

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL**



**DIGESTIBILIDAD *In Situ* DE LA DIETA SELECCIONADA POR CABRAS  
LACTANDO Y NO LACTANDO Y DE MACHOS CABRÍOS EN  
AGOSTADERO.**

POR

**LUIS ALBERTO JIMENEZ CANCINO**

**TESIS**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO  
FEBRERO DE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL

DIGESTIBILIDAD *In Situ* DE LA DIETA SELECCIONADA POR CABRAS  
LACTANDO Y NO LACTANDO Y DE MACHOS CABRÍOS EN  
AGOSTADERO.

POR

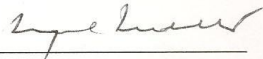
LUIS ALBERTO JIMENEZ CANCINO

TESIS

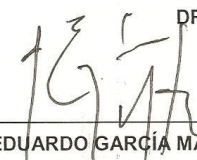
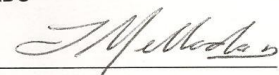
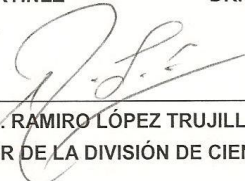
QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA



DR. MIGUEL MELLADO BOSQUE  
PRESIDENTE DEL JURADO

  
DR. J. EDUARDO GARCÍA MARTÍNEZ  
ASESOR  
DR. JESUS MELLADO BOSQUE  
ASESOR  
DR. RAMIRO LÓPEZ TRUJILLO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO  
FEBRERO DE 2012

## AGRADECIMIENTOS

A dios por darme la vida, por protegerme en todos los camión que he recorrido por nunca dejarme solo, por cuidar de mi y de mi familia por todas las bendiciones que me ha brindado y permitirme cumplir con una de mis grandes metas de vida.

A mi "Alma Terra Mater" por todas la facilidades que me brindo, para terminar mis estudios profesionales, que siempre siga la cosecha de agrónomos para el campo mexicano.

A mis amigos por y compañeros de de la carrera pre ese apoyo que siempre me brindaron.

Al Dr. Miguel Mellado del Bosque, por confiar en mí para realizar este trabajo de investigación, por su apoyo sus asesorías, por la enseñanza que me dio en las aulas y fuera de ellas donde aprendí muchas cosas y ahora gracias a él he culminado este trabajo.

Al Dr. José Eduardo García Martínez, por haberme formado como estudiante y mas como persona gracias a esas enseñanzas y por dar parte de su tiempo en mi formación como profesionistas y como persona durante mi estancia en la universidad.

Al Dr. Jesús Mellado del Bosque, por formar parte del comité del jurado por dedicar parte de su tiempo y consejos para que este trabajo se terminara con éxito.

Al M.C. Lorenzo Suarez García, por esa vocación que tiene como profesor del cual me llevo muy gratos recuerdos y grandes conocimientos de las aulas.

A Teresa de la Peña Álvarez, por esa paciencia para con nosotros por ser tan comprensible, y la atención que brinda a todos los alumnos y no alumnos de zootecnia.

A la Lic. Laura maricela Lara López, por la dedicación que puso para que mi trabajo saliera muy bien por los consejos y su tiempo.

A todos y cada uno de mis maestros que durante mi formación profesional tuve el honor de recibir clase con ellos y muchos de ellos tomaron un tiempo extra para aconsejarme.

## DEDICATORIAS

### **A mis padres:**

Irma y Bulmaro, por la dedicación que en mí pusieron, por esos consejos por las desveladas que han pasado para que yo terminara mis estudios y me formara como personas, por el amor que me han brindado y las penas que han tenido para que a mí no me faltara nada, gracias a ustedes hoy estoy donde estoy una de mis más grandes metas cumplidas.

### **A mis hermanitos,**

Roberto Carlos y Víctor Hugo, porque siempre los llevo en mi mente y mi corazón porque son la fuerza para superarme día con día, por esos momentos de vivencia que siempre me brindan.

### **A mis tíos,**

Noé y Josefa por abrirme las puertas de su casa, Por dedicar parte de su tiempo para aconsejarme por alentarme a salir a delante, superarme y demás familiares y parientes que siempre me apoyaron.

A don Neftalí y esposa, su familia, Ing. Jorge Octavio, Ing. Berni Antonio, A mi amigo Neftalí, por su apoyo y consejos que de ellos recibí siempre y de su de más familia.

A María Vargas Rocha por todo su apoyo brindado durante mi carrera por estar siempre a mi lado y su ayuda incondicional.

A mis amigos, Guadalupe, José Luis, Luis óscar, Pedro Guerrero, Doyma, Miriam, Sady, yesenia, por su comprensión y apoyo que sin esperarlo siempre me lo brindaron.

## RESUMEN

En este estudio se describe la capacidad que tiene las cabras lactando y no lactando, así como las cabras no gestantes y no lactando comparadas con los machos cabríos, sobre la digestibilidad del forraje que seleccionan en agostadero. Los muestreos de forrajes seleccionados por las cabras se llevaron a cabo mensualmente durante toda la lactancia (julio a noviembre), registrándose los muestreos durante 4 días consecutivos cada mes. Para cada muestreo se colectó el forraje de la cavidad oral de 20 cabras de genotipo indefinido (10 lactando y 10 “secas”) a medida que las cabras avanzaban en el terreno del pastoreo (cuatro horas de muestreo por día por cabra). Esto mismo se hizo con los machos cabríos, los cuales acompañaban a las cabras en el pastoreo. Este forraje colectado en 4 días se mezcló y constituyó la unidad experimental. Las pruebas de digestibilidad de la materia seca se realizaron por medio del método de digestibilidad *in situ*, utilizando una cabra Nubia, fistulada del rumen, incubando muestras de forraje directo al rumen a un solo tiempo de 48 h.

Las cabras lactando fueron más habilidosas para la selección de alimento con más alta digestibilidad de la materia seca ( $P < 0.05$ ), esto debido a la alta demanda de nutrientes que presentan en la lactación, principalmente al principio o pico de lactancia por lo cual se entiende que estas cabras son más selectivas y buscan alimento con menos FDN. Existió también diferencia significativa entre meses de muestreo, siendo septiembre el mes donde las cabras seleccionaron el forraje con la menor digestibilidad.

En cambio, las cabras no lactando y no gestantes fueron menos selectivas debido a que sus necesidades energéticas son menores ya que requieren solo energía para cubrir necesidades de mantenimiento; éstas a su vez fueron comparadas con los macho cabríos y se observó que básicamente no hay mucha diferencia entre estas categorías de animales, debido a que ambos requieren nutrientes para mantenimiento. Se esperaba que los machos cabríos, por su mayor talla, en comparación con las hembras, fuesen más selectivos y habilidosos para el consumo en su dieta, pero debido a que no necesitan gran cantidades de nutrientes, esto no fue así, ya que es más importante el estado fisiológico en el que se encuentran. Se concluyó que la selección de la dieta no depende de la talla de los animales, principalmente si no que es más importante el estado fisiológico en que se encuentren éstos al momento de pastorear.

