

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**



**DESPLAZAMIENTO DE LAS CABRAS EN AGOSTADERO EN  
DOS TIPOS DE VEGETACIÓN DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE**

**POR:**

**ARACELI CRUZ RODRÍGUEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE, 2017**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL

**Desplazamiento de las cabras en agostadero en dos tipos de  
vegetación del desierto chihuahuense.**

Por:

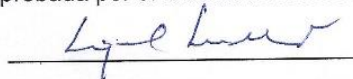
**ARACELI CRUZ RODRÍGUEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

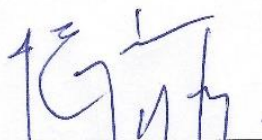
**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Miguel Ángel Mellado Bosque

Asesor principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Eduardo García Martínez  
Coasesor  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
COORDINACIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Dr. José Dueñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2017

## DEDICATORIA

A Dios y mis abuelos paternos quienes desde el cielo guían mi camino. A mis padres, Daniel y Justina, pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pudiera cumplir el sueño de estudiar, depositando su entera confianza

en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento de mi inteligencia y capacidad. A mis abuelos Julio y Patrocinia quienes me apoyaron incondicionalmente y me bendecían cada vez que tenía que salir de casa para poder cumplir mi tan anhelado sueño. A Daniel y Miriam mis queridos hermanos por ser mi apoyo incondicional. A mi querido pueblo un lugar importante para mí,

cuna de los sueños

donde me vio nacer y crecer. A mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les

dedico cada una de estas páginas de mi tesis.

# **DEDICATORIA ESPECIAL**

A MIS PADRES:

JUSTINA RODRIGUEZ LÓPEZ

Y

DANIEL CRUZ RAMÍREZ

## AGRADECIMIENTOS

**A mi alma Mater:** Por adoptarme como una hija más y formarme como profesionalista para el engrandecimiento de mi país.

**Al Dr. Miguel Mellado Bosque:** Por ser una persona maravillosa con migo, por su paciencia y consejos, así también por participar en este trabajo.

**Al Dr. José Eduardo García Martínez:** Por su apoyo en la revisión de este trabajo y por darme ánimos siempre que los necesitaba.

**Al Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque:** por la colaboración en este trabajo, y por ser una persona sincera y amable.

**A la Mc. Laura Olivia Fuentes Lara:** por ser parte de este trabajo y por su ayuda incondicional.

**A la Tía Bely y su Familia:** Por ser unas personas muy buenas conmigo y por brindarme la confianza.

**A mis amigas:** Carmensita, Nelvita, Rosita y Conchita, por ser unas maravillosas personas y caminar juntas en esta etapa donde pasamos momentos inolvidables.

**A mis amigos:** Miquis, Yabin y Rafiquis y Chabita, por permitirme ser su amiga, compañera, colega y caminar juntos en este camino, también por compartir momentos llenos de alegría, sueños y momentos inolvidables.

# INDICE GENERAL

|                                            | Página    |
|--------------------------------------------|-----------|
| RESUMEN .....                              | 9         |
| INTRODUCCIÓN.....                          | 11        |
| OBJETIVO.....                              | 13        |
| REVISIÓN DE LITERATURA .....               | 14        |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>          | <b>22</b> |
| Ubicación del área de estudio .....        | 22        |
| Vegetación del área de estudio .....       | 22        |
| Características de los hatos caprinos..... | 23        |
| Variables registradas.....                 | 25        |
| Análisis estadístico .....                 | 26        |
| <b><i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</i></b> | <b>27</b> |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>                  | <b>39</b> |
| <b>LITERATURA CITADA .....</b>             | <b>40</b> |

# INDICE DE CUADROS

**Página**

**cuadro 1.** Medias y medidas de dispersión de la distancia recorrida diariamente por cabras, utilizando información de un año en dos tipos de pastizales. .... 27

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Página</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Figura 1.</b> Distancia total por día en los diferentes meses del año, recorrida por dos hatos de cabras durante su recorrido diario por el agostadero en los Ejidos Puerto México (pastizal mediano abierto) y en San José del Alamito (pastizal gypsófilo). 29                                      |               |
| <b>Figura 2.</b> Desplazamiento de las cabras en el agostadero a diferentes horas del día, en los Ejidos Puerto México y San José del Alamito (25°N)..... 31                                                                                                                                             | 31            |
| <b>Figura 3.</b> distribución de los hatos de cabras en san José de Alamito y puerto México durante el tiempo de pastoreo. El punto de referencia es el corral de las cabras. .... 33                                                                                                                    | 33            |
| <b>Figura 4.</b> Gasto energético estimado para las cabras pastoreando en un pastizal mediano abierto (Ejido Puerto México) y un pastizal gypsófilo (San José del Alamito). .... 35                                                                                                                      | 35            |
| <b>Figura 5.</b> Gasto energético de las cabras sumando la energía utilizada al caminar y al ingerir alimento. .... 36                                                                                                                                                                                   | 36            |
| <b>Figura 6.</b> Asociación entre el índice temperatura humedad en el ejido Puerto México y la distancia diaria recorrida por las cabras en un periodo de un año ..... 37                                                                                                                                | 37            |
| <b>Figura 7.</b> Asociación entre el índice temperatura humedad en el ejido San José del Alamito y la distancia diaria recorrida por las cabras en un periodo de un año. Bandas oscuras representan 95% intervalo de confianza para datos estimados. Bandas más claras son para datos estimados. .... 38 | 38            |



