

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Composición de la leche de cabras Alpino Francesa suplementadas con aceites vegetales durante la lactancia

González-García, H.^{1}; Cortés-Sánchez, M. L.¹; Orozco-Erives, A.¹; López-Díaz, J. A.¹; Oreste La O-León²; Vivas-Arturo, W. F.³.*

Recibido: 9 de septiembre de 2021,
Segunda revisión: 10 de octubre,
Aceptado: 26 de octubre de 2021

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto de la suplementación energética a la dieta sobre la calidad de la leche, se usaron 40 cabras Alpino Francesa (70 días posparto, PV de 35 kg y una edad promedio de 36 meses) durante 70 días de lactancia. La dieta basal ofrecida fue ensilaje de sorgo y heno de alfalfa, más 400 gr de concentrado comercial (testigo) y dos grupos aparte con dieta testigo suplementada con aceite de soya o de canola a un nivel de 2.5 % de la dieta total. El análisis de la información se ajustó a un modelo para un diseño experimental completamente al azar. Las dietas suplementadas con aceites (soya o canola) presentaron mayores valores de grasa en la leche con respecto a la dieta testigo (3.12, 2.86 vs 2.65 %), respectivamente. La concentración promedio de la proteína (3.42 %) y de los sólidos totales (11.21 %) registró mayores contenidos en la leche de las cabras suplementadas con aceite de soya. Se concluye que la suplementación de aceite de soya en la dieta de cabras Alpino Francesa lactantes modifica positivamente la calidad de la leche.

Palabras clave: cabras lactantes, aceites vegetales, calidad de leche.

1 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

2 Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

3 Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Zootécnicas, Portoviejo, Ecuador.

* Autor para correspondencia: hgonzale@uacj.mx. Instituto de Ciencias Biomédicas, Anillo envolvente del Pronaf y Estocolmo, s/n. Col. Progresista, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. CP 32310; Tel. (656)-68818 00, ext. 1445.

ABSTRACT

To evaluate the effect of supplemented diet with vegetable oils on dairy goats on milk quality during 70 days of lactation, 40 French Alpine adult goats were used (70 days in milk, BW 35 kg, and age of 36 months old). The goats distributed themselves at random in three groups, Control goats diet to which were offered sorghum silage and alfalfa hay-like basal diet, plus 400 gr of concentrate (16 % PC), and two separate groups with control diet supplemented with soybean oil, and canola oil, at a level of 2,5 % of the total diet. Analysis of the information was fitted to a model for a completely random design. The diets with oils (soy or canola) presented greater values of milk fat concerning the control diet (3.12, 2.86 vs 2.65 %), respectively. The mean protein concentration (3.42 %) and total solids (11.21 %) displayed higher contents in goat milk supplemented with soy oil. One concludes that the supplemented lactation diet with soy oil in dairy goats positively modifies the milk quality.

Keywords: dairy goats, vegetable oils, milk quality.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se estima una población mundial total de rumiantes domesticados (bovinos, búfalos, ovinos y caprinos) de 3876 millones de cabezas, representando los pequeños rumiantes (borregos, 1173 millones de cabezas y cabras, 1003 millones de cabezas) el 56.9 % del total, pero de esa cantidad solo el 20.8 % es para producción lechera y su aporte a la producción global de leche producida por los rumiantes es de 1.3 y 2.3 %, respectivamente; mientras que el ganado lechero es de 83.1 %, el de los búfalos de 13.1 % y el de los camellos de 0.3 %. Al considerar solamente la producción de leche de los pequeños rumiantes, las cabras representan el 59.54 % y las borregas el 40.46 % de la leche (FAOSTAT, 2020).

De acuerdo con Pulina *et al.* (2018), el total de cabras a nivel mundial se distribuye de la siguiente manera: 55.4 % en Asia, 38.7 % en África, 3.8 % en América, 1.7 % en Europa y 0.4 % en Oceanía. La producción mundial de leche de cabra se distribuye en Asia (52.7 %; India, Bangladesh y Pakistán), en África (25.7 %; Sudán y Sudán del Sur), en Europa (16.6 %), en América (4.9 %) y en Oceanía (0.1 %).

Según Nahed Toral *et al.* (2021), la mayoría de las cabras lecheras (92 %) se encuentra en Asia (52.1 %) y África (39.6 %), con menores cantidades en Europa (4.3 %), en América (4.0 %) y muy poca en Oceanía (0.1 %). Los países desarrollados cuentan con solo el 5 % del total de la población de esta especie, con una orientación esencialmente lechera y que contribuye con el 27 % de la producción láctea caprina mundial, el 95 % restante se ubica en países en desarrollo y se explotan para lograr un doble propósito: carne y leche.

La cabra lechera es un animal muy especial, ya que puede producir leche hasta un 10 % de su peso vivo (PV; entre 400 y 1500 litros por lactancia), de hecho, produce 1.47 veces más que las borregas a nivel mundial con una menor población. El mayor productor a nivel mundial de leche de cabra es India (22 %), seguido por Bangladesh (11 %) y Sudán (10 %), y México es el lugar 19 (Bidot-Fernández, 2017). Durante los últimos 50 años el consumo mundial de productos de leche de cabras y borregas se ha duplicado, y tal como lo han estimado Pulina *et al.* (2018), esta tendencia continuará aumentando hasta 2030 por 53 y 26 % para caprinos y ovinos, respectivamente. La producción total de leche de cabras y borregas es estimada en 15.26 y 10.37 millones de toneladas, en ese orden.

El inventario nacional de caprinos en México en 2019 era de 8 790 894 cabezas (SIAP, 2019), en 494 000 unidades de producción, las cuales contribuyen a la economía de 1.5 millones de mexicanos. Estas cabras producen 167 000 toneladas de leche y 48 000 toneladas de carne (1 y 0.9 % de la producción mundial, respectivamente). La región norte del país aporta el 66.95 % del total de leche producida, siendo Coahuila y Durango los que aportan el 36.38 y 21.33 %, respectivamente, mientras que Chihuahua produce el 4.86 % (Andrade-Montemayor, 2017).

Debido a su mayor cercanía a la leche humana, la composición química de la leche de cabra, dentro de su variabilidad entre razas, la convierte en una alternativa a la de vaca para el consumo humano e incluso se le considera superior, desde el punto de vista nutricional (Gallier *et al.*, 2020, Prosser, 2021). El consumo de leche de cabra se ha recomendado como sustituto de la leche bovina en la dieta de individuos que sufren alergia a la misma y presenta ventajas terapéuticas y nutricionales en determinados trastornos digestivos y metabólicos, como el síndrome de malabsorción lipídica o elevados niveles de colesterol en sangre, debido específicamente al

elevado contenido de ácidos grasos (AG) de cadena corta, de fácil digestión y metabolismo, en su grasa (Sepe y Arguello, 2019; Cháviri *et al.*, 2020).

La leche de cabra presenta ciertas características diferenciales con respecto a la leche de vaca, es notoriamente más blanca (ausencia de carotenos), su aroma es más fuerte, ya que absorbe durante su manejo ciertos compuestos aromáticos, siendo los AG de cadena ramificada participantes de ello debido a la existencia de una correlación directa entre esto y la tasa de AG libres de la leche.