**Palabras clave:** digestibilidad, agostadero, cabra, macho cabrío, lactancia.

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINAS</b>
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIAS	V
RESUMEN	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	X
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
Hipótesis	2
Justificación	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Ecología nutricional de la cabra en agostadero	4
Mecanismos de selección de la dieta de las cabras	4
Diferencias en la habilidad de pastoreo de las cabras	6
Palatabilidad de los forrajes del agostadero	9
Estado fisiológico y selección de la dieta	10
MATERIALES Y MÉTODOS	14
MUESTREOS Y ANÁLISIS	14
PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD IN SITU	15



RETIRO Y MANEJO DE LAS BOLSAS CON MUESTRAS DESPUÉS DE LA INCUBACIÓN	16
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
CONCLUSIÓN	22
RECOMENDACIÓN	24
LITERATURA CITADA	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PAGINAS</b>
Figura 1. Efecto en cabras en diferentes estados fisiológicos (lactando y no lactando no gestantes) en dietas seleccionadas por cabras en el agostadero las barras en columnas indican desviación estándar	19
Figura 2. Comparación de cabras no lactando no gestantes con machos cabríos en dietas seleccionadas por cabras en el agostadero las barras en columnas indica desviación estándar	21

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de las cabras en México son explotadas en forma extensiva, predominantemente en las zonas áridas y semiáridas del país, donde, en general, su único alimento es el forraje disponible en los agostaderos. La productividad de los hatos de caprinos en estas condiciones es usualmente baja, siendo común encontrar en estos hatos a la mitad de las cabras improproductivas por las limitaciones alimenticias. La baja productividad de las cabras en pastoreo en ecosistemas áridos y semiáridos se debe fundamentalmente al pobre manejo alimenticio de estos animales y a la severa variabilidad en la cantidad y calidad de forraje en estos ecosistemas xéricos del norte de México. Factores adicionales que contribuyen a una inadecuada productividad de las cabras en agostadero incluyen el tiempo insuficiente de pastoreo de las cabras (normalmente no más de 8 horas por día), el uso de genotipos inadecuados para las zonas desérticas y el uso desordenado de los recursos forrajeros de las comunidades vegetales en el norte del país, no sólo por las cabras sino por bovinos, equinos y ovinos, donde las presiones de pastoreo usualmente son muy superiores a la capacidad de sustentación de los agostaderos. Lo anterior ha provocado un grave deterioro en gran parte de los pastizales del País, lo cual se refleja en una disminución en la productividad y estabilidad de los mismos.

A pesar de que en México la explotación de las cabras en agostadero es una actividad que se ha llevado a cabo por cuatro siglos, el desarrollo tecnológico para estos sistemas de explotación extensiva ha sido nulo. Uno de los puntos en particular ignorados por la comunidad científica, es el desarrollo de planes de pastoreo para este tipo de animales. De hecho, los métodos de pastoreo practicados actualmente por los caprinocultores del país, poco difieren de aquellos utilizados durante la época de la Colonia.

### **Objetivo**

Determinar la influencia del estado fisiológico de las cabras (lactando y no lactando no preñada) sobre la digestibilidad de la dieta seleccionada por estos animales.

Determinar si existen diferencias, en diferentes épocas del año, en la digestibilidad de la dieta seleccionadas por machos cabríos o por cabras adultas no lactantes no preñadas.

### **Hipótesis**

Las cabras lactando, por tener una demanda de nutrientes más elevada, seleccionan una dieta más digestible que las cabras no lactantes no preñadas. Además, a medida que la lactancia se aproxima a su fin, las cabras seleccionan dietas con una menor digestibilidad, en comparación con el inicio y pico de lactancia.

Las cabras adultas no lactantes no tienen una mayor habilidad para seleccionar dietas con mayor digestibilidad que los machos cabríos en agostadero.

### **Justificación**

La explotación caprina en el norte de México se lleva principalmente bajo sistemas de producción extensivas, donde la característica principal es la baja tecnología que aplican los productores en el manejo de los hatos caprinos, carecen de registros productivos y reproductivos, además de no poner en práctica programas de sanidad y nutrición. Además, existe poca o nula organización de los productores.

Estudios explican y señalan el uso de una amplia gama de especies vegetales que las cabras utilizan como parte de su dieta en el agostadero. Es importante saber las necesidades de forrajes de los caprinos para poder elaborar un calendario de suplementación en las épocas críticas en el agostadero, ya sea por la etapa fisiológica de los animales en este caso cabras lactando y no lactando, o por factores como época de lluvia o sequía que afectan directamente a la vegetación de los agostaderos; esto con el fin de mejorar la productividad de los hatos de cabras en el agostadero.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Ecología Nutricional de la Cabra en Agostadero**

Existen pocas bases científicas para desarrollar planes de utilización de los recursos forrajeros del desierto Chihuahuense por las cabras, ya que la información existente sobre la utilización de la vegetación por estos animales, el impacto del pastoreo de las cabras sobre la vegetación, y la capacidad de sustentación de los agostaderos utilizados predominantemente por caprinos, es extremadamente escasa.

Un punto de partida para elaborar programas alimenticios en sistemas extensivos de caprinos en zonas áridas y semiáridas del norte de México, es caracterizar el uso de los recursos forrajeros de las cabras en diferentes comunidades vegetales de norte del País.

### **Mecanismos de Selección de la Dieta de las Cabras**

La selección de la dieta en agostadero es compleja, por los patrones espaciales y temporales de la vegetación disponible. En las comunidades de plantas del desierto Chihuahuense los arbustos, aunque suculentos y la mayor parte de ellos siempre verdes a través del año, presentan altos niveles de nitrógeno, pero altos niveles de taninos condensados (Ramírez *et al.*, 1997), terpenos, sales (halófitas; Mellado *et al.*, 2011c) y glucósidos

cianogénicos. Las herbáceas son altamente digestibles pero muchas de ellas tienen altos niveles de alcaloides y glucósidos. Los pastos presentan amplias variaciones en su contenido de carbohidratos estructurales a través del año.

Aún con esta complejidad de plantas de las comunidades vegetales del desierto, las cabras son generalmente exitosas en la selección de dietas que cubren sus requerimientos nutricionales para su mantenimiento (Juárez-Reyes *et al.*, 2004), aunque muchas veces los nutrientes ingeridos son insuficientes para un óptimo desempeño reproductivo y una aceptable producción de leche (Mellado *et al.*, 2003, 2004f).

