

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTO DE LA COMPLEMENTACIÓN CON VAINA DE MEZQUITE (*Prosopis spp.*) Y BAGAZO DE NARANJA (*Citrus sinensis*) EN CABRAS ANTES Y DESPUÉS DEL PARTO SOBRE LA CALIDAD DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS.

Tesis

Que presenta DEYANIRA MARTÍNEZ RUIZ

como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Torreón, Coahuila

Mayo 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTO DE LA COMPLEMENTACIÓN CON VAINA DE MEZQUITE (*Prosopis spp.*) Y BAGAZO DE NARANJA (*Citrus sinensis*) EN CABRAS ANTES Y DESPUÉS DEL PARTO SOBRE LA CALIDAD DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS.

Tesis

Que presenta DEYANIRA MARTÍNEZ RUIZ

como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Director UAAAN

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Evaristo Carrillo Castellanos  
Director Externo (ITT)

Torreón, Coahuila

Mayo 2021

EFFECTO DE LA COMPLEMENTACIÓN CON VAINA DE MEZQUITE (*Prosopis spp.*) Y BAGAZO DE NARANJA (*Citrus sinensis*) EN CABRAS ANTES Y DESPUES DEL PARTO SOBRE LA CALIDAD DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS

Tesis

Elaborada por DEYANIRA MARTÍNEZ RUIZ como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



---

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Asesor Principal



---

Dr. Evaristo Carrillo Castellanos  
Asesor



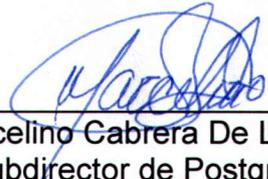
---

Dr. Oscar Angel García  
Asesor



---

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Jefe del Departamento de Postgrado



---

Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente  
Subdirector de Postgrado

## Índice General

1. INTRODUCCIÓN.....	1
Hipótesis .....	4
Objetivo General.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Generalidades de la cabra .....	5
2.1.1 Producción de cabras.....	5
2.2 Calostro de cabras .....	5
2.3 Leche de cabra .....	6
2.4 Factores que afectan la nutrición de cabras.....	7
2.5 Complementos utilizados en la dieta de cabras .....	8
2.5.1 Generalidades de mezquite en México .....	8
2.5.2 Generalidades de naranja en México .....	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
3.1 Localización y condiciones ambientales .....	10
3.3 Animales experimentales y su manejo .....	10
3.3.4 Manejo de pastoreo.....	12
3.4.1 Vainas de mezquite.....	13
3.4.2 Bagazo de naranja.....	13
3.6 Determinación de peso.....	14
3.7.1 Determinación de glucosa y cuerpos cetónicos en cabras .....	15
3.7.2 Determinación de glucosa en crías.....	15
3.8 Análisis estadísticos .....	15
4. RESULTADOS .....	16
5. DISCUSIÓN .....	20
6. CONCLUSIÓN.....	22
5. LITERATURA CITADA .....	23

## Lista de cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Composición química de la vaina de mezquite ( <i>Prosopis spp.</i> ) y bagazo de naranja ( <i>Citrus siensis</i> )... ..	<b>13</b>
<b>Cuadro 2.</b> Promedio ( $\pm$ EEM) de los componentes de calostro en horas y leche en días de lactación en cabras suplementadas y control.....	<b>18</b>
<b>Cuadro 3.</b> Peso vivo (kg), glucosa (mg/dL) en cabritos de madres suplementadas con vaina de mezquite ( <i>prosopis spp.</i> ) (GM), bagazo de naranja ( <i>Citrus sinensis</i> ) (GN) y un grupo control (GC) en el semidesierto.....	<b>19</b>

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Diseño experimental .....	<b>11</b>
<b>Figura 2.</b> Evolución de los Cuerpos cetónicos (C.C) (mmol/L), glucosa sanguínea (mg/dl) y peso vivo (kg) de los grupos de cabras .....	<b>17</b>

## RESUMEN

EFFECTO DE LA COMPLEMENTACIÓN CON VAINA DE MEZQUITE (*Prosopis spp.*) Y BAGAZO DE NARANJA (*Citrus sinensis*) EN CABRAS ANTES Y DESPUÉS DEL PARTO SOBRE LA CALIDAD DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS.

DEYANIRA MARTÍNEZ RUIZ

Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán

Director de tesis

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la complementación con vaina de mezquite o bagazo de naranja, en cabras en el último tercio de la gestación, explotas en el semidesierto del norte México, sobre la la calidad del calostro y leche y el desarrollo de sus crías. Se utilizaron tres grupos de cabras multirraciales en ultimo tercio de gestación. Un grupo de cabras (GM;n=9) fue complementado con 250 g/animal/día de vaina de mezquite (*Prosopis spp*), un segundo grupo (GN; n=11) fue complementado con 250 g/animal/día de harina de bagazo de naranja (*Citrus sinensis*), y un tercer (GC; n=10) no se les dio complementación en el corral. El peso corporal de las cabras de los tres grupos fue similar durante el estudio ( $P>0.05$ ). Igualmente, los niveles de glucosa sanguínea y cuerpos cetónicos en la madres durante el periodo experimental no mostró diferencia significativa entre los tratamientos ( $P>0.05$ ). La calidad del calostro al parto fue similar en los tres grupos en casi todas sus características ( $P>0.05$ ), solamente en la densidad ( $68 \pm 2.72\%$ ) y la lactosa ( $13.08 \pm 0.51\%$ ) fue mayor en el GM, que en los otros dos grupos ( $50.5 \pm 7.9$ ;  $9.8 \pm 1.4 \%$ , y  $50.7 \pm 5.20$ ;  $9.61 \pm 0.92 \%$ ), respectivamente,  $P<0.05$ ). La calidad de la leche de los tres grupos fue similar, en casi todas las variables ( $P>0.05$ ). El peso corporal de las crías de los tres grupos fue similar ( $P<0.05$ ). Por lo que se puede concluir que la complementación antes y durante el parto con bagazo de naranja o vaina de mezquite no influye en la calidad del calostro y leche, tampoco en el desarrollo de las crías en cabras explotadas en el semidesierto de México.

**Palabras clave:** complementación, cabras, vainas de mezquite, bagazo de naranja

**ABSTRACT**

EFFECT OF SUPPLEMENTATION WITH MESQUITE PODS (*Prosopis spp*) AND ORANGE BAGASSE (*Citrus sinensis*) IN GOATS BEFORE AND AFTER PARTURITION ON THE QUALITY OF COLOSTRUM AND MILK AND THE DEVELOPMENT OF THE OFFSPRING.

