96
Protein milk	2.98	3.09	0.57	0.22	<0.01	0.51
Lactose milk	4.50	4.62	0.08	0.36	<0.01	0.39
Total solids milk	8.12	8.43	0.15	0.19	<0.01	0.49
DMI – Dry Matter Intake, SEM – Standard error of means, ¹ p – Significance level						

Table 3. Profile of saturated and unsaturated fatty acids (g/100 g) in milk of cows supplemented with soybean seed

Variable	Treatments		SEM	P-value		
	T0	T1		Tx	Week	Tx*Week
Saturated fatty acids (SFA)						
Butyric acid (C4:0)	2.20	2.55	0.22	0.31	0.98	0.26
Caproic acid (C6:0)	2.80	2.30	0.25	0.19	0.69	0.86
Caprylic acid (C8:0)	1.50	1.35	0.09	0.28	<0.01	0.85
Capric acid (C10:0)	1.66	1.47	0.24	0.59	0.94	0.53
Undecylic acid (C11:0)	1.46	1.52	0.13	0.79	<0.01	0.14
Lauric acid (C12:0)	1.59	1.40	0.16	0.41	<0.01	0.74
Tridecylic acid (C13:0)	0.39	0.44	0.07	0.65	0.04	0.98
Myristic acid (C14:0)	10.49 ^a	8.91 ^b	0.37	0.01	0.50	0.42
Pentadecyl acid (C15:0)	2.02	1.89	0.12	0.44	0.04	0.53
Palmitic acid (C16:0)	28.05	27.15	0.42	0.17	0.02	0.73
Margaric acid (C17:0)	0.53	0.52	0.02	0.85	<0.01	0.66
Stearic acid (C18:0)	12.53	12.31	0.47	0.75	0.01	0.30
Total SFA	65.22 ^a	61.81 ^b	0.94	0.03	0.51	0.39
Unsaturated fatty acids (UFA)						
Myristoleic acid (C14:1, cis-Δ ⁹)	0.55	0.48	0.03	0.18	0.40	0.85
5-pentadecenoic acid (C15:1, cis-Δ ¹⁰)	0.25	0.23	0.01	0.53	0.01	0.14
Palmitoleic acid (C16:1, cis-Δ ⁹)	0.67	0.59	0.03	0.12	<0.01	0.06
Margaroleic acid (C17:1, cis-Δ ¹⁰)	0.26	0.25	0.03	0.85	0.41	0.93
Vaccenic acid (C18:1, trans-Δ ¹¹)	3.60	4.27	0.21	0.07	<0.01	0.24
Oleic acid (C18:1, cis-Δ ⁹)	25.50	26.99	0.81	0.24	0.55	0.75
Conjugated linoleic acid (C18:2, cis-Δ ⁹ , trans-Δ ¹¹)	1.39	1.56	0.10	0.30	0.11	0.42
Linoleic acid (C18:2, cis, cis-Δ ⁹ , Δ ¹²)	1.97 ^b	2.41 ^a	0.11	0.02	0.02	0.37
Linolenic acid (C18:3 cis, cis, cis- Δ ⁹ , Δ ¹² , Δ ¹⁵)	0.32	0.35	0.02	0.24	<0.01	0.75
Total UFA	34.51 ^a	37.13 ^b	0.40	0.03	0.32	0.55
Others	0.30	0.22	0.03	0.12	0.01	0.06

Table 4. Fatty acid group concentration (g/100 g) and atherogenicity index in milk of cows supplemented with soybean seed

Variable	Treatments		SEM	P-value		
	T0	T0		Tx	Week	Tx*Week
Short chain (C4:0-C12:0)	10.35	11.20	0.71	0.43	0.78	0.79
Medium chain (C13:0-C17:1)	43.95 ^a	40.43 ^b	0.75	0.01	0.35	0.61
Long chain (> of C18:0)	46.02	48.19	1.11	0.22	0.64	0.86
Saturated fatty acids (SFA)	65.22 ^a	61.81 ^b	0.94	0.03	0.51	0.39
Monounsaturated fatty acids (MUFAs)	30.16 ^b	32.87 ^a	0.81	0.05	0.43	0.42
Poliunsaturated fatty acids (PUFAs)	3.76 ^b	4.52 ^a	0.15	0.01	0.22	0.70
Relation SFAs/UFAs	2.00 ^a	1.65 ^b	0.75	0.03	0.30	0.25
Atherogenicity index ²	2.11 ^a	1.71 ^b	0.08	0.01	0.43	0.48
Δ^9 desaturase activity ³						
Myristic acid (C14)	0.05	0.05	0.00	0.57	0.13	0.25
Palmitic acid (C16)	0.02	0.02	0.00	0.29	<0.01	0.52
Stearic acid (C18)	0.67	0.68	0.01	0.71	0.32	0.46
Rumenic	0.27	0.27	0.00	0.64	<0.01	0.23

UFAs: unsaturated fatty acids, SEM – Standard error of means, ²Calculated according to Ulbricht y Southgate (1991) as $(C12 + 4 * C14 + C16) / (\sum \text{fatty acid unsaturated})$, ³Calculated for each pair of fatty acid according to Kelsey et al. (2003) as $(\text{product of } \Delta^9\text{-desaturase}) / (\text{product of } \Delta^9\text{-desaturase} + \text{substrate of } \Delta^9\text{-desaturase})$.