

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE *Cucumis melo* y/o COBRE SOBRE EL
DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE CABRAS EN PASTOREO

Tesis

Que presenta JESÚS MENDOZA CARREOLA
como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Torreón, Coahuila

Febrero 2022

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE *Cucumis melo* y/o COBRE SOBRE
EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE CABRAS EN PASTOREO

Tesis

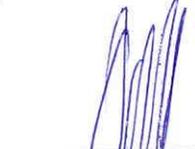
Elaborada por JESÚS MENDOZA CARREOLA como requisito parcial para
obtener el grado de Doctor en Ciencias en Producción Agropecuaria con la
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Asesor Principal



Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras
Asesor



Dr. Oscar Angel García
Asesor



Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz
Asesor



Dra. Viridiana Contreras Villarreal
Asesor



Dra. Leticia R. Gaytán Alemán
Jefe del Departamento de Postgrado



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la sabiduría necesaria para concluir una meta más en mi existir.

A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme cobijo una vez más.

Al Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria por brindarme formación.

A la Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán por su confianza depositada en un servidor, por su asesoría, atención y apoyo durante mi formación.

A los doctores, Dr. Miguel Ángel Mellado Bosque, Dr. José Eduardo García Martínez, Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras y al Dr. Juan Ramon Luna Orozco., por todo su apoyo a lo largo de mi formación y tiempo requerido en el momento.

Al Dr. Oscar Ángel García y al Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz por su enorme apoyo y asesoría durante los trabajos experimentales.

A la Sría. Aurelia Nájera Cruz por todas sus atenciones administrativas durante mi proceso de formación.

Al Sr. Guadalupe García Camacho y Familia por todas las facilidades brindadas en el desarrollo del trabajo experimental.

A los alumnos estudiantes: de MCPA, el MVZ. Alejandro Medina Ramírez., de MVZ. Misael García Barco, Erik Xuravet Nájera Ángeles, Rodrigo López Rojas, Martin León García, Samuel Lorenzo Cortes, agradezco enormemente su apoyo en la realización del trabajo de campo.

Al estudiante de MCPA, el MVZ. Isaí Pérez de la Cruz por su puntual apoyo durante el desarrollo de trabajo experimental, en tiempo de crisis.

A todas las personas que directa e indirectamente contribuyeron en las diferentes etapas de todo este proceso de formación.

A CONACyT por el apoyo económico otorgado durante mi formación.

A mi Familia Mendoza-Carreola infinitas Gracias por su incondicional apoyo.

DEDICATORIA

A mis padres:

Florentino Mendoza Sánchez

y

Sofía Carreola Dávila

Por su incondicional apoyo, moral y económico., por sus consejos en el momento preciso, por creer en mí y ser ejemplo digno de superación ante las adversidades de la vida.

A mis hermanas:

Flora Mendoza Carreola

María Angelica Mendoza Carreola

Thalía Viridiana Mendoza Carreola

Jesica Quetzalli Mendoza Carreola

Por brindarme apoyo en todo momento sin condición alguna, a pesar de la distancia siempre han estado presentes siendo fortaleza ante las vicisitudes de la vida.

¡Mil Gracias, Los Quiero!

CARTA DE ACEPTACIÓN DE ARTÍCULO



AGRICULTURAL RESEARCH COMMUNICATION CENTRE

www.arccjournals.com

Reference ID. ARCC/BF-1464

Date : 04-01-2022

Gaytan-Aleman L.R.,

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro,
Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria,
Periférico Raúl López Sánchez s/n,
Colonia Valle Verde, Torreón, Coahuila, México

Acceptance of manuscript

Dear Dr. L.R.,

We are pleased to inform you that your manuscript has been accepted for publication in **Indian Journal of Animal Research**. Your submission is a well-thought out piece of writing and follows many of journal guidelines. The editors agreed that your submission showed great writing skills.

Manuscript Title : Supplementing with dehydrated *Cucumis melo* and copper decreases embryonic loss in goats during the seasonal anestrus

Author(s): Mendoza-Carreola J., Calderon-Leyva G., Veliz-Deras F.G., Angel-Garcia O., Arellano-Rodriguez F., Contreras-Villarreal V. and Gaytan-Aleman L.R., Mendoza-Carreola J., Calderon-Leyva G., Veliz-Deras F.G., Angel-Garcia O., Arellano-Rodriguez F., Contreras-Villarreal V.

Congratulations to you once again on your article acceptance in ARCC Journals, and we look forward to receiving more of your good submissions.

With Best Wishes and Seasonal Greetings,

Gaurav Gupta
Managing Editor

294, Narsi Village Part II, Sector 33, KARNAL -
132 001 (HARYANA), INDIA
E-mail : contact@arccjournals.com / editor@arccjournals.com
Website : www.arccjournals.com

CARTA DE ENVÍO DE ARTÍCULO

Enviado desde [Outlook](#)

De: RCHSZA em@editorialmanager.com

Enviado: domingo, 16 de enero de 2022 08:20 a.m.

Para: zukygay_7@hotmail.com <zukygay_7@hotmail.com>

Asunto: A manuscript number has been assigned to EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON *Cucumis melo* SOBRE EL PERIPARTO EN CABRAS EN CONFINAMIENTO

Dear Dra. Leticia Gaytán,

Your submission entitled “EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON *Cucumis melo* SOBRE EL PERIPARTO EN CABRAS EN CONFINAMIENTO” has been assigned the following manuscript number: 121591 RRCHSZA 2022.16.01.

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to Editorial Manager as an author.

The URL is <https://www.editorialmanager.com/rchsza/>.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Ricardo David Valdez Cepeda, Ph. D.
Editor Principal
Revista Chapingo Serie Zonas Áridas

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/rchsza/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
CARTA DE ACEPTACIÓN DE ARTÍCULO	v
CARTA DE ENVÍO DE ARTÍCULO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Anatomía y fisiología del aparato digestivo de la cabra	4
2.2 Caprinocultura en México	4
2.3 Sistema de pastoreo extensivo de caprinos en el norte de México	5
2.4 La condición corporal en la productividad de la cabra	6
2.5 Interacción Nutrición – Reproducción	7
2.6 Glucosa: Principal fuente de energía	11
2.7 Tipos de suplementación en pequeños rumiantes	12
2.7.1 Suplementación energética.....	12
2.7.2 Suplementación proteica	12
2.7.3 Suplementación mineral	13
2.8 Efectos de la suplementación	14
2.8.1 Efecto agudo.....	14
2.8.2 Efecto dinámico.....	15
2.8.3 Efecto estático	15
2.9 Beneficios de la suplementación	15
2.10 Rendimiento reproductivo	16
2.11 Rendimiento productivo y suplementacion antes del empadre	17
2.12 Mecanismo neuroendocrino de la reproducción-Nutrición	17
2.13 Eje hipotálamo-hipófisis-gónadas	18
2.14 Suplementación en la gestación	19
2.15 Calostro (grasa, proteína y lactosa)	20
2.16 Uso de subproductos agroindustriales y residuos de cultivos como suplementos alimenticios	22

III. REFERENCIAS	24
ARTÍCULO ACEPTADO	36
ARTÍCULO ENVIADO.....	50
CONCLUSIÓN GENERAL.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Página
Figura 1. Influencia de los factores metabólicos sobre la función ovárica, interacción entre los factores metabólicos y la función ovárica.....	12
Figura 2. El efecto “agudo”, “dinámico” y “estático” de la nutrición sobre la tasa de ovulación.....	14
Figura 3. Esquema de la regulación nutricional de la foliculogénesis y la tasa de ovulación.....	18

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS	Página
Cuadro 1. Algunas asociaciones entre balance energético y reproducción.....	9
Cuadro 2. Promedio de la composición química de calostro en diferentes especies animales y humano.....	21

I. INTRODUCCIÓN

La cabra es una especie de rumiante que se considera bien adaptada a una variedad de condiciones adversas, especialmente a los recursos alimentarios pobres (Hernández-Castellano *et al.*, 2016). En México, la mayoría de los hatos caprinos se desarrollan bajo un sistema de manejo extensivo tradicional, por lo que se observa que conforme avanza la temporada de sequía el tiempo que las cabras dedican para comer disminuye a consecuencia de un aumento en la búsqueda de alimento. Sin embargo, el escaso y el rendimiento del forraje nativo altamente estacional provoca una importante brecha nutricional entre los requerimientos de los nutrientes de las cabras en pastoreo y el forraje anual proporcionado por los pastizales (Mellado *et al.*, 2003). La nutrición es un factor importante que afecta la función reproductiva en los rumiantes domésticos (Zarazaga *et al.*, 2011), ya que en sistemas de producción extensiva donde la restricción de alimento es frecuente, un problema común es la pérdida de peso corporal (Hernández-Castellano *et al.*, 2016), sobre todo en el norte de México, donde las cabras presentan un anestro estacional y coincide con la estación seca donde la disponibilidad y valor nutritivo del forraje se reducen (Urrutia-Morales *et al.*, 2012). En sistemas de producción extensivo; los alimentos concentrados o pastos de buena calidad pueden ser un recurso limitante para la producción animal y el uso de suplementación dirigida puede ser una alternativa para solucionar este problema, sin embargo, es costoso y difícil de implementar en países en desarrollo (Hernández-Castellano *et al.*, 2016). En efecto, la manipulación nutricional modula la función ovárica tal como el crecimiento folicular y la tasa de ovulación en los animales domésticos poliovulares incluidas las cabras (Haruna *et al.*, 2009), ya que el rendimiento reproductivo se correlaciona comúnmente con los cambios de peso corporal (Zarazaga *et al.*, 2005). El estado interno de la cabra no es estático sino dinámico, por tanto; los cambios fisiológicos a través de sus diversas fases de su ciclo reproductivo, se reflejan en cambios en la selección de dieta. Los cambios a largo plazo en el estado interno del animal como la gestación o lactancia conducen a un cambio a largo plazo en la selección de la dieta o estrategia de alimentación (Mellado *et al.*, 2005). Un nivel de nutrición bajo refleja una disminución en la escala de la condición corporal que afecta significativamente la función reproductiva de las hembras (Urrutia-Morales *et al.*, 2012). Una alimentación previa en cabras desnutridas mejora la respuesta a la sincronización al

estros y la suplementación nutricional a corto plazo incrementa la tasa ovulatoria en ovejas (Scaramuzzi *et al.*, 2010), además una suplementación basada en energía utilizando subproductos agrícolas como melón, que tiene un alto nivel de energía (Liu *et al.*, 2009) puede mejorar la reproducción en hembras (Kawas *et al.*, 2010). Por otra parte, los microelementos contribuyen al crecimiento, producción y reproducción (Yatoo *et al.*, 2013), ya que se han reportado mayores tasas de concepción en vacas después de haber suministrado oligoelementos (Rabiee *et al.*, 2010). La deficiencia de cobre (Cu^{2+}) o hipocuprosis es la segunda carencia mineral de bovinos en pastoreo después del fósforo, el cobre desempeña un papel importante en la regulación de la producción de progesterona por las células del cuerpo lúteo a través de la vía superóxido dismutasa (Abdollahi *et al.*, 2014). Por lo tanto, el presente estudio evaluó la influencia de la suplementación de melón y/o cobre sobre el desempeño reproductivo, la calidad y producción de calostro y leche de cabras en agostadero.

OBJETIVOS

- 1.- Evaluar la influencia de una suplementación energética (restos de cosecha de melón deshidratado) y/o cobre sobre la respuesta reproductiva de cabras en pastoreo en anestro estacional en el norte de México.
- 2.- Evaluar el efecto de la suplementación de *Cucumis melo* en cabras lecheras multíparas sobre la calidad y producción de calostro y leche, así como niveles de glucosa y dinámica de peso vivo tanto en las madres como en las crías durante el parto.

HIPÓTESIS

La hipótesis en el primer estudio fue, que la suplementación a base de *Cucumis melo* deshidratado y/o cobre mejorará la tasa ovulatoria, embrionaria y gestación en cabras adultas, bajo condiciones de manejo extensivo.

La hipótesis del segundo trabajo de investigación fue que la suplementación de *C. melo* en cabras puede mejorar la calidad y producción de calostro y leche, así como los niveles de glucosa y dinámica de peso vivo de hembras y crías durante el parto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Anatomía y fisiología del aparato digestivo de la cabra

La estructura de la mandíbula y la cavidad oral, tienen una influencia importante sobre la selección de la dieta en cabras bajo un sistema de pastoreo extensivo (Mellado *et al.*, 2007). Los rumiantes disponen de un estomago complejo de cuatro cámaras; rumen, retículo, omaso y abomaso, que alberga una amplia variedad de especies microbianas, que son directa e indirectamente importantes para su bienestar (Stover *et al.*, 2016). El rumen, es la principal cámara fermentativa, es un sistema biológico complejo, donde se lleva a cabo la degradación, fermentación y la transformación de los alimentos ingeridos en productos finales por la amplia gama de microorganismos (Abrão *et al.*, 2014). Las bacterias son las encargadas de la degradación de la fibra, representando de un 50% a 75% de la población microbiana total., en este sitio existe un ambiente anaerobio, una temperatura de 38 a 41°C y un pH de 5.5 a 6.9 (Arowolo and He, 2018).

Con la fermentación de la fibra en el rumen, se obtiene energía y proteínas microbianas que son utilizadas para diferentes procesos; mantenimiento, crecimiento, lactancia y reproducción (Lu *et al.*, 2005). De la digestión ruminal los arbustos pueden considerarse como la principal fuente de proteína y las herbáceas, cactus, flores, frutos y vainas constituyen la principal fuente de energía (Guerrero-Cervantes *et al.*, 2009). En cabras en lactación, es preciso que el rumen se expanda para que pueda aumentar la tasa de intercambio de metabolitos con la sangre, lo que ocasiona una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes cuando ocurre este proceso (Mellado *et al.*, 2005).

2.2 Caprinocultura en México

Las cabras son parte principal en la industria ganadera a nivel mundial (FAO, 2016), siendo México considerado como el primer país productor de cabras en el continente americano, en la posición 18 como productor de leche y en el lugar 17 en producción de carne a nivel mundial (Escareño *et al.*, 2012). En su mayoría la caprinocultura se desarrolla por pequeños productores de bajos recurso siendo poco probable el uso de alimentos suplementarios para mejorar la producción (Ramírez-Orduña *et al.*, 2008), sobre todo en las zonas áridas y semiáridas del norte de México, donde la producción de cabras se lleva a cabo sobre agostaderos presentes en estas áreas, esto ha permitido que las cabras se vayan adaptando a la variación de los cambios climáticos que les

permite mayor resistencia al estrés por calor y sequía, y sin lugar a duda una mejor utilización y digestibilidad de los pastizales (Fatet *et al.*, 2011).

En el norte de México, la Comarca Lagunera es el área más importante en la producción de leche caprina en el país, en donde se involucran aproximadamente 9 mil unidades de producción pertenecientes a pequeños productores, que se dedican a la venta de leche y, en segundo lugar, el cabrito representa los principales productos del sistema de producción (Haenlein and Ramirez, 2007). Estos pequeños rumiantes tienen la capacidad de seleccionar una dieta con un alto valor nutricional, constituida principalmente de especies herbáceas nativas y partes de plantas digeribles, tienen la capacidad de caminar largas distancias en comparación a otra especie de ganado (Ramírez-Orduña *et al.*, 2008). Las cabras juegan un papel clave en la utilización de recursos forrajeros disponibles en donde la producción de cultivos es variable debido a las condiciones medioambientales (Gaytán *et al.*, 2015). En el desierto árido y semiárido de México la mayoría de los estudios sobre cabras se han centrado en el área de reproducción desde hace más de 10 años (Veliz *et al.*, 2006; Carrillo *et al.*, 2011; Meza-Herrera *et al.*, 2017; Véliz-Deras *et al.*, 2020). Además, la producción de cabras en esta región se caracteriza por el pastoreo durante todo el año sin suplementación complementaria por lo que las cabras dependen únicamente de los recursos forrajeros de pastizales altamente degradados (Mellado, 2016).

2.3 Sistema de pastoreo extensivo de caprinos en el norte de México

En México, el pastoreo extensivo del ganado caprino se desarrolla básicamente en zonas áridas y semiáridas, donde la alimentación de estos animales depende principalmente de la vegetación en los agostaderos, así como de esquilmos de cultivos locales (Echavarría *et al.*, 2006).

En la región árida y semiárida en el norte de México el principal sistema de producción que predomina es el sistema de producción en extensivo, en donde el objetivo principal es la producción de leche y cabrito. En particular en la región Laguna existen tres sistemas dominantes; el sistema extensivo en donde se hace uso del matorral y pastos nativo, un segundo sistema en extenso donde las cabras pastan los residuos de cultivos, pastos que crecen en los canales de riego y las malezas que crecen en tierras agrícolas

intensivas de la región, un tercer sistema denominado intensivo en el cual las cabras son alimentadas con granos y forraje cosechados bajo riego agrícola (Escareño *et al.*, 2012). Las cabras bajo condiciones de pastoreo extensivo exhiben estrategias de alimentación; generalistas a oportunistas dependiendo la estación del año (Mellado, 2016). El ramoneo constituye principalmente el 60% de dieta de cabras en pastoreo (Landau *et al.*, 2000), tiende a seleccionar una dieta más densa en nutrientes constituida de herbáceas y follaje de arbustos (Kawas *et al.*, 2010). Con este hábito de alimentación las cabras en pastoreo pueden seleccionar ya que tienen mayor disponibilidad de la vegetación nativa a diferencia de otros rumiantes, por ejemplo; las cabras consumen principalmente 40% arbustivas, 29% herbáceas y un 31% de pastos nativos (Mellado, 2016). Aunque estos rumiantes pueden auto regular su aporte de nutrientes con respecto a sus necesidades cuando tienen la libertad de elegir entre los alimentos disponibles, sin embargo, esto no es posible cuando existen grandes fluctuaciones en la calidad y cantidad de los recursos forrajeros naturales, que se dan durante las diferentes variaciones climáticas del año (Mellado *et al.*, 2005).

2.4 La condición corporal en la productividad de la cabra

Durante la estación seca la calidad del alimento consumido por cabras disminuye en calidad y cantidad, causando una restricción de nutrientes en su alimentación y consecuentemente su peso corporal decrece, comúnmente descrito como pérdida de peso estacional (Estrada-Cortes *et al.*, 2009; Hernández-Castellano *et al.*, 2016). La condición corporal es un indicador práctico para evaluar y controlar las reservas corporales (Caldeira *et al.*, 2007). El peso y condición corporal son responsables del patrón reproductivo, por lo que el rendimiento reproductivo se correlaciona con los cambios en el peso corporal y la pérdida severa de peso corporal que suele ir acompañada de anestro (Gallego-Calvo *et al.*, 2014). En efecto se ha determinado que una condición corporal baja tiene una temporada de reproducción más corta, ciclos estrales más anormales acompañada de menos ovulaciones que en una condición corporal mayor (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2009). Por lo tanto, bajo condiciones de pastoreo es deseable mantener una condición corporal >2 (en una escala de 5 puntos) antes de iniciar el periodo de empadre ello reducirá la tasa de aborto, y por ende, se verá

reflejado en una mayor tasa de cabritos (Mellado *et al.*, 2004). Sin embargo, una condición corporal baja en cabras influye directamente en la función reproductiva, ya que es de esperar que a mayor balance energético positivo, será mayor el peso corporal, sin embargo es importante entender que el estímulo de la nutrición sobre la foliculogénesis puede ocurrir antes de que exista un aumento de peso, por lo que una mejor condición corporal en ovejas reduce la duración del anestro estacional (Urrutia-Morales *et al.*, 2012), promoviendo un mayor desarrollo folicular y una mayor tasa de ovulación (Estrada-Cortes *et al.*, 2009). En los sistemas de producción animal en condiciones de pastoreo extensivo se ha observado la poca o nula ausencia en el suministro continuo de alimentos durante todo el año, lo que limita su eficiencia reproductiva. Cuando el requerimiento neto de nutrientes es mayor que la ingesta neta de nutrientes, el animal recurrirá a sus reservas de energía (glucógeno, triglicéridos y proteínas) para satisfacer el déficit., por el contrario, cuando el requerimiento neto es menor a la ingesta neta de nutrientes, al animal almacenara el exceso de nutrientes (como glucógeno y triglicéridos) y disipara el exceso de nutrientes como calor metabólico (Scaramuzzi *et al.*, 2006). La llamada 'pérdida de peso estacional' es el mayor problema en la producción animal (Lérias *et al.*, 2015). Una subalimentación está relacionada con los cambios de peso corporal lo que induce un cese del ciclo estral (Tanaka *et al.*, 2003). Los problemas reproductivos surgen porque el periodo reproductivo y la gestación coinciden con la estación más seca del año y por lo general no se administran concentrado o suplementos minerales durante este periodo (Mellado *et al.*, 2004). Los abortos durante la estación seca del año pueden representar hasta el 70%, derivado del estrés ejercido por un nivel de subalimentación, constituyendo la causa más importante de perdidas reproductivas en cabras en las zonas áridas de México (Mellado *et al.*, 2001).