DEYANIRA MARTÍNEZ RUIZ  
Master of Science in Agricultural Production

ANTONIO NARRO AUTONOMOUS AGRARIAN UNIVERSITY

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Thesis director

The objective of the present research was to evaluate the effect of supplementation with mesquite pods or orange bagasse, in goats during the last third of gestation, farmed in the semi-desert of northern Mexico, on the quality of colostrum and milk, and the development of their young. Three groups of multiracial goats during the last third of gestation were used. The first group of goats (GM; n=9) was supplemented with 250 g / animal / day of mesquite pods (*Prosopis spp*), the second group (GN; n=11) was supplemented with 250 g / animal / day of meal of orange bagasse (*Citrus sinensis*), and the third group (GC; n=10) was not complemented in the pen. The body weight of the goats in the three groups was similar during the study ( $P > 0.05$ ). Likewise, the levels of blood glucose and ketone bodies in the mothers during the experimental period did not show a significant difference between the treatments ( $P > 0.05$ ).

The quality of colostrum at partum was similar for the three groups in almost all its characteristics ( $P > 0.05$ ), only density ( $68 \pm 2.72\%$ ) and lactose ( $13.08 \pm 0.51\%$ ), were higher in the GM, than in the other two groups ( $50.5 \pm 7.9$ ;  $9.8 \pm 1.4\%$ , and  $50.7 \pm 5.20$ ;  $9.61 \pm 0.92\%$ , respectively;  $P < 0.05$ ). On the other hand, the milk quality of the three groups was similar, in almost all the variables ( $P > 0.05$ ). The body weight of the offspring of the three groups was also similar ( $P < 0.05$ ).

The present results allow us to conclude that the supplementation before and during parturition with orange bagasse or mesquite pods influences the quality of colostrum and milk from goats farmed in the Mexican semi-desert.

Keywords: Supplementation, goats, mesquite pods and orange bagasse.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la Comarca Lagunera (Coahuila) los rebaños se conforman de cabras conocidas como criollas (Arias, 1993) o locales (Montaldo *et al.*, 2010). Entre Coahuila y Durango se aporta el 43 % de la producción total de leche de cabra de México, contribuyendo Coahuila con 44957 litros de leche, siendo así el principal productor de leche de cabra en México, seguido de Guanajuato y Durango (Pronavibe, 2018). Por otra parte, los cabritos dependen de la ingestión oportuna de inmunoglobulina a través del calostro materno para adquirir una inmunidad pasiva inicial que los proteja contra infecciones durante la vida temprana (Halliday y Williams, 1979; Argüello *et al.*, 2004). La ingesta de calostro en corderos y cabritos es del 10 % por kg de peso corporal dentro de las 24 h de vida (Bentley, 2018). En consecuencia, la calidad del calostro debe ser lo suficientemente alta como para asegurar una inmunización pasiva suficiente. (Dwyer y Morgan, 2006).

La leche de cabra y sus derivados están tomando importancia en la dieta humana debido a su composición y reconocidos beneficios en la salud humana (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008). Además, la leche de cabra presenta ventaja con respecto a la de vaca, debido a la baja alergenicidad de sus proteínas, mayor digestibilidad y mayor cantidad de componentes bioactivos (Schettino *et al.*, 2017). Es importante destacar, que el contenido de nutrientes en la leche puede variar, debido a factores como sistemas de producción, la suplementación en las dietas, y periodos de lactancia (Goetsch, 2011; Schettino *et al.*, 2017) aunado a esto, la leche se puede ver afectada por factores fisicoquímicos, principalmente contaminación microbiológica, enfermedades, materia extraña lo que puede ocasionar baja calidad de la leche (Gonzalo, 2017), sin embargo, las dietas adicionadas o enriquecidas con subproductos pueden ejercer efectos benéficos en calidad de leche y subproductos, ya que en condiciones de pastoreo, los herbívoros consumen una dieta variada de especies con diferentes nutrientes (Distel y Villalba, 2007). Las cabras se alimentan predominantemente a base de tierras de pastoreo (Escareño *et al.*, 2011) principalmente flora arbustiva (Barraza *et al.*, 2008) con suficiente cantidad de proteínas y otros nutrientes en temporada

seca (Nagel *et al.*, 2011). Al producirse cambios en la composición de las plantas forrajeras con relación a la variabilidad estacional (Arévalo *et al.*, 2020), provoca desafíos nutricionales para los animales gestantes, ya que requieren de un aumento de nutrientes debido a la preñez o lactancia (Salinas-González *et al.*, 2016). Por lo tanto, el sistema de alimentación utilizado, como el pastoreo en libertad o confinamiento permanente, afecta la composición de la leche y en la calidad (Jordan *et al.*, 2010; Keles *et al.*, 2017). Otro factor que afecta la composición de la leche, es la época del año, principalmente el clima lluvioso o seco (Chávez-Servín *et al.*, 2018).

En ese sentido, en Coahuila los sistemas de producción de cabras muestran un bajo nivel socioeconómico, así como escasez de agua y sequías prolongadas (Barraza *et al.*, 2008; Montaldo *et al.*, 2010). Aunado a esto, los costos de alimentación de las cabras son relativamente elevados, por lo que la implementación con ingredientes o componentes permite costos accesibles de alimentación. Estos alimentos deben proporcionarse en complemento al pastoreo, una vez que la vegetación del forraje disminuye en áreas estratégicas, así maximizar el rendimiento productivo y minimizar el costo económico (Maldonado *et al.*, 2017).

Actualmente, la utilización de subproductos agrícolas en la nutrición animal, particularmente en los países en desarrollo, es esencial para reducir los costos de producción ganadera (Mínguez y Calvo, 2018). El uso de complementos como el mezquite (*Prosopis sp*) para alimentar a varias especies de ganado aporta alto contenido en proteínas, carbohidratos, fibra (Zolfaghari y Hardenet, 1985; Zolfaghari *et al.*, 1986), minerales y vitaminas (Choge *et al.*, 2007; Freyre *et al.*, 2010), que podrían tener efectos estrogénicos potenciales en el ganado y otros animales. Además, el uso de subproductos de naranja, podría contribuir a la disminución de dependencia de alfalfa y costos de alimentación en cabras, sin afectar el crecimiento o características de subproductos.

Con base a lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la complementación con vaina de mezquite (*Prosopis spp.*) y cascara

de naranja o comúnmente llamado bagazo de naranja (*Citrus sinensis*) en una dieta, sobre la calidad de parámetros productivos en cabras locales y cabritos.

### **Hipótesis**

La complementación con vaina de mezquite (*Prosopis spp.*) y cascara naranja (*Citrus sinensis*) en el último tercio de la gestación aumentará los parámetros productivos en cabras y el peso del nacimiento al destete.