## RESUMEN

Se utilizaron dos hatos de cabras de aproximadamente 150 y 80 cabras, uno localizado en un pastizal gipsófilo (PG) y el otro en un matorral parvifolio inerme (MPI; 24° N) en el noreste de México. Se seleccionó la cabra dominante de en cada uno de estos hatos a la cual se le colocó un collar emisor de señales de ubicación geográfica con el cual se pudo monitorear el desplazamiento de las cabras durante su recorrido diario en el agostadero durante 12 meses. Se registró la posición de las cabras cada dos horas, vía señales de GPS y estos datos se registraron en una computadora. La distancia horizontal en metros cubiertos entre dos lecturas se calculó considerando las posiciones sucesivas ( $x_1/y_1$ ;  $x_2/y_2$ ). El gasto de energía de la locomoción se calculó considerando la distancia total recorrida por día en el agostadero multiplicando este valor por 3.35, que es la energía (Joules/kg peso/metro recorrido). Independientemente de la época del año y del sitio de estudio el recorrido de las cabras en agostadero rebasó los 8 km por día. Los valores mínimos y máximos para las cabras en el pastizal mediano abierto fueron de 5,119 y 12,745 m, respectivamente, mientras que estos valores para las cabras en el pastizal yesoso fueron de 6,162 y 12,829 m. El recorrido diario de las cabras tendió a disminuir en el otoño e invierno en el MPI, pero no en el PG. El desplazamiento fue estable desde que abandonaban las cabras el corral en la mañana hasta las 4 de la tarde, luego vino un incremento notable en su recorrido a medida que se acerca la hora de su retorno al corral, a las 6 de la tarde. La dirección en que pastorean las cabras no se da en forma equitativa alrededor del corral. En el caso del MPI, las cabras concentran su pastoreo en la parte noreste con relación al corral de las cabras. En el caso del PG, la distribución del pastoreo se concentró en una zona en dirección NO del corral de las cabras. El gasto energético por locomoción fue más alto en las cabras que pastorean el PG (media de 1.1 Mjous/día) que el PMA (media de 1.3 Mjous/día). Se concluyó que existe una amplia variabilidad en la distancia recorrida por las cabras durante su pastoreo en el agostadero; en ciertas épocas del año les basta a las cabras recorridos de 5 km por día para la cosecha de su

alimento, pero existen épocas del año que estos animales deben hacer recorridos de alrededor de 12 km.

## INTRODUCCIÓN

Existe una tendencia mundial entre los consumidores de alimentos de origen animal, cada vez más extendida, a demandar una mayor calidad en los productos pecuarios. Esta calidad no sólo se refiere al producto final, sino también a la preservación y cuidado de los recursos naturales en los ecosistemas donde se lleva a cabo la producción de carne y leche en sistemas extensivos. La demanda de carne y leche es un rubro insatisfecho en México y esta demanda seguirá creciendo, además de que el consumidor es cada vez más exigente en cuanto a calidad e inocuidad de los alimentos de origen animal, y en las formas y sistemas de producción. Entonces, la producción caprina nacional tiene excelentes oportunidades de crecimiento en el mercado nacional, y en el largo plazo en el mercado internacional, debido a la extraordinaria demanda de los productos caprinos y al excelente precio de la carne de cabrito y leche de cabra.

A pesar de que en México la explotación de las cabras en agostadero es una actividad que se ha llevado a cabo por casi cinco siglos, el desarrollo tecnológico para estos sistemas de explotación extensiva ha sido muy limitado. Uno de los puntos en particular ignorados por la comunidad científica, es el desarrollo de planes de pastoreo para caprinos en todo tipo de ecosistemas. De hecho, los métodos de pastoreo practicados actualmente por los caprinocultores del país, no difieren mucho de aquellos utilizados durante la época de la Colonia. Quiere decir entonces que, en este momento, prácticamente ningún caprinocultor del País, en condiciones extensivas, pone en práctica algún programa de pastoreo con sus cabras, con el objetivo de hacer un uso racional de los recursos forrajeros de los agostaderos.