El comportamiento de pastoreo de las cabras es altamente flexible. Éstas se adaptan muy rápidamente a los cambios de la vegetación disponible, pudiendo consumir altas proporciones de arbustos en ciertas épocas del año, para luego incluir en sus dietas básicamente herbáceas. Los pastos siempre son consumidos en bajas proporciones (López-Trujillo and García-Elizondo, 1995; Mellado *et al.*, 2004a, 2004c, 2005a), aunque llama la atención que las cabras hacen uso de gramíneas muy lignificadas que normalmente el bovino evita consumir (Mellado *et al.*, 2005c, 2011c).

En el matorral micrófilo desértico del norte de México las cabras prefieren las plantas leñosas cuando éstas existen en abundancia, aunque estas plantas contengan espinas o abundantes aleloquímicos (Mellado *et al.*, 1991, 2003, 2004<sup>a</sup>, 2005c.). Aún con la disponibilidad de abundantes pastos en el agostadero, las cabras seleccionan una mayor proporción de plantas leñosas (López-Trujillo and García-Elizondo, 1995).

Igualmente, con abundancia de arbustivas, las cabras complementan su dieta con algunas gramíneas y herbáceas (Mellado *et al.*, 2011c). Por lo anterior, las cabras en agostadero están expuestas a cientos de químicos en múltiples combinaciones, los cuales cambian constantemente temporal y espacialmente. La mezcla de una amplia variedad de especies en la dieta de las cabras parece ser una estrategia alimenticia para poder neutralizar el efecto negativo de los innumerables metabolitos secundarios ingeridos por las cabras mantenidos en ecosistemas desérticos del norte de México.

Las cabras, entonces, se consideran herbívoros generalistas u oportunistas, con la capacidad de utilizar prácticamente todas las especies vegetales de las comunidades vegetales de los ecosistemas áridos del norte del País.

### **Diferencias en la Habilidad de Pastoreo de las Cabras**

Las cabras presentan amplias diferencias en su capacidad adaptativa para cosechar su alimento en ecosistemas de extrema escasez de alimento. Dado que el tiempo de pastoreo de las cabras en zonas áridas no pasa de 8 horas diarias, las cabras deben ser altamente eficientes para cosechar su alimento en un tiempo limitado. Esto implica que las cabras deben tener una alta tasa de bocados por unidad de tiempo y una alta tasa de forraje cosechado por bocado.



Cada cabra nace con una disposición distinta para la cosecha de su alimento, para su desplazamiento en el agostadero y para discernir entre las plantas que tiene a su disposición en el agostadero. Entonces, la mezcla de herencia y experiencia determina el patrón de pastoreo de las cabras. Las cabras con alta adaptación a las zonas áridas, como es el caso de las Granadinas, consumen básicamente arbustivas, ignorando las gramíneas, en comparación con las cabras Nubias (Mellado *et al.*, 2004c). Más importante aún, es el hecho de que las cabras Granadinas utilizan muchas arbustiva altamente impalatables para los herbívoros, como es el caso de *Larrea tridentata*, lo que indica que las cabras Granadinas tienen una mayor tolerancia a los metabolitos secundarios de esta planta del agostadero (Mellado *et al.*, 2004c).

La poca habilidad para coleccionar su alimento en agostadero de algunas cabras impide que estas lleven a término su gestación. Las cabras en agostadero que abortan seleccionan dietas con forrajes más fibrosos (>FDN y FDA) y con niveles de proteína más bajo que las cabras que mantienen su gestación y eventualmente paren (Datos del autor sin publicar). Lo anterior sugiere que en condiciones de forraje escaso y disperso, el aborto de etiología nutricional deriva de una baja eficiencia de pastoreo, lo que no les permite a algunas cabras satisfacer sus requerimientos de energía para la fase final de la preñez. Por lo anterior, las cabras con deficiente habilidad de pastoreo adoptan una estrategia de reproducción facultativa, que consiste en el aborto en el último tercio de la gestación si la calidad del forraje se deteriora, con el objeto de reunir reservas corporales para la siguiente oportunidad de fecundación

(Mellado *et al.*, 2004f). Esta amplia diferencia en la capacidad de pastoreo se ha documentado tanto en ovejas (Michelena *et al.*, 2009) como en cabras (Baraza *et al.*, 2009).

Las diferencias entre individuos ocurre debido a su morfología y fisiología (interacción entre genes y ambiente), ambos influenciados por su experiencia previa en el útero (Provenza *et al.*, 2003), así como las interacciones sociales (Scott *et al.*, 1995). Referente a la morfología, las cabras de mayor talla tienen mayor acceso a las arbustivas. Cabras con >77 cm de altura de la cruz incluyen en su dieta 71% de arbustivas en comparación con 63% de las cabras de <71 cm (Mellado *et al.*, 2004d). Dado que las cabras sólo utilizan las puntas de las Agaváceas, las cabras de altura reducida consumen mayor cantidad de *Agave lechuguilla*, mientras que las más altas prefieren el *Agave striata*, un agave más alto que el primero (Mellado *et al.*, 2004d). Además, las cabras de menor estatura consumen una mayor cantidad de *Larrea tridentata* en comparación con las cabras más altas.

Las cabras con dientes severamente desgastados evitan la utilización de pastos y se concentran en arbustos de hoja pequeña (Mellado *et al.*, 2005a). La estructura de la mandíbula y cavidad oral tiene también una marcada influencia sobre la selección de la dieta de las cabras. Aquellos animales con incisivos más largos y mandíbula más ancha tienden a consumir más gramíneas y arbustos de hojas poco suaves, comparadas con las abras con incisivos cortos y mandíbulas más estrechas. Por otra parte, las cabras con mandíbula corta seleccionan una mayor proporción

de arbustos de hoja pequeña, como *Atriplex canescens* y *Flourensia cernua*, que cabras con mandíbulas más largas (Mellado *et al.*, 2007). Lo anterior se explica porque los animales con mandíbulas cortas mastican más rápido que las cabras de mandíbulas largas (Pérez Barbería and Gordon, 1998) y lo anterior les permite a las cabras tener un mayor consumo de forraje (Druzinsky, 1993). En los ecosistemas áridos de México, las cabras con mandíbulas cortas están mejor adaptadas para explotar eficientemente follaje pequeño de arbustos de ecosistemas xéricos del norte del País.

### **Palatabilidad de los Forrajes del Agostadero**

Las cabras, como todos los herbívoros, presentan una alta selectividad en su alimento, y esta selección se basa comúnmente en la palatabilidad de los forrajes disponibles. Esta palatabilidad está asociada con el sabor del forraje (olor, textura y sabor) y los efectos de los metabolitos secundarios de estos forrajes sobre los animales.