Los principales puntos que afectan la composición de la leche en el plano nutricional son el consumo de MS (CMS), los carbohidratos estructurales y no estructurales presentes en la dieta, el tamaño de partícula, el uso de aditivos, de probióticos y de suplementos energéticos, así como la interacción entre cada uno de estos elementos. Entre los suplementos energéticos se encuentra el uso de aceites vegetales como el de girasol, cártamo, linaza, soya y canola, así como semillas de oleaginosas -linaza, canola y otras-, además de grasas protegidas, los cuales se han utilizado con el propósito de aumentar la concentración en la leche de ácidos ruménico y vacénico, y en general AG insaturados (AGI) en pequeños rumiantes (Cieslak *et al.*, 2010; Gómez-Cortés *et al.*, 2011; Nudda *et al.*, 2014; Albenzio *et al.*, 2016; Gómez-Cortés *et al.*, 2018; Nguyen *et al.*, 2019; Vargas-Bello *et al.*, 2020). No obstante, la mayoría de los estudios se ha llevado a cabo en ganado vacuno, siendo más contados los realizados en ovinos y caprinos.

En el caso de los rumiantes lactantes (vacas, cabras y borregas) se ha detectado que la adición o suplementación de diversas fuentes de grasas altas en AGI en la dieta durante la lactancia puede modificar la concentración de ciertos AG específicos de la grasa de la leche (Nudda *et al.*, 2013; Nudda *et al.*, 2014; Ferlay *et al.*, 2017; Almeida *et al.*, 2019; Engelke *et al.*, 2019; Muñoz *et al.*, 2019; Nudda *et al.*, 2020), pero la mayoría de los trabajos de investigación se han llevado a cabo en razas de elevado potencial productivo (Chilliard *et al.*, 2007); existiendo muy pocos estudios en cabras de razas de menor potencial genético (Luna *et al.*, 2008; Martínez-Marín *et al.*, 2011).

Por lo anterior, se realizó un estudio para evaluar el efecto de la suplementación con aceites vegetales en las dietas de cabras Alpino Francesa durante la lactancia sobre la composición de la leche, determi-

nada por el % de grasa, de proteína, de lactosa, de sólidos totales (ST) y de sólidos no grasos (SNG).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio y condiciones climáticas

La prueba experimental fue desarrollada en un establo caprino lechero ubicado en el Poblado de El Sauzal (latitud 31.6167, longitud -106.333), ubicado en el Municipio de Juárez, en Chihuahua, México. Este se encuentra a una altitud de 1135 msnm, con una precipitación media anual de 223.8 mm, una temperatura media anual de 17.3 °C y una oscilación térmica de 14.5 °C (Municipio de Juárez, 2020).

Población

Se utilizaron 40 cabras de raza Alpino Francesa, multíparas con un peso promedio 35 kg y 70 días posparto en promedio, durante 70 días de lactancia.

Tratamientos

Las cabras se agruparon al azar en tres corrales (tratamientos): 1) grupo testigo al que se le ofreció durante la lactancia forraje (ensilaje de sorgo y heno de alfalfa) más concentrado comercial (16 % PC); 2) grupo al que se le ofreció la dieta testigo (forrajes más el concentrado) adicionado aceite de soya al 2.5 % de la dieta total, y 3) grupo al que se le ofreció la dieta testigo suplementada con aceite de canola al 2.5 % de la dieta total.

Procedimientos generales

Los animales se alojaron en corrales en donde se les proporcionó el forraje en el comedero, mientras que el concentrado solo fue ofrecido en la sala de ordeño (dos veces al día) a razón de 400 g por animal por día durante el periodo de lactancia descrito. Los alimentos se ofrecieron diariamente en dos tomas, a las 08:00 y 17:00 horas y los dos ordeños diarios fueron una hora antes. Los animales tuvieron libre acceso a un bloque mineral y el agua estuvo disponible las 24 horas del día.

Preparación y pesaje de los suplementos

Cada semana se llevó a cabo la preparación del concentrado con el suplemento (aceites), en una tolva revolvente horizontal con capacidad de 250 kg. El pesaje del aceite se llevó a cabo en una báscula mar-

ca Torrey modelo MFQ con una capacidad de 20 kg y una media mínima de 5 g, mientras que el concentrado a granel se pesó en una báscula ganadera marca Nuevo León con capacidad de 500 kg y una media mínima de 225 g. De manera diaria el pesaje del concentrado para ser ofrecido a las cabras durante el ordeño se llevó a cabo en la báscula Torrey, descrita anteriormente.

Ordeño de las cabras y toma de muestra de leche

De cada corral fueron seleccionadas al azar de 10 a 12 cabras, a las cuales les fueron tomadas las muestras de leche (dos veces por semana), previo despunte para eliminar la primera cantidad de leche almacenada en el pezón, pero antes de ser ordeñadas mecánicamente. La ordeña mecánica de los animales se llevó a cabo en un sistema doble 15 lineal.

Las muestras de leche se depositaron en viales de plástico (50 ml) de cierre hermético para ser trasladadas al laboratorio para su análisis. Una vez obtenidas las muestras, estas se analizaron en un equipo MilkoScan Minor marca FOSS de acuerdo con la metodología de espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR; FOSS, 2016).

El analizador MilkoScan Minor de FOSS está dedicado al análisis de leche líquida, permite controlar y estandarizar los productos lácteos líquidos, al tiempo que realiza una detección de anomalías. Se utiliza para el análisis de diversos parámetros de la leche, entre estos grasa, proteína, lactosa, ST, SNG y punto crioscópico.

El MilkoScan Minor emplea la tecnología de FTIR. El interferómetro FTIR analiza el espectro infrarrojo medio completo, es un producto de laser de clase I. Su uso generalizado se debe principalmente a que permite realizar análisis cuantitativos de multicomponentes en muestras, con un mínimo de preparación. Esta metodología, además, se caracteriza por ser no destructiva, rápida, no emplear reactivos químicos, disminuir el error del operador y requerir menos mano de obra que los métodos tradicionales empleados en el laboratorio, pero sin los largos tiempos de pruebas.

El término espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier se origina en el hecho de que una transformada de Fourier se requiere para convertir los datos brutos en el espectro real (FOSS, 2016).

Variables evaluadas

La variable por estimar fue la composición nutricional de la leche, considerando % de grasa, % de proteína, % de lactosa, % de SNG y % de ST, por cabra y por corral. En el caso de cada variable evaluada de la leche de las borregas, se estimaron adicionalmente el promedio de cada una de ellas, considerando todas las muestras generadas durante la lactancia evaluada, así como por varias fases y en los cuatro periodos de muestreo en cada una de ellas. La fase 1 comprendió del muestreo 1 al 5, la fase 2 del 6 al 10, la fase 3 del 11 al 15 y la fase 4 del 16 al 20.

Diseño experimental y análisis de datos

El análisis de la información generada para las variables evaluadas de la leche se ajustó a un modelo para un diseño experimental completamente al azar, que consistió de tres tratamientos (corrales). El contenido inicial de cada variable de la composición de la leche, se tomó como covariables para el ajuste en el modelo estadístico.