Para que un sistema de producción de caprinos en agostadero sea realmente sustentable, éste debe enfocarse no sólo a la conservación y mejoramiento de los recursos naturales (sustentabilidad ecológica), sino que debe contemplar las

necesidades de las personas que dependen de la explotación de las cabras (sustentabilidad social) y la rentabilidad del sistema (sustentabilidad económica). Por lo tanto, un sistema de producción de cabras en agostadero que llene estos requisitos es aquel que proporciona proteínas para el consumo humano, que sea rentable para el caprinocultor, que no cause deterioro del ambiente (erosión del suelo, contaminación ambiental, impacto del ciclo hidrológico y del carbono, ni alteraciones en la biodiversidad en términos de pérdida de especies animales o vegetales). Es necesario que el pastoreo de las cabras no degrade el medio ambiente (erosión del suelo, reducción de plantas forrajeras, simplificación de la estructura paisajística), ni interfiera con otros usos del mismo (producción agrícola, maderera, turismo). Todos estos condicionantes han propiciado que el pastoreo comunal de las cabras se desarrolle en áreas muy frágiles de ecosistemas áridos y semiáridos.

Existen pocas bases científicas para desarrollar planes de utilización de los recursos forrajeros del agostadero 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. Aunado a lo anterior, es común que en las comunidades ejidales existan varios hatos de cabras, todos ellos manejados en forma independiente, lo cual complica sobremanera cualquier intento de poner en marcha un plan de pastoreo de las cabras que sea amigable con la conservación de los recursos forrajeros. Debido a la escasa información sobre la interacción vegetación y pastoreo de caprinos en agostadero, se consideró pertinente llevar a cabo este estudio para conocer el desplazamiento diario de las cabras en pastoreo en sistemas extensivos del noreste de México.

## **OBJETIVO**

Caracterizar el desplazamiento de cabras en agostadero a través del año, en dos ecosistemas del desierto Chihuahuense: pastizal en suelo yesoso y matorral parvifolio inerme.

## REVISIÓN DE LITERATURA

Animuy et al. (2005) realizaron un estudio para evaluar los efectos de la carga animal en el comportamiento de pastoreo y el gasto energético (GE) en ovejas y cabras en pastoreo en praderas de pastos y herbáceas. El pastoreo consistió en períodos de 16 semanas en 2002 y 2003. Los pastos consistieron principalmente de bermuda (*Cynodon dactylon*) y johnsongrass (*Sorghum halepense*), y herbáceas (Ej., *Ambrosía* y *Ambrosia spp.*). El peso inicial de las ovejas (Khatadin) y las cabras ( $\geq 75\%$  Boer) promediaron  $21 \pm 0.7$  y  $21 \pm 0.5$  kg, respectivamente, y tenían 4-5 meses de edad cuando comenzó el pastoreo. Las cargas animal fueron cuatro (SR4), seis (SR6) y ocho (SR8) animales por pradera de 0.4 ha, con igual número de ovejas y cabras. Los nueve pastos (tres / tratamiento) fueron divididos en cuatro potreros que fueron pastoreados rotacionalmente en periodos de 2 semanas. En las semanas 3, 8 y 13 de ambos años, el GE se determinó en una cabra y una oveja en cada pradera a través de la frecuencia cardíaca. En las mismas semanas, se realizaron observaciones de comportamiento (posición y actividad) cada 30 min de 13.5 h de luz diurna en dos cabras y dos ovejas en cada pradera. El comportamiento de pastoreo usando las unidades del sistema de monitoreo del comportamiento del pastoreo IGER también se midió durante períodos de 24 horas en animales usados para la medición de GE. Basado en observaciones visuales, el pastoreo (52.7, 57.1 y 61.4%) y el tiempo de reposo (61.1, 66.3 y 69.8%) aumentaron y el tiempo de inactividad a la luz del día (24.2, 21.1 y 15.9% para SR4, SR6 y SR8, respectivamente). El tiempo de pastoreo a la luz del día fue similar entre especies (56.1 y 58.0% para ovejas y cabras, respectivamente), aunque el tiempo de inactividad fue mayor para las cabras (23.6% versus 17.2%; EE = 1.41). Con base en las unidades IGER, el número de pasos aumentó linealmente con el aumento de SR (2279, 2707 y 2788 para SR4, SR6 y SR8, respectivamente (SE = 96.4), pero fue similar para las dos especies de animales. A medida que aumentaba la SR, el tiempo dedicado a comer aumentaba (7.4, 8.4 y 9.6 h) y el tiempo que pasaban acostados (11.0, 10.2 y 8.9 h), rumia (7.9, 7.7 y 6.8 h) e inactividad (8.6, 8.0 y 7.6 h

para SR4, SR6 y SR8, respectivamente) disminuyó. Las cabras pasaron menos tiempo comiendo (1.1 h) y más tiempo inactivo (0.7 h) que las ovejas. Estos autores concluyeron que las influencias de SR en el tiempo de pastoreo y EE pueden variar con la temporada de pastoreo. Con las condiciones de forraje de este estudio, SR tuvo efectos similares en el comportamiento de pastoreo de ovejas y cabras en cuanto al pastoreo. Los efectos de SR en GE pueden contribuir al impacto en la ganancia diaria de peso de pequeños rumiantes.