2.5 Interacción Nutrición – Reproducción

La interacción entre nutrición y reproducción tiene implicaciones importantes para el rendimiento reproductivo, siendo el resultado de la pérdida de peso corporal y condición corporal, además de que retrasa el inicio de la pubertad, aumenta el intervalo posparto hasta la concepción, interfiere en la ciclicidad ovárica normal al disminuir la secreción de gonadotropina y aumenta la infertilidad (Cuadro 1; Bindari *et al.*, 2013). La actividad

reproductiva es afectada por diversos factores externos, incluyendo señales socio-sexuales, fotoperiodo y el balance de energía, la actividad reproductiva es exigente desde el punto de vista en la demanda de energía, por lo que el balance energético es el regulador más poderoso en la función reproductiva. La variación a nivel de nutricional (cambios en el balance energético) puede afectar el ciclo reproductivo en cualquier etapa (Fig. 1), por tanto, cualquier sistema de producción animal tendrá éxito solo si la nutrición del hato es adecuada durante todo el ciclo reproductivo (Blache *et al.*, 2008). En efecto, la pérdida de peso corporal suprime la secreción de progesterona durante la fase lútea, y el progreso adicional de la pérdida de peso corporal induce a una anovulación que comienza en la fase folicular que acompaña a la supresión del crecimiento folicular en la cabra (Tanaka *et al.*, 2004). El estado nutricional se ha correlacionado con la supervivencia del embrión y es un factor importante que controla la eficiencia en las tecnologías de reproducción asistida (Webb *et al.*, 2004).

La nutrición tiene un impacto significativo en diversas funciones reproductivas, incluida la producción de hormonas, la foliculogénesis, la fertilización y el desarrollo embrionario temprano (García-García, 2012). Cuando existe una desnutrición en la hembra se generan cambios en el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, un periodo de desnutrición severo extiende significativamente el conocido periodo de anestro nutricional., la ingesta elevada de alimentos induce un aumento en las concentraciones plasmáticas medias y la frecuencia del pulso de LH debido a mecanismos ejercidos por la nutrición que modifican la sensibilidad del hipotálamo (Forcada and Abecia, 2006).

La nutrición es uno de los factores más importantes que afecta la tasa de ovulación (Viñoles *et al.*, 2005). Un balance energético positivo (BEP) conduce a un aumento en las concentraciones de leptina e insulina en sangre por tanto una mayor absorción de glucosa., estos cambios afectan directamente al ovario asociado a una mayor foliculogénesis y una mayor tasa ovulatoria (Fig. 1), un BEP se asocia con el metabolismo hepático de esteroides; induciendo una retroalimentación negativa entre el ovario y el hipotálamo-hipófisis provocando una mayor foliculogénesis (Scaramuzzi *et al.*, 2006).

Cuadro 1. Algunas asociaciones entre balance energético y reproducción.

Estado metabólico	Consecuencia metabólica	Efectos sobre la reproducción
Balance energético negativo	- Pérdida de peso	- Inhibición de la secreción de GnRH por el hipotálamo
	- Reservas de grasa agotadas	- Ausencia de pulsos de LH
Balance energético negativo	- Pérdida muscular	- Concentraciones bajas de FSH
	- Hipoinsulinemia	- Inhibición de la foliculogénesis
	- Hipoglucemia	- Bajo estradiol
	- Elevados β OH Butiratos y NEFA's	- Alta sensibilidad de retroalimentación negativa
	- GH elevada	- Anovulación
	- Bajo contenido de leptina	- Anestro
	- Reducción del calor metabólico	- Pubertad retrasada
	- Sistema IGF suprimido	
	- Urea elevada	
	Balance energético	- Mantenimiento del peso
- mantenimiento de grasa almacenada		- Pulsatilidad normal de LH
- Insulina normal		- Concentraciones normales de FSH
- Normoglucemia		- Foliculogénesis normal
- Bajos NEFA's y β OH butiratos		- Estradiol e inhibina normales
- GH normal		- Retroalimentación negativa normal
- Leptina normal		- ovulación
- Sistema IGF normal		- Estro
- Urea normal		- Tasa de ovulación por debajo del máximo natural

	- Aumento de peso a largo plazo	- Secreción normal de GnRH por el hipotálamo
	- aumento de las reservas de grasa	- pulsatilidad normal de LH
	- Hiperinsulinemia	- Aumento de las concentraciones de FSH
	- Hiperglucemia	- Foliculogénesis mejorada
Balance energético positivo	- Bajos NEFA's y β OH butiratos	- Reducción de estradiol
	- Bajo GH	- Retroalimentación negativa reducida
	- Leptina elevada	- Ovulación
	- Aumento del calor metabólico	- Estro
	- Sistema IGF estimulado	- Máxima tasa de ovulación natural
	- Urea normal, pero puede ser alta si el nitrógeno dietético es alto	- Pubertad avanzada

(Adaptado de Scaramuzzi et al., 2006).

Los cambios en el balance de energía son definidos como la diferencia de energía disponible y la energía gastada, que puede influir en los tres niveles del eje reproductivo (hipotálamo - glándula pituitaria - gónadas), así también puede afectar mecanismos reguladores de retroalimentación (Blache *et al.*, 2008). La cantidad de energía en la dieta es uno de los principales factores involucrados en la dinámica folicular (Scaramuzzi *et al.*, 2011), los niveles de nutrientes y metabolitos en condiciones de un balance energético negativo actúan sobre el eje hipotalámico, reduciendo la secreción de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y la consecuente deficiencia de la hormona luteinizante (LH), interfiriendo con el desarrollo folicular (Alves *et al.*, 2019). Un aumento en la ingesta de energía y proteínas induce un aumento en las frecuencias de pulso GnRH y LH, y la secreción de FSH, a pocos días de haber iniciado un plan nutricional (Blache *et al.*, 2008). Por tanto, el equilibrio energético es una condición esencial para el mantenimiento de la reproducción (Rondina *et al.*, 2017).

2.6 Glucosa: Principal fuente de energía

El componente de la dieta y el más importante con respecto a la función ovárica es la energía particularmente la glucosa (Scaramuzzi and Martin, 2008). El estado energético que incluye la cantidad de reservas de energía corporal y la cantidad de energía consumida en la dieta generan señales a corto y a largo plazo (Estrada-Cortes *et al.*, 2009). El aumento en el suministro de sustratos de energía promueve el crecimiento y desarrollo de folículos que normalmente no ovularían (Muñoz-Gutierrez *et al.*, 2002). La tasa de ovulación se incrementa con la administración de glucosa y otros sustratos que producen energía (Muñoz-Gutierrez *et al.*, 2004).

Bajo condiciones de pastoreo la cantidad de energía que una cabra puede destinar a su reproducción es limitada (Mellado, 2016). Por tanto, el estado nutricional afecta el momento del cese y el inicio de las ovulaciones y el desarrollo folicular durante los periodos de transición al anestro y el regreso al estro (Estrada-Cortes *et al.*, 2009). Una suplementación nutricional alta en energía ha mostrado un incremento en la frecuencia de secreción de LH, lo que conlleva a un mayor número de hembras que ovulan (Urrutia-Morales *et al.*, 2012). Actualmente, se ha establecido que la absorción de la energía tiene un efecto significativo en el desarrollo embrionario temprano (Boland *et al.*, 2001). El suministro de energía durante la gestación tardía en cabras se ha visto reflejado en un efecto positivo sobre la ganancia de condición corporal y peso corporal reflejándose en neonatos más pesados, traducido a una mayor supervivencia. El folículo tiene una serie de detección de nutrientes, mecanismos que forma un vínculo entre el estado de los nutrientes y la foliculogénesis, los efectos nutricionales a corto plazo son mediados a nivel folicular modificando el crecimiento y desarrollo del folículo., el componente principal de la dieta que estimula la foliculogénesis es la energía, particularmente la glucosa (Scaramuzzi *et al.*, 2010).

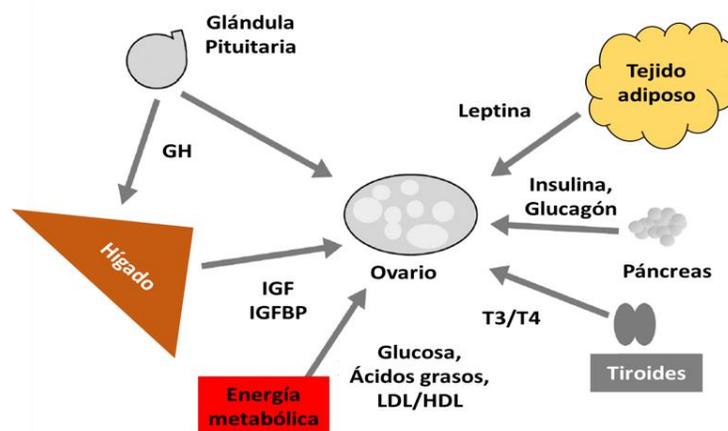


Figura 1. Influencia de los factores metabólicos sobre la función ovárica, interacción entre los factores metabólicos y la función ovárica. (Tomado de Webb *et al.*, 2004)

2.7 Tipos de suplementación en pequeños rumiantes

2.7.1 Suplementación energética

El equilibrio energético es un poderoso regulador de la función reproductiva en los pequeños rumiantes (Nogueira, *et al.*, 2017). El principal componente de la dieta que estimula la foliculogénesis es la energía en particular la glucosa (Scaramuzzi *et al.*, 2010). La suplementación a base de granos de cebada, no solo aumento el peso vivo y condición corporal de cabras, sino que también aumento la concentración de glucosa en sangre, resultando en una mejor fertilidad (Daghigh Kia *et al.*, 2011). Los granos de cereales, melaza, grasas y aceites se pueden incluir con el objetivo de mejorar la ingesta de energía en cabras (Kawas *et al.*, 2010).

2.7.2 Suplementación proteica

La suplementación de proteína, como proteína verdadera o urea que son utilizadas por las bacterias del rumen para maximizar la fermentación ruminal de carbohidratos para obtener energía (Schacht *et al.*, 1992), con incremento en la digestión de la fibra, mejora el rendimiento productivo de las cabras (Abebe *et al.*, 2004). Las proteínas ejercen funciones permisivas en lugar de reguladoras sobre la foliculogénesis y se ha determinado que la suplementación enriquecida con proteína dirigida a cabras durante el

anestro y previo estímulo sexual por machos, promueve un aumento en el número de cuerpos lúteos, así como en la implantación embrionaria (Meza-Herrera *et al.*, 2019).

2.7.3 Suplementación mineral

Los micro minerales desempeñan un papel importante en el crecimiento, producción y reproducción (Yatoo *et al.*, 2013). El nivel de suplementación micro mineral es otro factor importante que influye en la reproducción de rumiantes., una deficiencia de minerales en la dieta puede disminuir la tasa de ovulación, por ejemplo, en rumiantes una deficiencia materna de cobre puede causar infertilidad, retraso en el estro y disminución de la tasa de preñez (Abdollahi *et al.*, 2014). La deficiencia de cobre se considera una de las deficiencias más comunes en la ganadería doméstica y especies no domesticas (Miller *et al.*, 2001).

El cobre es un oligoelemento esencial y cofactor de diversas enzimas involucradas en una amplia variedad de procesos fisiológicos (Simpson *et al.*, 2006) y procesos reproductivos (Roy *et al.*, 2013). El cobre juega un papel importante en la regulación de progesterona por las células del cuerpo lúteo, mediante la intervención de la enzima superoxidasa dismutasa (Yatoo *et al.*, 2013). El cobre (Cu) es un componente necesario para diferentes enzimas incluidas; superóxido dismutasa, la lisil dismutasa y tiol oxidasa, la función de estas enzimas es eliminar los radicales libres, los problemas reproductivos relacionados con la deficiencia de cobre se manifiestan en una tasa de concepción inhibida a pesar de que el estro pueda ser normal., los síntomas de una deficiencia de Cu incluyen: muerte embrionaria temprana y reabsorción embrionaria (Bindari *et al.*, 2013).

La deficiencia de cobre en rumiantes ocurre principalmente, cuando son alimentados con pastos y estos presentan baja concentración de Cu (Hostetler *et al.*, 2003). El contenido de Cu en los pastizales de zonas áridas y semiáridas en el norte de México muestra deficiencias durante todo el año, es necesaria la suplementación mensual a cabras que pastan en estas áreas naturales, para prevenir deficiencias y asegurar su productividad (Haenlein and Ramírez, 2007).

2.8 Efectos de la suplementación

En las cabras se ha reportado que la suplementación tiene diferentes efectos, según la duración de ésta (Fig. 2), y la influencia que pueda tener sobre el peso corporal.

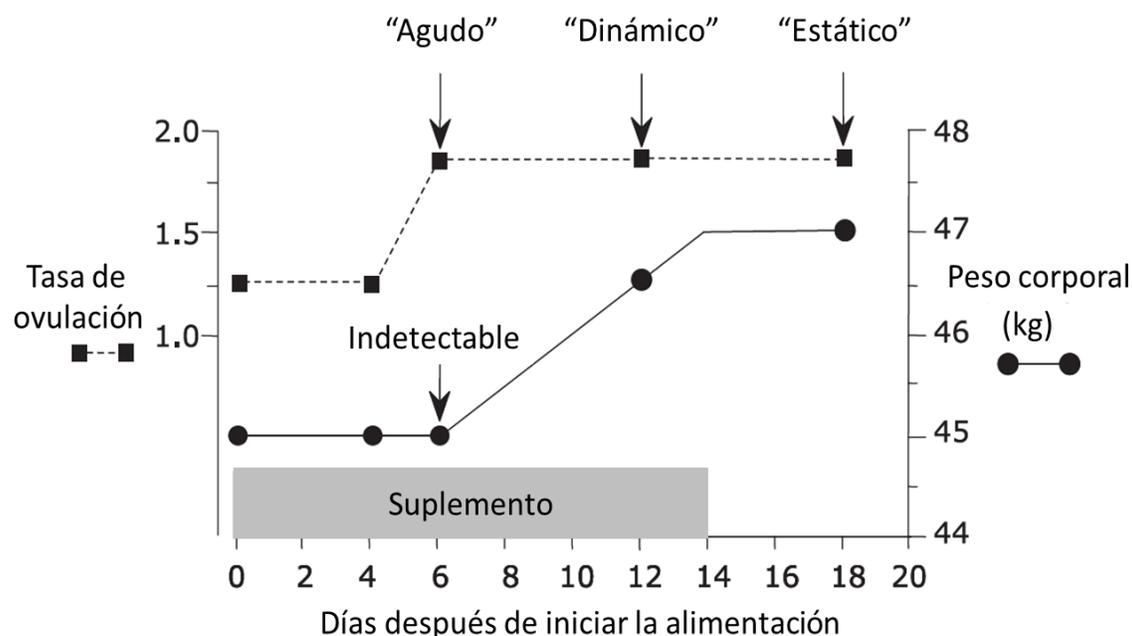


Figura 2. El efecto “agudo”, “dinámico” y “estático” de la nutrición sobre la tasa de ovulación. (Adaptado de Scaramuzzi *et al.*, 2006).

2.8.1 Efecto agudo

El denominado “efecto nutritivo inmediato”, se describió en primer lugar como un suplemento con granos de lupino “efecto lupino” (Teleni *et al.*, 1989). Este efecto se presenta en ausencia de algún cambio detectable en el peso corporal del animal (Scaramuzzi *et al.*, 2006), o sobre la escala de condición corporal (Shahneh *et al.*, 2008), también llamado a corto plazo éste comprende un periodo de 9 a 13 días, siendo el rango de tiempo cuando emerge la onda ovulatoria. Para Rekik *et al.* (2011) este efecto inmediato se logra al suministrar insumos nutricionales en un periodo <10 días. De acuerdo a Letelier *et al.* (2008) es conocido como “alimentación focalizada” llevada a cabo mediante ingredientes nutricionales en un periodo de tiempo muy corto menor a 10 días.

Mediante este efecto nutricional se explica principalmente la influencia del estado energético sobre la secreción de gonadotropina (Rondina *et al.*, 2005). Una alimentación focalizada se aplica para mejorar la actividad ovárica durante la fase folicular, aumentando el número y calidad de las ovulaciones.

2.8.2 Efecto dinámico

El efecto dinámico está asociado directamente con el aumento de peso vivo, también conocido como suplementación a mediano plazo que comprende una mayor alimentación de 3 a 4 semanas antes del apareamiento (Letelier *et al.*, 2008), ejerciendo un efecto en los parámetros de reproducción (Shahneh *et al.*, 2008). El desarrollo folicular es el proceso clave en la reproducción, especialmente cuando se usan protocolos de suplementación a mediano plazo, que puede promover un aumento en la tasa de ovulación (Alves *et al.*, 2019). Una suplementación durante un periodo medio ejerce una influencia cualitativa y cuantitativa sobre la población de folículos pequeños en cabras (Rondina *et al.*, 2005). El aumento de peso vivo o condición corporal en semanas previas y durante el empadre puede proveer la mayor eficiencia ovárica, medida como la cantidad total de folículos y cuerpos lúteos presentes en el ovario (Meza-Herrera *et al.*, 2008).

2.8.3 Efecto estático

Este efecto se asocia con un aumento de peso corporal elevado *per se* (por sí mismo) (Scaramuzzi *et al.*, 2006), relacionado con un efecto sobre la condición corporal estable antes del estro (Shahneh *et al.*, 2008). También conocido como suplementación a largo plazo, en el que las hembras más pesadas logran tasas de ovulación más altas (Letelier *et al.*, 2008). Un nivel de nutrición a largo plazo determina un mejor peso vivo y condición corporal (Meza-Herrera *et al.*, 2008).