El modelo fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + Cov_j + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación experimental,

μ = Media general,

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento ($i=1, \dots, 3$),

Cov_k = Efecto de la covariable, y

E_{ijk} = Error experimental.

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el paquete estadístico SAS (2003) a través del procedimiento de modelos lineales generales (GLM). La comparación entre medias se llevó a cabo mediante la prueba de Tukey (Montgomery, 1991).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los contenidos de grasa, proteína, lactosa, SNG y ST de la leche durante todo el período experimental en la lactancia de las cabras fueron ajustados por el contenido inicial de cada una de dichas variables como covariable en el modelo estadístico utilizado para el análisis de la información.

De acuerdo con Park (2010), la leche de cabra en promedio contiene 12.2 % de ST, consistiendo de 3.8 % de grasa, 3.5 % de proteína, 4.1 % de lactosa y

0.8 % de minerales. En tanto que Ferro *et al.* (2017) al hacer un metaanálisis utilizando diversas razas reportaron valores de 4.2 ± 0.9 % de grasa, 3.3 ± 0.4 % de proteína, 4.4 ± 0.4 % de lactosa, 12.7 ± 1.1 % de ST y 750 ± 75 kcal/kg de energía en la leche de cabra y específicamente para la raza Alpina encontraron 3.33 % de grasa, 3.10 % de proteína, 4.53 % de lactosa y 11.05 % de ST en la leche.

En un estudio llevado a cabo en Guanajuato, México, por Schettino-Bermúdez *et al.* (2018), evaluaron la calidad de la leche en cuatro unidades de producción totalmente independientes una de otra, con mayoría de cabras Saanen y con una poca proporción de raza Alpina, y las alimentaron con forrajes (heno de alfalfa y ensilaje de maíz) sin utilizar suplementación de grasa, pero ofreciendo el doble de concentrado que el que se suministró en esta prueba que se discute, encontrando valores de grasa de 2.8 hasta 3.3 ± 0.3 %, de proteína de 2.6 a 2.9 ± 0.2 %, de lactosa de 4.2 a 4.6 ± 0.2 %, de ST de 11.1 a 11.5 ± 0.8 % y de SNG de 7.5 a 8.2 ± 0.3 %.

El contenido total de grasa en la leche de cabra entre razas puede variar entre 2.45 a 7.76 % (Park, 2010), y posterior al parto, se presenta el mayor contenido en grasa de la leche y va disminuyendo a lo largo de la lactancia, debido a una relación inversamente proporcional entre la producción de leche y su contenido en MS y a una disminución de la movilización de las grasas en el organismo, lo cual repercute en la síntesis de lípidos en la ubre (Idowu y Adewumi, 2017).

El contenido ajustado inicial de la grasa en la leche entre los tratamientos fue menor ($P < 0.01$) en el grupo no suplementado (2.54 %) con respecto a las dietas con aceite de soya (3.20 %) y con aceite de canola (2.88 %). A lo largo de los diversos muestreos durante la lactancia se pueden detectar diferencias estadísticas prácticamente en todos los tiempos de muestreo (Cuadro 1), notándose que las dietas suplementadas con aceites presentaron la tendencia de tener mayores ($P < 0.01$) contenidos de grasa en la leche con respecto a la dieta testigo. El comportamiento descrito se puede observar claramente en la Figura 1 en donde los datos se agrupan por promedio ajustado total y por fases de varios muestreos, siendo los promedios ajustados de 2.65, 3.12 y 2.86 % ($P < 0.01$) para las dietas sin suplemento, y las adicionadas con aceite de soya y canola, en ese orden.

Los resultados de grasa láctea obtenidos en este experimento con la inclusión de aceite de soya y de canola al 2.5 % de la MS (3.12 y 2.86 %), res-

pectivamente, son inferiores a los reportados por Bouattour *et al.* (2008) en cabras lactantes Murciano-Granadinas a las que les ofrecieron aceite de soya en mayor proporción y más del doble de alimento concentrado por día a cada cabra (4.57 y 5.24 %), para las dietas control y con aceite de soya, en ese orden, mientras que la producción de leche no fue afectada. Los datos encontrados por Cabrera *et al.* (2020) en la grasa de la leche de cabras Saanen también fueron superiores en dietas suplementadas con aceite de soya y de girasol al 6 % de la MS (3.99 y 3.85 %) y con el doble de concentrado por cabra por día, pero sin diferencia estadística con respecto a la dieta testigo (3.90 %), respectivamente.

Asimismo, Santos e Silva *et al.* (2020) encontraron en cabras Saanen a las que se les adicionó aceite de soya en varios niveles (0, 1.5, 3.0 y 4.5 %) en la dieta, valores de grasa láctea de 3.23, 3.54, 3.97 y 4.17 %, en ese orden. Martínez-Marín *et al.* (2015) concluyen a partir de un metaanálisis que involucró 18 experimentos en cabras lecheras, que la inclusión de aceites y semillas ricos en AGI aumenta la proporción de grasa en la leche, pero no afecta el volumen de leche producido, tal y como sucedió con los valores reportados en este documento.

En cuanto a la proteína en la leche entre los tratamientos, se presentaron diferencias ($P < 0.01$) en todos los tiempos de muestreo (Cuadro 2), observándose contenidos muy similares en la proteína de los grupos sin suplemento o con adición de aceite de canola, así como una tendencia de detectar los mayores contenidos en la leche proveniente de cabras suplementadas con aceite de soya (Figura 2), los valores promedio ajustados para las dietas sin suplemento, con soya y con canola fueron de 3.33, 3.42 y 3.31 %, en ese orden ($P < 0.01$).

Los promedios obtenidos de la proteína de la leche indican una mayor concentración en la dieta adicionada con aceite de soya con respecto a la dieta testigo (3.42 y 3.33 %), respectivamente. A diferencia de los reportados por Bouattour *et al.* (2008), Cabrera *et al.* (2020) y Santos e Silva *et al.* (2020), quienes no encontraron diferencias en sus reportes de dicha variable, pero solo los primeros autores encontraron valores similares (3.37 %) a los de este experimento. Por otra parte, Santos e Silva *et al.* (2020) quienes utilizaron niveles graduales (ya descritos) de suplementación, reportaron datos menores de proteína láctea de 2.83, 2.94, 3.03 y 2.93 %, en ese orden.

En el Cuadro 3 se pueden apreciar las diferencias significativas ($P < 0.01$) que se presentaron a través del muestreo durante la lactancia, encontrándose los mayores contenidos de lactosa en la leche de las cabras del grupo testigo. En la Figura 3 se pueden observar dichas tendencias, así como el mayor promedio de lactosa ($P < 0.05$) para la dieta testigo con respecto a los grupos suplementados con aceites de soya y de canola (4.48 vs 4.41 y 4.40), en ese orden. Por otra parte, el comportamiento que presentaron los SNG (%) en la leche durante la lactancia de las cabras (Cuadro 4), mostró diferencias estadísticas ($P < 0.01$) en todos los muestreos, observándose una tendencia en el grupo suplementado con aceite de canola de presentar el menor contenido (8.22 %) de esta variable al avanzar la lactancia con respecto al resto de los grupos (Figura 4).