Lachica y Aguilera (2003) evaluaron de los requisitos energéticos de las cabras en pastoreo Se prestó especial atención a la técnica de tasa de entrada de CO<sub>2</sub> (CERT), donde la producción de CO<sub>2</sub> del animal en libre pastoreo puede medirse usando NaH<sup>13</sup>CO<sub>3</sub>. Los resultados colorimétricos sugieren que los requisitos de mantenimiento (ME<sub>m</sub>) de las cabras pueden variar de 401 a 443 kJ kg<sup>-0.75</sup> por día. Se propuso un valor promedio de 422 kJ kg<sup>-0.75</sup> por día para machos adultos castrados, hembras en crecimiento y cabras lactantes. Además, se calculó un requerimiento de 4.20 MJ ME kg<sup>-1</sup> de 4% leche corregida de grasa producida. Los valores medios para k<sub>m</sub> y k<sub>i</sub> fueron 0.75 y 0.67, respectivamente. También se determinó el costo de energía de las principales actividades físicas (caminar y comer). Las estimaciones del costo energético de caminar fueron 3.35, 31.7 y -13.2 J kg<sup>-1</sup> BW m<sup>-1</sup> para movimiento horizontal, ascendente y descendente, respectivamente. El costo de energía de actividad de consumo de alimento osciló entre 9.02 J kg<sup>-1</sup> BW g<sup>-1</sup> DM para forrajes a 1.55 J kg<sup>-1</sup> BW g<sup>-1</sup> DM para concentrados. El procedimiento habitual para predecir el gasto total de energía por los animales en pastoreo es el método factorial, por el cual el aumento del gasto de energía por encima del medido en confinamiento se calcula cuantitativamente a partir de la determinación colorimétrica del costo de energía de varias actividades. Para una estimación directa del gasto total de energía en el animal en pastoreo, se ha utilizado el CERT. La tasa de entrada de bicarbonato (producción de CO<sub>2</sub>) se calculó a partir de la velocidad de infusión y la dilución medida del isótopo en equilibrio en la saliva. Se asumió un valor de cociente respiratorio (RQ), basado en el nivel de alimentación (o estado productivo), para estimar la producción de calor (HP). Hasta

el momento, solo unos pocos estudios han usado el  $^{13}\text{C}$  para estimar el gasto energético en rumiantes, y solo dos estudios se han llevado a cabo en las cabras en pastoreo.

El objetivo de un estudio de Lachica et al. (1999) fue cuantificar las actividades diarias relacionadas con el pastoreo de las cabras en un sistema semi-extensivo y estimar el gasto energético debido a la locomoción de estos animales. El estudio se realizó en la Sierra Nevada, en la provincia de Almería, con altitud que varía entre 1,100 y 2,000 m sobre el nivel del mar. Su clima es mediterráneo de montaña, con 400 a 700 mm de precipitación anual y temperatura media de  $4.7^{\circ}\text{C}$ , en invierno, y  $23.0^{\circ}\text{C}$ , en verano. Contiene áreas de monte bajo, robledal y pinar, además de gramíneas hidrofílicas. A través del año el hato de cabras pastoreaba siguiendo 3 recorridos, accediendo al terreno de pastoreo por la mañana y regresando en la tarde. Se empleó la observación directa para calcular la distancia recorrida, las diferencias en altitud, en ascenso y descenso, y para cuantificar las distintas actividades de las cabras en pastoreo. Los datos se tomaron durante 3 días en cada estación del año. El gasto energético de locomoción se calculó a partir de los componentes vertical y horizontal del desplazamiento efectuado y sus correspondientes gastos energéticos, obtenidos anticipadamente por calorimetría. No se observaron diferencias significativas entre estaciones respecto al periodo relativo que las cabras en pastoreo dedicaron a actividades específicas. Sin embargo, se observaron cambios significativos entre estaciones en cuanto al gasto energético diario y en la cantidad de energía adicional destinada a la locomoción.