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de la complementación con vaina de mezquite (*Prosopis spp*) y cascara naranja (*Citrus sinensis*) en la complementación de cabras criollas, sobre el peso de la cabra y cabrito, índices de glucosa, calidad en el calostro y leche.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Generalidades de la cabra**

Las cabras son importantes en zonas áridas, con versatilidad en la recolección de una amplia gama de especies nativas de ramoneo y herbáceas, capacidad de caminar largas distancias en comparación con otras especies de ganado y la selección preferencial de una dieta altamente nutritiva y partes de plantas digeribles (Lebbie, 2004; Armenta-Quintana *et al.*, 2011). En la Comarca Lagunera (Coahuila) los rebaños se conforman de cabras conocidas como criollos (Arias, 1993) o locales (Montaldo *et al.*, 2010). El 62 % posee pelaje en tonos oscuros, el 27 % protuberante en partes blancas y el 11 % restante mantienen tonos cafés a negro, debido a la diversificación genética.

#### **2.1.1 Producción de cabras**

En México, el ganado caprino forma parte de las actividades relacionadas con los recursos pecuarios. México tiene aproximadamente 8.7 millones de cabras, destacando la producción de leche. En el norte de México, la producción caprina se ha encontrado principalmente en territorios áridos y semiáridos en condiciones extensas (Lebbie, 2004; Galina y Pineda, 2010). Entre Coahuila y Durango se aporta el 43 % de la producción total de leche de cabra de México, contribuyendo Coahuila con 44957 litros de leche, siendo así el principal productor de leche de cabra en México, seguido de Guanajuato y Durango (Pronavibe, 2018).

### **2.2 Calostro de cabras**

En los pequeños rumiantes, la placenta impide la transferencia materna de inmunoglobulinas al feto durante la gestación. Por lo tanto, los corderos y cabritos dependen de la ingestión oportuna de inmunoglobulina a través del calostro materno para adquirir una inmunidad pasiva inicial que los proteja contra infecciones durante la vida temprana (Halliday y Williams, 1979; Argüello *et al.*,

2004). Si no se proporciona calostro en cantidad o calidad suficiente durante las primeras horas de vida, el neonato corre el riesgo de que falle la transferencia inmunitaria pasiva que conduce a una mayor morbilidad y mortalidad (Gilbert *et al.*, 1988; O'Brien y Sherman, 1993).

La ingesta de calostro en corderos y cabritos es del 10 % por kg de peso corporal dentro de las 24 h de vida (Bentley, 2018). En consecuencia, la calidad del calostro debe ser lo suficientemente alta como para asegurar una inmunización pasiva suficiente. Además, el consumo de una cantidad suficiente de calostro es crucial para satisfacer la alta demanda energética de los pequeños rumiantes recién nacidos para apoyar su termorregulación (Dwyer y Morgan, 2006). Además, los componentes en calostro presentan diferencias aparentes entre razas de animales (Kessler *et al.*, 2019).

### **2.3 Leche de cabra**

La leche de cabra y sus derivados están recuperando protagonismo en la dieta humana debido a su composición y reconocidos beneficios en la salud humana (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008). Además, la leche de cabra presenta ventaja con respecto a la de vaca, debido a la baja alergenicidad de sus proteínas, mayor digestibilidad y cantidad de componentes bioactivos, así como menor cantidad de lactosa (Pophiwa *et al.*, 2019). Estos beneficios son asociados a la ingesta nutricional de la cabra, lo que permite el desarrollo de los componentes presentes en la leche, resultando con calidad adecuada en el calostro y leche. En ese sentido, la producción de leche puede considerarse una alternativa para los consumidores que tienen algún tipo de sensibilidad o alergia a los productos de leche de vacas (Schettino *et al.*, 2017, Bidot, 2017) y aportando, nutrientes esenciales para la supervivencia y el desarrollo de la cabra. Debido a esto, la leche de cabra se ha ganado la imagen de un producto saludable y funcional (Albenzio *et al.*, 2012; Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008).

La producción de leche y carne de caprino forma parte importante de alimentos con alza en los próximos años y se espera un incremento de alrededor del 1.7 % para la próxima década (FAO, 2019). Es importante destacar, que el contenido

de nutrientes en la leche puede variar, debido a factores como sistemas de producción y la suplementación en las dietas (Schettino *et al.*, 2017) por lo tanto, las dietas adicionadas o enriquecidas con subproductos pueden ejercer efectos benéficos en calidad de leche y sus subproductos.

#### **2.4 Factores que afectan la nutrición de cabras**

En condiciones de pastoreo, los herbívoros consumen una dieta variada de especies con diferentes nutrientes (Distel y Villalba, 2007). Las zonas semiáridas agrícolas se muestran en abandono cuando se agotan los nutrientes del suelo y se reduce el alimento disponible (Granados-Sánchez *et al.*, 2013). Las cabras se alimentan predominantemente a base de tierras de pastoreo (Escareño *et al.*, 2011) principalmente flora arbustiva (Baraza *et al.*, 2008) con suficiente cantidad de proteínas y otros nutrientes en temporada seca (Nagel *et al.*, 2011). Estas plantas, presentan cambios en su composición con relación a la variabilidad estacional (Arévalo *et al.*, 2020), provocando desafíos nutricionales para los animales gestantes (principalmente en el último tercio de gestación) (Luna *et al.*, 2015; Sarkar *et al.*, 2018), ya que requieren de un aumento de nutrientes debido a la preñez o lactancia (Salinas-González *et al.*, 2016).

Por lo tanto, el sistema de alimentación utilizado, como el pastoreo en libertad o confinamiento permanente, afecta la composición de la leche y puede influir en la calidad (Jordan *et al.*, 2010; Keles *et al.*, 2017). Otro factor que afecta la composición de la leche, es la época del año, principalmente el clima lluvioso o seco (Chávez-Servín *et al.*, 2018). Los cambios a largo plazo en el estado fisiológico del animal, como el embarazo y la lactancia, varían la formulación de la dieta. Este cambio puede deberse a los diferentes requisitos nutricionales y la ingesta de alimentos que se produce durante las fases de los ciclos reproductivos del animal (Fegeros *et al.*, 1995). Además, la producción caprina muestra limitaciones, debido a factores como el genotipo de la cabra, eventos climatológicos, duración de lactancia, abortos, problemas nutricionales, mastitis y enfermedades respiratorias (Escareño *et al.*, 2011).

En ese sentido, en Coahuila los sistemas de producción de cabras muestran un bajo nivel socioeconómico, así como escasez de agua y sequías prolongadas (Barraza *et al.*, 2008; Montaldo *et al.*, 2010). Aunado a esto los costos de alimentación de las cabras son relativamente elevados, por lo que la implementación con ingredientes o componentes permite costos accesibles de alimentación. Actualmente durante el

pastoreo, los forrajes comunales es el principal aporte de nutrientes en cabras, sin embargo, existe una tendencia a la búsqueda complementos o ingredientes que mejoren el aporte nutrimental. Estos alimentos deben proporcionarse en complemento al pastoreo, una vez que la vegetación del forraje disminuye en áreas estratégicas, así maximizar el rendimiento productivo y minimizar el costo económico (Maldonado *et al.*, 2017).