2.9 Beneficios de la suplementación

El nivel nutricional afecta los procesos que involucran el desarrollo folicular y tasa ovulatoria, particularmente a través de los cambios en el peso vivo y la condición corporal, se ha demostrado que los suplementos administrados de manera suficiente conducen a aumentos en las concentraciones sanguíneas de glucosa, insulina y leptina (Viñoles *et al.*, 2009). Los cambios agudos en un plano de nutrición causan alteración en la concentración plasmática de leptina en rumiantes (Ingvarsen and Boisclair, 2001). Las

influencias nutricionales se reflejan en el aumento de peso y cambios en la condición corporal (Letelier *et al.*, 2008). A nivel reproductivo un efecto nutricional inmediato puede observarse sobre el crecimiento folicular que implica acciones directas a nivel de glucosa en los ovarios (Viñoles *et al.*, 2005). Por lo tanto, el aumento en la ingesta de energía, favorece la disponibilidad de glucosa y se asocia con una mayor actividad ovárica. Una variedad de dietas altas en energía ha demostrado no solo afectar positivamente el crecimiento folicular, sino además la calidad de los ovocitos, cambios agudos en la ingesta de energía en la dieta influyen tanto en la morfología como en la competencia de desarrollo del ovocito (Webb *et al.*, 2004).

2.10 Rendimiento reproductivo

Los efectos de la suplementación nutricional sobre la foliculogénesis y la tasa de ovulación, mejoran la prolificidad y la fertilidad en animales de granja (Scaramuzzi and Martin, 2008), estudios realizados en hembras caprinas bajo condiciones de manejo en pastoreo extensivo y suplementadas durante 7 días antes de iniciar el apareamiento han respondido con una mayor tasa ovulatoria, a diferencia de cabras no suplementadas (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008). Se ha demostrado tanto en ovejas como en cabras, que la suplementación nutricional influye en la selección de los folículos dominantes, aumenta el crecimiento folicular y mejora la calidad de los ovocitos (Nogueira, *et al.*, 2017), además de un aumento a largo plazo en el peso corporal. Haruna *et al* (2009) afirman que durante siete días de suplementación (desde la fase lútea hasta la fase folicular) estimula la frecuencia pulsátil de la secreción de la hormona luteinizante (LH) y la secreción de la hormona folículo estimulante (FSH), acompañada de aumentos en las concentraciones plasmáticas de glucosa e insulina en cabras ciclando. Por otro lado, el tratamiento de una dieta alta en energía de forma intermitente a partir del día 12 del ciclo estral indujo aumentos en las concentraciones de glucosa e insulina, así como el número de folículos ovulatorios y la tasa de ovulación (Zabuli *et al.*, 2010). Además, la nutrición también juega un papel clave tanto en el establecimiento de la gestación como en la supervivencia del embrión, siendo de interés para aumentar la prolificidad (Meza-Herrera *et al.*, 2017).

2.11 Rendimiento productivo y suplementación antes del empadre

El rendimiento productivo es crucial en la rentabilidad de una granja, para que pueda tener éxito es necesario implementar una serie de condiciones y una de éstas es la nutrición dirigida, que puede aumentar el potencial de la camada al optimizar la tasa de ovulación, durante la gestación. En tanto la nutrición puede ayudar a la supervivencia del embrión y el número de crías nacidas por hembra, por lo que se puede mejorar con una suplementación dirigida, además, también promueve el inicio de la pubertad (Fatet *et al.*, 2011). En hembras, de la especie en pequeños rumiantes, la suplementación nutricional estimula el desarrollo de folículos pequeños, la tasa de crecimiento y tamaño de folículos ováricos, una mayor tasa ovulatoria, reflejado en el tamaño de la camada (Zabuli *et al.*, 2010). La nutrición es un factor importante que influye en el éxito reproductivo de pequeños rumiantes (Letelier *et al.*, 2008). La suplementación nutricional ha demostrado influir significativamente en los resultados reproductivos a través de cambios en el peso corporal y condición corporal (Meza-Herrera *et al.*, 2004). En cabras, el alto consumo de alimento durante la temporada previo al apareamiento da como resultado mejores tasas de ovulación y gestación (Kusina *et al.*, 2001). En ovejas la suplementación nutricional de periodo corto estimula la foliculogénesis, indirectamente por el incremento de la secreción de gonadotropinas LH y FSH, por estímulos en el sistema hipotálamo-hipófisis (Scaramuzzi *et al.*, 2010). Los principales factores que estimulan el aumento de la tasa ovulatoria en cabras, son los nutrientes que producen energía (Nogueira *et al.*, 2017). Cada vez existe más evidencia del efecto de la nutrición sobre el desarrollo del folículo, cambios a corto plazo en el plano nutricional, ha dado como resultado un mayor número de ovulaciones., además la dieta suplementaria se ha correlacionado positivamente con la tasa de crecimiento y el tamaño del folículo ovulatorio (Webb *et al.*, 2004).

2.12 Mecanismo neuroendocrino de la reproducción-Nutrición

El estado nutricional influye en la actividad del eje neuroendocrino reproductivo a través de la retroalimentación sobre las neuronas GnRH en el hipotálamo, afectando directamente la función reproductiva de los rumiantes domésticos y el ciclo ovárico de las cabras (Figura 3; Zarazaga *et al.*, 2011). La glucosa es la principal fuente de energía y el sustrato metabólico para el desarrollo del ovario, folículo., y el combustible metabólico primario utilizado por el sistema nervioso central (Habibizad *et al.*, 2015).

Los niveles bajos en la ingesta de alimento o mala condición corporal se asocian con una mayor sensibilidad del hipotálamo al estradiol (Zarazaga *et al.*, 2011). El vínculo entre la nutrición y el folículo son el sistema glucosa-insulina, sistema IGF y sistema de leptina (Scaramuzzi *et al.*, 2006). Al modular la nutrición, los efectos actúan directamente sobre el ovario y los folículos ováricos a través de cambios en los sistemas moduladores metabólicos: insulina-glucosa, leptina y hormona del crecimiento y factores de crecimiento (Meza-Herrera *et al.*, 2008).

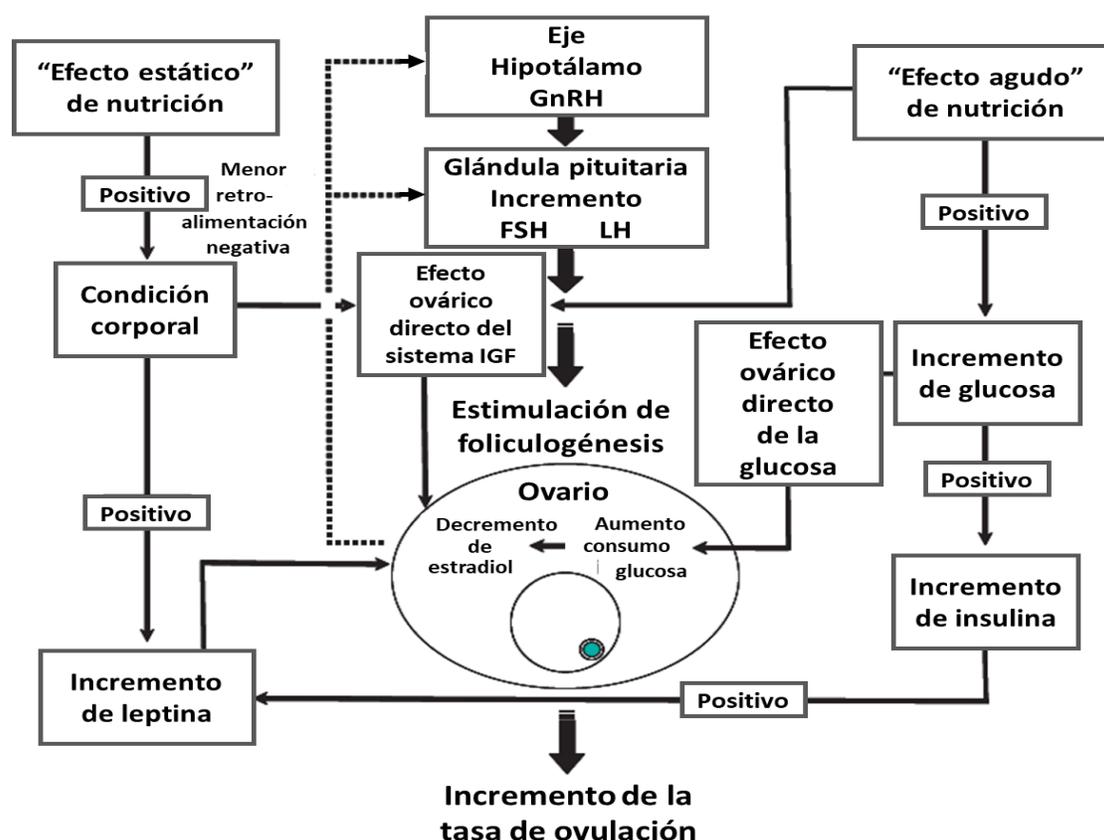


Figura 3. Esquema de la regulación nutricional de la foliculogénesis y la tasa de ovulación (Adaptado de Scaramuzzi *et al.*, 2006).

2.13 Eje hipotálamo-hipófisis-gónadas

La condición nutricional tiene una fuerte influencia en la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas en mamíferos (Zabuli *et al.*, 2009). Así, la ingesta de alimento actúa a

varios niveles dentro del eje hipotálamo-hipófisis-ovario para controlar la actividad ovárica (Webb *et al.*, 2004). La actividad hipotálamo-hipófisis-gónadas disminuye en animales con niveles reducidos de nutrición, por el contrario, la sensibilidad de la actividad del hipotálamo-hipófisis puede aumentar o disminuir de acuerdo al nivel de ingesta de alimento suministrado (Zarazaga *et al.*, 2011). La secreción pulsátil de LH de la glándula pituitaria se rige por la neurosecreción hipotalámica de GnRH, por tanto, una suplementación nutricional aguda durante varios días promueve la actividad del sistema generador de pulsos de GnRH en pequeños rumiantes., como respuesta al tratamiento nutricional; la secreción pulsátil de LH modulada por el estado energético del cuerpo (Zabuli *et al.*, 2009). La restricción nutricional, ya sea un suministro insuficiente de energía en la dieta o las demandas excesivas de energía, conllevan a inhibir la liberación de GnRH en el hipotálamo, lo que conduce a una reducción de LH hipofisiaria y finalmente anovulación y el anestro en cabras (Zarazaga *et al.*, 2011). El efecto nutricional sobre la función ovárica se explica principalmente por la influencia a corto plazo del estado energético del ovario y la acción indirecta del a través del sistema endocrino (Zabuli *et al.*, 2010).

2.14 Suplementación en la gestación

La nutrición durante la gestación juega un papel clave en el bienestar de las cabras y afecta aún más el resultado de la gestación misma (Mellado *et al.*, 2011). La alimentación durante la gestación es proporcionar energía y proteína necesaria para el crecimiento embrionario, fetal y el mantenimiento de las necesidades fisiológicas de la madre, el 80% del crecimiento fetal ocurre durante los dos últimos meses de gestación conduciendo a un aumento significativo de nutrientes., además, hay una gran demanda en los requerimientos netos de proteína para el crecimiento de la ubre y la producción de calostro y leche en las últimas dos semanas de la gestación (Amanlou *et al.*, 2011). La suplementación alta en energía y proteína durante el parto en cabras en condiciones de manejo extensivo mejora el peso corporal de la madre y de la cría al nacimiento, además aumenta la producción y composición de la leche, también promueve un mayor comportamiento madre-cría (Luna-Orozco *et al.*, 2015). Si bien una desnutrición durante la gestación es la causa más común de falla reproductiva, por el contrario, una excesiva

alimentación durante la gestación tardía conlleva a presentar parto distócico (Blache *et al.*, 2008). La adición de 27 g/día aceite de pescado rico en ácidos grasos polinsaturados (n-3 PUFA's) en la dieta de cabras durante las últimas tres semanas de gestación mejora la calidad del calostro (Cattaneo *et al.*, 2006) y la ingesta de n-3 PUFA's durante la gestación favorece el desarrollo fetal y reduce las complicaciones durante esta etapa (Oztabak *et al.*, 2019). Por otra parte, la adición de aceite de pescado en la dieta de cabras gestantes en las últimas tres semanas al parto acelero la expulsión de las membranas fetales y redujo el tiempo del primer estro posparto (Yadav *et al.*, 2019).

Los dos primeros tercios de la gestación son un estado fisiológico anabólico (Vernon *et al.*, 1985). Mientras que el último tercio de gestación es catabólico en relación al metabolismo de la madre (Symonds and Clarke, 1996). Sin embargo, el 80% de crecimiento fetal se lleva a cabo al final de la gestación en ovejas (Dawson *et al.*, 1999).

Los requerimientos nutricionales para una cabra en el último tercio de gestación es aproximadamente el doble que la de mantenimiento (NRC, 2007). El desafío de alimentar a cabras preñadas durante la gestación es proveer energía necesaria para apoyar el crecimiento fetal, el mantenimiento de las necesidades fisiológicas de la madre, el crecimiento de la glándula mamaria, producción de calostro y leche (Celi *et al.*, 2008). Un bajo nivel de nutrición en la madre al final de la gestación, resulta en la incapacidad de nutrir al feto y por consecuencia el peso del producto al momento de nacer, se verá reflejado negativamente con un peso bajo (Acero-Camelo *et al.*, 2008), ya que aproximadamente dos tercios de peso al nacer de un feto en desarrollo se gana durante las últimas seis semanas de gestación y una suplementación nutricional durante la vida fetal puede afectar el desarrollo del ovario del feto, crecimiento postnatal, rendimiento reproductivo y el metabolismo en general (Mahboub *et al.*, 2013).

2.15 Calostro (grasa, proteína y lactosa)

En general, el calostro se forma y almacena en la glándula mamaria al final de la gestación, hay diversos factores pueden afectar la composición final del calostro entre ellos la nutrición (Cuadro 2; Lérias *et al.*, 2014). Una alimentación deficiente en energía y proteína en ovejas al final de la gestación redujo el rendimiento total de calostro producido durante las primeras horas después del nacimiento (Dawson *et al.*, 1999). Dentro de las

primeras 24 horas después del parto la cantidad producida de calostro oscila de 0.4 a 1.3 litros (Pecka-Kiełb *et al.*, 2018). Considerado como la primera secreción de la glándula mamaria al parto, el calostro contiene una mezcla compleja de diversos componentes como son; grasa, lactosa, proteína, vitaminas y minerales., con gran importancia nutricional para el rumiante recién nacido (Castro *et al.*, 2011). A pesar de su función nutricional, el calostro también contiene una mezcla compleja de proteínas que participan de manera activa en la protección del recién nacido contra patógenos y otros desafíos ambientales posparto (Bendixen *et al.*, 2011). Entre el segundo y quinto día de la lactancia, los niveles de los componentes orgánicos fluctúan y la secreción obtenida a menudo se le llama “leche en transición” (Pecka-Kiełb *et al.*, 2018).

Se ha demostrado en pequeños rumiantes que, al suplementar durante la gestación, tienen un incremento la producción de calostro en cuanto a porcentaje de grasa, proteína y lactosa (Lerías *et al.*, 2014). El factor nutrición durante la gestación afecta no solo la composición del calostro, sino también el rendimiento del calostro en pequeños rumiantes (Castro *et al.*, 2011).

Cuadro 2. Promedio de la composición química de calostro en diferentes especies animales y humano.

Composición de calostro (g/100g)				
Especie	Materia seca	Proteína	Grasa	Lactosa
Vaca	25.8	14.9	6.7	2.5
Cabra	17.9	10.24	7.73	1.93
Oveja	32.8	21.7	10.6	1.7
Yegua	19.34	15.2	1.7	2.5
Cerda	26.3	16.2	5.4	3.6
Camella	18.9	10.5	2.6	4.4
Humano	11.5	1.6	3.3	6.8

(Adaptado de Pecka-Kiełb *et al.*, 2018)

En la década de los años 60's el consumo de los productos lácteos comenzaron a llamar la atención debido a los valores y nutrientes atribuidos a la leche de cabra (Clark and

Mora-García, 2017). La composición lipídica es uno de los componentes más importantes de calidad tecnológica y nutricional de la leche de cabra (Chilliard *et al.*, 2003). La producción de leche puede ser afectada por varios factores; nutrición, número de lactancia, periodo de gestación, produciendo alteraciones en su composición y calidad (Lerías *et al.*, 2014). La composición y calidad de la leche depende predominantemente de la nutrición de la productora (Pecka-Kielb *et al.*, 2018). El metabolismo de la leche de cabra se caracteriza por un aumento significativo en la demanda de glucosa para la síntesis de lactosa y como fuente de energía para el metabolismo de la glándula mamaria (Mundim *et al.*, 2007). El nivel de energía y proteína en la dieta influye en el rendimiento de la leche y el contenido de grasa y proteína (Pecka-Kielb *et al.*, 2018).

El contenido de grasa en la leche de cabra es alto después del parto, pero decrece conforme avanza la lactación, esto es relacionado con al menos dos fenómenos; un efecto de dilución debido al aumento en el volumen de leche hacia el pico de lactancia y una disminución en la movilización de grasa para la síntesis de lípidos mamarios (Cuadro 2; Chilliard *et al.*, 2003). Un balance energético negativo es relacionado con las grandes demandas energéticas en la lactancia, siendo el factor desencadenante que provoca lipomobilización (Lopes *et al.*, 2016).

La tasa rápida de crecimiento fetal durante las últimas 6-8 semanas al final de la gestación, impone un desafío metabólico a la madre que se cumple con la movilización del tejido corporal materno, pudiendo resultar en la pérdida de peso de la madre si el suministro de nutrientes en la dieta es inadecuado, esto será reflejado en muerte neonatal por bajo peso al nacer, la suplementación preparto tiene como objetivo; un mayor peso al nacimiento, menor mortalidad y una mayor tasa de crecimiento de cabritos (Sahu *et al.*, 2013).

2.16 Uso de subproductos agroindustriales y residuos de cultivos como suplementos alimenticios

La producción y procesamiento de alimentos para consumo humano y animal, dan como resultado muchos subproductos y residuos de cultivos, que pueden utilizarse como parte de alimento en la dieta para ganado ya sea en crecimiento, gestación o lactación (Bocquier and González-García, 2010). El método de suplementación a base de subproductos agrícolas tiene múltiples beneficios; el bienestar del animal y una práctica

sostenible (Adegbeye *et al.*, 2019). Nuevas alternativas de recursos alimenticios, como los subproductos agroindustriales, el excedente han mostrado ser ingredientes viables en la alimentación de cabras, al reemplazar los ingredientes convencionales, ya sea concentrado o forraje (Arco-Pérez *et al.*, 2017).

Los desechos agrícolas e industriales son alimentos ricos en carbohidratos, con una gran fuente de energía para rumiantes, pero en los países en desarrollo siempre constituyen problemas ambientales cuando se dejan en el campo (Elghandour *et al.*, 2016). El uso óptimo de los recursos alternativos como alimento para animales es una medida efectiva para disminuir los costos de producción de las granjas de cabras lecheras, mejorando su productividad, pero también una oportunidad para reducir los problemas ambientales asociados con el uso de ingredientes convencionales de la dieta y la acumulación de desechos agroindustriales orgánicos (Pardo *et al.*, 2016).

El uso de subproductos agroindustriales como suplementos alimenticios para aumentar los niveles de proteínas en la dieta, como la pasta de almendra de palma, son económicos y están disponibles localmente (Nnadi *et al.*, 2007). Por lo tanto, recurrir a utilizar alimentos alternativos para rumiantes depende; del valor nutricional del alimento, las respuestas de producción animal y los costos de los alimentos en comparación con los ingredientes convencionales (Halmemies-Beauchet-Filleau *et al.*, 2018). La reutilización de subproductos agroindustriales con calidad nutricional es una estrategia para la alimentación animal donde el remanente está disponible (Marcos *et al.*, 2019). Tal es el caso de subproductos agrícolas como restos de frutas de melón que tiene un alto nivel de energía, que puede ser una alternativa viable para la alimentación en algunas especies de animales domésticos (Liu *et al.*, 2009).