Prieto et al. (2001) realizaron dos experimentos con cabras Granadina para obtener información sobre la idoneidad de la técnica de la tasa de entrada de dióxido de carbono (CER) utilizando bicarbonato  $^{13}\text{C}$  para estimar la producción de  $\text{CO}_2$  y posteriormente el gasto energético de cabras que realizan actividad física variable. El propósito era validar este método para la aplicación en cabras en pastoreo. Las cabras estaban acostumbradas a pasar largos periodos de tiempo en una cámara de respiración de circuito abierto y 5 días antes del comienzo de los experimentos,



se prepararon con catéteres en la vena yugular (para infusión de bicarbonato  $^{13}\text{C}$ ) y el conducto salival de la parótida (para muestreo). El bicarbonato de las muestras de saliva se convirtió en  $\text{BaCO}_3$  y la relación  $^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}$  se determinó en un espectrómetro de masas de proporción de isótopos de gas. El experimento 1 se realizó para determinar el efecto del ejercicio sobre los niveles de abundancia natural de  $^{13}\text{C}$ . Se tomaron muestras de saliva de cada uno de las seis cabras durante 2 horas para medir la abundancia natural de  $^{13}\text{C}$  (% de  $^{13}\text{C}$ ) en cabras no ejercitadas antes de la infusión. Posteriormente, cada cabra caminó en una cinta con gradiente cero durante 30 minutos a  $20 \text{ m min}^{-1}$ . La banda de andar estaba parada durante períodos de 45 minutos antes y después de la actividad de caminata. Se tomaron muestras de saliva durante cada período de 2 horas (cada una de las cuales comprendió 30 minutos de caminata precedida y seguida de 45 minutos de pie), que se replicaron al menos cuatro veces. La abundancia natural promedio de  $^{13}\text{C}$  fue de 1.09656 y 1.09363% para los animales en reposo e intermitentemente ejercitados, respectivamente. El experimento 2 se realizó para establecer las relaciones entre los valores de producción de  $\text{CO}_2$  obtenidos por calorimetría y la técnica de CER en animales en reposo o en el protocolo de locomoción intermitente ensayado en el experimento 1. Cinco animales fueron colocados individualmente en una cámara de respiración de circuito abierto y continuamente administrado con  $^{13}\text{C}$ -bicarbonato durante al menos 15 horas antes de comenzar la recolección de saliva. Se tomaron muestras de saliva durante 2 horas y se realizaron mediciones concomitantes de la producción de  $\text{CO}_2$ . Con base en la relación de producción de  $\text{CO}_2 / \text{CER}$ , las recuperaciones medias de  $^{13}\text{CO}_2$  entre las condiciones de locomoción en reposo e intermitentes no fueron significativamente diferentes ( $0.723 \pm 0.0437$  y  $0.779 \pm 0.0409$ , respectivamente). La tasa de entrada absoluta se vio ligeramente afectada por la actividad física de las cabras. Estos investigadores concluyeron que los resultados mostraron que el método de bicarbonato  $^{13}\text{C}$  parece ser una técnica prometedora para medir el gasto energético de la cabra de pastoreo.

Lachica et al. (1997) midieron el gasto de energía de seis cabras con un promedio de 35 (SE 0.3) kg cuando los animales estaban parados o caminando en una banda rodante en una cámara de respiración de tipo confinamiento a diferentes velocidades (0.167, 0.333 y 0.500 m / s) y pendientes (- 10, -5, 0, +5 y + 10%). Los costos de energía de la locomoción, estimados a partir de los coeficientes de las regresiones lineales de producción de calor (HP) por kg de peso corporal fueron de 1.91, 2.33, 3.35, 4.68 y 6.44 J / kg BW por m recorrido para -10, -5, 0, +5 y + 10% de inclinación, respectivamente. Lo anterior indica que el gasto energético de caminar cambia con la pendiente según una relación ligeramente curvilínea. El costo de energía de elevar 1 kg de peso corporal en un metro vertical fue de 31.7 J, lo que arroja una eficiencia promedio para la locomoción de pendiente ascendente de 30.9%. La energía recuperada en descenso vertical se estimó en 13.2 J / kg por m recorrido, lo que indica una eficiencia de la energía recuperada por encima del máximo teórico.

El objetivo de un estudio de Lachica et al. (1997) fue estimar el gasto energético debido a la locomoción de cabras en pastoreo. El estudio se llevó a cabo en "Los Pajares", Almería, España. La altitud media de este lugar de 865 m sobre el nivel del mar y tiene un clima mediterráneo. La precipitación media anual es de 324 mm. Las temperaturas medias diarias varían de 8.9°C en enero a 23.0° C en agosto. El ecosistema se caracteriza por plantas leñosas y pastos perennes. El hato fue pastoreado en sus rutas habituales durante 2 días durante 4 temporadas. Las cabras fueron liberadas al pastizal durante el día y luego volvieron a un cobertizo cerrado en la tarde. La observación del pastoreo se usó para simular la distancia total caminada, ascenso o descenso vertical, y para cuantificar otras actividades de pastoreo. Los gastos energéticos de locomoción se calcularon a partir de los componentes horizontales y verticales de los recorridos y los costos correspondientes, que habían sido previamente obtenidos por calorimetría. Las distancias diarias del recorrido por las cabras en agostadero variaron de 5,763 m en verano a 3,482 m en otoño, con un promedio anual de 4,295 m, que representa una velocidad media de 10.8 m/min. El ascenso o descenso anual medio vertical fue de

168 m. La producción de calor estimada debida a la locomoción osciló entre 56.9 y 34.8 kJ/kg por día en verano y otoño, respectivamente. Estos valores representaron un mayor requerimiento energético en pastizales por encima de los requerimientos de mantenimiento de 14.2 y 8.7%, respectivamente.