Lo anterior está acorde con lo reportado por Santos e Silva *et al.* (2020), quienes reportan diferencias para la lactosa entre los niveles graduales utilizados (4.68, 4.73, 4.80 y 4.91 %) y para los SNG (8.44, 8.62, 8.80 y 8.92 %), en ese orden, pero con valores menores en las dietas testigo; en contraste con Cabrera *et al.* (2020), quienes no encontraron diferencias en la lactosa (4.38 %),

En el Cuadro 5 se observa el comportamiento que presentaron los ST (%) en la leche durante la lactancia, encontrando diferencias estadísticas ($P < 0.01$) muy definidas, observándose en general una tendencia clara en el grupo suplementado con aceite de soya de presentar el mayor contenido de ST de la leche con respecto al grupo testigo y al adicionado con aceite de canola (Figura 5), siendo el promedio total ajustado de ST en la leche por tratamiento ($P < 0.01$) de 10.61, 11.21 y 10.44 % para las dietas sin suplemento y las adicionadas con aceite de soya y canola, respectivamente.

En este experimento se detectaron mayores concentraciones de ST en la leche de las cabras con dietas adicionadas con aceite de soya (11.21 %), al igual que Bouattour *et al.* (2008) quienes reportan valores de 12.9 y 13.4 %, y de los de Santos e Silva *et al.* (2020) quienes encontraron 11.67, 12.16, 12.78 y 12.88 % de ST lácteos, en ese orden.

En general, el efecto observado en la grasa láctea de este experimento, es común a todos los aceites y semillas adicionados a las dietas, el contenido de ácido butírico no suele afectarse negativamente, se reduce el de los AG saturados de cadena media y aumenta el de los AG de 18 átomos de carbono, especialmente los AG monoinsaturados. El aumento

de AGI en la dieta disminuye el contenido de los AG saturados de cadena corta y media en la grasa láctea de los rumiantes lactantes.

CONCLUSIONES

Con base en las condiciones en que se desarrolló este trabajo experimental, se puede concluir que el contenido de grasa promedio presentó una significativa tendencia de encontrarse los mayores valores en la leche de las cabras suplementadas con aceites (soya o canola) con relación a la proveniente de las cabras cuya dieta no fue adicionada con aceite (3.12, 2.86 vs 2.65 %), respectivamente. En el contenido de la proteína y de los ST promedio se observó un mayor contenido en la leche de cabras suplementadas solo con aceite de soya. La mayor concentración de lactosa promedio se detectó en el grupo de cabras sin suplemento, mientras que el menor contenido de SNG fue de la leche proveniente del grupo suplementado con aceite de canola.

En general se puede concluir que la suplementación con aceite de soya en la dieta de cabras Alpino Francesa durante la lactancia, puede modificar de manera positiva la calidad de la leche, incrementando la concentración de grasa, proteína y ST de la misma.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez por el financiamiento a través de la Convocatoria Programa Institucional de Investigación Aplicada para la Vinculación con el Entorno y la Atención de Problemas Específicos (PIVA).

Se agradece ampliamente al M.V.Z. Fernando Mendoza por las facilidades otorgadas para el uso de sus instalaciones y de sus animales.

BIBLIOGRAFÍA

- Albenzio, M., A. Santillo, M. Avondo, A. Nudda, S. Chessa, A. Pirisi y S. Banni (2016). "Nutritional properties of small ruminant food products and their role on human health". *Small Rumin. Res.* 135: 3–12.
- Almeida, O. C., M. V. C. Ferraz Junior, I. Susin, R. S. Gentil, D. M. Polizel, E. M. Ferreira, J. P. R. Barroso y A. V. Pires (2019). "Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets

- supplemented with oils from soybean, linseed or fish”. *Small Rumin. Res.* 170: 125-130, 10.1016/j.smallrumres.2018.11.002.
- Andrade-Montemayor, H. M. (2017). “Producción de Caprino en México”. VIII Foro Nacional Del Caprino. *Tierras Caprino* 18: 24-29.
- Bidot-Fernández, A. (2017). “Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica”. *Rev. Prod. Anim.*, 29: 32-41.
- Bouattour, M., R. Casals, E. Albanell, X. Such y G. Caja (2008). “Feeding soybean oil to dairy goats increases conjugated linoleic acid in milk”. *J. Dairy Sci.* 91: 2399–2407.
- Cabrera, F., A. Liscano y G. Vicente (2020). “Evaluación del efecto de la suplementación con aceite de girasol o soya en dietas de cabras en lactación sobre el perfil lipídico de la leche”. Tesis de Grado de Doctorado. Facultad de Veterinaria, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
- Cháviri, A. C. T., R. O. Marques, G. I. L. Cañizares, E. P. Brito, H. F. B. Gomes, R. V. Lourençon, P. R. L. Meirelles y H. C. Gonçalves (2020). “Yield, composition, and fatty acid profile of milk from Anglo Nubian goats fed a diet supplemented with vegetable oils”. *Rev. Bras. Zootec.* 49:, <https://doi.org/10.37496/rbz4920200071>.
- Chilliard, Y., F. Glasser, A. Ferlay, L. Bernard, J. Rouel y M. Doreau (2007). “Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat”. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 828-855.
- Cieslak, A., J. Kowalczyk, M. Czauderna, A. Potkanski y M. Szumacher-Strabel (2010). “Enhancing unsaturated fatty acids in ewe’s milk by feeding rapeseed or linseed oil”. *Czech J. Anim. Sci.* 55: 496–504.
- Engelke, S.W., G. Das, M. Derno, A. Tuchscherer, K. Wimmers, M. Rychlik, H. Kienberger, W. Berg, B. Kuhla, C. C. Metges (2019). “Methane prediction based on individual or groups of milk fatty acids for dairy cows fed rations with or without linseed”. *J. Dairy Sci.* 102: 1788-1802, 10.3168/jds.2018-14911.
- FAOSTAT. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). “Statistics Database”. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Consultado el 1 de septiembre de 2020.
- Ferlay, A., L. Bernard, A. Meynadier y C. Malpuech-Brugère (2017). “Production of trans and conjugated fatty acids in dairy ruminants and their putative effects on human health: A review”. *Biochimie*, 141: 107–120.
- Ferro, M. M., L. O. Tedeschi y A. S. Atzori (2017). “The comparison of the lactation and milk yield and composition of selected breeds of sheep and goats”. *Translational Anim. Sci.* 1: 498-506.
- FOSS (2016). Manual MilkoScan Minor. Disponible en: http://www.haes.co.id/supports/download/msc_minor.pdf. Consultado: 10 de enero de 2016.
- Gallier, S., L. Tolenaars y C. Prosser. (2020). “Whole Goat Milk as a Source of Fat and Milk Fat Globule Membrane in Infant Formula”. *Nutrients*, 12: 3486. <https://doi.org/10.3390/nu12113486>.
- Gómez-Cortés, P., A. Cívico, M. A. De la Fuente, N. Nuñez Sánchez, F. Peña Blanco y A. Martínez Marín (2018). “Effects of dietary concentrate composition and linseed oil supplementation on the milk fatty acid profile of goats”. *Animal*, 12: 2310-2317.
- Gómez-Cortés, P., M. A. De la Fuente, P. G. Toral, P. Frutos, M. Juárez y G. Hervás. (2011). “Effects of different forage:concentrate ratios in dairy ewe diets supplemented with sunflower oil on animal performance and milk fatty acid profile”. *J. Dairy Sci.* 94: 4578–4588.
- Idowu, S. y O. Adewumi (2017). “Genetic and Non-Genetic Factors Affecting Yield and Milk Composition in Goats”. *Advances Dairy Res.* 5:. doi: 10.4172/2329-888X.1000175.
- Luna, P., A. Bach, M. Juárez y M. A. De la Fuente (2008). “Influence of diets rich in flax seed and sunflower oil on the fatty acid composition of ewes’ milk fat especially on the level of conjugated linoleic acid, n-3 and n-6 fatty acids”. *Int. Dairy J.*, 18: 99-107.
- Martínez-Marín, A. L., N. Núñez, A. I. Garzón Peña, V. Domenech y F. Hernández (2015). “Meta-análisis del uso de semillas y aceites en la dieta de ovejas y cabras”. *Pesq. Agropec. Bras.* 50: 821-828.
- Martínez-Marín, A. L., P. Gómez-Cortés, G. Gómez Castro, M. Juárez, L. Pérez Alba, M. Pérez Hernández y M. A. De la Fuente (2011). “Animal performance and milk fatty acid profile of dairy goats fed diets with different unsaturated plant oils”. *J. Dairy Sci.*, 94: 5359-5368.