III. REFERENCIAS

- Abdollahi, E., Kohram, H., Shahir, M.H., Nemati, M.H. (2014). The influence of a slow-release multi-trace element ruminal bolus on trace element status, number of ovarian follicles and pregnancy outcomes in synchronized Afshari ewes. *Iran J Vet Res.* 16(1):63-68.
- Abebe, G., Merkel, R., Animut, G., Sahlu, T., Goetsch, A. (2004). Effects of ammoniation of wheat straw and supplementation with soybean meal or broiler litter on feed intake and digestion in yearling Spanish goat wethers. *Small Rumin. Res.* 51(1)37–46.
- Abrão, F.O., Duarte, E.R., Freitas, C.E., Vieira, E.A., Geraseev, L.C., da Silva-Hughes, A.F., Rosa, C.A., Rodrigues, N.M. (2014). Characterization of fungi from ruminal fluid of beef cattle with different ages and raised in tropical lignified pastures. *Curr. Microbiol.* 69(5):649–659.
- Acero-Camelo, A., Valencia, E., Rodríguez, A., Randel, P.F. (2008). Effects of flushing with two energy levels on goat reproductive performance. *Livest. Res. Rural Dev.* 20(9):1177-1180.
- Adegbeye, M.J., Elghandour, M.M.M.Y., Monroy, J.C., Abegunde, T.O., Salem, A.Z.M., Barbabosa-Pliego, A., Faniyi, T.O. (2019). Potential influence of yucca extract as feed additive on greenhouse gases emission for a cleaner livestock and aquaculture farming - A review. *J. Clean. Prod.* 239:118074-118085.
- Alves, J.P.M., Fernandes, C.C.L., Rossetto, R., Silva, C.P.D., Galvão, I.T.O.M., Bertolini, M., Rondina, D. (2019). Impact of short nutrient stimuli with different energy source on follicle dynamics and quality of oocyte from hormonally stimulated goats. *Reprod. Domest. Anim.* 54(9):1206-1216.
- Amanlou, H., Karimi, A., Mahjoubi, E., Milis, C. (2011). Effects of supplementation with digestible undegradable protein in late pregnancy on ewe colostrums production and lamb output to weaning. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 95(5):616-622.
- Arco-Pérez, A., Ramos-Morales, E., Yáñez-Ruiz, D.R., Abecia, L., Martín-García, A.I. (2017). Nutritive evaluation and milk quality of including of tomato or olive by-products silages with sunflower oil in the diet of dairy goats. *Anim Feed Sci. Technol.* 232:57-70.

Arowolo, M.A., He, J. (2018). Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics: A review. *Anim. Nutr.* 4(3):241-249.

Bendixen, E., Danielsen, M., Hollung, K., Gianazza, E., Miller, I. (2011). Farm animal proteomics. A review. *J. Proteomics.* 74(3):282–293.

Bindari Y.R., Shrestha S., Shrestha, N., Gaire, T.N. (2013). Effects of nutrition on reproduction- A review. *Adv Appl. Sci. Res.* 4(1):421-429.

Blache, D., Maloney, S.K., Revell, D.K. (2008). Use and limitations of alternative feed resources to sustain and improve reproductive performance in sheep and goats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 147(3):140-157.

Bocquier, F., González-García, E. (2010). Sustainability of ruminant agriculture in the new context: feeding strategies and features of animal adaptability into the necessary holistic approach. *Animal.* 4(07)1258-1273.

Boland, M. P., P. Lonergan, and D. O’Callaghan. (2001). Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryo development. *Theriogenology.* 55(6):1323–1340.

Caldeira, R.M., Belo, A.T., Santos, C.C., Vazques, M.I., Portugal, A.V. (2007). The effect of long-term feed restriction and over-nutrition on body condition score, blood metabolites and hormonal profiles in ewes. *Small Rumin. Res.* 68(3):242-255.

Carrillo, E., Tejada, L.M., Meza-Herrera, C.A., Arellano-Rodríguez, G., Garcia, J. E., De Santiago-Miramontes, M. A., Véliz, F.G. (2011). Response of sexually inactive french alpine bucks to the stimulus of goats in estrus. *Livest Sci.* 141(2-3):202–206.

Cattaneo, D., Dell’Orto, V., Varisco, G., Agazzi, A., Savoini, G. (2006). Enrichment in n–3 fatty acids of goat's colostrum and milk by maternal fish oil supplementation. *Small Rumin. Res.* 64(2):22-29.

Castro, N., Capote, J., Bruckmaier, R. M., Argüello, A. (2011). Management effects on colostrogenesis in small ruminants: a review. *J. Appl. Anim. Res.* 39(2): 85–93.

Celi, P., Di Trana, A., Salvatore, C. (2008). Effects of perinatal nutrition on lactational performance, metabolic and hormonal profiles of dairy goats and respective kids. *Small Rumin Res.* 79(2008):129–136.

Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet, G. (2003). A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86(5):1751–1770.

Clark, S., Mora García, M. B. (2017). A 100-Year Review: Advances in goat milk research. *J. Dairy Sci.* 100(12):10026–10044.

Dawson, L.E.R., Carson, A.F., Kilpatrick, D.J. (1999). The effect of the digestible undegradable protein concentration of concentrates and protein source offered to ewes in late pregnancy on colostrum production and lamb performance. *Anim. Feed Sci. Technol.* 82(1-2):21–36.

De Santiago-Miramontes, M.A., Rivas-Muñoz, R., Muñoz-Gutiérrez, M., Malpoux, B., Scaramuzzi, R.J., Delgadillo, J.A. (2008). The ovulation rate in anoestrous female goats managed under grazing conditions and exposed to the male effect is increased by nutritional supplementation. *Anim. Reprod Sci.* 105(3-4):409–416.

De Santiago-Miramontes, M., Malpoux, A.B., Delgadillo, J.A. (2009). Body condition is associated with a shorter breeding season and reduced ovulation rate in subtropical goats. *Anim. Reprod Sci.* 114(1-3):175-182.

Daghigh, K.H., Mohamadi, CH.W., Hossein, K.A., Moghaddam, G., Rashidi, A., Sadri, H., Alijani, S. (2011). Effects of flushing and hormonal treatment on reproductive performance of Iranian markhoz goats. *J. Anim Physiol Anim Nutr.* 96(6):1157–1164.

Echavarria, CH.F.G., Gutierrez, L.R., Ledesma, R.R.I., Bañuelos, V.R., Aguilera S.J.I., Serna, P.A. (2006). Influence of small ruminant grazing systems in a semiarid range in the State of Zacatecas Mexico. I Native vegetation. *Téc Pec Méx.* 44(2):203-217.

Elghandour, M.M.Y., Kholif, A.E., Salem, A. Z.M., Montes de Oca, R., Barbabosa, A. Mariezcurrena, M., Olafadehan, O.A., (2016). Addressing sustainable ruminal methane

and carbon dioxide emissions of soybean hulls by organic acid salts. *J Clean Prod.* 135:194-200.

Escareño, L., Salinas-Gonzalez, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J., Meza-Herrera, C. (2012). Dairy goat production systems. *Trop Anim Health Prod.* 45(1):17–34.

Estrada-Cortes, E., Vera-Avila, H.R., Urrutia-Morales, J., Villagomez-Amezcuca, E., Jimenez-Severiano, H., Mejia-Guadarrama, C.A., Rivera-Lozano, M.T., Gamez-Vazquez, H.G. (2009). Nutritional status influences reproductive seasonality in Creole goats: 1. Ovarian activity during seasonal reproductive transitions. *Anim Reprod Sci.* 116(3-4):282-290.

FAO. Food and Agriculture Organization. (2016). Production Share of Goats by Region, Sum 1999-2014. <http://fenix.fao.org/faostat/beta/en/#data/QA/visualize>. Consultado el 24 de enero, 2020.

Fatet, A., Pellicer-Rubio, M-T., Leboeuf, B. (2011). Reproductive cycle of goats. *Anim Reprod Sci.* 124(3-4):211–219.

Forcada, F., Abecia, J.A. (2006). The effect of nutrition on the seasonality of reproduction in ewes. *Reprod Nutr Dev.* 46(4):355-365.

García-García, R.M. (2012). Integrative control of energy balance and reproduction in females. *ISRN Vet Sci.* 2012:121389.

Gallego-Calvo, L., Gatica, M.C., Guzman, J L., Zarazaga, L.A. (2014). Role of body condition score and body weight in the control of seasonal reproduction in Blanca Andaluza goats. *Anim Reprod Sci.* 151(3-4):157-163.

Gaytán, L., Salem, A.F.Z.M., Rodríguez, A., García, J.E., Arévalo, J.R., Mellado, M. (2015). Age and season effects on quality of diets selected by criollo crossbred goats on rangeland. *Anim Prod Sci.* 55(6):758.

Guerrero-Cervantes, M., Ramirez, R.G., Cerrillo-Soto, M.A., Montoya-Escalante, R., Nevarez-Carrasco, G., Juárez-Reyes, A.S. (2009). Dry Matter Digestion of Native Forages Consumed by Range Goats in North Mexico. *J. Anim. Vet. Adv.* 8(3):408-412.

Habibizad, J., Riasi, A., Kohram, H., Rahmani, H.R. (2015). Effect of long-term or short-term supplementation of high energy or high energy-protein diets on ovarian follicles and blood metabolites and hormones in ewes. *Small Rum Res.* 132:37-43.

Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Rinne, M., Lamminen, M., Mapato, C., Ampapon, T., Wanapat, M., Vanhatalo, A. (2018). Review: Alternative and novel feeds for ruminants: nutritive value, product quality and environmental aspects. *Animal.* 12(2):295-309.

Haenlein, G.F.W., Ramirez, R.G. (2007). Potential mineral deficiencies on arid rangelands for small ruminants with special reference to Mexico. *Small Rum Res.* 68(1-2):35–41.

Haruna, S., Kuroiwa, T., Lu, W., Zabuli, J., Tanaka, T., Kamomae, H. (2009). The effects of short-term nutritional stimulus before and after the luteolysis on metabolic status, reproductive hormones and ovarian activity in goats. *J Reprod. Dev.* 55(1):39–44.

Hernández-Castellano, L.E., Ferreira, A.M., Nanni, P., Grossmann, J., Argüello, A., Capote, J., Gouhong, C., Lippolis, J., Castro, N., De Almeida, A.M. (2016). The goat (*Capra hircus*) mammary gland secretory tissue proteome as influenced by weight loss: A study using label free proteomics. *J. Proteomics.* 145:60–69.

Hostetler, C.E., Kincaid, R.L., Mirando, M.A. (2003). The role of essential trace elements in embryonic and fetal development in livestock. *Vet. J.* 166(2):125–139.

Ingvartsen, K.L., Boisclair, Y.R. (2001). Leptin and the regulation of food intake, energy homeostasis and immunity with special focus on periparturient ruminants. *Domest. Anim. Endocrinol.* 21(4):215–250.

Kawas, J.R., Andrade-Montemayor, H., Lu, C.D. (2010). Strategic nutrient supplementation of free-ranging goats. *Small Rum. Res.* 89(2-3):234-243.

Kusina, N. ., Chinuwo, T., Hamudikuwanda, H., Ndlovu, L., Muzanenhamo, S. (2001). Effect of different dietary energy level intakes on efficiency of estrus synchronization and fertility in Mashona goat does. *Small Rum Res.* 39(3):283–288.

Landau, S., Perevolotsky, A., Bonfil, D., Barkai, D., & Silanikove, N. (2000). Utilization of low quality resources by small ruminants in Mediterranean agro-pastoral systems: the case of browse and aftermath cereal stubble. *Livest Prod Sci.* 64(1):39–49.

Lérias, J.R., Hernández-Castellano, L.E., Suárez-Trujillo, A., Castro, N., Pourlis, A., Almeida, A.M. (2014). The mammary gland in small ruminants: major morphological and functional events underlying milk production – a review. *J. Dairy Res.* 81(03):304–318.

Lérias, J.R., Peña, R., Hernández-Castellano, L.E., Capote, J., Castro, N., Arguello, A., Araújo, S.S., Saco, Y., Bassols, A., Almeida, A.M. (2015). Establishment of the biochemical and endocrine blood profiles in the Majorera and Palmera dairy goat breeds: the effect of feed restriction. *J. Dairy Res.* 82(04):416–425.

Letelier, C., Mallo, F., Encinas, T., Ros, J. M., Gonzalez-Bulnes, A. (2008). Glucogenic supply increases ovulation rate by modifying follicle recruitment and subsequent development of preovulatory follicles without effects on ghrelin secretion. *Reproduction.* 136(1):65–72.

Liu, Y., Li, T., Qi, H., Li, J., Yin, X. (2009). Effects of grafting on carbohydrate accumulation and sugar-metabolic enzyme activities in muskmelon. *Afr. J. Adv. Biotechnol.* 8: 25-35.

Lopes, F.C., Rodrigues d,K.A., Costa, C.W.A., Aires, N.F.V., Becerra d.J., Mendes, d.P.C.d., M, P.L., A, S.J.B., A, F.C.I., Soares, b.J. (2016). Lactation curve and milk quality of goats experimentally infected with *Trypanosoma vivax*. *Exp. Parasitol.* 167:17–24.

Lu, C.D., Kawas, J.R., Mahgoub, O.G. (2005). Fibre digestion and utilization in goats. *Small Rum. Res.* 60(1-2):45–52.

Luna-Orozco, J.R., Meza-Herrera, C.A., Contreras-Villarreal, V., Hernández-Macías, N., Angel-Garcia, O., Carrillo, E., Mellado, M., Véliz-Deras, F.G. (2015). Effects of supplementation during late gestation on goat performance and behavior under rangeland conditions. *J. Anim. Sci.* 93(2015):4153–4160.

Mahboub, H.D.H., Ramadan, S.G.A., Helal, M.A.Y. Aziz, E.A.K. (2013) Effect of maternal feeding in late pregnancy on behavior and performance of Egyptian goat and sheep and their offspring. *Global Vet.* (11):168-176.

Marcos, C.N., de Evan, T., Molina-Alcaide, E., Carro M.D. (2019). Nutritive value of tomato pomace for ruminants and its influence on In vitro methane production. *Animals.* 9(6):343-358.

Mellado, M., Gonzalez, H., Garcia, J.E. (2001). Body traits, parity and number of fetuses as risk factors for abortion in range goats. *Agrociencia*. 35:124–128.

Mellado, M., Valdez, R., Lara, L.M., Lopez, R. (2003). Stocking rate effects on goats: A research observation. *J. Range Manage.* 56:167-173.

Mellado, M., Valdez, R., Lara, L.M., García, J.E. (2004). Risk factors involved in conception, abortion, and kidding rates of goats under extensive conditions. *Small Rum. Res.* 55(1-3):191–198.

Mellado, M., Rodríguez, A., Villarreal, J.A., Olvera, A. (2005). The effect of pregnancy and lactation on diet composition and dietary preference of goats in a desert rangeland. *Small Rum. Res.* 58(1):79–85.

Mellado, M., Olivares, L., Pittroff, W., Díaz, H., López, R., Villarreal, J.A. (2007). Oral morphology and dietary choices of goats on rangeland. *Small Rum. Res.* 71(1-3):194–199.

Mellado, M. (2016). Dietary selection by goats and the implications for range management in the Chihuahuan Desert: a review. *The Rangeland Journal*. 38(4): 331-341.

Mellado, M., Aguilar, C.N., Arevalo, J.R., Rodriguez, A. Garcia, J.E., Mellado, J. 2011. Selection for nutrients by pregnant goats on a microphyll desert scrub. *Animal*. 5(6):972-979.

Meza-Herrera, C.A., Sanchez, S.J.M., Chavez-Perches, J.G., Salinas, H., Mellado, M. (2004). Protein supplementation, body condition and ovarian activity in goats. preovulatory serum profile of insulin. *S. Afr. J. Anim Sci.* 34:223–226.

Meza-Herrera, C.A., Hallford, D.M., Ortiz, J.A., Cuevas, R.A., Sanchez, J.M., Salinas, H., Mellado, M., Gonzalez-Bulnes, A. (2008). Body condition and protein supplementation positively affect periovulatory ovarian activity by non LH-mediated pathways in goats. *Anim Reprod Sci* 106:412–420.

Meza-Herrera, C.A., Cano-Villegas, O., Flores-Hernandez, A., Veliz-Deras, F.G., Calderon-Leyva, G., Guillen-Muñoz, J.M., Peña, C.A., Rosales-Nieto, C.A., Macias-Cruz, U., Avendaño, Reyes.L. (2017). Reproductive outcomes of anestrous goats

supplemented with spineless *Opuntia megacantha* Salm-Dyck protein-enriched cladodes and exposed to the male effect. *Trop Anim Health Prod.* 49(7):1511–1516.

Meza-Herrera, C.A., Santamaría-Estrada, C.E., Flores-Hernández, A., Cano-Villegas, O., De la Peña, C.G., Macias-Cruz, U., Calderon-Leyva G., Angel-García, O., Carrillo-Moreno, D., Véliz-Deras, F.G. (2019). The *Opuntia* effect upon the out-of-season embryo implantation rate in goats: Corpus luteal number, corpus luteal diameter and serum progesterone concentrations. *Livest Sci.* 228:201-206.

Miller, M., Amse, S., Boehm, J., Gonzales, B. (2001). Presumptive copper deficiency in hand-reared captive pronghorn (*antilocapra americana*) fawns. *J. Zoo Wildl. Med.* 32(3):373–378.

Mundim, A.V., Costa, A.S., Mundim, S.A.P., Guimarães, E.C., Espindola, F.S. (2007). Influência da ordem e estádios da lactação no perfil bioquímico sanguíneo de cabras da raça Saanen. *Arq. Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia.* 59(2):306–312.

Muñoz-Gutierrez, M., Blache, D., Martin, G., Scaramuzzi, R. (2002). Folliculogenesis and ovarian expression of mRNA encoding aromatase in anoestrous sheep after 5 days of glucose or glucosamine infusion or supplementary lupin feeding. *Reproduction.* 124(5):721–731.

Muñoz-Gutierrez, M., Blache, D., Martin, G.B., Scaramuzzi, R.J. (2004). Ovarian follicular expression of mRNA encoding the type I IGF receptor and IGF-binding protein-2 in sheep following five days of nutritional supplementation with glucose, glucosamine or lupins. *Reproduction.* 128(6):747–756.

Nogueira, D.M., Eshtaeba, A., Cavalieri, J., Fitzpatrick, L.A., Gummow, B., Blache, D., Parker, A.J. (2017). Short-term supplementation with maize increases ovulation rate in goats when dietary metabolizable energy provides requirements for both maintenance and 1.5 times maintenance. *Theriogenology.* 89:97–105.