Un estudio de Brosh et al. (2006) con vacas en agostadero fue diseñado para explorar la posibilidad de determinar el gasto energético (EE) estando parada, el recorrido, el pastoreo y el estar acostada, mediante el monitoreo continuo de EE, ubicación, y actividad, por el método de ritmo cardíaco, con collares de sistema de posicionamiento global (GPS), y por sensores de movimiento en los collares GPS, respectivamente. Las vacas se observaron en pastizales mediterráneos cubiertas de vegetación herbácea a través de 4 estaciones del año. Se evaluaron 2 cargas animal, y 14 modelos estadísticos, incluyendo uno que era un modelo escalonado. El total diario de EE fue afectado por muchos factores interdependientes aparte de la actividad, incluyendo la temporada, la carga animal, la calidad de la hierba, la biomasa permanente y el estado reproductivo de la vaca. Cada modelo incluía todas las variables de actividad, además de algunos de los otros factores. A través de las estaciones y tratamientos EE, en KJ/(kg de BW<sup>0.75</sup> por día), se extienden desde 469 en sitios con alta carga animal, con vacas no lactantes en junio a 1.092 en sitios con poca carga animal, con vacas lactando en abril. Los movimientos verticales y horizontales diarios de las vacas variaron de 75 a 174 m y de 1.5 a 4.2 km, respectivamente. En un día, el tiempo que pasaban desplazándose (sin pastoreo) osciló entre 0 y 32 min, y el tiempo de pastoreo osciló entre 4.4 y 12.1 h. Las vacas pasaban menos tiempo pastoreando en verano, cuando la calidad de la hierba era baja, que en invierno y primavera. En relación con la línea de base EE mientras se acostaba, el incremento diario por pastoreo osciló entre 13 y 48 KJ/(kg de BW<sup>0.75</sup> por día), y que incurrieron en pastoreo, de pie, y de recorrido combinados variaron de 38 a 74 KJ/(kg de BW<sup>0.75</sup> por día) o 5.8 a 11.4% de TEE. Estos autores concluyeron que las estimaciones de los costos de actividad generados por 11 de los modelos fueron similares entre sí, mientras que las que se procedió por el modelo escalonado y los restantes 2 modelos fueron 20% más pequeñas. El costo

de la actividad de pastoreo se estimó en 6.14 j/(kg de BW<sup>0.75</sup> por m), y el de locomoción durante el pastoreo fue de 6.07 j/(kg de BW<sup>0.75</sup> por m), que concuerdan con los valores obtenidos para animales y humanos mediante una banda de correr. El enfoque experimental y estadístico probado con esta investigación rindió estimaciones bastante confiables de los costos de energía de las actividades en vacas de pastoreo. (J Anim Sci. 2006 Jul;84(7):1951-67.

Lachica y Aguilera (2005) indican que la nueva tendencia en los sistemas de producción pecuaria, en particular de rumiantes, es pasar de sistemas intensivos a semi-extensivos y extensivos. Para lograr este objetivo se necesita un profundo conocimiento en varios aspectos del comportamiento animal y la nutrición. La disponibilidad de energía es el principal factor limitante en la producción animal para una utilización eficiente de los recursos forrajeros y para el logro de niveles aceptables de rendimiento animal compatibles con la preservación de los recursos naturales. Estos autores evaluaron las necesidades energéticas de las cabras con especial referencia al animal en pastoreo. Estos autores hacen referencia a los requisitos energéticos para el mantenimiento y la lactancia de las cabras en agostadero. Se presta atención a la eficiencia con la que el animal utiliza la energía disponible de los forrajes en estos procesos. Los datos se dan para el costo energético de las dos principales actividades de pastoreo: comer y caminar. Ellos ponen énfasis en la estimación del gasto energético total de cabras en agostadero incluyendo métodos (factorial e isotópico) y la información que, a su conocimiento, ha aparecido en la literatura. Según estos autores, las aplicaciones de las estimaciones directas parecen un mejor enfoque que utilizar valores teóricos para obtener el gasto energético en animales de pastoreo. Se necesita investigación adicional para desarrollar y mejorar las técnicas nuevas y existentes para cuantificar el gasto energético total de los animales en los sistemas de pastoreo.