El término palatabilidad, sin embargo, es vago y ambiguo para las cabras, porque las circunstancias propias del ambiente donde pastorean estos animales fuerzan a las cabras a hacer uso de forrajes con altas defensas contra la herbivoría (abundantes y agudas espinas o abundancia de aleloquímicos o minerales). Además, un estado nutricional pobre de las cabras obliga a estos animales a hacer uso de plantas no utilizadas en épocas de abundancia de forraje (Mellado *et al.*, 2003).

Un ejemplo de estas plantas es *Solanum elaeagnifolium*, una herbácea altamente consumida por las cabras (Mellado *et al.*, 2006) pero cuya ingestión resulta en un reducido desempeño productivo de los animales (Mellado *et al.*, 2008), efectos teratogénicos (Baker *et al.*, 1989; Keeler *et al.*, 1990) y desórdenes neurológicos (Porter *et al.*, 2003). *S. elaeagnifolium* contiene el alcaloide tropano solanina y un alcaloide esteroideal que afecta el sistema nervioso (Buck *et al.*, 1960). A pesar de la toxicidad de esta planta, las cabras la consumen ávidamente y llega a constituir la mayor parte de la dieta en ciertas épocas del año (Mellado *et al.*, 2003, 2004e). Otros ejemplos de plantas con poco valor forrajero que en determinadas circunstancias son altamente consumidas por las cabras son *Agave lechuguilla* (Mellado *et al.*, 1991), *Opuntia spp* (Mellado *et al.*, 2011b), *Berberis trifoliolata* (Mellado *et al.*, 2011b) y *Larrea tridentata* (Mellado *et al.*, 2004d).

### **Estado Fisiológico y Selección de la Dieta**

Varios estudios en rumiantes apoyan la hipótesis que los ungulados herbívoros seleccionan sus nutrientes de acuerdo a sus necesidades fisiológicas (Bugalho and Milne, 2003; Verheyden-Tixier *et al.*, 2008; Villalba *et al.*, 2008). Las cabras preñadas deben consumir forrajes con mayor cantidad de nutrientes y de mayor digestibilidad porque a medida que los fetos incrementan su tamaño, la capacidad del rumen se ve disminuida (Forbes, 1993). Entonces, las cabras gestantes utilizan una mayor proporción de herbáceas, una menor proporción de arbustivas y

una mayor proporción de gramíneas que las cabras no gestantes (Mellado *et al.*, 2005b). En términos de nutrientes, esta disimilitud en la dieta de cabras gestantes se refleja en la selección de forrajes con un mayor contenido de proteína y un menor contenido de fibra en comparación con las cabras no gestantes, lo cual resulta en una mayor ingestión de energía y nutrientes con mayor digestibilidad (Moore and Coleman, 2001; Cline *et al.*, 2009). El consumo de materia seca de las cabras en agostadero varía de 58.6 (verano) a 91.7 g kg<sup>0.75</sup> (invierno; Cerrillo *et al.*, 2005), lo cual les permite ingerir suficientes nutrientes para el mantenimiento de la gestación (Juárez-Reyes *et al.*, 2004).

Los máximos requerimiento energéticos para la preñez se presentan al final de la gestación, etapa en que las cabras seleccionan los forrajes con menor contenido de carbohidratos estructurales. Lo anterior es importante para el esfuerzo reproductivo, porque el consumo de forraje con altos niveles de fibra conduciría a mayores periodos de retención de forraje en el rumen, lo cual reduciría el consumo de alimento de las cabras (Bhatti *et al.*, 2008).

Queda claro que uno de los comportamientos de pastoreo de las cabras gestantes es el evitar plantas con alto contenido de pared celular, con el objeto de satisfacer los ascendentes requerimientos de nutrientes al final de la gestación. Además, la gran demanda de calcio para la formación del esqueleto de los fetos y la secreción de calostro al final de la gestación obliga a las cabras gestantes a consumir forrajes con un 32% más de calcio en comparación con las cabras no gestantes (Mellado *et*

*al.*, 2011a). Contrario a lo que se supone, en el sentido de que las cabras gestantes evitarían el consumo de plantas con altos niveles de metabolitos secundarios, por ser dañinos a sus fetos, las cabras gestantes no discriminan las plantas por las fitotoxinas que estas poseen (Knubel *et al.*, 2004; Mellado *et al.*, 2011a). Se desconoce el efecto de los metabolitos secundarios de las plantas de los agostaderos del norte de México sobre el desarrollo embrionario y fetal de las cabras. En el caso de los machos cabríos, el alto consumo de *Acacia greggii* afecta negativamente las características del semen (Mellado *et al.*, 2006). Aminas fenólicas simpatomiméticas de esta planta son las responsables del efecto teratogénico sobre el semen de los machos cabríos (Vera-Ávila *et al.*, 1997).

El incremento en necesidades de nutrientes para la lactancia fuerza a las cabras la utilizar una menor proporción de arbustivas y una mayor proporción de herbáceas comparadas con las cabras no lactantes (Mellado *et al.*, 2005b). La razón de incrementar el uso de herbáceas por las cabras lactantes es el mayor contenido de nutrientes y paredes celulares más delgadas de éstas comparadas con los pastos (Bodmer, 1990). Además, las herbáceas del Desierto Chihuahuense exceden los requerimientos nutricionales de los ungulados (Soltero-Gardea *et al.*, 1994). Una de las herbáceas que más utilizan las cabras en los agostaderos del norte de México es *Sphaeralcea angustifolia*, una herbácea que llega a constituir un tercio de la dieta de las cabras (Mellado *et al.*, 2004e) y cuyo valor nutricional es cercano a la alfalfa (Mellado *et al.*, 2008).

El estado de crecimiento de las cabras tiene también un efecto marcado sobre sus hábitos alimenticios. Las cabras en crecimiento (<2 meses), a pesar de su falta de experiencia en la selección de forrajes en el agostadero, seleccionan forrajes con más minerales y proteína y una mayor digestibilidad de la materia seca que las cabras adultas (Romero, 2010). Esta experiencia temprana de pastoreo de las cabras conduce a que las cabras se hagan más tolerantes a la ingestión de forrajes poco palatables por parte de estos animales (Camacho *et al.*, 2010).