NRC (2007). 'Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids.' (*National Academy Press: Washington, DC.*)

- Nnadi P.A., Kamalu T.N. Onah D.N. (2007). Effect of dietary protein supplementation on performance of West African Dwarf (WAD) does during pregnancy and lactation. *Small Rum. Res.* 71:200–204.
- Oztabak, K., Serbester, U., Esen Gursel, F., Akis, I., Ates, A., Yardibi, H., Atmaca, G., Koluman, N. (2019). Effect of fish oil on performance and serum adipokine levels of dairy does during gestation period. *Pol J Vet Sci.* 22(2):213-220.
- Pardo, G., Martin-Garcia, I., Arco, A., Yañez-Ruiz, D.R., Moral, R., Del Prado, A. (2016). Greenhouse-gas mitigation potential of agro-industrial by-products in the diet of dairy goats in Spain: a life-cycle perspective. *Animal Prod Sci.* 56(3):646–654.
- Pecka-Kiełb, E., Zachwieja, A., Wojtas, E., Zawadzki, W. (2018). Influence of nutrition on the quality of colostrum and milk of ruminants. *Mljekarstvo.* 68(3):169-181.
- Rabiee, A.R., Lean, I.J., Steverson, M.A., Socha, M.T. (2010). Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 93(9):4239-4251.
- Ramírez-Orduña, R., Ramírez, R.G., Romero-Vadillo, E., González-Rodríguez, H., Armenta-Quintana, J.A., Avalos-Castro, R. (2008). Diet and nutrition of range goats on a sarcocaulous shrubland from Baja California Sur, Mexico. *Small Rum. Res.* 76(3):166–176.
- Rekik, M., Gonzalez-Bulnes, A., Lassoued, N., Ben Salem, H., Tounsi, A., Ben Salem, I. (2011). The cactus effect: an alternative to the lupin effect for increasing ovulation rate in sheep reared in semi-arid regions? *J Anim Physiol Anim Nutr.* 96(2):242–249.
- Rondina, D., Freitas, V., Spinaci, M., Galeati, G. (2005). Effect of nutrition on plasma progesterone levels, metabolic parameters and small follicles development in unstimulated goats reared under constant photoperiod regimen. *Reprod. Domest. Anim.* 40(6):548–552.
- Rondina, D., Freitas, V.J.F., Bruno, J.B., Celestino, J.J.H., Santos, R.R. (2017). Mitotic index and morphological characteristics of ovarian small follicles from goats submitted to nutritionally unbalanced regimens. *Zygote.* 25(5):567-574.

Roy, D., Dey, S., Majumder, G.C., Bhattacharyya, D. (2013). Copper: a biphasic regulator of caprine sperm forward progression. *Syst Biol Reprod Med.* 60(1):52–57.

Sahu S, Babu LK, Karna DK, Behera K, Kanungo S, Kaswan S, Biswas P, Patra JK. (2013). Effect of different level of concentrate supplementation on the periparturient growth performance of ganjam goat in extensive system, *Vet World.* 6(7):428-432.

Scaramuzzi, R.J., Campbell, B.K., Downing, J.A., Kendall, N.R., Khalid, M., Munoz-Gutierrez, M., Somchit, A. (2006). A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod Nutr Dev.* 46(4):339-354.

Scaramuzzi, R., Martin, G. (2008). The importance of interactions among nutrition, seasonality and socio-sexual factors in the development of hormone-free methods for controlling fertility. *Reprod. Domest. Anim.* 43:129–136.

Scaramuzzi, R.J., Brown, H.M., Dupont, J. (2010). Nutritional and metabolic mechanisms in the ovary and their role in mediating the effects of diet on folliculogenesis: a perspective. *Reprod Domest Anim.* 45(3):32-41.

Scaramuzzi, R.J., Baird, D.T., Campbell, B.K., Driancourt, M.A., Dupont, J., Fortune, J.E., Gilchrist, R.B., Martin, G.B., McNatty, A.S., McNeilly, K.P., Monget, P., Monniaux, D., Viñoles, C., Webb, R. (2011). Regulation of folliculogenesis and the determination of ovulation rate in ruminants. *Reprod. Fertil Dev.* 23(3):444–467.

Schacht, W.H., Kawas, J.R., Malechek, J.C. (1992). Effects of supplemental urea and molasses on dry season weight gains of goats in semiarid tropical woodland, Brazil. *Small Rum. Res.* 7(3):235–244.

Shahneh, Z., Sadeghipanah, A., Javaheri Barfouroushi, H. and Emami-mibody. M. A. (2008). Effects of equine chorionic gonadotropin (eCG) administration and flushing on reproductive performance in Nadooshan goats of Iran. *Afr. J. Biotechnol.* 7(18):3373-3379.

Stover, M.G., Watson, R.R., Collier, R.J. (2016). Pre- and probiotic supplementation in ruminant livestock production. *Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics.* 938:25–36.

Symonds, M., Clarke, L. (1996). Nutrition-environment interactions in pregnancy. *Nutr Res Rev.* 9(1):135–148.

Tanaka, T., Yamaguchi, T., kamomae, H., Kaneda, Y. (2003). Nutritionally induced body weight loss and ovarian quiescence in shiba goats. *J. Reprod. Dev.* 49(1):113–119.

Tanaka, T., Fujiwara, K.I., Kim, S., Kamomae, H., Kaneda, Y. (2004). Ovarian and hormonal responses to a progesterone-releasing controlled internal drug releasing treatment in dietary-restricted goats. *Anim Reprod Sci.* 84(1-2):135–146.

Teleni, E, Rowe, J.B, Croker, K.P, Murray, P.J, King, W.R. (1989). Lupins and energy-yielding nutrients in ewes. II. Responses in ovulation rate in ewes to increased availability of glucose, acetate and amino acids. *Reprod. Fertil. Dev.* 1(2):117.

Urrutia-Morales, J., Meza-Herrera, C.A., Tello-Varela, L., Díaz-Gómez, M.O., Beltrán-López, S. (2012). Effect of nutritional supplementation upon pregnancy rates of goats under semiarid rangelands and exposed to the male effect. *Trop Anim Health Prod.* 44(7):1473–1477.

Véliz, F.G., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A (2006). Positive correlation between the body weight of anestrus goats and their response to the male effect with sexually active bucks. *Reprod. Nutr. Dev.* 46(6):657–661.

Véliz-Deras, F.G., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M., Contreras-Villarreal, V., Gaytán-Alemán, L.R., Guillén-Muñoz, J.M. (2020). The effect of P4 + eCG estrus induction protocol during the deep and the transition anestrus period on the reproductive performance of crossbred dairy goats. *Biology.* 9(10):311.

Vernon, R.G., Clegg, R.A., Flint, D.J. (1985). Adaptations of adipose tissue metabolism and number of insulin receptors in pregnant sheep. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry.* 81(4):909–913.

Viñoles, C., Forsberg, M., Martin, G.B., Cajarville, C., Repetto, J., Meikle, A. (2005). Short-term nutritional supplementation of ewes in low body condition affects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones. *Reproduction.* 129(3):299–309.

Viñoles, C., Meikle, A. Martin, G.B. (2009). Short-term nutritional treatments grazing legumes or feeding concentrates increase prolificacy in Corriedale ewes. *Anim Reprod. Sci.* 113 (2009) 82–92.

Webb, R., Garnsworthy, P.C., Gong, J.G. Armstrong, D.G. (2004) Control of follicular growth: Local interactions and nutritional influences. *J. Anim. Sci.* 82:63–74.

Yadav, D., Singh, A.K., Kumar, B., Mahla, A.S., Singh, S.K., Patra, M.K., Kumar, H., Kumar, S., Tyagi, B., Verma, M.R., Krishnaswamy, N. (2019). Effect of n-3 PUFA-rich fish oil supplementation during late gestation on kidding, uterine involution and resumption of follicular activity in goat. *Reprod Domest Anim.* 53(12):1651-1659.

Yatoo, M.I., Saxena, A., Deepa, P.M., Habeab, B.P., Devi, S., Jatav, R.S., Dimri, U. (2013). Role of trace elements in animals: a review. *Vet. World.* 6(12):963-967.

Zabuli, J., Tanaka, T., Lu, W., Kamomae, H. (2010). Intermittent nutritional stimulus by short-term treatment of high-energy diet promotes ovarian performance together with increases in blood levels of glucose and insulin in cycling goats. *Anim. Reprod. Sci.* 122(3-4):288–293.

Zabuli, J., Tanaka, T., Lu, W., Kuroiwa, T., & Kamomae, H. (2009). Responses of gonadotropin secretion to short-term dietary supplementation in ovariectomized goats with different body weights. *Anim. Reprod. Sci.* 116(3-4):274–281.

Zarazaga, L.A., Guzmán, J.L., Domínguez, C., Pérez, M.C., Prieto, R. (2005). Effect of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. *Anim. Reprod. Sci.* 87(3-4), 253–267.

Zarazaga, L.A., Celi, I., Guzmán, J.L., Malpoux, B. (2011). The response of luteinizing hormone secretion to photoperiod is modified by the level of nutrition in female Mediterranean goats. *Anim Reprod. Sci.* 126(1-2):83–90.

ARTÍCULO ACEPTADO

1 **BF-1464**

2 **Original Research Article**

3 **Effect of supplementation with dehydrated *Cucumis melo* and copper on reproductive**
4 **performance of goats on rangeland**

5 J. Mendoza-Carreola ¹, G. Calderón-Leyva ², F.G. Veliz-Deras³, O. Ángel-García³,
6 F. Arellano-Rodríguez², V. Contreras-Villarreal³, L.R. Gaytán-Alemán^{4*}

7

8 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Posgrado en Ciencias en Producción
9 Agropecuaria, Periférico Raúl López Sánchez s/n, Colonia Valle Verde, Torreón, Coahuila,
10 México

11

12

ABSTRACT

13 **Background.** Microelements are essential for the reproduction of goats; short-term energy
14 supplementation also improves the estrus and ovulatory response to estrus synchronization.
15 The influence of supplementation of cantaloupe leftover and/or copper sulphate on the
16 reproductive response of anovulatory adult goats on rangeland was evaluated. **Methods.** Sixty-
17 seven mixed-breed adult goats were divided into four experimental groups: Control (C, n=16),
18 without cantaloupe or Cu supplementation; Copper group (Cu, n=17), supplemented with 1 mL
19 of copper sulphate at 2.5%; Cantaloupe group (Ca, n=17), supplemented with 200 g of *Cucumis*

* Corresponding author's e-mail: zukygay_7@hotmail.com

¹Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.

²Departamento de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.

³Departamento de Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.

⁴Departamento de Salubridad e Higiene, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.

20 *melo* and; Cu and cantaloupe group (Ca-Cu, n=17), supplemented with 1 mL of copper sulphate
21 + 200 g of *Cucumis melo*. Estrus of goats was synchronized, and fixed-time artificial insemination
22 (FTAI) was applied. **Results.** There was an increase in ovulation rate for the Ca-Cu goats when
23 compared to C (1.93 vs 1.46, respectively). Also, embryo losses decreased for Ca-Cu goats
24 compared to C, Cu and Ca (13 vs. 42.33%, $p<0.05$). It was concluded that the combined
25 supplementation of cantaloupe leftovers and Cu could be an alternative to increase the ovulation
26 rate and decrease embryo losses, a frequent reproductive problem in goats on rangeland.

27 **Key-words: *Cucumis melo*, Copper, goats, reproductive response, supplementation.**

28

INTRODUCTION

29 Goats are a central part of the livestock industry in the world (Azrul-Lokman *et al.* 2018;
30 Karnani *et al.* 2021), with most of the goats located in arid and semiarid zones (Mellado *et al.*
31 2012). In the semi-arid areas of northern Mexico, goats are exploited extensively they have
32 seasonal anestrus, which coincides with the dry season (spring), where forage's availability and
33 nutritional value decreases (Urrutia-Morales *et al.* 2012). During this season, forages of
34 rangelands have high levels of fiber, which does not provide enough nutrients to satisfy the
35 reproductive function of goats (Alexandre and Mandonnet, 2005; Mahfuz *et al.* 2018). This low
36 nutrient ingestion is reflected in decreased body energy reserves, which significantly affect the
37 reproductive function of female goats (Urrutia-Morales *et al.* 2012). A strategy to mitigate low
38 nutrient intake is to offer feed supplementation during the dry season (Kawas *et al.* 2010). Feed
39 supplementation can enhance the response of goats to estrus synchronization (Nogueira *et al.*
40 2016). It has also been reported that short-term nutritional supplementation increases the
41 ovulatory rate (Scaramuzzi *et al.* 2010). That energy supplementation could be administered

42 using agricultural byproducts such as fruit leftovers, like cantaloupe, which has a high level of
43 energy (Liu *et al.* 2009).

44 Besides energy, other essential nutrients are microelements necessary for growth,
45 production (Yatoo *et al.* 2013), and reproduction (Chester-Jones *et al.* 2013). It has been
46 reported that the ovarian activity in ruminants is affected by mineral deficiency (Yatoo *et al.*
47 2013), particularly Cu, for its role in reproduction. This element has been reported as the second
48 most widespread mineral deficiency that affects grazing cattle globally (Anchordoquy *et al.*
49 2021). Pregnancy is associated with an increase of plasma Cu as serum ceruloplasmin. Also, it
50 has been demonstrated that embryonic death and fetal losses happen with Cu deficiencies (Hill
51 and Shanon, 2019). Considering those above, this study aimed to evaluate the influence of an
52 energetic supplementation (cantaloupe crop leftovers) and copper upon the reproductive
53 response of adult goats during seasonal anestrous and kept on a semi-arid rangeland of northern
54 Mexico.

55 MATERIALS AND METHODS

56 **Ethics statement:** All methods and procedures used in this study regarding animal use
57 and care were performed in strict conformity of international (FASS, 2010) and national (NAM,
58 2002) guidelines for the use and care of animals with institutional approval number UAAAN-UL-
59 38111-425503002-2867.

60 **Location and environmental conditions:** This investigation was carried out in Ejido
61 Petronilas in northern Mexico from April to June 2018 (25° N, 103° W). This site is located at
62 1111 meters above sea level, has a semi-arid climate, an average annual rainfall of 230 mm,
63 and an average yearly temperature of 22.5 °C.

64 **Animals and experimental treatments:** Sixty-seven mixed breed multiparous goats,
65 managed under a semi-intensive system, were used. Goats grazed during the day (11:00
66 to 16:00 h) and were penned at night, with free access to clean water. Goats were randomly
67 divided into four homogenous groups considering body weight (BW, 38 ± 2.7 kg) and body
68 condition score (BCS, 2.13 ± 0.2 units), and assigned to the following treatments: Control (C,
69 $n=16$), without food or mineral supplementation; Copper group (Cu, $n=17$), which received 1 mL
70 of copper sulphate at 1% (CuSO_4 , distilled water plus 1% copper sulfate) s.c. one dose per
71 animal at -30 days (FTAI, 0 day); cantaloupe group (Ca, $n=17$) which was supplemented with
72 200 g of dehydrated cantaloupe (*Cucumis melo*) per animal at 8:00 h, before goats were led out
73 to graze, during 14 days, starting at day -7 (FTAI); goats in the copper and cantaloupe group
74 (Ca-Cu, $n=17$) were supplemented with copper sulphate and cantaloupe in the same amounts
75 and frequency as the Ca and Cu groups. A schematic representation with the main activities
76 performed during the experimental protocol is shown in figure 1.

77 **Supplementation with *C. melo*:** To supplement the Ca and Ca-Cu, the leftovers of the
78 cantaloupe harvest were used for goats due to their unsuitable quality for human consumption.
79 This material was harvested, crushed, and left to dry at ambient temperature until dehydrated.
80 Afterward it was ground and stored in a fresh and dry place until used. The chemical composition
81 of the processed cantaloupe (Table 1).

82 **Synchronization and FTAI:** Goats from the four groups were subjected to estrus
83 synchronization administering 20 mg of progesterone (0.4 mL per goat, i.m.; Progesterona®,
84 Zoetis, México) four days before insemination. 24 h after the progesterone administration, 50 IU
85 of human chorionic gonadotrophin (hCG) were administered in the vulvar submucosa

86 (Chorulon®, Intervet). 72 h after signs of estrus, fixed-time artificial insemination (FTAI; day 0)
87 was performed in the cervical area with fresh semen (Figure 1).

88 **Measurements and response variables**

89 ***Bodyweight (BW), body condition score (BCS), and serum glucose concentrations:***

90 Each goat was weighted before the beginning of the feed supplementation and at the end of the
91 study, using a weighing scale (WeiHeng, Model: WH-C100, China). The BCS was determined
92 by dorsal and costal palpation on a 1-5 scale, with one being very thin and five being overly fat,
93 with intermediate points. A blood sample was extracted by jugular venipuncture to quantify the
94 serum glucose levels (Accu-Check® Sensor Comfort, Roche, Mexico). BW, glucose levels, and
95 BCS were recorded before the beginning of the treatments, seven days before FTAI, the day of
96 FTAI, and seven days after FTAI (-30 -7, 0 y 7 d, respectively).

97 ***Ovulatory response, ovulatory and embryonic rate, and pregnancy diagnosis:*** Ten
98 days after FTAI, the percentage of females ovulating was determined by observing the presence
99 of *corpus luteums*. For this, a transrectal ultrasound was used with a 7.5 MHz transducer (Aloka
100 SSD 500 echo camera, Overseas Monitor Corp. Ltd., Richmond, BC, Canada) and, afterward,
101 the ovulatory rate was calculated (total number of *corpus luteums* divided by the number of goats
102 in each group). Also, a transrectal ultrasound exam was carried out 28 days after FTAI to quantify
103 the number of embryos (embryonic rate) and, at 45 days post-FTAI, the pregnancy diagnosis
104 was performed. All evaluations were performed at 08:00 h by the same expert technician.

105 ***Statistical analyses:*** The statistical model used for the data obtained for the BW, BCS,
106 and serum glucose level variables was an analysis of variance (GLM procedure of SAS) for
107 comparing independent groups. When statistical differences were found, an LSD test was
108 performed to establish differences between treatment means. The percentage of females that

109 ovulated and the ovulatory, embryonic, and pregnancy rates were compared by SAS's
110 GENMOD procedure (9.1 version, Cary, NC, EE. UU.). The results are presented as means (\pm
111 SE), and differences were considered significant with $p \leq 0.05$.

112

113 **RESULTS AND DISCUSSION**

114 The present research hypothesized that supplementation with dehydrated cantaloupe
115 and/or copper sulphate before and after insemination would enhance the metabolic state and
116 the reproductive response of goats on rangeland. There were no significant changes for BW due
117 to treatments. Likewise, BCS did not vary with treatments ($p < 0.05$; Table 2). However, some
118 relevant changes were detected for the reproductive response. The ovulatory rate was higher
119 for the Ca-Cu than C ($p < 0.05$). In this matter, it has been demonstrated that a short-term
120 energetic supplementation increases in the ovulatory rate and prolificity in small ruminants
121 (Scaramuzzi *et al.* 2006). Goats in the Ca-Cu group showed fewer embryo losses than C, Cu,
122 and Ca goats (13 vs 42.33%, $p < 0.05$), probably due to the interaction or the feed
123 supplementation with cantaloupe and Cu, because of the antioxidant properties of cantaloupe
124 (Bianchi *et al.* 2016), which improves blood flow in the endometrium, and has less
125 hyperandrogenism, which helps to have higher fertility and a better embryos implantation
126 (Agarwal *et al.* 2012). Also, Cu probably potentiated such antioxidant effects because it plays an
127 important role in eliminating the excessive production of superoxide radicals, improving embryo
128 survival by increasing implantation and cellular division (Narasimhaiah *et al.* 2018; Kalmath and
129 Narayana, 2019). Considering that groups treated separately with Cu and cantaloupe showed
130 no differences compared with C, we assume a synergism between cantaloupe and Cu,
131 benefiting the ovulatory rate and decreasing the embryo losses.

132 Additional energy intake has been shown to increase body energy stores, essentials for
133 reproductive performance (Widiyono *et al.* 2020). However, BSC in our experimental animals
134 did change with the feed supplementation (average 2.1 ± 0.1 , $p > 0.05$). So, we consider that
135 grazing in grasslands was sufficient to satisfy their metabolic maintenance needs, which was
136 also reflected in blood glucose levels since very similar results were observed between the
137 treated groups ($p > 0.05$).