## **2.5 Complementos utilizados en la dieta de cabras**

Actualmente, la utilización de subproductos agrícolas en la nutrición animal, particularmente en los países en desarrollo, es esencial para reducir los costos de producción ganadera (Mínguez y Calvo, 2018). El uso de complementos como forrajes en la alimentación de ganado no es un concepto nuevo. Las dietas en corderos (*Ovis orientalis aries*) ricas en forrajes de leguminosas se han utilizado eficazmente (Whitney *et al.*, 2014, Whitney *et al.*, 2017). Además, se ha informado del uso de granula adicionada con forraje verde, ya que puede proporcionar vitamina C en cobayas (*Cavia porcellus*) debido a la deficiencia de la granula (Mínguez y Calvo, 2018). La inclusión de semillas oleaginosas extruidas en la dieta de las ovejas (Buccioni *et al.*, 2015) y cabras (Nudda *et al.*, 2013) resultó en un aumento de ácido linoleico conjugado y otros ácidos grasos beneficiosos en la grasa de la leche.

### **2.5.1 Generalidades de mezquite en México**

El mezquite (*Prosopis* sp) se extiende en áreas áridas y semiáridas de México, África y Asia. En México, hay alrededor de 4 millones de hectáreas de mezquite

distribuida principalmente en el semiárido y regiones áridas del país. La producción estimada es 4.5 ton/ha (Rodríguez-Franco y Maldonado, 1994). El período de cosecha de mezquite en México es de julio a Septiembre (Alegría y Pacheco, 2009). El mezquite se utiliza principalmente para alimentar a varias especies de ganado debido a su alto contenido en proteínas, carbohidratos, fibra (Zolfaghari y Hardenet, 1985; Zolfaghari *et al.*, 1986), minerales y vitaminas (Choge *et al.*, 2007; Freyre *et al.*, 2010, Landa *et al.*, 2016). El mezquite contiene altas cantidades de algunos fitoestrógenos como mesquitol, flavanol (Sirmah *et al.*, 2009), quercetina, luteolina e isoharmnetina (flavonoles), y la flavona vitexina (Gianinetto *et al.*, 1975), que podrían tener efectos estrogénicos potenciales en el ganado y otros animales.

### **2.5.2 Generalidades de naranja en México**

Los procesos industriales para la extracción de jugos y aceites esenciales de los cítricos producen subproductos, algunos de los cuales se han utilizado considerablemente en la alimentación de animales de ganado, donde la incorporación podría llegar hasta el 30 % en la dieta del animal (Mínguez y Calvo *et al.*, 2018). En ese sentido el uso de sub productos de naranja, podría contribuir a la disminución de dependencia de alfalfa y costos de alimentación en cabras, sin afectar el crecimiento o características de subproductos. En ese sentido, el uso de naranja es de interés, ya que se ha utilizado como fuente de energía en dietas para rumiantes (Fung *et al.*, 2010). Además, se ha demostrado en conejos un comportamiento de crecimiento en torno al 30-45 % en complementos con pulpa de naranja (De Blas y Villamide, 1990).

## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

En relación al cuidado de los tres grupos de cabras y durante todo el periodo experimental se abordaron lineamientos como referencia para el cuidado ético y

bienestar de los animales de acuerdo a la Federation of Animal Science Societies (FASS, 2010) y a la National Academy of Medicine (NAM, 2002).

### **3.1 Localización y condiciones ambientales**

El presente trabajo fue realizado particularmente en tierras semiáridas al norte de México, en una unidad de producción caprina en la localidad de Petronilas municipio de Matamoros Coahuila de zaragoza, Mex. (Latitud 25°31'41'' Norte, Longitud 103° 13'42'' Oeste) en donde el promedio anual de lluvia registrado es de 230 mm con variación durante el año y la temperatura máxima promedio oscila en 41° C durante los meses de mayo y junio y la menor es de -3° C en diciembre y enero.

### **3.2 Vegetación del área de estudio**

El tipo de vegetación predominantemente en el área de estudio es xerofita, por lo tanto la flora así como arbustos predominantes en la ruta de pastoreo son; mezquite (*Prosopis spp.*), “costilla de vaca” (*Atriplex canescens*), “palo verde” (*Cercidium floridum*), hierbas como *Salsola kali*, “trompillo” (*Solanum elaeagnifolium*), gobernadora (*Larrea tridentata*), además de algunos zacates predominantes; “Zacate gigante” (*Leptochloa dubia*), “hierba del negro” (*Sphaeralcea angustifolia*) aunado a residuos de cultivos como melón, sandía, elote, calabaza, etc., especies que conformaron la ruta de alimentación del matorral desértico por la cual se realizó el pastoreo de cabras a cargo de su cuidador durante todo el periodo experimental.

### **3.3 Animales experimentales y su manejo**

Para el presente desarrollo experimental se utilizaron cabras Criollas (n=26) de doble propósito (leche y carne) utilizadas en el presente experimento forman parte de un rebaño comercial en condiciones de alimentación extensivo, de edad promedio entre 2 a 2.5 años, multíparas, homogéneas en cuanto a peso  $48.7 \pm 8.319$  kg y condición corporal de  $2.5 \pm 0.548$  considerada mediante la valoración táctil de la masa muscular en vértebras lumbares en una escala de 1-4, asignadas

aleatoriamente en tres grupos experimentales; Grupo Mezquite (GM) (n=9), un segundo grupo, Grupo Naranja (GN) (n=11) y por ultimo un grupo control (GC) (n= 6) (Figura1), el manejo de los animales fue el típico del pastoreo manejadas de manera habitual a cargo de su cuidador.