Cuando las cabras reciben implantes de acetato de trenbolona, este esteroide incrementa la deposición de tejido muscular, cambiando a su vez la selección de forrajes por las cabras en agostadero. Fundamentalmente, las cabras bajo el efecto de acetato de trenbolona seleccionan una mayor proporción de *Acacia farnesiana*, *Agave lechuguilla*, *Larrea tridentata* y herbáceas (Mellado *et al.*, 2011b). Entonces, los implantes de acetato de trenbolona tienen una aplicación no solamente nutricional, sino ecológica, ya que este esteroide incrementa el uso de plantas del agostadero poco consumidas por las cabras.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente estudio se realizó en un hato de aproximadamente 150 cabras de genotipo indefinido (mezclas de cabras lecheras con criollas), escogiendo al azar 20 cabras: 10 lactantes y 10 no lactantes no preñadas. También se utilizaron, en el mismo hato, 5 machos cabríos adultos. El pastoreo se realizó en una comunidad rural a las orillas de Torreón, Coahuila, con el manejo tradicional extensivo. El pastoreo se realizó durante 7 horas diarias en los meses de julio a noviembre.

Estos animales compartían el terreno de pastoreo con otros hatos de cabras y otro tipo de ganado como equino, bovino y ovino, convirtiendo el terreno en un lugar de alta competencia por los forrajes disponible en el lugar.

### **Muestras Y Análisis**

A los animales seleccionados para el experimento se les colocó una cuerda delgada de plástico en el cuello, de aproximadamente 2.5 m de longitud, sin nudo corredizo. Las cabras eran conducidas a pastorear y un grupo de alumnos seguían a las cabras durante el pastoreo. Regularmente, y después de observar que las cabras habían consumido algún forraje, las personas encargadas de seguir las cabras tomaban la cuerda atada a la cabra, detenían la cabra momentáneamente y, abriendo la boca del animal, extraían de la cavidad bucal el forraje colectado por las cabras.



Esta operación se repitió a medida que las cabras avanzaban en el terreno del pastoreo (aproximadamente 4 h diarias), hasta completar una cantidad de 200 a 300 g de forraje (MS). Estos muestreos se llevaron a cabo durante toda la lactancia de las cabras (julio a noviembre), registrándose los muestreos mensualmente. El forraje colectado durante 4 días seguidos se mezcló y constituyó la unidad experimental.

### **Prueba De Digestibilidad *In Situ***

Se determinó la digestibilidad *in situ* de las muestras de forraje, utilizando una cabra adulta Nubia, fistulada del rumen. Se utilizaron 100 bolsas de nylon de 10 cm de ancho y 20 cm de largo, para analizar 158 muestras de forraje con dos repeticiones de cada muestra de forraje (las bolsas fueron reutilizadas).

Las bolsas vacías se introdujeron a una estufa a una temperatura de 55 °C para que perdieran humedad y tuviesen un peso constante. Después de 24 h se colocaron en un desecador, pesándose luego. Se pesaron 2 g de muestra del forraje seleccionado por las cabras y machos cabríos, posteriormente se puso la muestra en la bolsa y esta se selló. El sellado de las bolsas no se realizó con hilo, sino por medio de calor con una selladora diseñada para estas bolsas. Para el sellado las bolsas se ponían en la selladora y se prensaban haciendo presión con la mano durante 6 segundos.

Las bolsas selladas conteniendo las muestras se amarraron con un hilo de nylon a una distancia entre bolsas de 8 cm. Éstas se incubaron en el rumen de la cabra fistulada, 34 bolsas por periodo, durante 48 h. Durante este periodo a la cabra se le ofreció una dieta a base de heno de alfalfa. Al hilo de las bolsas se le hizo un nudo grande y se puso en la ranura de la fistula, debido a que, poner una tuerca para amarrar las bolsas, podría ocasionar problemas para la cabra, debido a que ésta lamía el tapón de la fistula, y se corría el riesgo de que se rompiera el hilo y tirar la tuerca. Así se continuó sucesivamente hasta incubar todas las muestras con sus repeticiones (258).

### **Retiro y Manejo de las Bolsas con Muestras Después de la Incubación**

Cumplida las 48 h de incubación, se procedía a quitar el tapón de la fistula y se retiraban las bolsas de una en una, e inmediatamente eran sumergidas en una jarra con agua a temperatura ambiente, con el fin de inactivar las bacterias por medio de un shock térmico, ya que éstas estaban a 38<sup>0</sup>C (temperatura del rumen). Luego se procedió a lavarlas siguiendo la metodología de Orskov *et al*, (1980). Luego en el laboratorio se colocaron en charolas y dejaron escurrir el agua restante, por un periodo de 24 h Una vez escurrida y con poca humedad, las bolsas se metieron a una estufa cuya temperatura se mantuvo a 55 <sup>0</sup>C por un periodo de 48 h.

Llegada las 48 h se procedió a pesar cada bolsa y su contenido, colocándolas en un desecador para que no absorbieran humedad; se utilizó una balanza analítica. Posteriormente se estimó la pérdida de M.S. por diferencia de peso, a lo que quedó de muestra en cada bolsa; después de cada periodo de incubación se les determinó su coeficiente de digestibilidad aplicando una fórmula matemática.