138 Even though in previous studies it has been proposed that goats can select a diet that
139 reflects their needs of protein by their physiologic state (Mellado *et al.* 2006), results of the
140 present study show that grazing goats were not able to obtain the total recommended amount
141 of protein for pregnancy, because only about 50% of the goats from the supplemented groups
142 with cantaloupe and the control group got pregnant (C, 56 vs Ca-Cu, 47%; $p > 0.05$). Although
143 Cu has been related to an essential role in the metabolism of proteins, lipids, and carbohydrates
144 (Underwood and Suttle, 2003), the Cu group had the lowest number of embryos and pregnancy
145 percentage of all groups (Table 3). On the other hand, even though no significant differences
146 were observed, the ovulatory rate slightly increased compared to the control group. These
147 results are consistent with Peacey *et al.* (2020) who reported that exogenously added Cu can
148 interact with receptors and other extracellular components to promote the release of GnRH-I
149 and influence the action of LH/FSH. Using a greater number of animals in our experiment, we
150 could have a significant difference between the goats supplemented with copper and the control
151 group in terms of ovulatory rate.

152 We consider is essential to conduct additional research to elucidate the interaction of
153 copper and cantaloupe with molecular measurements to understand better its effect upon
154 reproductive parameters in goats on rangeland.

155

CONCLUSION

156 Cantaloupe byproduct, which an agricultural waste, in combination with copper, can be
157 supplemented to the diet of goats on rangeland to compensate for nutrient deficiency. This
158 combination markedly improved the reproductive performance of mixed-breed goats during the
159 dry season.

160 **Acknowledgments:** The authors would like to thank the financial support given by the
161 project with registry number 2017-4-291691, provided by SEDER-CONACyT. Which contributed
162 significantly to the generation of most of the information presented in this document.

163

164

165

REFERENCES

166 Anchordoquy, J.P., Lorenti, S.N., Polero, G.S., Farnetano, N.A., Rosa, D.E., Fabra, M.C.,
167 Carranza-Martin, A.C., Nicoloff, N. Furnus, C.C. and Anchordoquy, J.M. (2021). Parenteral
168 Copper Administration at the Beginning of a Fixed-Time Artificial Insemination Protocol in Beef
169 Cattle: Effect on Ovarian Function and Pregnancy Rates. Biological Trace Element Research.
170 doi:10.1007/s12011-021-02795-y

171 Alexandre, G. and Mandonnet, N. (2005). Goat meat production in harsh environments. Small
172 Ruminant Research, 60: 53-66.

173 Agarwal, A., Aponte-Mellado, A., Premkumar, B.J., Shaman, A. and Gupta, S. (2012). The
174 effects of oxidative stress on female reproduction: a review. Reproductive Biology and
175 Endocrinology, 10: 49.

- 176 Azrul-Lokman, M., Pongpong, K., Jittapalpong, S. and Prasanpanich, S. (2018). Preliminary
177 observation on feeding behaviour and physical characteristics of goats following
178 supplementation of *Sesbania grandiflora* leaves. *Malaysian Applied Biology*, 47: 89-93.
- 179 Bianchi, T., Guerrero, L., Gratacós-Cubarsí, M., Claret, A., Argyris, J., Garcia-Mas, J. and
180 Hortós, M. (2016). Textural properties of different melon (*Cucumis melo* L.) fruit types: Sensory
181 and physical-chemical evaluation. *Scientia Horticulture*, 201: 46-56.
- 182 Chester-Jones, H., Vermeire, D., Brommelsiek, W., Brokken, K., Marx, G. and Linn J.G. (2013).
183 Effect of trace mineral source on reproduction and milk production in Holstein cows. *The*
184 *Professional Animal Scientist*, 29: 289-297.
- 185 Federation Animal Science Society (FASS). 2010. Guide for the care and use of agricultural
186 animals in agricultural research and teaching. FASS, Savoy, IL.
- 187 Hill, G.M. and Shannon, M.C. (2019). Copper and Zinc Nutritional Issues for Agricultural Animal
188 Production. *Biological Trace Element Research*. 188(1):148-159.
- 189 Karnani, M., Dhuria, R.K., Sharma, T. and Manju (2021). Effect of Supplementation of Herbal
190 Products as Feed Additive on Rumen Metabolites in Marwari Goats. *Indian Journal of Animal*
191 *Research*. 55(2): 185-188.
- 192 Kawas, J.R., Andrade-Montemayor, H. and Lu, C.D. (2010). Strategic nutrient supplementation
193 of free-ranging goats. *Small Ruminant Research*, 89: 234-243.
- 194 Kalmath, G.P. and Narayana, M. (2019). Effect of antioxidants supplementation on plasma
195 hormonal profiles in Hallikar cattle during different seasons. *Indian Journal of Animal Research*,
196 53(1): 28-32.

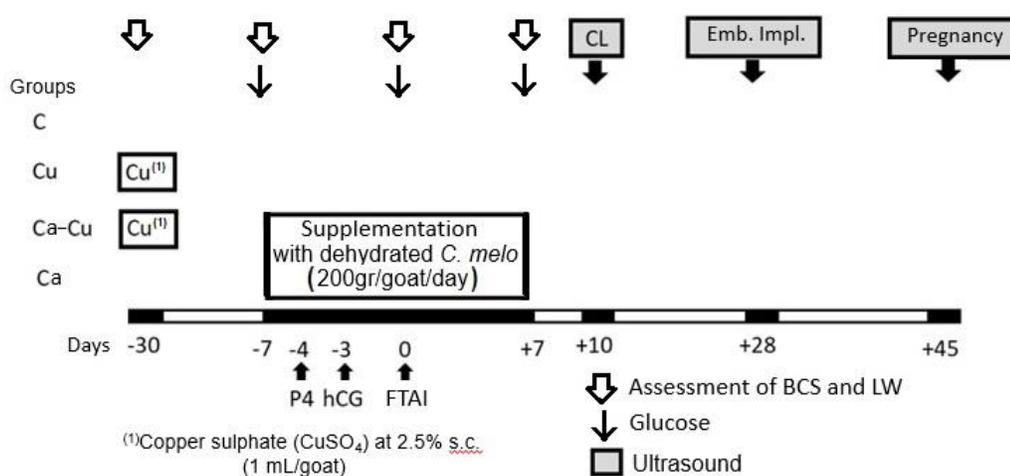
- 197 Liu, Y., Li, T., Qi, H., Li, J., and Yin, X. (2009). Effects of grafting on carbohydrate accumulation
198 and sugar-metabolic enzyme activities in muskmelon. *African Journal of Biotechnology*, 8: 25-
199 35.
- 200 Mahfuz, S.U., Islam, M.SD., Chowdhury, M.R., Islam, S., Hasan M.K., and Uddin, M.N. (2018).
201 Influence of concentrate supplementation on production and reproduction performance of female
202 Black Bengal goat. *Indian Journal of Animal Research*. 55(2): 185-188.
- 203 Mellado, M., Estrada, R., Olivares, L., Pastor, F., and Mellado, J. (2006). Diet selection among
204 goats of different milk production potential on rangeland. *Journal of Arid Environments*, 66: 127-
205 134.
- 206 Mellado, M., Rodriguez, A., Lozano, E.A., Dueñez, J., Aguilar, C.N., and Arevalo, J.R. (2012).
207 The food habits of goats on rangelands with different amounts of fourwing saltbush (*Atriplex*
208 *canecens*) cover. *Journal of Arid Environments*, 84: 91-96.
- 209 National Academy of Medicine (NAM). (2002). Guide for the care and use of laboratory animals.
210 Co-produced by the National Academy of Medicine-Mexico and the Association for Assessment
211 and Accreditation of Laboratory Animal Care International. 1st ed. Harlan, México, DF, México.
- 212 Narasimhaiah, M., Arunachalam, A., Sellappan, S., Mayasula, V.K., Guvvala, P.R., Ghosh, S.K.,
213 Chandra, V., Ghosh, J. and Kumar, H. (2018). Organic zinc and copper supplementation on
214 antioxidant protective mechanism and their correlation with sperm functional characteristics in
215 goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 53: 644-654.
- 216 Nogueira, D.M., Cavalieri, J., Fitzpatrick, L.A., Gummow, B., Blache, D. and Parker, A.J. (2016).
217 Effect of hormonal synchronisation and/or short-term supplementation with maize on follicular

- 218 dynamics and hormone profiles in goats during the non-breeding season. *Animal Reproduction*
219 *Science*, 171:87-97.
- 220 NRC. (1980). National Research Council. Mineral Tolerances of Domestic Animals. Academic
221 Press, Washington, DC, 85 pp.
- 222 Peacey, L., Elphick, M.R., Jones, C.E. (2020). Roles of copper in neurokinin B and gonadotropin
223 releasing hormone structure and function and the endocrinology of reproduction. *General and*
224 *Comparative Endocrinology*, 287: 113342.
- 225 Scaramuzzi, R.J., Campbell, B.K., Downing, J.A., Kendall, N.R., Khalid, M., Munoz-Gutierrez,
226 M. and Somchit, A. (2006). A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the
227 concentrations of reproductive metabolic hormones and the mechanisms that regulate
228 folliculogenesis and ovulation rate. *Reproduction Nutrition Development*, 46: 339-354.
- 229 Scaramuzzi, R.J., Brown, H.M. and Dupont, J. (2010). Nutritional and Metabolic Mechanisms in
230 the Ovary and Their Role in Mediating the Effects of Diet on Folliculogenesis: A Perspective.
231 *Reproduction in Domestic Animals*, 45: 32-41.
- 232 Underwood, E.J. and Suttle, N.F. (2003). Los minerales en la Nutrición del ganado. Editorial
233 Acribia. Zaragoza. España. 648 pp.
- 234 Urrutia-Morales, J., Meza-Herrera, C.A., Tello-Varela, L., Díaz-Gómez, M.O., and Beltrán-
235 López, S. (2012). Effect of nutritional supplementation upon pregnancy rates of goats under
236 semiarid rangelands and exposed to the male effect. *Tropical Animal Health and Production*, 44:
237 1473-1477.
- 238 Yatoo, M.I., Saxena, A., Deepa, P.M., Habeab, B.P., Devi, S., Jatav, R.S. and Dimri, U. (2013).
239 Role of Trace elements in animals: a review. *Veterinary World*, 6: 963-967.

240 Widiyono, I., Sarmin, S., and Yanuartono, Y. (2020). Influence of body condition score on the
 241 metabolic and reproductive status of adult female Kacang goats. Journal of Applied Animal
 242 Research, 48: 201-206.

243

244



245 **Figure 1.** Schematic representation of the experimental protocol of feed supplementation with
 246 dehydrated leftover of *C. melo* and/or treated with 2.5% of copper sulphate upon the reproductive
 247 response of adult mixed-breed goats during the dry season (anestrous). US-CL= ultrasound to
 248 determine the presence of *corpus luteums*. Cu= copper, Hormonal Tx= ultrashort hormonal
 249 treatment. P4= progesterone, hCG= human chorionic gonadotropin, FTAI= Fixed time artificial
 250 insemination.

251 Note: More details are described in the body of the text.

252

253 **Table 1.** Chemical composition of dehydrated cantaloupe leftover (*C. melo*) used as a food
 254 supplement in mixed breed adult goats during the dry season (anestrus

255

Humidity	Crude Protein (PC)	Fat	Crude fiber	Ash
10%	18 %	5.5%	20%	17%

256

257

258

259 **Table 2.** Means (\pm SE) of body weight (BW, kg), body condition score (BCS, 1-5 units) and serum
 260 glucose levels (mg/dL) for days -30, -7, 0 (FTAI) and 7, from adult mixed-breed goats on
 261 rangeland supplemented with dehydrated cantaloupe (*C. melo*) and/or copper sulphate (Cu)
 262 during seasonal anestrus.

Treatment	Time				SE
	-30	Day -7	Day 0 (FTAI)	Day +7	
Body weight (BW, kg)					
Control	37.9	37.2	36.9	38.6	0.91
Copper (Cu)	37.8	37.3	36.7	37.2	0.99
Cantaloupe-Cu	39.0	38.6	38.2	38.5	0.91
Cantaloupe	39.2	38.4	37.7	39.3	0.95
Body condition score (BCS, 1-5 units)					
Control	2.18 ^{abcd}	2.06 ^{abcd}	2.00 ^{cd}	2.18 ^{abcd}	0.04
Copper (Cu)	2.20 ^{abc}	2.20 ^{abc}	1.97 ^d	2.20 ^{abc}	0.03
Cantaloupe-Cu	2.23 ^{ab}	2.26 ^a	2.11 ^{abcd}	2.23 ^{ab}	0.04
Cantaloupe	2.20 ^{abc}	2.17 ^{abcd}	2.20 ^{abc}	2.20 ^{abc}	0.04
Serum glucose levels (mg/dL)					
Control	52.4 ^{cd}	39.1 ^e	57.8 ^{ab}	61.1 ^a	0.87

Copper (Cu)	51.7 ^{cd}	37.1 ^e	58.0 ^{ab}	55.4 ^{bc}	0.81
Cantaloupe-Cu	49.2 ^d	38.2 ^e	59.8 ^a	57.0 ^{ab}	0.83
Cantaloupe	52.5 ^{cd}	40.8 ^e	58.5 ^{ab}	58.3 ^{ab}	0.94

263 a, b, c, d Within columns and variables, means different superscript ($p < 0.05$).

264

265

266 **Table 3.** Reproductive response of adult mixed-breed goats on rangeland supplemented with
 267 dehydrated cantaloupe (*C. melo*) and/or copper sulphate (Cu) during anestrous during days -
 268 30, -7, 0 (FTAI) and 7. Estrus of goats was synchronized with progesterone and human chorionic
 269 gonadotrophin and were inseminated using fixed-time artificial insemination (fresh semen).

	<i>Ovulation rate</i>	<i>Numbers of embryos</i>	<i>Embryos losses</i>	<i>Pregnancy rate</i>
Control	1.46±0.13 ^b	1.44±0.13 ^a	44 (4/9) ^a	56 (9/16) ^a
Copper (Cu)	1.54±0.13 ^b	1.00±0.0 ^a	40 (2/5) ^a	29 (5/17) ^c
Cantaloupe-Cu	1.93±0.22 ^a	1.50±0.13 ^a	13 (1/8) ^b	47 (8/17) ^{ab}
Cantaloupe	1.60±0.18 ^{ab}	1.14±0.09 ^a	43 (3/7) ^a	41 (7/17) ^{bc}

270 a, b, c, d Within columns and variables, means different superscript ($p < 0.05$).

ARTÍCULO ENVIADO

1 **EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON *Cucumis melo* SOBRE EL PERIPARTO**
2 **EN CABRAS EN CONFINAMIENTO**

3 Jesús Mendoza-Carreola¹; Guadalupe Calderón-Leyva¹; Francisco Véliz-Deras¹;
4 Fernando Arellano-Rodríguez¹; Viridiana Contreras-Villarreal¹; Leticia R. Gaytán-
5 Alemán^{1*}.

6 1.- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón Coahuila, México.

7 *zukygay_7@hotmail.com

8

9 Supplementation with *C. melo* in goats improves colostrum quality.

10 Supplementation with *C. melo* in goats increases milk production.

11 Live weight and glucose concentration did not differ with *C. melo* supplementation.

12

13

14

15

16

17

18

19

20

RESUMEN

21 El objetivo fue evaluar el efecto de la suplementación de *Cucumis melo* sobre la calidad
22 y producción de calostro y leche, así como de los niveles de glucosa y dinámica de peso
23 vivo tanto en las madres como en los cabritos, durante el periparto. Cabras adultas
24 multíparas gestantes (n=15) se dividieron en dos grupos experimentales: 1) Grupo
25 suplementado (GS; n=8; suplementado con 300 g de *C. melo* deshidratado más 100 g
26 de concentrado); 2) Grupo control (GC; n=7; suplementado con 100 g de concentrado).
27 El peso vivo y la concentración de glucosa no difirieron entre grupos (GC vs GS; $P=0.5$).
28 El contenido de grasa en calostro fue mayor en el GS en comparación al GC (9.6 ± 1.1
29 vs 6.2 ± 0.8 ; $P<0.02$). En la producción de leche no se observó deferencia entre grupos
30 (2.2 ± 0.1 kg/día; $P=0.8$), sin embargo, al día 21 se registró un incremento de 100 g/día
31 en el GS. La suplementación nutricional a base de *C. melo* en cabras durante el periparto,
32 mejora la calidad de calostro e incrementa la producción de leche, bajo las condiciones
33 en las cuales se desarrolló el trabajo experimental.

34 **Palabras clave:** Cabras, suplementación, *Cucumis melo*, calidad de calostro y leche.

35

ABSTRACT

36 The objective was to evaluate the effect of *Cucumis melo* supplementation on the quality
37 and production of colostrum and milk, as well as glucose levels and live weight dynamics
38 in both mothers and kids, during the peripartum period. Pregnant multiparous adult goats
39 (n=15) were divided into two experimental groups: 1) Supplemented group (GS; n=8;
40 supplemented with 300 g of dehydrated *C. melo* plus 100 g of concentrate); 2) Control
41 group (GC; n=7; supplemented with 100 g of concentrate). Live weight and glucose

42 concentration did not differ between groups (GC vs. GS; P=0.5). Colostrum fat content
43 was higher in the GS compared to the GC (9.6 ± 1.1 vs 6.2 ± 0.8 ; $P<0.02$). In milk
44 production, no difference was observed between groups (2.2 ± 0.1 kg/day; $P=0.8$),
45 however, on day 21 an increase of 100 g/day was recorded in GS. Nutritional
46 supplementation based on *C. melo* in goats during peripartum improves colostrum quality
47 and increases milk production, under the conditions in which the experimental work was
48 developed.

49 **Keywords:** Goats, supplementation, Cucumis melo, quality of colostrum and milk.

50

51

INTRODUCCIÓN

52 Las cabras son parte principal en la industria ganadera a nivel mundial (FAO, 2016; Azrul-
53 Lokman *et al.*, 2018). Sin embargo, la mayor parte de los hatos caprinos se desarrollan
54 en zonas áridas y semiáridas de todo el mundo (Escareño *et al.*, 2012; Mellado *et al.*
55 2012), en donde éstas son explotadas principalmente mediante pastoreo extensivo
56 durante todo el año sin recibir una suplementación alimenticia, por lo que las cabras
57 dependen de los recursos forrajeros de pastizales, los cuales, por lo general, están
58 altamente degradados, por lo tanto, los recursos nutricionales son limitados (Mellado,
59 2016). En condiciones de pastoreo, las cabras seleccionan su alimento en base a los
60 requerimientos para maximizar su balance de energía, sin embargo, se ha comprobado
61 que en las zonas desérticas la dieta de la cabra no cubre los niveles de proteína
62 necesarios para la preñez y lactación, además el fósforo y energía para su mantenimiento
63 son deficientes, aun así, la productividad de las cabras en estas zonas es aceptable

64 (Mellado *et al.*, 2004). Debido al mantenimiento nutricional para sostener estas etapas
65 los animales tienden a entrar en un estado de estrés metabólico (Celi *et al.*, 2008). En
66 los dos primeros tercios de gestación, las necesidades nutricionales de la progenitora
67 son mínimos (Vermon *at al.*, 1985), mientras que, en el último tercio del desarrollo fetal,
68 los requerimientos nutricionales en relación con la madre son mayores (Symonds y
69 Clarke, 1996), aunado a que el 80 % de crecimiento fetal se lleva a cabo en el último
70 tercio gestacional (Dawson *et al.*, 1999).