- Montgomery, D. C. (1991). *Diseño y Análisis de Experimentos*. Grupo Editorial Iberoamericana. México, D. F.
- Municipio de Juárez (2020). Mi ciudad- Características fisiográficas”. Disponible en: <http://www.juarez.gob.mx>. Consultado: 1 de octubre de 2020.
- Muñoz, C., R. Sánchez, A. M. T. Peralta, S. Espíndola, T. Yan, R. Morales, E. y M. Ungerfeld (2019). “Effects of feeding unprocessed oilseeds on methane emission, nitrogen utilization efficiency and milk fatty acid profile of lactating dairy cows”. *Anim. Feed Sci. Technol.* 249: 18-30, 10.1016/j.anifeedsci.2019.01.015.
- Nahed Toral, J., Z. G. López Tecpoyotl, J. R. Aguilar Jiménez, D. Grande Cano y C. Delgadillo Puga (2021). “Compliance of Goat Farming under Extensive Grazing with the Organic Standards and Its Contribution to Sustainability in Puebla, Mexico”. *Sustainability* 13: 6293. <https://doi.org/10.3390/su13116293>.
- Nguyen, Q. V., B. S. Malau-Aduli, J. Cavalieri, A. E. Malau-Aduli y P. D. Nichols (2019). “Enhancing Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid content of dairy- derived foods for human consumption”. *Nutrients* 11: 743.
- Nudda, A., A. Cannas, F. Correddu, A. S. Atzori, F. Mondina, F. Lunesu, G. Battacone y G. Pulina (2020). “Sheep and goats respond differently to feeding strategies directed to improve the fatty acid profile of milk fat”. *Animals*, 10: 1290. <https://doi.org/10.3390/ani10081290>.
- Nudda, A., G. Battacone, A. S. Atzori, C. Dimauro, S. P. G. Rassu, P. Nicolussi, P. Bonelli y G. Pulina (2013). “Effect of extruded linseed supplementation on blood metabolic profile and milk performance of Saanen goats”. *Animal*, 7: 1464–1471.
- Nudda, A., G. Battacone, O. Boaventura Neto, A. Cannas, A. H. D. Francesconi, A. S. Atzori y G. Pulina (2014). “Feeding strategies to design the fatty acid profile of sheep milk and cheese”. *Rev. Bras. Zootec.* 43: 445–456.
- Park, Y. (2010). “Goat Milk Products: Quality, Composition, Processing, Marketing”. *Encyclopedia of Animal Science*. W.G. Pond y N. Bell, (Eds.). CRC Press. Boca Raton, FL. 2010.
- Prosser, C. (2021). “Compositional and functional characteristics of goat milk and relevance as a base for infant formula”. *J. Food Sci.*, doi: 10.1111/1750-3841.15574.
- Pulina, G., M. J. Milán, M. P. Lavín, A. Theodoridis, E. Morin, J. Capote, D. L. Thomas, A. H. D. Francesconi y G. Caja (2018). “Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors”. *J. Dairy Sci.*: 6715–6729.
- Santos e Silva, L., J. Fernandes, A. Rodrigues, K. Santoro, G. Dias, L. Vasconcelos, J. Barbosa y O. Cavalcanti (2020). “Soybean oil modulates the fatty acid synthesis in the mammary gland, improving nutritional quality of the goat milk”. *Small Rumin. Res.* 183: 1-8.
- SAS Institute. “SAS®User’s Guide: Statistics (Version 9.1)”. SAS Inst.Inc., Cary, NC. 2003.
- Schettino-Bermúdez, B. S., R. Gutiérrez-Tolentino, S. Vega y León, A. Escobar-Medina, J. J. Pérez-González y M. González-Ronquillo (2018). “Composición láctea y perfil de ácidos grasos en leche de cabra de Guanajuato, México”. *Rev. Salud Animal*, 40 (2):.
- Sepe, L. y A. Argüello (2019). “Recent advances in dairy goat products”. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 32: 1306-1320.
- SIAP. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. Población Ganadera Caprina 2010–2019. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/564339/Inventario_2019_caprino.pdf. Consultado el 20 de junio de 2020.
- Vargas-Bello P. E., C. A. García Montes de Oca, N. Pescador Salas, J. G. Estrada Flores, J. R. Bernal, L. E. Robles-Jiménez y M. González-Ronquillo (2020). “Productive Performance, Milk Composition and Milk Fatty Acids of Goats Supplemented with Sunflower and Linseed Whole Seeds in Grass Silage-Based Diets”. *Animals*, 10: 1143. <https://doi.org/10.3390/ani10071143>.