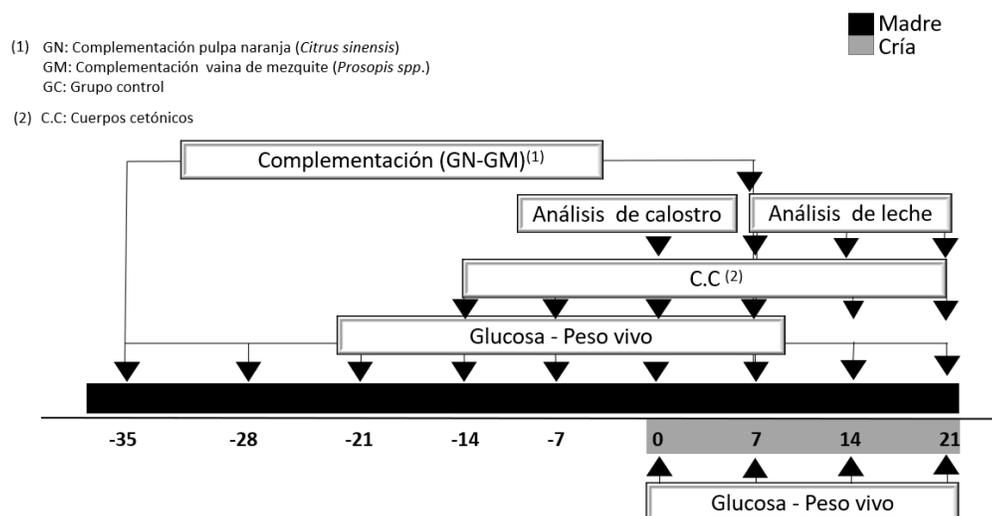


Fig. 1 Diseño experimental

### 3.3.1 Manejo de las cabras

Previo al periodo de experimentación se realizaron dos protocolos a todas las unidades de estudio; desparasitación y empadre realizadas en dos tiempos.

### 3.3.2 Protocolo de desparasitación

La interacción de la vacunación y control de parásitos se manejó únicamente entre la vacuna de brucelosis y desparasitación interna-externa.

### 3.3.3 Protocolo de empadre

El empadre para la sincronización de estros 5 meses antes de la realización del experimento fue basado en progestágenos, el diagnóstico de gestación se

determinado en dos ocasiones al día quince y al mes del empadre para la confirmación de gestación por medio de ultrasonografía con el equipo ALOKA® Prosound 2 y 45 días posteriores a la inseminación.

### **3.3.4 Manejo de pastoreo**

Los grupos experimentales (GM, GN y GC) realizaron pastoreo en áreas descritas anteriormente con el resto del hato, llevado a cabo en dos horarios; por la mañana (10:00 am - 1:00 pm) y por la tarde (3:00 pm - 6:00 pm), posterior al pastoreo se confinaron en corrales para el paso de la noche con medidas de 5m x 12 m por grupo experimental, con acceso a agua y sales minerales *ad libitum*.

### **3.3.5 Incorporación de la complementación**

Un grupo de cabras (GM) fue complementado con 250g/animal/día de vaina de mezquite (*Prosopis spp.*), un segundo grupo de hembras (GN) complementado con 250g/animal/día de harina de gabazo naranja (*Citrus sinensis*) y un tercer grupo de hembras de grupo control (GC) no complementado, para asegurar el consumo de g/día de los grupos complementados (GM y GN) se ofreció por unidad experimental mediante bandejas individuales, los residuos de alimento fueron pesados posterior a la complementación, todos los grupos experimentales se mantuvieron bajo pastoreo extensivo luego de la complementación durante todo el periodo experimental.

Previo a la complementación se realizó una semana de adaptación en los grupos complementados (TN y TM) en los días -35 a -28 pre-parto, posteriormente la complementación se ofreció en promedio 3 semanas antes del parto y 7 días post parto.

## **3.4 Colecta de muestras**

Para la colecta de muestras engloba primordialmente las especificaciones de las complementaciones efectuadas en el presente experimento, así como las muestras de calostro/leche.

#### 3.4.1 Vainas de mezquite

Las vainas de mezquite (*Prosopis spp.*) (Cuadro 1) se recolectaron en los meses de producción junio-julio (considerando la temporada de madurez del fruto) fueron expuestas a temperatura ambiente un periodo de 3 días al sol, para la obtención de la harina, se utilizó un molino de martillos, almacenado en bolsas con cierre hermético en un ambiente seco y fresco hasta el inicio de la complementación.

#### 3.4.2 Bagazo de naranja

La naranja (*Citrus sinensis*) (Cuadro 1) se obtuvo a partir de residuos de micro industrias alimentarias locales dispensadoras de jugos cítricos, como subproducto agroindustrial la cual fue deshidratada a temperatura ambiente por un periodo de 4 días, la naranja en gabazo seca se trituró en un molino de martillos, hasta obtener una harina ligera, para luego conservarla en condiciones similares a la harina del mezquite.

**Cuadro 1.** Composición química de la vaina de mezquite (*Prosopis spp.*) y pulpa de naranja (*Cirtus siensis*).

Componente (%)	Proteína	Ceniza	FDN	FNA	MS	Grasa
<b>Vaina de mezquite</b>	11.9	4.4	42.5	21	12.29	2.6
<b>Gabazo de naranja</b>	7.06	3	47.5	38.2	5.35	2.2

### 3.5 Análisis de calostro y leche

Las muestras del calostro y leche se obtuvieron de todos los grupos experimentales mediante ordeña manual antes del pastoreo. El calostro se obtuvo en las primeras horas luego del parto (0, 12 y 24h). La toma de muestra de leche se obtuvieron cada semana partiendo del día 7 post parto (7, 14 y 21 D/post parto), para las muestras de calostro y leche se abordaron 20 ml respectivamente de secreción mamaria para su análisis, dichas muestras fueron recolectadas en frascos recolectores con capacidad de 40 ml con cierre hermético conservadas a temperatura constante de 4 °C hasta su análisis.

Para el análisis de calidad se utilizó el analizador de leche Milkotester® modelo Master eco, Bulgaria, determinando las siguientes propiedades fisicoquímicas en porcentaje; grasa (%), proteína (%), densidad (%), sólidos no grasos y lactosa (%), el análisis de las muestras se realizó mediante triplicado.

### **3.6 Determinación de peso**

La determinación de peso vivo (madre/cría) se utilizó una báscula de pesaje básico de acero Torrey® industrial de base digital EQM 400-800 de plataforma con capacidad de 400kg/600lb con plataforma de 68.5cm x 83.18 cm.

#### *(1) Peso de la madre*

La determinación del peso de la madre de todos los grupos experimentales se registró partiendo del inicio de la complementación del día -28 al +21 post parto.

#### *(2) Peso de la cría*

El peso de las crías de las madres de los grupos experimentales se determinó a partir del nacimiento cada semana en los días 7 a 21 días post-nacimiento utilizando la báscula descrita.

### **3.7 Determinación de niveles de glucosa y cuerpos cetónicos**

Para la determinación de glucosa y cuerpos cetónicos fue mediante un sistema de monitoreo en sangre por medio de la venopunción yugular utilizando el indicador Freestyle Optium neo® por medio de tiras reactivas, específicas según análisis con el común indicador.

### **3.7.1 Determinación de glucosa y cuerpos cetónicos en cabras**

Las tomas de glucosa en cabras se obtuvieron en total 8 muestras respectivamente de todos los grupos experimentales en intervalos de 7 días en el inicio de la complementación (-28D) hasta el final del experimento (+21D).