Los objetivos de un estudio de Beker et al. (2009) fueron determinar el costo energético de la actividad para los diferentes tipos de cabras, así como una raza de ovejas y evaluar los métodos de predicción. Se utilizaron ocho animales jóvenes de

la raza Angora, Boer y Rambouillet de más de 2 años de edad. Dos animales de cada tipo fueron asignados aleatoriamente a uno de los cuatro pastos 9.3, 12.3, 4.6 y 1.2 ha en el área. Las condiciones forrajeras variaron notablemente entre praderas. El experimento se llevó a cabo en el verano con tres períodos, 30, 26 y 26 d de longitud. El gasto energético (EE) se estimó a partir del ritmo cardíaco (HR) en praderas y EE: HR para cada animal fue determinado en un sistema de calorimetría. Un sistema de la posición de la pierna que monitoreaba el movimiento y un collar del GPS con los sensores de la posición y del movimiento fueron utilizados para estimar la distancia recorrida y el tiempo que pasaban en el pastoreo o comiendo, descansando mientras estaban acostados, descansando mientras estaban parados y caminando sin pasto/comiendo. EE atribuible a la actividad (EE%), expresado como un porcentaje del requisito de energía metabolizable para el mantenimiento más la actividad en el encierro, fue determinado basado en EE, BW y ADG totales. ADG fue similar entre los tipos de animales. La distancia recorrida se vio afectada por una interacción entre la raza y el período (cabras de Angora: 2.98, 2.33 y 2.47;), cabras Boer: 3.17, 3.46 y 2.68; cabras españolas: 2.85, 5.28 y 3.30; ovejas: 3.04, 3.43 y 2.25 km en los períodos 1, 2 y 3, respectivamente. El tiempo empleado de pastoreo fue menor para las cabras de Angora (4.3, 8.4, 7.8 y 6.8 h/día) y el tiempo que pasaron caminando sin pastoreo fue menor para cabras y ovejas de Angora que para las cabras Boer (1.7, 2.4, 2.1 y 1.2 h/día para cabras de Angora, cabras Boer, cabras españolas y ovejas, respectivamente). El total de EE fue afectado por una interacción entre la raza y el período de pastoreo (cabras de Angora: 5.89, 5.55, y 5.16; cabras Boer: 9.63, 10.92 y 8.55; cabras Españolas: 6.73, 8.17 y 7.02; ovejas: 12.54, 11.84 y 12.93 MJ/día en los períodos 1, 2 y 3, respectivamente. El EE% se vio afectado por una interacción entre la raza y el período de pastoreo (cabras de Angora: 15.7, 17.4 y 15.1;), cabras Boer: 59.7, 67.4 y 34.4; cabras Españolas: 46.2, 61.7 y 41.6; ovinos: 22.3, 11.8 y 21.9% en los períodos 1, 2 y 3, respectivamente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ***Ubicación del área de estudio***

Se utilizaron dos hatos de cabras, uno localizado en un pastizal gipsófilo y el otro en un matorral parvifolio inerme, ambos localizados en el noreste de México (24° N). El sitio de estudio donde se ubica el primer hato corresponde a la comunidad ejidal de San José del Alamito, municipio de Saltillo, Coahuila. Su localización geográfica es 24° 54' N y 100° 46' O, con una altitud sobre el nivel del mar de 1,895 m. El clima del área corresponde al tipo seco o árido templado con un cociente precipitación/temperatura (P/T) menor de 22.9, temperatura media anual entre 12 y 18 °C y porcentaje de precipitación invernal mayor de 18% con respecto al total anual. El segundo hato se localiza en el ejido Puerto México, en el Municipio de Galeana, Nuevo León. El clima es fresco la mayor parte del año, con heladas frecuentes durante el invierno. Su altitud es de 1960 metros sobre el nivel del mar.

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

La vegetación en San José del Alamito se caracteriza por un pastizal gipsófilo, compuesto por especies que crecen en suelos yesosos. Las comunidades de plantas presentes en estos suelos muestran una fisonomía de pastizal bajo, típico de estas comunidades vegetales en el norte de México. Las especies predominantes son las herbáceas, distinguiéndose por su abundancia *Tiquilia caescens*, *Achillea millefolium*, *Sida abutifolia*, *Lipidium virginicum* y *Brassicaceae descurainia*. Los pastos más abundantes son *Buchloe dactyloides* y *Scleropogon brevifolius*. Los arbustos son muy escasos, predominando *Florensia cernua* y *Koeberlina espinosa*. Estos pastizales se encuentran circundados por dos tipos de matorral: matorral desértico micrófilo y matorral desértico rosetófilo. El primero se

encuentra en las partes planas, conformado por especies donde predomina *Flourensia cernua*, *Rhus microphylla*, *Condalia ericoides*, *Atriplex canescens* y *Yucca filifera*, entre otras. El matorral desértico rosetófilo se localiza sobre lomeríos, donde destacan primordialmente *Dasyllirion berlandieri*, *Agave lechuguilla*, *Hechtia glomerata* y *Yucca carnerosana*.