Cuadro 1. Promedios Ajustados Del Contenido De Grasa (%) En La Leche De Cabras Suplementadas Con Aceites Vegetales Durante La Lactancia

Muestra	Suplemento 1		
	Testigo	Soya	Canola
1	2.54 ± 0.14 a	3.20 ± 0.12 b	2.88 ± 0.17 ab
2	3.21 ± 0.12 a	2.82 ± 0.10 b	2.73 ± 0.14 b
3	2.11 ± 0.09 a	2.99 ± 0.07 b	2.88 ± 0.09 b
4	2.27 ± 0.15 a	3.32 ± 0.12 b	2.95 ± 0.15 b
5	2.32 ± 0.13 a	3.01 ± 0.11 b	2.57 ± 0.14 a
6	3.18 ± 0.13	3.12 ± 0.11	2.79 ± 0.13
7	2.72 ± 0.15	3.07 ± 0.13	2.99 ± 0.16
8	3.04 ± 0.12	3.237 ± 0.10	3.06 ± 0.13
9	3.40 ± 0.10 a	2.86 ± 0.08 b	2.72 ± 0.10 b
10	2.64 ± 0.12 ab	2.90 ± 0.10 a	2.44 ± 0.123 b
11	3.04 ± 0.14 a	3.70 ± 0.12 b	3.38 ± 0.17 ab
12	2.66 ± 0.17 a	3.5 ± 0.14 b	2.94 ± 0.18 a
13	2.97 ± 0.13	2.97 ± 0.11	2.67 ± 0.14
14	2.57 ± 0.16 e	3.02 ± 0.13 f	2.90 ± 0.16 ef
15	2.23 ± 0.12 a	3.55 ± 0.10 b	3.30 ± 0.12 b
16	2.57 ± 0.14	2.79 ± 0.11	2.67 ± 0.14
17	2.59 ± 0.14	2.83 ± 0.12	2.67 ± 0.15
18	2.29 ± 0.14 a	3.08 ± 0.11 b	2.81 ± 0.14 b
19	2.29 ± 0.12 a	3.41 ± 0.10 b	3.13 ± 0.12 b
20	2.21 ± 0.13 a	2.9 ± 0.11 b	2.45 ± 0.13 a

1/ Media ajustada ± error estándar

abcd/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente ($P < 0.01$).

ef/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente ($P < 0.05$).

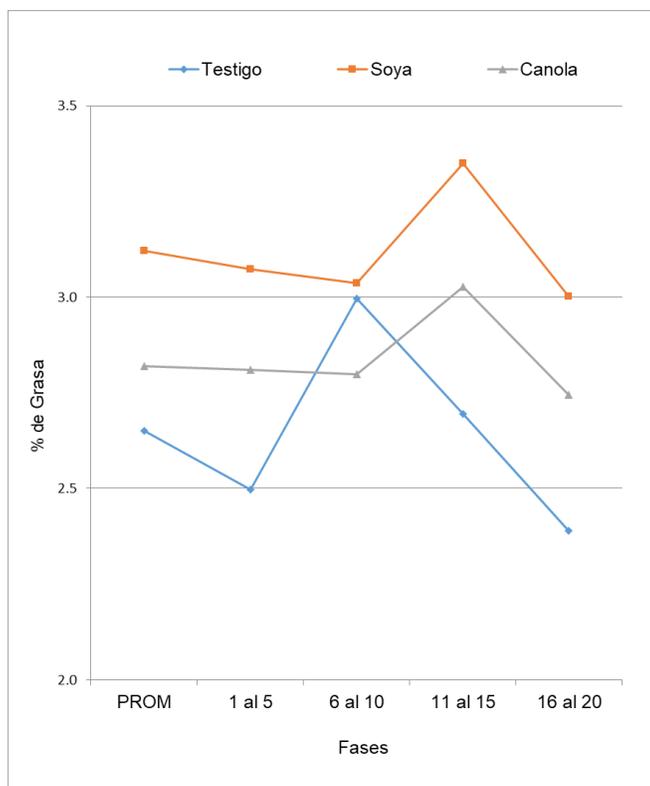


Figura 1. Tendencias ajustadas por fases en el contenido de grasa (%) de la leche de cabras suplementadas energéticamente durante la lactancia.

Cuadro 2. Promedios Ajustados Del Contenido De Proteína (%) En La Leche De Cabras Suplementadas Con Aceites Vegetales Durante La Lactancia

Muestra	Suplemento 1		
	Testigo	Soya	Canola
1	3.28 ± 0.02 a	3.42 ± 0.02 c	3.35 ± 0.02 b
2	3.35 ± 0.01 a	3.38 ± 0.01 a	3.30 ± 0.01 b
3	3.34 ± 0.02 ab	3.39 ± 0.02 a	3.30 ± 0.02 b
4	3.33 ± 0.02 a	3.4 ± 0.01 b	3.31 ± 0.02 a
5	3.32 ± 0.02 a	3.37 ± 0.01 b	3.31 ± 0.02 a
6	3.36 ± 0.02 a	3.43 ± 0.01 b	3.33 ± 0.02 a
7	3.28 ± 0.02 a	3.37 ± 0.01 b	3.28 ± 0.02 a
8	3.34 ± 0.01 a	3.45 ± 0.01 b	3.27 ± 0.01 c
9	3.35 ± 0.02 ef	3.4 ± 0.02 f	3.32 ± 0.02 e
10	3.29 ± 0.02 a	3.41 ± 0.02 b	3.37 ± 0.02 c
11	3.78 ± 0.02 a	3.92 ± 0.02 c	3.85 ± 0.02 b
12	3.34 ± 0.02 ab	3.4 ± 0.02 b	3.31 ± 0.02 a
13	3.37 ± 0.03	3.39 ± 0.02	3.33 ± 0.03
14	3.35 ± 0.02 a	3.44 ± 0.02 b	3.34 ± 0.02 a
15	3.27 ± 0.02 a	3.40 ± 0.02 b	3.24 ± 0.02 a
16	3.33 ± 0.04 ab	3.44 ± 0.03 a	3.22 ± 0.04 b
17	3.25 ± 0.03 e	3.33 ± 0.02 f	3.26 ± 0.03 e
18	3.24 ± 0.03 a	3.35 ± 0.02 b	3.29 ± 0.03 ab
19	3.12 ± 0.04 a	3.42 ± 0.03 b	3.26 ± 0.03 c
20	3.32 ± 0.02 ab	3.35 ± 0.02 a	3.26 ± 0.02 b

1/ Media ajustada ± error estándar

abcd/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente (P<0.01).

ef/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente (P<0.05).

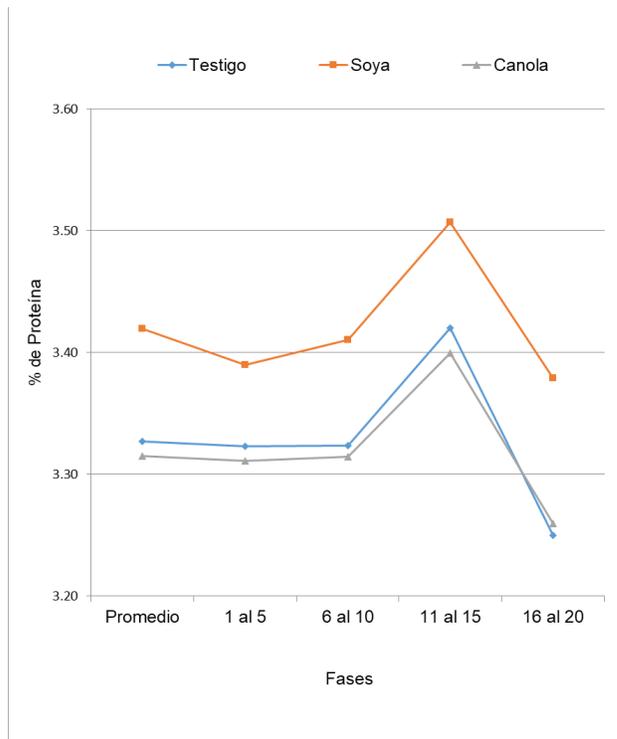


Figura 2. Tendencias ajustadas por fases en el contenido de proteína (%) de la leche de cabras suplementadas energéticamente durante la lactancia.