Los niveles de cuerpos cetónicos se tomaron a partir de 6 muestras tomadas en el mismo intervalo que la glucosa a partir del día -14 al +21 post parto.

### **3.7.2 Determinación de glucosa en crías**

La glucosa en crías fue obtenida en el intervalo descrito al igual que la madre desde el día de nacimiento 0 al 21.

## **3.8 Análisis estadísticos**

Todos los resultados obtenidos del presente estudio (Calidad del calostro/leche , peso cabra/cría, glucosa cabra/cría y cuerpos cetónicos, fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) para posteriormente realizar una comparación de medias por la metodología de T- de student considerando ( $p < 0.05$ ) bajo.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Peso y condición corporal de las crías

El peso vivo de las crías de los tres grupos fue similar durante el estudio, lo cual se puede ver en la Cuadro 2. Teniendo un peso al nacimiento de  $3.2 \pm 0.02$  kg, mientras que al final del estudio fue  $7.0 \pm 0.05$ . Los niveles sanguíneos de glucosa en las crías de los tres grupos fueron similares (Cuadro 2;  $P > 0.05$ )

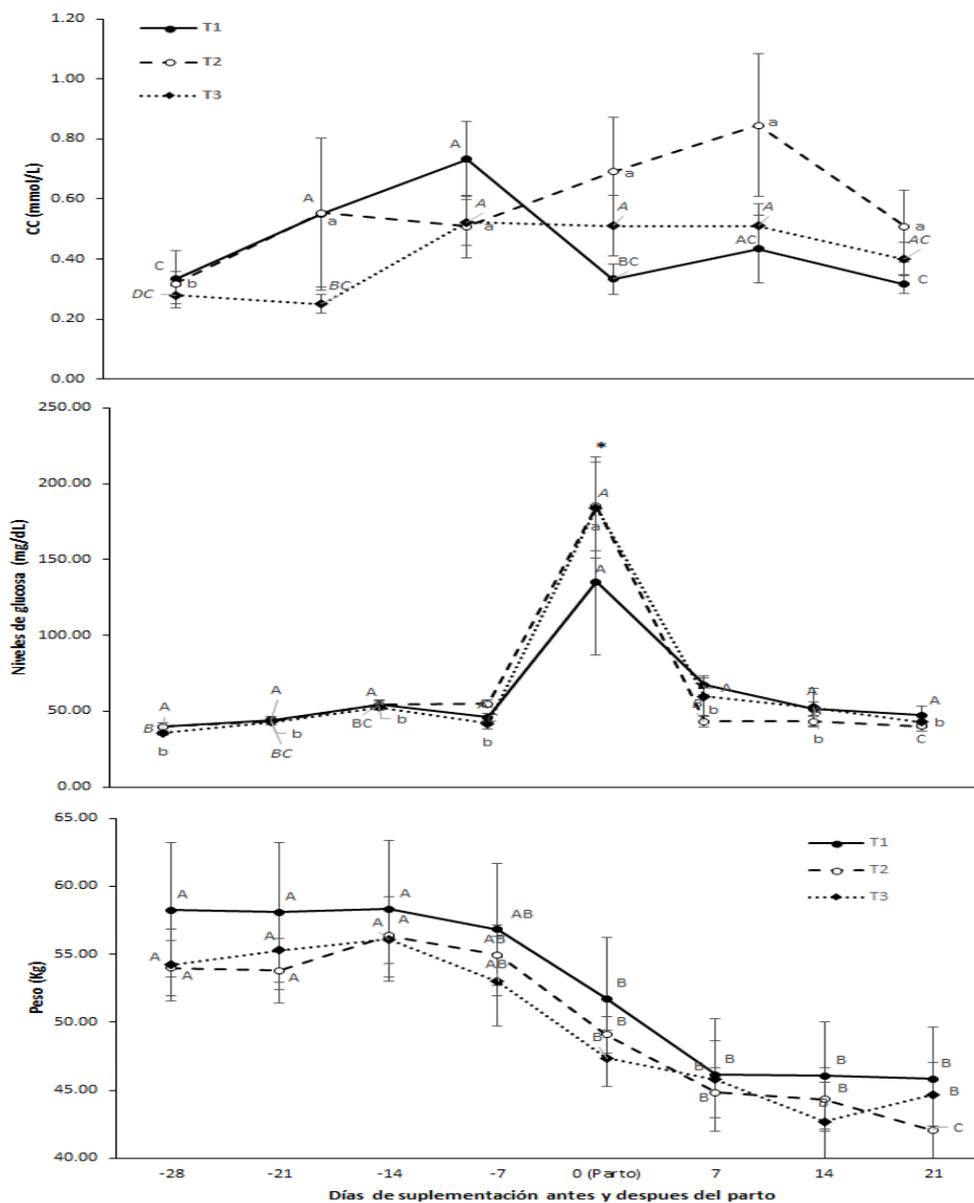
### 4.2 Calidad de calostro y leche de cabra

La calidad tanto del calostro como de la leche de las cabras de los tres grupos se puede ver en el Cuadro 3. La calidad del calostro al parto fue similar en los tres grupos en casi todas sus características ( $P > 0.05$ ; Cuadro 3).

Por otra parte la calidad de la leche de los tres grupos fue similar en todas las variables ( $2.88 \pm 0.8\%$ , Proteína;  $7.0 \pm 0.25\%$ , grasas; y  $0.77 \pm 0.08\%$ , Sólidos NG; densidad,  $24 \pm 0.70\%$ ;  $P > 0.05$ ) durante el estudio, solamente la grasa fue más alta en el GM ( $7.81 \pm 0.76\%$ ) que en el GN y GC ( $6.48 \pm 0.43$ ;  $6.2 \pm 0.46\%$ ) en el día 14 posparto ( $P < 0.05$ ; cuadro 3).

### 4.3 Peso vivo, niveles de glucosa y cuerpos cetónicos en madres

Los niveles de glucosa sanguínea en la madres durante el periodo experimental no mostró diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 1). Sin embargo, los niveles sanguíneos mostraron variaciones durante el estudio, teniendo al principio del tratamiento  $38.23 \pm 1.22$  mmol/L, mientras que al parto este se incrementó hasta  $173.19 \pm 18.40$  mmol/L, disminuyendo después a  $42.84 \pm 2.16$  mmol/L al final del estudio. Las concentraciones plasmáticas de cuerpos cetónicos de los tres grupos de cabras se puede ver en la Figura 2. La concentración de cuerpos cetónicos fue similar hasta el parto en los tres grupos ( $0.5 \pm 0.05$ ), sin embargo, al día 14 después del parto, el GM fue superior a los otros dos grupos ( $1.0$  vs  $0.5$ ,  $P > 0.05$ , respectivamente), mientras que al final del estudio (21 días) los niveles de los C.C. fueron otra vez similares en los tres grupos ( $0.42 \pm 0.05$ ;  $P < 0.05$ ).