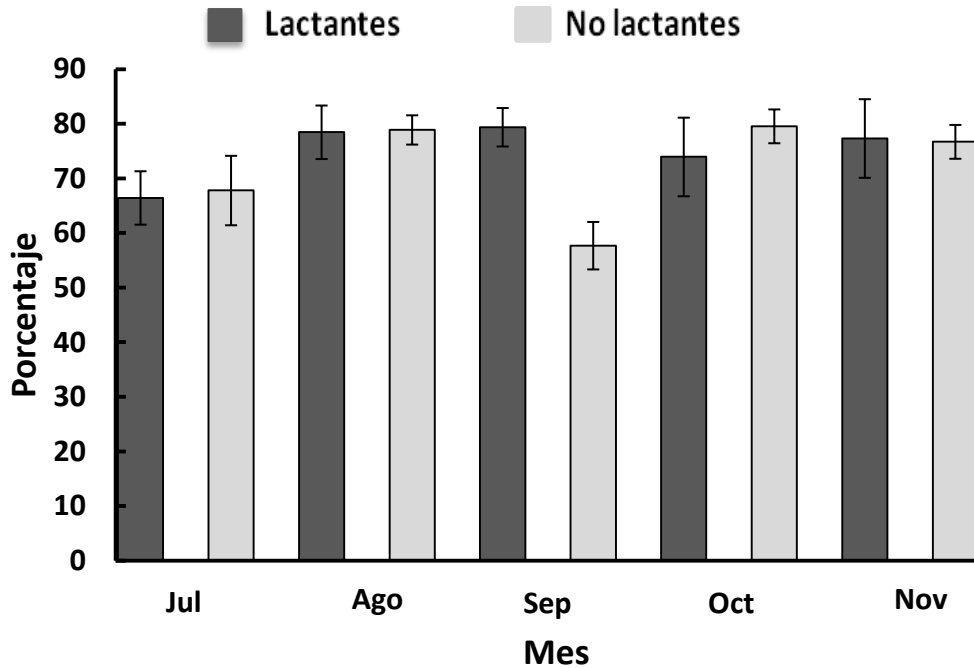
### **Análisis Estadístico**

Los datos fueron analizados con un de análisis de mediciones repetidas, utilizando el procedimiento PROC MIXED de SAS (versión 9.0; SAS Institute, North Caroline). Se incluyó en el modelo, como variable dependiente, la digestibilidad de la materia seca de las muestras de forraje colectadas de cabras lactando o no lactando, y cabras no lactando no preñadas con macho cabrío, y como variables independientes se incluyó el mes de colección y categoría de los animales, además de la interacción entre estas variables; se consideraron las diferencias significativas entre medias a un nivel de  $P < 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra la digestibilidad de la materia seca del forraje seleccionado por las cabras lactantes y no lactantes. Se detectó diferencia ( $P < 0.05$ ) entre cabras lactando y no lactando, lo que posiblemente se deba a una respuesta al estadio fisiológico las cabras. Los animales lactando presentan una demanda de energía de alrededor de 60% superior a las cabras que no están lactando, por lo cual éstas buscan forraje de mayor digestibilidad y con menor contenido de fibra.

Datos de Mellado *et al.* (2010) Indican que las cabras gestantes seleccionan una dieta con menor contenido de fibra que las cabras no gestantes, lo que apoya los resultados del presente estudio, en el sentido de que la mayor demanda de nutrientes por las cabras fuerza a estos animales a ser más selectivos, con el objeto de ingerir forrajes de mayor contenido de nutrientes y mayor digestibilidad.



**Figura 1. Efecto de diferentes estados fisiológicos (lactando y no lactando no gestantes) en dietas seleccionadas por cabras en el agostadero. Las barras en columnas indican desviación estándar. Efecto entre cabras lactantes y no lactantes ( $P < 0.05$ ); efecto de mes ( $P < 0.01$ ) e interacción categoría de animales x mes ( $P < 0.05$ ).**

Hay que notar el alto porcentaje de digestibilidad en ambos grupos de cabras, mayor a 70%, diferentes de 28.3% reportados por Lozano *et al.* (1991) y 34.9% de Plata *et al.* (1994) en ovinos. Esto probablemente se debe a que estos animales, por estar en una zona donde también había praderas irrigadas, el forraje siempre estuvo verde, además de que en ese estudio se realizó en verano-otoño épocas del año en que las lluvias son mayores que en otras épocas, por lo cual, el forraje se encontraba verde.

También se debe a que la cabra durante el estudio fue alimentada a base de forraje. Plata *et al.* (1994) demostró que al reducir el forraje en la dieta se disminuye la digestibilidad hasta en un 40%. Por otra parte se ha reportado la disminución de digestibilidad de MS por la adición directa o intraruminal de enzimas fibrolíticas (Treacher *et al.*, 1997; Hristov *et al.*, 1998; Hristov *et al.*, 2000) lo que puede deberse al efecto de consumo y la tasa de pasaje. Otras publicaciones señalan que la diferencia de selectividad de las especies conlleva a diferencia en digestibilidad (Molina *et al.*, 1997).

Se detectaron diferencias ( $P < 0.01$ ) en la digestibilidad de la dieta entre meses de colección de forraje, con niveles más bajos en julio y septiembre que los otros meses del año. Estas diferencias parecen deberse a que en junio se inician las lluvias, y las cabras todavía hacen uso de forrajes secos de la estación de crecimiento pasada. La reducción de la digestibilidad de la materia seca de la dieta en septiembre es menos clara, ya que al final del año la digestibilidad de la dieta no difirió de aquella observada en la época de mayor abundancia de forraje (julio).

En la Figura 2 se muestra la similitud ( $P > 0.05$ ) en cuanto la digestibilidad de la materia seca de la dieta que seleccionaron de hembras y machos en el agostadero. Esto se debe a que ambos animales requieren energía únicamente para su mantenimiento por no encontrarse en una etapa fisiológica donde demande grandes cantidades de nutrientes, a diferencia de animales que se encuentran en producción,

donde la demanda de nutrientes es alta. Mas sin embargo, se esperaba que el macho cabrío, por su mayor talla, fuese más selectivo en su dieta, mas no fue así.

Se detectó diferencia ( $P < 0.05$ ) en la digestibilidad de la materia de los forrajes seleccionados por las cabras y machos cabríos durante los meses del segundo semestre del año. Septiembre fue el mes en que la digestibilidad de la dieta fue más baja. No se tiene una explicación para esta respuesta. Quizá durante este periodo, el pastor condujo a las cabras a pastorear a sitios con una menor calidad de forrajes. Ya al final del año la digestibilidad de la dieta de cabras y machos cabríos vuelve a incrementarse, probablemente porque el pastor condujo a las cabras a sitios con vegetación de mayor calidad. Cabe señalar que la digestibilidad de la dieta durante todo el periodo de estudio fue muy alta, lo cual se explica por el hecho de que en esta zona, el periodo de lluvias es de junio a octubre, con lo cual las cabras tuvieron acceso a forrajes en activo crecimiento.

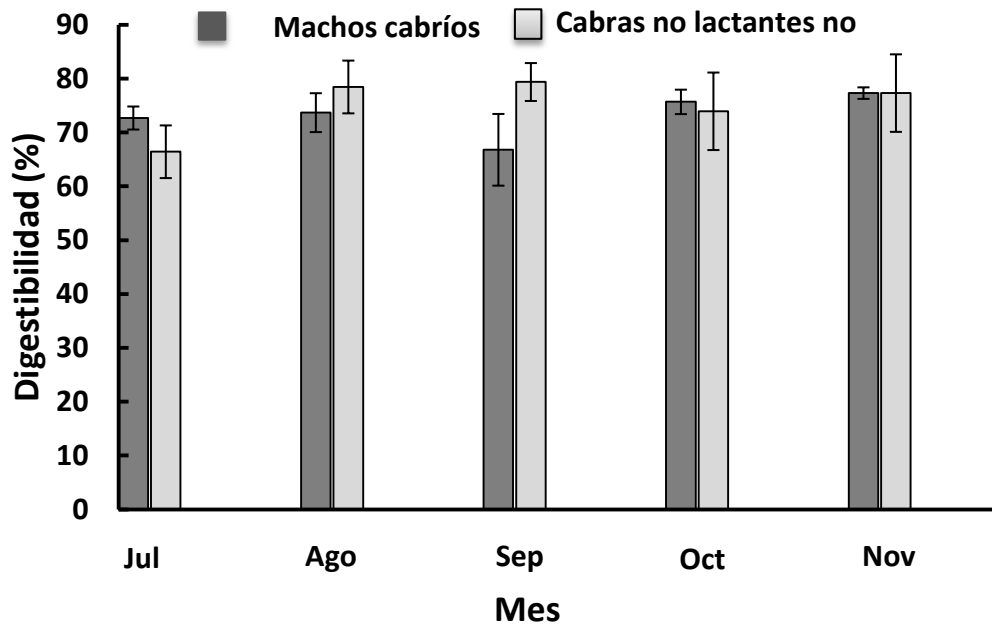


Figura 2. Comparación de cabras no lactando no gestantes con machos cabríos en cuanto a la digestibilidad de la materia seca de las dietas seleccionadas por estos animales en el agostadero. Las barras en columnas indican desviación estándar. No hay efecto entre machos y hembras; existió efecto de mes ( $P < 0.01$ ) e interacción categoría de animales x mes ( $P < 0.01$ ).