Cuadro 3. Promedios Ajustados Del Contenido De Lactosa (%) En La Leche De Cabras Suplementadas Con Aceites Vegetales Durante La Lactancia

Muestra	Suplemento 1		
	Testigo	Soya	Canola
1	4.58 ± 0.03 a	4.53 ± 0.02 a	4.45 ± 0.03 b
2	4.60 ± 0.03 a	4.48 ± 0.02 b	4.54 ± 0.03 ab
3	4.64 ± 0.03 a	4.43 ± 0.02 b	4.42 ± 0.03 b
4	4.59 ± 0.03 a	4.41 ± 0.02 b	4.4 ± 0.03 b
5	4.54 ± 0.03 a	4.48 ± 0.03 ab	4.4 ± 0.03 a
6	4.51 ± 0.03	4.46 ± 0.02	4.47 ± 0.03
7	4.57 ± 0.03 e	4.49 ± 0.02 f	4.45 ± 0.03 f
8	4.46 ± 0.03	4.47 ± 0.02	4.48 ± 0.03
9	4.45 ± 0.03 e	4.54 ± 0.02 f	4.51 ± 0.03 ef
10	4.47 ± 0.02 e	4.46 ± 0.02 e	4.39 ± 0.02 f
11	4.51 ± 0.02 a	4.37 ± 0.02 b	4.37 ± 0.02 b
12	4.43 ± 0.03	4.39 ± 0.02	4.36 ± 0.03
13	4.44 ± 0.04	4.39 ± 0.03	4.39 ± 0.04
14	4.43 ± 0.03 e	4.32 ± 0.03 f	4.33 ± 0.03 ef
15	4.44 ± 0.04 e	4.3 ± 0.03 f	4.29 ± 0.04 f
16	4.42 ± 0.04 e	4.28 ± 0.03 f	4.30 ± 0.04 ef
17	4.39 ± 0.03	4.35 ± 0.03	4.32 ± 0.03
18	4.39 ± 0.04	4.34 ± 0.03	4.27 ± 0.04
19	4.43 ± 0.04 e	4.34 ± 0.03 ef	4.31 ± 0.04 e
20	4.42 ± 0.03 e	4.33 ± 0.02 f	4.29 ± 0.03 f

1/ Media ajustada ± error estándar

abcd/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente ($P < 0.01$).

ef/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente ($P < 0.05$).

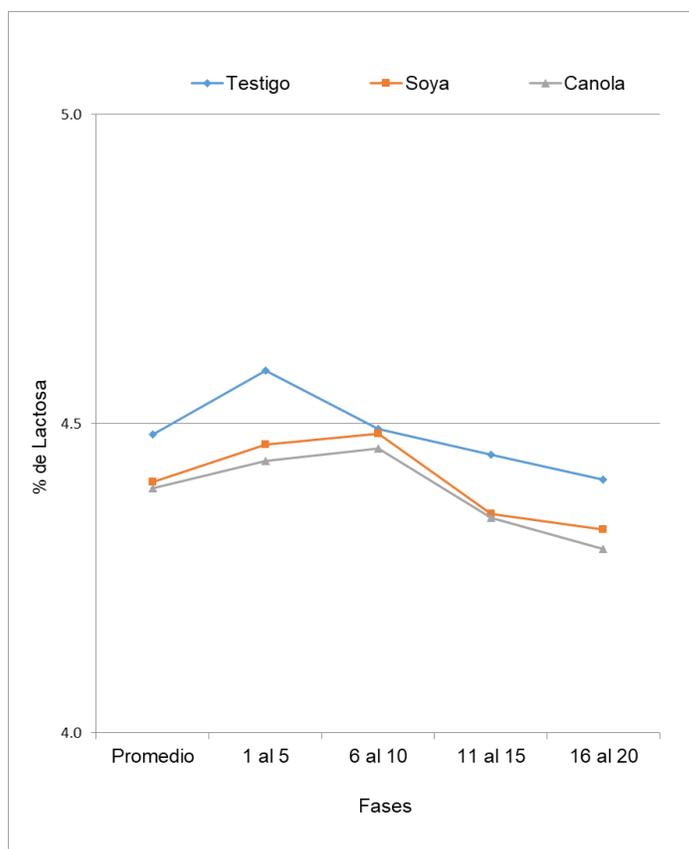


Figura 3. Tendencias ajustadas por fases en el contenido de lactosa (%) de la leche de cabras suplementadas energéticamente durante la lactancia.

Cuadro 4. Promedios Ajustados Del Contenido De Sólidos No Grasos (%) En La Leche De Cabras Suplementadas Con Aceites Vegetales Durante La Lactancia

Muestra	Suplemento 1		
	Testigo	Soya	Canola
1	8.41 ± 0.05 a	8.61 ± 0.04 b	8.4 ± 0.06 a
2	8.56 ± 0.04 a	8.48 ± 0.03 ab	8.38 ± 0.04 b
3	8.61 ± 0.05 a	8.42 ± 0.04 b	8.23 ± 0.05 c
4	8.54 ± 0.03 a	8.41 ± 0.03 b	8.26 ± 0.03 c
5	8.48 ± 0.05 a	8.39 ± 0.04 ab	8.25 ± 0.05 b
6	8.47 ± 0.04 ab	8.53 ± 0.03 a	8.39 ± 0.04 b
7	8.38 ± 0.04 ab	8.46 ± 0.03 a	8.25 ± 0.04 b
8	8.37 ± 0.04 a	8.57 ± 0.03 b	8.25 ± 0.04 c
9	8.38 ± 0.06 a	8.58 ± 0.05 b	8.45 ± 0.06 ab
10	8.29 ± 0.05 a	8.51 ± 0.04 b	8.37 ± 0.05 ab
11	8.33 ± 0.03	8.38 ± 0.03	8.33 ± 0.03
12	8.37 ± 0.05 e	8.36 ± 0.04 e	8.20 ± 0.05 f
13	8.46 ± 0.06 e	8.36 ± 0.05 ef	8.28 ± 0.06 f
14	8.38 ± 0.04 e	8.38 ± 0.03 e	8.25 ± 0.04 f
15	8.27 ± 0.04 a	8.24 ± 0.03 a	7.95 ± 0.04 b
16	8.32 ± 0.07 a	8.37 ± 0.06 a	7.99 ± 0.07 b
17	8.13 ± 0.05	8.20 ± 0.04	8.06 ± 0.05
18	8.20 ± 0.05 e	8.22 ± 0.04 e	8.06 ± 0.05f
19	8.01 ± 0.06 a	8.34 ± 0.05 b	8.05 ± 0.06 a
20	8.33 ± 0.04 a	8.22 ± 0.04 a	8.05 ± 0.05 b

1/ Media ajustada ± error estándar

abcd/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente ($P < 0.01$).

ef/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente ($P < 0.05$).