**Figura 2.** Evolución de los cuerpos cetónicos (C.C) (mmol/L), glucosa sanguínea (mg/dl) y peso vivo (kg) de los grupos de cabras suplementadas con vainas de Mezquite (GM; n=9), o con gabazo de naranja (GN; n=11), el testigo que no recibió ninguna suplementación (GC; n=6), las cuales eran explotadas en agosto en el semidesierto del norte de México. \* Difiere a  $P < 0.05$ . Literales diferentes en el mismo grupo significan diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre tiempo.



**Cuadro 3.** Peso corporal (kg) y nivel de glucosa (mg/dL) de cabritos nacidos de madres suplementadas con vainas de Mezquite (GM), o con gabazo de naranja (GN), el testigo que no recibió ninguna suplementación (GC), mantenidas en sistema de pastoreo extensivo.

	Grupo	Día				Valor P
		0	7	14	21	
Glucosa (mg/dL)	GC	45.5 ± 4.05 <sup>a2</sup>	125.1 ± 14.0 <sup>a1</sup>	113.1 ± 4.3 <sup>a1</sup>	120.8 ± 5.1 <sup>a1</sup>	**
	GM	81.8 ± 14.0 <sup>a2</sup>	146.0 ± 6.6 <sup>a1</sup>	113.4 ± 2.9 <sup>a2</sup>	114.8 ± 4.8 <sup>a2</sup>	*
	GN	51.07 ± 7.2 <sup>a2</sup>	130.0 ± 5.5 <sup>a1</sup>	121.4 ± 10.8 <sup>a1</sup>	107 ± 4.9 <sup>a2</sup>	*
Peso vivo (kg)	GC	3.2 ± 0.2 <sup>a2,4</sup>	4.3 ± 4.0 <sup>a2,3</sup>	5.6 ± 0.5 <sup>a1,3</sup>	7.0 ± 0.5 <sup>a1</sup>	*
	GM	3.5 ± 0.2 <sup>a2,3</sup>	5.0 ± 0.2 <sup>a2</sup>	6.2 ± 0.2 <sup>a2</sup>	7.1 ± 0.1 <sup>a1</sup>	*
	GN	3.0 ± 0.2 <sup>a2</sup>	4.4 ± 0.3 <sup>a2</sup>	5.5 ± 0.3 <sup>a1</sup>	6.2 ± 0.4 <sup>a1</sup>	*

## 5. DISCUSIÓN

La complementación alimenticia con bagazo de naranja o con vaina de mezquite antes del parto y posterior a este no tuvo influencia en la calidad de la leche o en el peso y desarrollo de la cría. En efecto, las madres no tuvieron incremento en su peso corporal o condición corporal se relaciona en algunos estudios (Liñán, 2015; Garza, 2014), sin embargo los valores obtenidos antes del parto, durante el parto y final del parto (49; 45; 43 Kg) fueron altos a comparación de lo recomendado por Mellado (2001) de 35 kg para la disminución del porcentaje de abortos. Además de que tampoco se reflejó en los niveles plasmáticos de glucosa sanguínea, ni en los cuerpos cétonicos. Si la complementación alimenticia con bagazo de naranja o vaina de mezquite hubieran tenido efecto, esto debería de haberse visto reflejado primeramente en un aumento de los elementos sanguíneos (metabólicos) de las madres, ya que algunos nutrientes sanguíneos como el los niveles de glucosa, cuerpos cétonicos, pueden ser muy sensibles a la alimentación (Posada *et al.*, 2021). En efecto, cuando un animal consume un alimento inmediatamente se puede ver reflejado en un aumento de la glucosa sanguínea, ya que los alimentos son digeridos y los azúcares son convertidos a glucosa para poder ser absorbidos, ya que este es el azúcar en la sangre, mientras que los cuerpos cétonicos son un reflejo de la utilización de la energía de reserva en el músculo (Posada *et al.*, 2021). Por otra parte, la falta de repuesta al peso corporal y condición corporal, probablemente se debió a que cuando se da una suplementación de corto plazo, normalmente no se modifica esta. Otra posibilidad, por la que no hubo un efecto de la complementación alimenticia, pudo ser debido a que no fue suficiente la cantidad de complementación para hacer un incremento en los niveles sanguíneos de carbohidratos porque fueron muy poco (250 g). En efecto, en otros estudios cuando si obtuvieron un aumento en la calidad de la leche, la complementación ha sido más alta (Cordova, 2019), por ejemplo con vaina de mezquite (*prosopis spp*) fue de 500 g de maíz (Flores *et al.*, 2018), igualmente, en el caso de la pulpa de naranja deshidratada la administración va del 0 al 30 % del complemento, obteniendo un incremento en el porcentaje de grasa de 4,402 al 4,542%

(Hernández *et al.*, 2015). Por otra parte, la complementación de la naranja aunado al forraje de pasto y al alimento complementario, que va en promedio de 250-500 g mostrando aumento en este mismo porcentaje de grasa en la leche con la administración de 250 g en fase de lactancia ( $5.2575 \pm 0.97$ ) (Flores *et al.*, 2018). Otra posibilidad es que el tiempo de suplementación fue poco, en efecto en otros estudios se ha dado la complementación por lo menos de 30 días (Luna-Orozco *et al.*, 2015). Otra cosa posible fue que nuestros suplementos fueron energéticos y no proteicos. En efecto, se ha reportado que en condiciones de agostado, en zonas semiáridas y áridas, las hembras encuentran suficientes nutrientes energéticos en la flora de estos ecosistemas (Mellado *et al.*, 2004; Nagel *et al.*, 2010) sin embargo, un problema más importante es los nutrientes proteicos, los cuales no están disponibles, en temporadas de escases de piensos y de seca (Nage *et al.*, 2010).

Por otra parte, el poco efecto de nuestra complementación pudo deberse a que las madres tenían una regular condición corporal ( $2.4 \pm 0.92$ ), lo que sugiere que las hembras conseguían los suficientes nutrientes que necesitaban en el agostadero según sus necesidades (Mellado, 2016), ya que estos animales son capaces de adaptarse a estas condiciones adversas a un en la época de sequía al adaptar su dieta y seleccionar otra flora, para compensar sus necesidades nutricionales aun en el último tercio de la gestación. De echo, es probable que las hembras que no recibieron la complementación adaptaron su selección de la flora que consumieron más que las que la recibieron o seleccionando de mayor calidad (más cantidad de proteica, etc.) con lo que lograron compensar, sus necesidades alimenticias.