## CONCLUSIÓN

Con los resultados obtenidos en este estudio se concluye lo siguiente:

Las cabras lactantes son más selectivas en su dieta que las no lactando y no preñadas, como se planteó en un principio en la hipótesis, debido a la alta demanda de nutrientes que estas presentan en este estado fisiológico en el que se encuentran, por lo cual seleccionan forraje del agostadero de mayor digestibilidad de la materia seca en comparación con las cabras que no tienen necesidades de nutrientes para sostener una lactancia.

Al comparar las cabras no lactantes no gestantes con los machos cabríos, se concluyó que no hay una diferencia marcada entre estos animales, esto es debido a que tanto las hembras como los machos no necesitan grandes cantidades de nutrientes ni forraje de sobresaliente calidad, ya que ambos sólo necesitan energía de mantenimiento, debido a que no se encuentran en producción.

Dada la diferencia de estatura de los machos cabríos en comparación con las hembras, se esperaría una diferencia en la selección de la dieta de machos y hembras. Esto no fue así, lo que indica que la selección de la dieta del hato en el agostadero no depende de la talla de los animales, sino que es más importante el estado fisiológico en el que se encuentren.

Finalmente, la digestibilidad de la materia seca de los forrajes seleccionados por las cabras varió en el transcurso del estudio, aunque esta reducción se dio en septiembre y no en los meses al final del año, lo que sugiere que estos cambios en la digestibilidad del forraje obedecen más a las decisiones del pastor al conducir a pastorear a las cabras, más que a fluctuaciones estacionales drásticas en la calidad nutricional de los forrajes.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda seguir investigando la digestibilidad de los forrajes de cabras en agostadero debido a que en la actualidad no hay mucha información acerca de estos temas.
- También se recomienda que al momento de hacer el manejo de las bolsas de nylon se haga de la mejor manera para que no se pierda muestra debido a que se pierde muestra por lavado y partículas pequeñas salen por los poros de la bolsa a demás de que si las bolsas se van a reutilizar, es recomendable revisarlas muy bien ya que después de la primera vez es común que algunas bolsas de despeguen o rompan por manejo.
- Hay que sellar muy bien las muestras lo mismo que hacer bien el nudo antes de incubar para no perder las bolsas ya que se pueden llegar despegar o desatar el nudo.
- Seguir investigando el comportamiento del macho cabrío en relación a la talla y el tipo de dieta que prefieren.

## LITERATURA CITADA

- Baker, D.C., R.F. Keeler, W. Gaffield. 1989. Pathology in hamsters administered Solanum plant species that contain steroidal alkaloids. *Toxicon* 27, 1331-1337.
- Baraza, E., J.A. Hodar, R. Zamora. 2009. Consequences of plant-chemical diversity for domestic goat food preference in Mediterranean forests. *Acta Oecologica* 35, 117-127.
- Bhatti, S.A., J.G.P. Bowman, J.L. Firkins, A.V. Grove, C.W. Hunt. 2008. Effect of intake level and alfalfa substitution for grass hay on ruminal kinetics of fiber digestion and particle passage in beef cattle. *Journal of Animal Science* 86, 134-145.
- Bodmer, R.E. 1990. Ungulate frugivores and the browser-grazer continuum. *Oikos* 57, 319-325.
- Bugalho, M.N., J.A. Milne. 2003. The composition of the diet of red deer (*Cervus elaphus*) in a Mediterranean environment: a case of summer nutritional constraint? *Forest Ecology and Management* 181, 23-29.
- Camacho, L.M., R. Rojo, A.Z.M. Salem, F.D. Provenza, G.D. Mendoza, F. Avilés, O.D. Montañez-Valdez. 2010. Effect of season on chemical composition and in situ degradability in cows and in adapted and unadapted goats of three Mexican browse species. *Animal Feed Science and Technology*, 155, 206-212.
- Cerrillo, M.A., O.O. López, C.G. Nevárez, R.G. Ramírez, R.A.S. Juárez. 2006. Nutrient content, intake and in vitro gas production of diets by Spanish goats browsing a thorn shrubland in North Mexico. *Small Ruminant Research* 66, 76-84.
- Cline, H.J., B.W. Neville, G.P. Lardy, J.S. Caton. 2009. Influence of advancing season on dietary composition, intake, site of digestion, and microbial efficiency in beef steers grazing a native range in western North Dakota. *Journal of Animal Science* 87, 375-383.
- Druzinsky, R.E. 1993. The time allometry of mammalian chewing movements: chewing frequency scale with body-mass in mammals. *Journal of Theoretical Biology* 160, 427-440.
- Forbes, J.M., 1993. Physiology of regulation of food intake. In: Rook, J.A.F., P.C. Thomas (Eds.). *Nutritional Physiology of Farm Animals*. Longman Press, London, pp. 177-292.
- Knubel, B.F.R., K.E. Panter, F.D. Provenza. 2004. Pregnancy in goats does not influence intake of novel or familiar foods with or without toxins. *Applied Animal Behaviour Science* 85, 293-305.