71 Al estar en estrés nutricional por la baja calidad de pienso, las cabras, al final de la
72 gestación, pueden resultar incapaces de nutrir al feto (Acero-Camelo *et al.*, 2008;
73 Laporte-Broux *et al.*, 2011) por la movilización de tejido corporal, que resulta en la pérdida
74 de peso de la madre (Oderinwale *et al.*, 2017), comprometiéndose el bienestar de la
75 cabra y su recién nacido, y aún más, el resultado de la gestación (Mellado *et al.* 2011;
76 Garcia-Garcia, 2012). Diversos estudios mencionan la importancia de suplementar en
77 las diferentes etapas del crecimiento en cabras, para mejorar su rendimiento (Bushara *et*
78 *al.*, 2010; Kawas *et al.*, 2010; Oderinwale *et al.*, 2017), debido a que cuando los niveles
79 de energía son altos esta es particionada para producción y evita la movilización de las
80 reservas corporales (Ghazal *et al.*, 2014).

81 Al suplementar durante la gestación se incrementa la producción de calostro en cuanto
82 a grasa, proteína y lactosa (Lérias *et al.*, 2014), con gran importancia nutricional para el
83 recién nacido (Castro *et al.*, 2011; Hernandez-Castellano *et al.*, 2014; Hernández-
84 Castellano *et al.*, 2015). El calostro contiene una mezcla compleja de proteínas que
85 participan de manera activa en la protección del recién nacido contra patógenos y otros
86 desafíos ambientales posparto (Pecka-Kielb *et al.*, 2018).

87 La producción de leche puede ser afectada por diversos factores, entre ellos la nutrición,
88 provocando alteraciones en su composición y calidad (Lérias et al., 2014). El nivel de
89 energía y proteína de la dieta influye en el rendimiento de la leche y el contenido de
90 grasa, proteína y lactosa (Pecka-Kiełb et al., 2018). Además, se ha demostrado que la
91 suplementación energética durante la gestación tardía mejora el peso del cabrito al
92 nacimiento y de esta forma se reduce su mortalidad (Mahboub et al., 2013; McGregor,
93 2016).

94 Las exigencias nutricionales de las cabras son mayores al final de la gestación y principio
95 de lactación. Por lo anterior, es importante suplementar a cabras preñadas durante el
96 último tercio de gestación, suministrando la energía y proteína necesarias para apoyar el
97 mantenimiento de las necesidades fisiológicas de la madre, el crecimiento fetal, el
98 crecimiento de la glándula mamaria y la producción de calostro y leche (Celi et al., 2008;
99 Amanlou et al., 2011; Mahboub et al., 2013; Luna-Orozco et al., 2015). Además, se
100 desarrolla un vínculo más fuerte madre-cría (Luna-Orozco et al., 2015).

101 El subproducto del melón (*Cucumis melo*), previamente deshidratado y triturado tiene
102 una producción a gran escala y por lo tanto, buena disponibilidad en la región, por lo que
103 podría ser utilizado como suplemento alimenticio por su alto valor energético para cabras
104 en el último tercio de gestación, mejorando su producción ante la escasez de alimentos.
105 Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación de
106 *Cucumis melo* en cabras lecheras multíparas sobre la calidad y producción de calostro y
107 leche, así como de los niveles de glucosa y dinámica de peso vivo tanto en las madres
108 como en los cabritos, durante el parto.

109

110

111

112

MATERIALES Y MÉTODOS

113

114

115

116 **General**

117

118

119 Todos los procedimientos experimentales, métodos y manejo de las unidades
120 experimentales utilizados en este estudio, cumplen con los con los lineamientos para el
121 uso ético, cuidado y bienestar animal en la investigación a nivel internacional (FASS,
122 2010), nacional (NAM, 2010) e institucional a través del número de registro UAAAN-UL-
123 38111-425503002-2867.

124

125

126

127 **Localización y condiciones medioambientales**

128

129

130 El estudio se realizó de febrero a abril de 2019 en las instalaciones de la posta caprina
131 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México (25° LN;
132 103° LO). La zona se caracteriza por presentar un clima semiárido con lluvias en verano,

133 con temperatura y precipitación promedio anual de 22.5 °C y de 230 mm,
134 respectivamente.

135

136

137

138 **Animales, grupos experimentales y tratamientos**

139

140

141 Para el logro del objetivo de investigación, cabras adultas multíparas no gestantes (n=20;
142 Alpino-Francés, 3-4 años de edad), con fertilidad conocida fueron inducidas al estro
143 durante la época natural de anestro (abril-mayo), con la aplicación de 20 mg de
144 progesterona (0.4mL^{-1} por cabra, IM; Progesterona®, Zoetis, México) por día.
145 Posteriormente a las 24 h la administración de progesterona, se les administró 50 UI de
146 hCG en la submucosa vulvar (Chorulon®, Intervet). 72 h después se presentó el estro y
147 se realizó inseminación artificial (IA), lo que ayudó a conocer la fecha aproximada de
148 parto. Transcurridos 45 días después de la IA se realizó un diagnóstico de gestación por
149 ultrasonografía vía transrectal (Aloka SSD 500 Echo camera, Overseas Monitor Corp.
150 Ltd., Richmond, BC, Canadá., transductor de 7.5 MHz), y sólo las cabras que se
151 diagnosticaron gestantes (75%, 15/20) continuaron en el experimento.

152 130 días después de la IA, las 15 cabras gestantes se separaron aleatoriamente en dos
153 grupos experimentales homogéneos en cuanto a peso vivo (57.2 ± 2.5 kg) y condición
154 corporal (2.1 ± 0.1 unidades): Grupo suplementado (**GS**; n = 8; 60.5 ± 3.2 kg de PV y 2.1
155 ± 0.1 de CC; suplementado con 300 g de *C. melo* deshidratado más 100 g de

156 concentrado, equivalente al 35% de PC); Grupo control (**GC**; n = 7; 53.8 ± 1.9 kg de PV
157 y 2.1 ± 0.1 de CC; suplementado con 100 g de concentrado, equivalente al 17% de PC).
158 Las cabras tuvieron un periodo de adaptación a la dieta de 10 días, después de la cual,
159 la suplementación se realizó por la mañana de 09:00 a 10:00 h durante 21 días pre y
160 posparto.

161 El sobrante de cosecha de melón (*C. melo*) fue colectado en las tierras de cultivo de la
162 región para después llevarlo a un área limpia y seca donde fue aplastado y colocado a
163 la intemperie para que se deshidratara a temperatura ambiente hasta perder el contenido
164 de agua, posteriormente fue molido y almacenado en un lugar fresco y seco hasta ser
165 utilizado. El concentrado comercial utilizado consistió en una mezcla de cereales, granos
166 y minerales. La composición química de ambos complementos es presentada en el
167 Cuadro 1.

168 ----- INSERTAR CUADRO 1 AQUÍ-----

169

170

171

172 **Procedimiento experimental y variables de respuesta evaluadas en las cabras**

173

174

175 *Peso vivo y niveles de glucosa.* Antes de ofrecer los suplementos las cabras fueron
176 pesadas individualmente en una báscula digital (WeiHeng, Model: WH-C100, China) y
177 se tomó una muestra de sangre colectada mediante venopunción yugular para medir la
178 concentración de glucosa sérica (Accu-Check® Active, Roche, Mexico) a los 21 días

179 antes del parto (-21 d), el día del parto (día 0) y posteriormente después del parto a los
180 7, 14 y 21 días.

181 *Análisis del calostro, leche en transición y leche.* Durante las 6 primeras horas después
182 del parto se obtuvo una muestra de calostro; transcurridos cuatro días posparto (periodo
183 de transición), y a los 7, 14 y 21 días se colectaron muestras de leche (50 ml), usando
184 viales que se almacenaron posteriormente a 4 °C hasta su análisis. Durante el análisis
185 se determinó el porcentaje de grasa, proteína y lactosa por medio de un analizador de
186 leche calibrado para leche de cabra (Milkotester, Model: Master Eco, Bulgaria). De la
187 misma manera, después del parto los días 4, 7, 14 y 21 días se registró la cantidad de
188 leche producida por cabra utilizando pesadores (WAIKATO, Model: MK V, Nueva
189 Zelanda) colocados en la sala de ordeño. Antes de llevar a cabo la medición (8 h) los
190 cabritos fueron separados de su madre.

191

192

193

194 **Variables de respuesta evaluadas en las crías**

195

196

197 *Peso vivo y niveles de glucosa*

198 El día del nacimiento de los cabritos (día 0) y posteriormente a los 7, 14 y 21 días de
199 nacidos se registró el peso vivo y se evaluaron los niveles de glucosa serica extrayendo
200 una muestra de sangre de la vena yugular. Todo lo anterior se realizó antes de que los
201 cabritos tomaran su primera leche del día.

202 Una representación esquemática con las principales actividades realizadas durante el
203 protocolo experimental se muestra en la Figura 1.

204 ----- INSERTAR FIGURA 1 AQUÍ-----

205

206

207

208 **Análisis estadístico**

209

210

211 El peso, la condición corporal, los niveles de glucosa en sangre de madres y crías, así
212 como la calidad y producción de calostro, de leche de transición y de leche, así como
213 también la producción total de leche fueron analizados mediante análisis de varianza
214 (ANOVA), con un diseño completamente al azar. Para el análisis se utilizó el paquete
215 estadístico SAS (Evenston, ILL, USA, 2000) y las diferencias fueron consideradas
216 significativas a $P \leq 0.05$. Los datos se reportan como medias de mínimos cuadrados
217 (\pm em).

218

219

220

221

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

222 Planteamos la hipótesis que el uso de *C. melo* como suplemento alimenticio en cabras
223 lecheras Alpino-Francés, puede mejorar la calidad y producción de calostro y leche, así
224 como de los niveles de glucosa y dinámica de peso vivo tanto en las madres como en
225 los cabritos, durante el periparto. La hipótesis es parcialmente aceptada debido a que la
226 suplementación antes del parto con *C. melo* (300 g) mejoró el nivel de grasa en calostro
227 de cabras de la raza Alpino-Francés (9.6 ± 1.1 vs 6.2 ± 0.8 ; $P < 0.02$), este nivel fue
228 superior al valor reportado por Cattaneo et al. (2006).

229 En el contenido de proteína (5.1 ± 0.3), y lactosa (7.5 ± 0.4) no se observó diferencia
230 estadística significativa entre grupos ($P > 0.05$). En los componentes de leche en
231 transición no se observaron diferencias estadísticas significativas entre grupos ($P > 0.1$;
232 Cuadro 2). La concentración de grasa, proteína y lactosa fueron mayores en leche en
233 transición, estos niveles disminuyeron conforme al tiempo después del parto.

234 El contenido de grasa en leche no fue diferente entre los grupos (3.04 ± 0.09 ; $P = 0.6$),
235 sin embargo, los niveles de proteína fueron diferentes al día 7 posparto, en el GC se
236 observaron niveles más altos que en el GS (3.3 ± 0.06 vs 3.1 ± 0.04 ; $P < 0.05$). Cuando la
237 producción de leche no mejora, aumenta el contenido de proteína (Morand-Fehr et al.,
238 2007). Posiblemente la ingesta de energía evitó la gluconeogénesis de los aminoácidos,
239 aumentando el suministro de aminoácidos disponibles para la síntesis de proteína en la
240 leche (Min et al., 2005). El contenido de lactosa en leche al día 7 posparto también fue
241 más alto en el GC que en el GS (5.0 ± 0.1 vs 4.7 ± 0.08 ; $P < 0.05$). Además, la
242 concentración de los principales componentes en leche disminuyó conforme decreció la
243 producción de leche.

244 En este estudio la producción de leche (kg/d) no mostró un aumento significativo entre
245 ambos grupos experimentales al día 7, 14 y 21 (2.2 ± 0.1 kg/día; $P = 0.8$), sin embargo,
246 al día 21 se registró un incremento de 100 g/día en el GS, al respecto en otros estudios
247 se ha reportado un efecto de la suplementación alimenticia sobre la producción de leche
248 en cabras en confinamiento/pastoreo (Luna-Orozco et al., 2015).

249 ----- INSERTAR CUADRO 2 AQUÍ-----

250 El peso vivo y la concentración de glucosa no difirieron entre grupos (GC vs GS; $P > 0.5$),
251 estos resultados son similares a los obtenidos por (Mahboub et al., 2013). Sin embargo,
252 a través del tiempo se pueden observar diferencias (Figura 2). El peso vivo, descendió
253 de forma gradual desde el día 21 preparto hasta el día 21 postparto en las cabras de
254 ambos grupos, una posible explicación es que las cabras recurrieron al catabolismo de
255 la proteína muscular para apoyar la gluconeogénesis, siendo el glicerol y los aminoácidos
256 provenientes del tejido adiposo y músculo respectivamente, como los principales
257 precursores de glucosa (McDowell, 1983). Con respecto a la concentración de glucosa
258 en sangre el día del parto fue más alta en el GC (69.6 ± 4.7 mg/dL) con 7.2 mg/dL de
259 diferencia en comparación del GS (62.4 ± 4.4 mg/dL); al día 7 posparto disminuyeron los
260 niveles de glucosa en ambos grupos, sin embargo, el GC se mantuvo con los niveles
261 más altos (GC, 57.7 ± 3.3 vs GS, 54.1 ± 3.0 mg/dL) con una diferencia de 3.6 mg/dL en
262 comparación con el GS, estos resultados son similares a los reportados por Sadjadian et
263 al., (2013) y Magistrelli y Rosi (2014), esto puede atribuirse a una mayor movilización de
264 glucosa después del parto, ya que el nivel de glucosa en sangre es bajo debido a la
265 demanda y sus requerimientos metabólicos son suministrados por la gluconeogénesis
266 en el hígado y riñón (Bergman, 1973). Además, las cabras del GS no mostraron

267 diferencia en los niveles de glucosa en sangre durante el periodo experimental a pesar
268 de la suplementación, lo cual atribuimos a que sus requerimientos fueron mayores por el
269 número de camada y éstos fueron suplidos por la suplementación (Pugh, 2002). El nivel
270 de glucosa no se vio afectado por la suplementación alimenticia, sin embargo, la
271 concentración de glucosa en sangre se ha utilizado para monitorear el estado nutricional
272 de cabras, ya que este metabolito disminuye cuando existe una restricción de energía en
273 las cabras (Hussain et al., 1996).

274 ----- INSERTAR FIGURA 2 AQUÍ-----

275 No hubo diferencias entre grupos el peso vivo promedio de los cabritos nacidos de los
276 grupos GS y GC ni al parto, ni durante la primera, segunda y tercera semana (Cuadro 3)
277 a diferencia con los obtenidos por Nnadi et al., (2007) y Rahman et al. (2015). Hubo una
278 diferencia de peso vivo entre semanas en el GC, resultado que puede ser atribuido a que
279 en el GS la camada fue mayor, por lo que la nutrición materna durante la gestación tardía,
280 a pesar de las condiciones de alimentación del GC, tuvo una mayor disponibilidad de
281 calostro y/o leche para el cabrito (Mahboub et al., 2013). Por tanto, animales con
282 gestación múltiple tienen dificultades para consumir suficiente alimento para satisfacer
283 sus necesidades energéticas debido a la reducción del espacio ruminal (Pugh, 2002).

284 ----- INSERTAR CUADRO 3 AQUÍ-----

285

286

287

288

CONCLUSIÓN

289 La suplementación nutricional a base de *C. melo* en cabras durante el periparto, mejora
290 la calidad de calostro e incrementa la producción de leche, bajo las condiciones en las
291 cuales se desarrolló el trabajo experimental.

292 Conflicto de interés

293 Los autores declaran que no hay conflicto de interés

294 Agradecimiento

295 Los autores agradecen el apoyo financiero del proyecto “Aumento de la productividad,
296 competitividad y sustentabilidad de la cadena productiva de carne y leche de cabras en
297 sistemas extensivos del norte de México” registro No. 2017-4-291691, apoyado por
298 SEDER – CONACyT. El cual contribuyó de gran medida a la generación de la mayor
299 parte de la información presentada en este documento.

300

301

302

303

REFERENCIAS

304 Acero-Camelo, A., Valencia, E., Rodríguez, A & Randel, P. F. (2008). Effects of flushing
305 with two energy levels on goat reproductive performance. *Livestock Research for*
306 *Rural Development*, 20, <http://www.lrrd.org/lrrd20/9/acer20136.htm>. Retrieved on
307 05-11-2012.

- 308 Amanlou, H., Karimi, A., Mahjoubi, E. & Milis. C. (2011). Effects of supplementation with
309 digestible undegradable protein in late pregnancy on ewe colostrums production
310 and lamb output to weaning. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*,
311 95 (5): 616-622. doi: 10.1111/j.1439-0396.2010.01092.x
- 312 Azrul-Lokman, M., Pongpong, K., Jittapalpong, S. & Prasanpanich, S. (2018).
313 Preliminary observation on feeding behaviour and physical characteristics of goats
314 following supplementation of *Sesbania grandiflora* leaves. *Malaysian Applied*
315 *Biology*, 47, 89-93.
- 316 Ortega, C. M., & Mendoza, M. G. (2003). Starch digestion and glucose metabolism in the
317 ruminant: a review. *Interciencia*, 28 (7), 380-386.
- 318 Bushara, I., Abdel, M. M. A., Nikhaila, A. & Mekki, D. M. (2010). Effect of protein
319 supplementation on the productivity of Taggar goats under dry natural grazing,
320 western sudan. *University of Khartoum Journal of Veterinary Medicine and Animal*
321 *Production*, 1, 98-114.
- 322 Castro, N., Capote, J., Bruckmaier, R. M., & Argüello, A. (2011). Management effects on
323 colostrogenesis in small ruminants: a review. *Journal of Applied Animal Research*,
324 39 (2), 85-93. doi:10.1080/09712119.2011.581625
- 325 Cattaneo, D., Dell'Orto, V., Varisco, G., Agazzi, A., & Savoini, G. (2006). Enrichment in
326 n-3 fatty acids of goat's colostrum and milk by maternal fish oil supplementation.
327 *Small Ruminant Research*, 64(1-2), 22-29.

- 328 Celi, P., Trana, A. D., Claps, S. (2008). Effects of perinatal nutrition on lactational
329 performance, metabolic and hormonal profiles of dairy goats and respective kids.
330 *Small Ruminant Research*, 79, 129-136. doi:10.1016/j.smallrumres.2008.07.010
- 331 Celi, P., Trana, A. D., Claps, S. & Di, G. P. (2008). Effects of Perinatal Nutrition on
332 Metabolic and Hormonal Profiles of Goat Kids (*Capra hircus*) during Their First Day
333 of Life. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 21, (11), 1585-1591
334 doi:10.5713/ajas.2008.80109
- 335 Dawson, L. E. R., Carson, A. F. & Kilpatrick, D. J. (1999). The effect of digestible
336 undegradable protein concentration of concentrates and protein source offered to
337 ewes in late pregnancy on colostrums production and lamb performance. *Animal*
338 *Feed Science and Technology*, 82, 21-36.
- 339 Escareño, L., Salinas-Gonzalez, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J., & Meza-
340 Herrera, C. (2012). Dairy goat production systems. *Tropical Animal Health and*
341 *Production*. 45 (1), 17-34. doi:10.1007/s11250-012-0246-6
- 342 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016) Production
343 Share of Goats by Region, Sum 1999-2014. Food and Agriculture Organization
344 (FAO). <http://fenix.fao.org/faostat/beta/en/#data/QA/visualize>. Consultado el 24 de
345 enero, 2020.
- 346 Federation Animal Science Society (FASS). Guide for the Care and Use of Agricultural
347 Animals in Agricultural Research and Teaching, 3rd ed.; Champaign, IL, USA,
348 2010; p. 177.