Por otra parte, tanto la calidad del calostro como la leche no hubo diferencias mostrando que ambos fueron de buena calidad, además el peso de las crías al parto sugiere que en efecto las crías tuvieron los nutrientes necesarios de parte de las madres, lo que provocó un buen desarrollo de esta, además probablemente también desde el punto de vista inmunológico ya que el calostro de todos los grupos fue similar y este fue de buena calidad, lo que provocó

probablemente que estas crías tuvieran una buena transferencia de inmunoglobulinas que les transfirió una buena inmunidad contra las enférmelas. Sin embargo, la complementación pudo afectar la cantidad de leche lo cual no fue monitorizado en el estudio, pero es poco probable ya que la ganancia de peso fue similar en las crías, que esto es un reflejo de tanto la calidad del calostro y de la leche que consumen como de la cantidad de esta. Además que los niveles sanguíneos de glucosa de las crías, donde tampoco hubo diferencias entre los diferentes grupos, sugiere que estos sí consumieron tanto la cantidad como la calidad necesaria de leche para su buen desarrollo corporal.

## **6. CONCLUSIÓN**

Los presentes resultados permiten concluir que la complementación antes y durante el parto con bagazo de naranja o vaina de mezquite no influye en la

calidad del calostro y leche, además tampoco influye en el desarrollo de las crías, en cabras explotadas en el semidesierto de México.

## **5. LITERATURA CITADA**

Aguirre, V., Orihuela, A., Vázquez, R. (2007). Seasonal variations in sexual behavior, testosterone, testicular size and semen characteristics, as

affected by social dominance, 'of tropical hair rams (*Ovis aries*). *Animal Science*; 78-417-423.

Alexander, B. M. (2018). Asas-Ssr Triennial Reproduction Symposium: Looking Back And Moving Forward—How Reproductive Physiology Has Evolved: Male reproductive behavior: sensory signaling in the brain of low-performing domestic rams<sup>1</sup>. *Journal of Animal Science*. doi:10.1093/jas/sky117.

Almeida Rosa M.M; Pier Francesco Ferrari; Stefano Parmigiani; Klaus A. Miczek (2005). Escalated aggressive behavior: Dopamine, serotonin and GABA. *526(1-3)*, 51–64.

Álvarez, L., Martín, G.B., Galindo, F., Zarco, L.A. (2003). La dominancia social de las cabras afecta su respuesta al efecto masculino. *Apl. Anim. Behav. Sci.* 84, 119-126.

Alvez Pereira, S. M. (2011). Efecto de la jerarquía social en el desarrollo de corderos que no compiten por el alimento. Tesis doctoral. Universidad de la República Uruguay.

Ball GF, Balthazart J. (2008) ¿Cuán útil es la distinción apetitiva y consumatoria para nuestra comprensión del control neuroendocrino de la conducta sexual? *Horm. Behav.* 419; 53: 307-318

Bartoš L, Schams D, Bubenik GA, Kotrba R, Tománek M (2010) Relationship between rank and plasma testosterone and cortisol in red deer males (*Cervus elaphus*). *Physiology & Behavior* 101, 628-634.

Bartoš L, Bubenik GA, Kužmová E (2012) Endocrine relationships between rank-related behavior and antler growth in deer. *Frontiers in Bioscience* 4, 1111-1126.

Banks, E.M. (1964). Some aspects of sexual behavior in domestic sheep, *Ovis aries*. *Behaviour*; 23:249-279.

Blanchard, R.J., McKittrick, C.R., Blanchard, O.C. (2001). Animal models of social stress: effects on behavior and brain neurochemical systems. *Phys. Behav.* 73:261-271.

Bickell, S. L., Nowak, R., Poindron, P., Sèbe, F., Chadwick, A., Ferguson, D., & Blache, D. (2009). Temperament does not affect the overall establishment of mutual preference between the mother and her young in sheep measured in a choice test. *Developmental Psychobiology: The Journal of*

- the International Society for Developmental Psychobiology, 51(5), 429-438.
- Boe, KE., Fcerevik, G. (2003). Grouping and social preferences in calves, heifers and cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 80: 175-190.
- Broom, M. (2002). A Unified Model of Dominance Hierarchy Formation and Maintenance. *Journal of Theoretical Biology*, 219(1), 63–72.
- Bustos, E. O., & Torrez-Díaz, L. (2012). Reproducción estacional en el macho. *International Journal of Morphology*, 30 (4): 1266- 1279.
- Calderón-Leyva, G., Meza-Herrera, C. A., Rodríguez-Martínez, R., Angel-García, O., Rivas-Muñoz, R., Delgado-Bermejo, J. V., & Véliz-Deras, F. G. (2018). Influence of sexual behavior of Dorper rams treated with glutamate and/or testosterone on reproductive performance of anovulatory ewes. *Theriogenology*, 106, 79–86.
- Carrasco Ortiz, Miguel Ángel, & González Calderón, M<sup>a</sup> J Osé (2006). Aspectos Conceptuales de la agresión: definición y modelos explicativos. *Acción Psicológica*, 4(2),7-38.
- Cordova-Torres, A. V., & Andrade-Montemayor, H. M. (2019). Effect of supplementation with prickly pear cactus (*Opuntia ficus indica*) and mesquite pod (*Prosopis laevigata*) on the productive behaviour and composition of the milk of goats grazing in agostadero. *Revista Acadêmica: Ciência Animal*, 17(Supl. 1), 186-189.
- Hernández-Meléndez, J., González-Reyna, A., Rojo, R., Sánchez-Dávila, F., Salvador, A., & Vázquez-Armijo, J. F. (2015). Producción y composición de la leche de cabras alimentadas con diferentes inclusiones de cáscara de naranja deshidratada. *Revista Científica*, 25(4), 324-329.
- Liñán-González, M.A. (2015). *Respuesta fisiológica de cabras reproductoras a la suplementación con subproductos agroindustriales cáscara de naranja, DDGS y urea*. Tesis Maestría. UANL, Gral. Escobedo. N.L. 82 pp
- 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., Valdez, R., Lara, L. M., & García, J. E. (2004). *Risk factors involved in conception, abortion, and kidding rates of goats under extensive*

conditions. *Small Ruminant Research*, 55(1-3), 191–198. doi:10.1016/j.smallrumres.2003.10.016

Nagel, P., Maria, W., Iñiguez, L., Echavarría Chairez, F. G., Flores Nájera, M. D. J., Pinos Rodríguez, J. M., ... & Zollitsch, W. (2011). Sistemas de alimentación para las cabras y evaluación cualitativa de los piensos a los que se tienen acceso durante la temporada de seca: dos estudios de caso del altiplano mexicano. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(SPE), 247-258.

Posada S L, Noguera R R y Bedoya O 2012: Perfil metabólico de cabras lactantes de las razas Saanen y Alpina. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 24, Article #182. Retrieved May 4, 2021, from <http://www.lrrd.org/lrrd24/10/posa24182.htm>