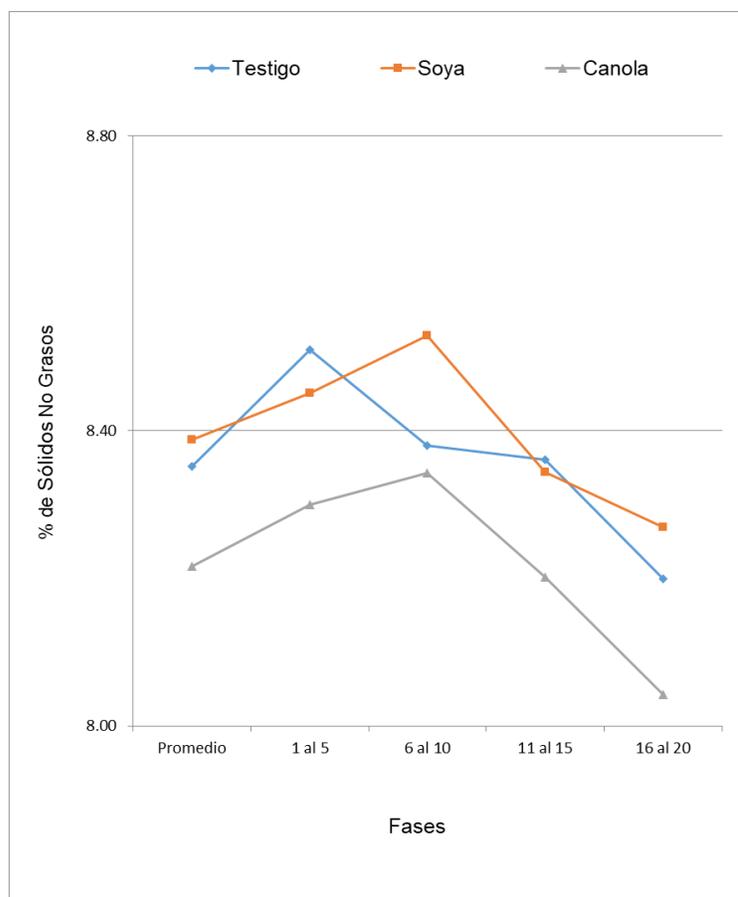


Figura 4. Tendencias ajustadas por fases en el contenido de sólidos no grasos (%) de la leche de cabras suplementadas energéticamente durante la lactancia.

Cuadro 5. Promedios Ajustados Del Contenido De Sólidos Totales (%) En La Leche De Cabras Suplementadas Con Aceites Vegetales Durante La Lactancia

Muestra	Suplemento 1		
	Testigo	Soya	Canola
1	10.53 ± 0.18 a	11.51 ± 0.14 b	10.89 ± 0.21 ab
2	11.50 ± 0.14 a	10.95 ± 0.12 b	10.65 ± 0.17 b
3	10.26 ± 0.13 a	11.09 ± 0.11 b	10.73 ± 0.14 b
4	10.36 ± 0.19 a	11.47 ± 0.15 b	10.81 ± 0.20 b
5	10.32 ± 0.16 a	11.15 ± 0.13 b	10.33 ± 0.17 a
6	11.38 ± 0.18 e	11.37 ± 0.15 e	10.69 ± 0.19 f
7	10.76 ± 0.21	11.23 ± 0.17	10.79 ± 0.22
8	11.12 ± 0.16 ab	11.54 ± 0.13 a	10.91 ± 0.17 b
9	11.55 ± 0.12 a	11.10 ± 0.10 b	10.66 ± 0.13 c
10	10.55 ± 0.18 a	11.08 ± 0.14 b	10.30 ± 0.19 a
11	10.09 ± 0.18 a	10.89 ± 0.14 b	10.44 ± 0.19 ab
12	10.68 ± 0.25 a	11.68 ± 0.20 b	10.64 ± 0.26 a
13	11.11 ± 0.21 e	11.04 ± 0.17 ef	10.44 ± 0.22 f
14	10.57 ± 0.22	11.11 ± 0.18	10.67 ± 0.24
15	10.05 ± 0.21 a	11.60 ± 0.17 b	10.88 ± 0.22 c
16	10.49 ± 0.20 ef	10.79 ± 0.16 e	10.21 ± 0.21 f
17	10.33 ± 0.21	10.71 ± 0.17	10.26 ± 0.22
18	10.06 ± 0.20 a	11.02 ± 0.17 b	10.41 ± 0.21 ab
19	9.91 ± 0.18 a	11.55 ± 0.15 b	10.73 ± 0.19 c
20	10.09 ± 0.20 a	10.82 ± 0.16 b	9.94 ± 0.21 c

1/ Media ajustada ± error estándar

abcd/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente (P<0.01).

ef/ Las medias de las hileras con diferente literal, difieren significativamente (P<0.05).

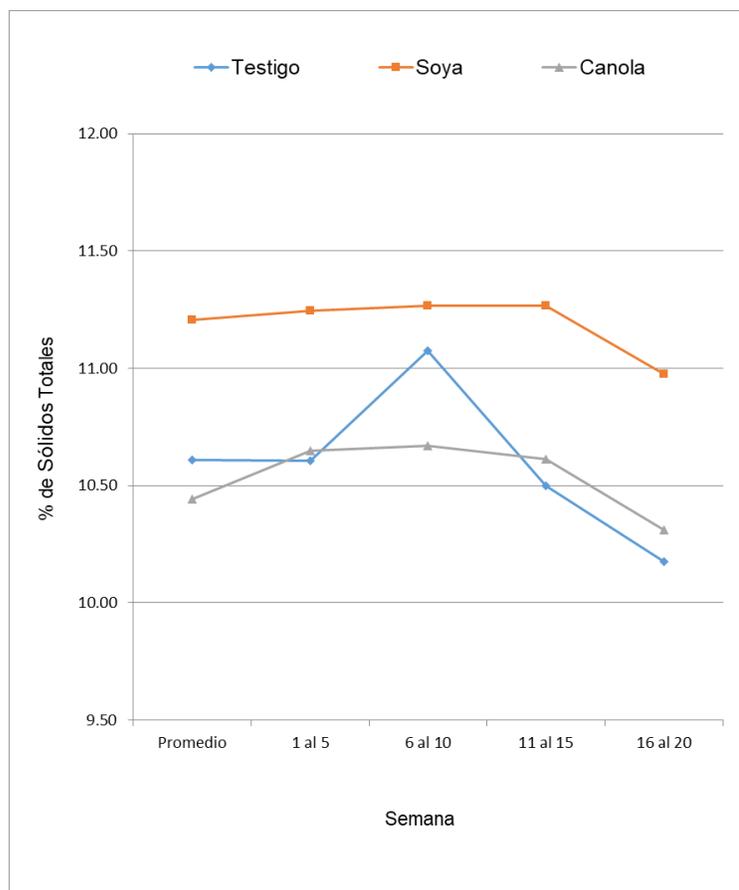


Figura 5. Tendencias ajustadas por fases en el contenido de sólidos totales (%) de la leche de cabras suplementadas energéticamente durante la lactancia.