- 349 Garcia-Garcia, R. M. (2012). Review Article Integrative Control of Energy Balance and
350 Reproduction in Females. *International Scholarly Research Network*, 12, 0-13.
- 351 Ghazal, S., Berthelot, V., Frigens, NC., Schmidely, P. (2014). Effects of conjugated
352 linoleic acid supplementation and feeding level on dairy performance, milk fatty acid
353 composition and body fat changes in mid-lactation goats. *Journal of Dairy Science*,
354 97, 7162-7174.
- 355 Hernández-Castellano, L. E., Suárez-Trujillo, A., Martell-Jaizme, D., Cugno, G., Argüello,
356 A., & Castro, N. (2015). The effect of colostrum period management on BW and
357 immune system in lambs: from birth to weaning. *Animal*, 9 (10), 1672-1679.
358 doi:10.1017/s175173111500110x
- 359 Hernandez-Castellano, L., Almeida, A., Castro, N., & Arguello, A. (2014). The Colostrum
360 Proteome, Ruminant Nutrition and Immunity: A Review. *Current Protein & Peptide*
361 *Science*, 15 (1), 64-74. doi:10.2174/1389203715666140221124622
- 362 Hussain, Q., Havrevoll, Ø., Eik, L. O. & Ropstad, E. (1996). Effects of energy intake on
363 plasma glucose, non-esterified fatty acids and acetoacetate concentration in
364 pregnant goats. *Small Ruminant Research*, 21 (2), 89-96. doi:10.1016/0921-
365 4488(96)00866-8
- 366 Kawas, J. R., Andrade-Montemayor, H. & Lu, C. D. (2010). Strategic nutrient
367 supplementation of free-ranging goats. *Small Ruminant Research*, 89, 234-243.
368 doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.050

- 369 Laporte-Broux, B., Roussel, S., Ponter, A. A., Perault, J., Chavatte-Palmer, P. & Duvaux-
370 Ponter, C. (2011). Short-term effects of maternal feed restriction during pregnancy
371 on goat kid morphology, metabolism, and behavior. *Journal of Animal Science*, 89,
372 2154-2163. doi: 10.2527/jas.2010-3374.
- 373 Lérias, J. R., Hernández-Castellano, L. E., Suárez-Trujillo, A., Castro, N., Pourslis, A., &
374 Almeida, A. M. (2014). The mammary gland in small ruminants: major
375 morphological and functional events underlying milk production—a review. *Journal*
376 *of Dairy Research*, 81 (03), 304-318. doi:10.1017/s0022029914000235
- 377 Luna-Orozco, J. R., Meza-Herrera, C. A., Contreras-Villarreal, V., Hernández-Macías, N.,
378 Ángel- García, O., Carrillo, E., Mellado, M. & Véliz-Deras, F. G. (2015). Effects of
379 supplementation during late gestation on goat performance and behavior under
380 rangeland conditions. *Journal of Animal Science*, 93, 4153-4160. doi:
381 10.2527/jas.2014-8609.
- 382 Magistrelli, D., & Rosi, F. (2014). Trend analysis of plasma insulin level around parturition
383 in relation to parity in Saanen goats. *Journal of Animal Science*, 92 (6), 2440-2446.
384 doi:10.2527/jas.2013-6993
- 385 Mahboub, H. D. H., Ramadan, S. G. A., Helal, M. A. Y. & Aziz, E. A. K. (2013). Effect of
386 maternal feeding in late pregnancy on behavior and performance of Egyptian goat
387 and sheep and their offspring. *Global Veterinaria*, 11, 168-176.
388 doi:10.5829/idosi.gv.2013.11.2.74152

- 409 Min, B. R., Hart, S. P., Sahlu, T. & Satter, L. D. (2005). The Effect of Diets on Milk
410 Production and Composition, and on Lactation Curves in Pastured Dairy Goats.
411 Journal of Dairy Science, 88(7), 2604–2615. doi:10.3168/jds.s0022-
412 0302(05)72937-4
- 413 Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M. & Le Frileux, Y. (2007). Influence of farming
414 and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. Small
415 Ruminant Research, 68(1-2), 20–34. doi:10.1016/j.smallrumres.2006.09.019
- 416 NAM. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals, 1st ed.; National Academy of
417 Medicine: Harlan, Mexico City, Mexico, 2010.
- 418 Nnadi, P., Kamalu, T., & Onah, D. (2007). Effect of dietary protein supplementation on
419 performance of West African Dwarf (WAD) does during pregnancy and lactation.
420 Small ruminant research, 71, 200-204. doi: 10.1016/j.smallrumres.2006.06.007
- 421 Oderinwale, O. A., Oluwatosin, B. O., Sowande, O. S., Bemji, M. N., Amosu, S. D. &
422 Sanusi, G. O. (2017). Concentrate supplementations of grazing pregnant Kalahari
423 Red goats: Effects on pregnancy variables, reproductive performance, birth types
424 and weight of kids. Trop Anim Health Prod, 49 (6), 1125-1133. doi:
425 10.1007/s11250-017-1303-y
- 426 Pecka-Kiełb, E., Zachwieja, A., Wojtas, E. and Zawadzki, W. (2018). Influence of nutrition
427 on the quality of colostrum and milk of ruminants. Mljekarstvo 68 (3), 169-181. doi:
428 10.15567/mljekarstvo.2018.0302

- 389 McDowell, G. H. (1983). Hormonal control of glucose homeostasis in ruminants.
390 Proceedings of the Nutrition Society, 42 (02), 149-167. doi:10.1079/pns19830021
- 391 McGregor, B. A. (2016). The effects of nutrition and parity on the development
392 and productivity of Angora goats: 1. Manipulation of mid pregnancy nutrition on
393 energy intake and maintenance requirement, kid birthweight, kid survival, doe live
394 weight and mohair production. Small Ruminant Research, 145, 65-75.
395 doi:10.1016/j.smallrumres.2016.10.027
- 396 Mellado, M. (2016). Dietary selection by goats and the implications for range
397 management in the Chihuahuan Desert: a review. The Rangeland Journal, 38 (4),
398 331. doi:10.1071/rj16002
- 399 Mellado, M., Aguilar, C. N., Arevalo, J. R., Rodriguez, A., Garcia, J. E. & Mellado, J.
400 (2011). Selection for nutrients by pregnant goats on a microphyll desert scrub.
401 Animal, 5 (6): 972-979. doi: 10.1017/S1751731110002715
- 402 Mellado, M., Olvera, A., Dueñez, J. & Rodríguez, A. (2004). Effects of continuous or
403 rotational grazing on goat diets in a desert rangeland. Journal of Applied Animal
404 Research, 26, 93-100. doi:10.1080/09712119.2004.9706515
- 405 Mellado, M., Rodríguez, A., Lozano, E. A., Dueñez, J., Aguilar, C. N., & Arévalo, J. R.
406 (2012). The food habits of goats on rangelands with different amounts of fourwing
407 saltbush (*Atriplex canescens*) cover. Journal of Arid Environments, 84, 91-96.
408 doi:10.1016/j.jaridenv.2012.03.012

- 409 Min, B. R., Hart, S. P., Sahlu, T. & Satter, L. D. (2005). The Effect of Diets on Milk
410 Production and Composition, and on Lactation Curves in Pastured Dairy Goats.
411 Journal of Dairy Science, 88(7), 2604–2615. doi:10.3168/jds.s0022-
412 0302(05)72937-4
- 413 Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M. & Le Frileux, Y. (2007). Influence of farming
414 and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. Small
415 Ruminant Research, 68(1-2), 20–34. doi:10.1016/j.smallrumres.2006.09.019
- 416 NAM. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals, 1st ed.; National Academy of
417 Medicine: Harlan, Mexico City, Mexico, 2010.
- 418 Nnadi, P., Kamalu, T., & Onah, D. (2007). Effect of dietary protein supplementation on
419 performance of West African Dwarf (WAD) does during pregnancy and lactation.
420 Small ruminant research, 71, 200-204. doi: 10.1016/j.smallrumres.2006.06.007
- 421 Oderinwale, O. A., Oluwatosin, B. O., Sowande, O. S., Bemji, M. N., Amosu, S. D. &
422 Sanusi, G. O. (2017). Concentrate supplementations of grazing pregnant Kalahari
423 Red goats: Effects on pregnancy variables, reproductive performance, birth types
424 and weight of kids. Trop Anim Health Prod, 49 (6), 1125-1133. doi:
425 10.1007/s11250-017-1303-y
- 426 Pecka-Kiełb, E., Zachwieja, A., Wojtas, E. and Zawadzki, W. (2018). Influence of nutrition
427 on the quality of colostrum and milk of ruminants. Mljekarstvo 68 (3), 169-181. doi:
428 10.15567/mljekarstvo.2018.0302

- 429 Pugh, D.G. (2002). Diseases of the gastrointestinal system. In *Sheep and Goat Medicine*
430 Edited by: Pugh D.G. and W.B. Saunders, pp: 69-105.
- 431 Rahman, M. M., Rahman, M. R., Nakagawa, T., Abdullah, R. B., Khadijah, W. E. W., &
432 Akashi, R. (2015). Effects of wet soya waste supplementation on the intake, growth
433 and reproduction of goats fed Napier grass. *Animal Feed Science and Technology*,
434 199, 104-112. doi:10.1016/j.anifeedsci.2014.11.007
- 435 Sadjadian, R., Seifi, H. A., Mohri, M., Naserian, A. A. & Farzaneh, N. (2013). Effects of
436 Monensin on Metabolism and Production in Dairy Saanen Goats in Periparturient
437 Period. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(1), 82-89.
438 doi:10.5713/ajas.2012.12347
- 439 Symonds, M. E. & Clarke, L. (1996). Nutrition-environment interactions in pregnancy.
440 *Nutrition Research Review* 9, 135-148. doi.org/10.1079/NRR19960009
- 441 Vernon, R. G., Clegg, R. A. & Flint, D. J. (1985). Adaptations of adipose tissue metabolism
442 and number of insulin receptors in pregnant sheep. *Comparative Biochemistry and*
443 *Physiology-Part B: Biochemistry & Molecular Biology* 81, 909-913. doi:
444 10.1016/0305-0491(85)90088-4.
- 445
- 446
- 447

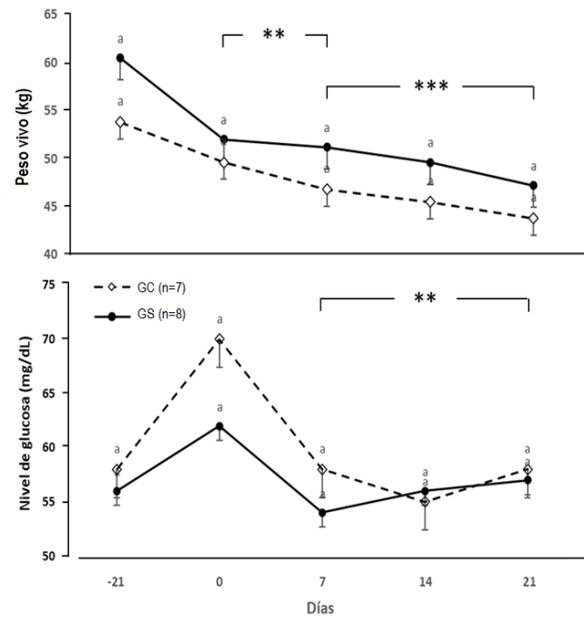
448 **Cuadro 1.** Composición química en base seca del sobrante de cosecha de melón (*C.*
 449 *melo*) y/o concentrado alimenticio comercial ofrecido como suplemento a cabras
 450 multíparas (raza Alpino-Francés) antes y después del parto.

	Proteína cruda (%)	Grasa cruda (%)	Fibra (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)
Melón deshidratado (<i>C. melo</i>)	18	5.5	20	10	17
Alimento concentrado comercial	17	5.8	9.5	12	8.0

451

452 **Cuadro 2.** Promedio (\pm eem) de los componentes de calostro (día 0), leche en transición
 453 (día 4), leche y producción (kg/día, al día 7, 14 y 21 de lactación) en cabras
 454 suplementadas con *C. melo* y/o concentrado comercial (GS, n = 8 y GC, n = 7).

	Grupo	Calostro	Leche en transición	Leche			Valor p
		Día 0	Día 4	Día 7	Día 14	Día 21	Día 7, 14 y 21
Leche (kg/día)	GC	----	---	2.4 \pm 0.3 ^a	2.3 \pm 0.2 ^a	2.1 \pm 0.4 ^a	NS
	GS	----	---	2.4 \pm 0.2 ^a	2.3 \pm 0.2 ^a	2.2 \pm 0.2 ^a	
Grasa (%)	GC	6.2 \pm 0.8 ^a	4.4 \pm 0.3 ^a	3.6 \pm 0.3 ^a	3.0 \pm 0.2 ^a	2.5 \pm 0.1 ^a	*
	GS	9.6 \pm 1.1 ^b	3.9 \pm 0.4 ^a	3.4 \pm 0.2 ^a	2.9 \pm 0.1 ^a	2.7 \pm 0.2 ^a	
Proteína (%)	GC	4.5 \pm 0.4 ^a	3.4 \pm 0.06 ^a	3.3 \pm	3.1 \pm	3.0 \pm	**
	GS	5.7 \pm 0.5 ^a	3.4 \pm 0.08 ^a	0.06 ^b	0.03 ^a	0.06 ^a	
				3.1 \pm	3.0 \pm	2.9 \pm	
				0.04 ^a	0.06 ^a	0.05 ^a	



470

471 **Figura 2.** Peso vivo y niveles de glucosa en cabras suplementadas con *C. melo* y/o
 472 concentrado comercial durante el periparto (al día -21, 0, 7, 14 y 21) ^{a, b}= diferencias
 473 estadísticamente significativas entre grupos ($P \leq 0.05$); diferencias estadísticamente
 474 significativas a través del tiempo ** = ($p \leq 0.05$); *** = ($p < 0.001$).

475

	GC	6.7 ± 0.6 ^a	5.1 ± 0.1 ^a	5.0 ± 0.1 ^b	4.6 ±	4.6 ± 0.1 ^a	*
Lactosa					0.04 ^a		
(%)	GS	8.3 ± 0.7 ^a	5.1 ± 0.1 ^a	4.7 ±	4.5 ±	4.4 ±	
				0.08 ^a	0.08 ^a	0.07 ^a	

455 NS = No Significativo

456 ^{a, b} Las media sin un superíndice común difieren $p < 0.05$, dentro de la misma columna.

457 ** $p < 0.001$.

458 **Cuadro 3.** Promedio (\pm eem) del peso vivo (kg) y nivel de glucosa (mg/dL) en cabritos

459 nacidos de madres suplementadas con *C. melo* y/o concentrado.

	Grupo	Día Nacimiento	7	Días 14	21	Valor de P (Día 7, 14, 21)	
Peso vivo	GC		3.4 ± 0.1 ^a	4.0 ± 0.2 ^a	4.9 ± 0.4 ^a	6.1 ± 0.5 ^a	**
(kg)	GS		3.2 ± 0.1 ^a	3.7 ± 0.1 ^a	4.8 ± 0.2 ^a	5.7 ± 0.2 ^a	
Glucosa	GC		118.6 ± 10.4 ^a	90.4 ± 6.4 ^a	103.4 ± 2.7 ^a	98.6 ± 4.4 ^a	*
(mg/dL)	GS		104.7 ± 5.1 ^a	104.5 ± 2.7 ^a	108.7 ± 2.9 ^a	101.0 ±	
						2.1 ^a	

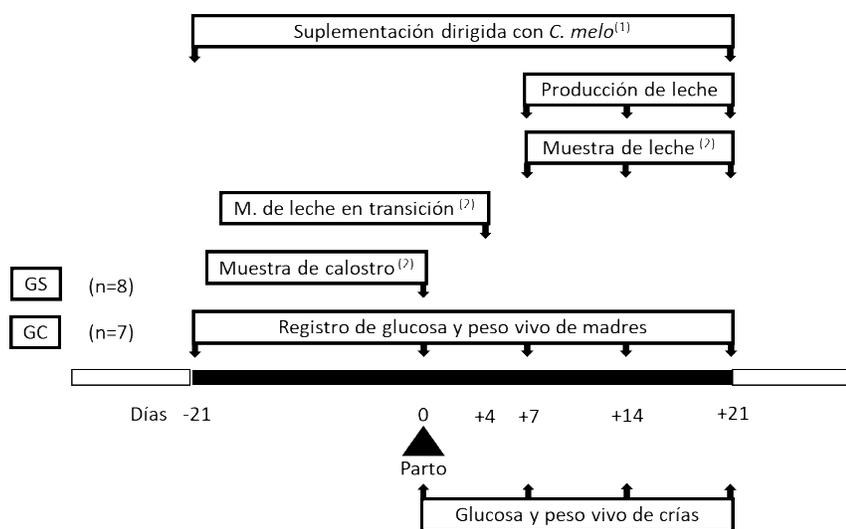
460 NS = No Significativo

461 ^{a, b} Dentro de una misma columna, las medias sin un superíndice común difieren

462 $P \leq 0.05$.

463 ** $P < 0.001$.

464



⁽¹⁾ Suplementación con *C. melo* 300 g/cabra/día.

⁽²⁾ Muestra para determinar sus principales componentes.

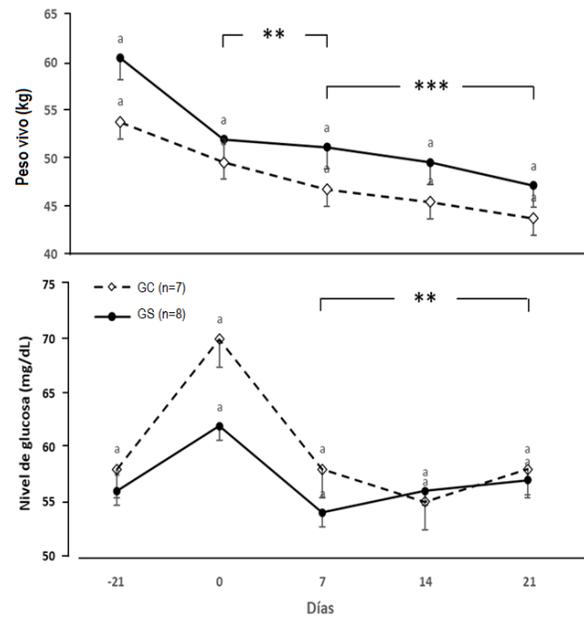
465

466 **Figura 1.** Representación esquemática del protocolo experimental de la suplementación

467 con *C. melo* y/o con concentrado (GS y GC) en cabras durante el periparto.

468

469



470

471 **Figura 2.** Peso vivo y niveles de glucosa en cabras suplementadas con *C. melo* y/o
 472 concentrado comercial durante el periparto (al día -21, 0, 7, 14 y 21) ^{a, b=} diferencias
 473 estadísticamente significativas entre grupos ($P \leq 0.05$); diferencias estadísticamente
 474 significativas a través del tiempo ** = ($p \leq 0.05$); *** = ($p < 0.001$).

475

CONCLUSIÓN GENERAL

La suplementación nutricional a base de subproducto del melón, que es un desecho agrícola, en combinación con el cobre, puede ser una buena alternativa para la suplementación de cabras en condiciones de pastoreo para compensar la deficiencia de nutrientes, ya que esta combinación mejoró notablemente el rendimiento reproductivo de las cabras criollas durante la estación seca, además durante el periparto incrementó la producción de leche y mejoró la calidad del calostro.