- Juárez-Reyes, A.S., M.A. Cerrillo-Soto, C.A. Meza-Herrera, G. Nevárez-Carrasco. 2004. Diet composition, intake, plasma metabolites, reproductive and metabolic hormones during pregnancy in goats under semi-arid grazing conditions. *Journal of Agricultural Science* 142, 697-704.
- Keeler, R.F., D.C. Baker, W. Gaffield. 1990. Spirosolanine-containing *Solanum* species and induction of congenital craniofacial malformations. *Toxicol* 28, 873-884.
- López-Trujillo, R., R. García-Elizondo. 1995. Botanical composition and diet quality of goats grazing natural and grass reseeded shrublands. *Small Ruminant Research* 16, 37-47.
- Mellado, M., C.N. Aguilar, J.R. Arevalo, A. Rodríguez, J.E. García, J. Mellado. 2011a. Selection for nutrients by pregnant goats on a microphyll desert scrub. *Animal* 5, 972-979.
- Mellado, M., J.R. Arévalo, A. De Santiago, E.A. Lozano, A. Rodríguez. 2011b. Diet botanical composition of goats on rangeland treated with trenbolone acetate. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 10, 235-240.
- Mellado, M., R. Estrada, L. Olivares, F. Pastor, J. Mellado. 2006. Diet selection among goats of different milk production potential on a Chihuahuan desert grassland. *Journal of Arid Environments* 66, 127-134.
- Mellado, M., R.H. Foote, A. Rodríguez, P. Zárate. 1991. Botanical composition and nutrient content of diets selected by goats grazing on desert grassland in northern Mexico. *Small Ruminant Research* 6, 141-150.
- Mellado, M., J.E. García, J.R. Arévalo, W. Pittroff. 2008. Replacement value of *Solanum elaeagnifolium* for alfalfa hay offered to growing goats. *Journal of Arid Environments* 72, 2034-2039.
- Mellado, M., L. Olivares, H. Díaz, R. López, J.A. Villarreal. 2007. Relationship between oral morphology and feed selection of goats on rangeland. *Small Ruminant Research* 71, 194-199.
- Mellado, M., A. Olvera, J. Dueñez, A. Rodríguez. 2004a. Effects of continuous or rotational grazing on goat diets in a desert rangeland. *Journal of Applied Animal Research* 26, 93-100.
- Mellado, M., F. Pastor, R. López, F. Ríos. 2006. Relation between semen quality and rangeland diets of mixed-breed male goats. *Journal of Arid Environments* 66, 727-737.

- Mellado, M., A. Rodríguez, A. Olvera, R. López. 2004b. Age and body condition score effects on diets of grazing goats. *Journal of Range Management* 57, 517-523.
- Mellado, M., A. Rodríguez, A. Olvera, J.A. Villarreal, R. López. 2004c. Diets of Nubian and Granadina goats grazing on arid rangeland. *Journal of Range Management* 57, 630-634.
- Mellado, M., A. Rodríguez, J.A. Villarreal, R. López. 2004d. Height to withers and abdominal circumference effects on diets of grazing goats. *Applied Animal Behaviour Science* 88, 263-274.
- Mellado, M., A. Rodríguez, J.A. Villarreal, R. Rodríguez, J. Salinas, R. López. 2005a. Gender and tooth wear effects on diets of grazing goats. *Small Ruminant Research* 57, 105-114.
- Mellado, M., A. Rodríguez, J.A. Villarreal, A. Olvera. 2005b. The effect of pregnancy and lactation on diet composition and dietary preference of goats in a desert rangeland. *Small Ruminant Research* 58, 79-85.
- Mellado, M., A. Rodríguez, J.R. Arévalo, J.E. García, J. Dueñez. 2011c. Food habits of goats on rangelands with different cover of *Atriplex canescens*. *Journal of Arid Environments* (in press).
- Mellado, M., A. Olvera, J. Dueñez, A. Rodríguez. 2004e. Effects of continuous or rotational grazing on goat diets in a desert rangeland. *Journal of Applied Animal Research* 26, 93-100.
- Mellado, M., A. Olvera, A. Quero, G. Mendoza. 2005c. Diet of prairie dogs, goats, and sheep on a desert rangeland. *Rangeland Ecology and Management* 58, 373-379.
- Mellado, M., G. Salas, W. Pittroff. 2008. *Sphaeralcea angustifolia* as a substitute for alfalfa for growing goats. *Rangelands, Ecology and Management* 61, 405-411.
- Mellado, M., R. Valdez, L.M. Lara, R. López. 2003. Stocking rate effects on goats: A research observation. *Journal of Range Management* 56, 167-173.
- Mellado, M., R. Valdez, L.M. Lara, J.E. García. 2004f. Risk factors involved in conception, abortion, and kidding rates of goats under extensive conditions. *Small Ruminant Research* 55, 191-198.
- Michelena, P., A.M. Sibbald, H.W. Erhard J.E. McLeod. 2009. Effects of group size and personality on social foraging, the distribution of sheep across patches. *Behavioral Ecology* 20, 145-152.
- Moore, J.E., S.W. Coleman. 2001. Forage intake, digestibility, NDF and ADF, How well are they related? In *Proceedings of American Forage*

- and Grassland Council (ed. T. Terrill), pp. 238–242. Springdale, AR AFGC, Georgetown, TX, USA.
- Pérez Barbería, F.J., I.J. Gordon. 1998. The influence of sexual dimorphism in body size and mouth morphology on diet selection and sexual segregation in cervids. *Acta Veterinaria Hungarica* 46, 357–367.
- Porter, M.B., R.J. MacKay, E. Uhl, S.R. Platt, A. deLahunta. 2003. Neurologic disease putatively associated with ingestion of *Solanum viarum* in goats. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 223, 501–504.
- Provenza, F.D., J.J. Villalba, L.E. Dziba, S.B. Atwood, R.E. Banner 2003. Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small Ruminant Research* 49, 257-274.
- Ramírez, R.G., J.L. Hernandez-Pineiro, R.K. Maiti. 1997. Nutritional profile and leaf surface structure of some native shrubs consumed by small ruminants in semiarid regions of northeastern Mexico. *Journal of Applied Animal Research* 11, 145-56.
- Romero, G.D. 2010. Efecto de la edad y época del año sobre la calidad de la dieta de cabras mantenidas en agostadero. Tesis licenciatura, Ing. Agrónomo Zootecnista. UAAAN-Saltillo.
- Scott, C.B., F.D. Provenza, R.E. Banner. 1995. Dietary habits and social interactions affect choice of feeding location by sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 45, 225–237.
- Soltero-Gardea, Ortega, I.M., F.C Bryant. 1994. Nutrient content of important deer forage plants in the Texas coastal Bend. *Texas Journal of Science* 46, 133–142.
- Vera-Avila, H.R., T.D.A. Forbes, J.G. Bertardinelli, R.D. Randel. 1997. Effect of dietary phenolic amines on testicular function and luteinizing hormone secretion in male Angora goats. *Journal of Animal Science* 75, 1612–1620.
- Verheyden-Tixier, H., P.C. Renaud, N. Morellet, J. Jamot, J.M. Besle, B. Dumont. 2008. Selection for nutrients by red deer hinds feeding on a mixed forest edge. *Oecología* 156, 715–726.
- Villalba, J.J., F.D. Provenza, J.O. Hall. 2008. Learned appetites for calcium, phosphorus, and sodium in sheep. *Journal of Animal Science* 86, 738–747.