La vegetación predominante en el ejido Puerto México es el matorral parvifolio inerme y el pastizal mediano abierto. En pastizal predominan los pastos *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* y *Buchloe dactyloides*. La gobernadora (*Larrea tridentata*) y el hojásén (*Flourensia cernua*) constituyen los arbustos predominantes.

### **Características de los hatos caprinos**

El hato del Ejido de San José del Alamito consta de aproximadamente 150 cabras Boer, compuesto de animales con edades de menos de un año hasta los 8 años. Las cabras reciben asistencia veterinaria elemental (vacuna contra brucelosis). Éstas no reciben alimento suplementario en ninguna época del año, pero tienen a su disposición minerales durante todo el año. El pastoreo de las cabras se lleva a cabo en las zonas aledañas a la comunidad rural, con el manejo tradicional del sistema extensivo, donde las cabras son conducidas por el pastor al agostadero. El pastor usa un burro para su traslado y es frecuente que éste conduzca 2 hatos de cabras simultáneamente al agostadero. El tiempo de pastoreo es de aproximadamente 7 h diarias (de 1100 a 1800). El corral de las cabras está cerca de la casa de la familia del pastor, sin que las cabras tengan acceso a alimento o agua en la noche. Las cabras comparten el agostadero con otros 6 hatos de cabras del mismo ejido, sin que exista ganado ovino, bovino y equino en este sitio, por lo que la presión de pastoreo que se ejerce en este agostadero es exclusivamente por el pastoreo de ganado caprino.

La fecundación de un grupo de cabras se lleva a cabo en enero, utilizando machos cabríos Boer durante cuatro semanas. Las cabras paren a principios de junio y los cabritos permanecen en el corral hasta los 40 días de edad. Con el objeto de tener cabritos en la época de sequía, otro grupo de cabras es fecundado en agosto, de tal suerte que los cabritos salen al agostadero en enero (periodo de sequía). Se seleccionó la cabra dominante de este hato a la cual se le colocó un collar emisor de señales de ubicación geográfica (ATS modelo G211OE iridium/GPS) con el cual se pudo monitorear el desplazamiento de las cabras durante su recorrido diario en el agostadero. El estudio incluyó los 12 meses del año.

El hato del Ejido Puerto México tiene alrededor de 80 cabras de genotipo indefinido (mezcla de cabras criollas con cabras lecheras) y está compuesto de animales con edades de menos de un año hasta los 12 años. Las cabras no reciben asistencia médica, vacunas ni desparasitación interna y externa. Tampoco reciben alimentos suplementarios, excepto minerales, durante todo el año.

El pastoreo de los animales se lleva a cabo en las zonas aledañas a la comunidad rural, con el manejo tradicional del sistema extensivo, donde las cabras son conducidas por el pastor al agostadero. El tiempo de pastoreo es de aproximadamente de 7 h diarias (de 1100 a 1800). El corral de las cabras está muy cerca de la casa del caprinocultor, sin que las cabras tengan acceso a alimento o agua en la noche. Las cabras comparten el agostadero con ganado ovino, bovino y equino, por lo que la presión de pastoreo que se ejerce en este agostadero es intensa. La fecundación de las cabras se lleva a cabo al inicio del año, utilizando machos cabríos de genotipo indefinido (2% del hato) durante cuatro semanas. Las cabras paren a principios de junio. Se seleccionó a la cabra líder de este hato para colocarle un collar emisor de señales de ubicación geográfica (ATS modelo G211OE iridium/GPS) con el cual se pudo monitorear el desplazamiento de las cabras durante su recorrido diario en el agostadero. El estudio incluyó los 12 meses del año.



(la colección de información de los dos hatos se llevó a cabo el mismo periodo 2016-2017).

### ***Variables registradas***

Se registró la posición de las cabras cada dos horas, vía señales de GPS y estos datos se registraron en una computadora. La distancia horizontal en metros cubiertos entre dos lecturas se calculó considerando las posiciones sucesivas ( $x_1/y_1$ ;  $x_2/y_2$ ). De esta forma se registró la distancia entre puntos, lo cual dio la distancia total recorrida en su pastoreo diario y la distancia recorrida en horas específicas del día. Con esta información se registró, además, la dirección en que pastoreaban las cabras con relación a la ubicación del corral. La información anterior se registró diariamente. Se registraron también los datos meteorológicos en la localidad de Puerto México. La temperatura máxima y el índice de temperatura humedad (combinación de temperatura máxima y máxima humedad relativa). El índice de temperatura humedad se calculó utilizando la siguiente fórmula  $ITH = (0.8 * \text{temperatura} + (\text{humedad}) * (\text{temperatura} - 14.4) + 46)$ . Esta información se utilizó para determinar la asociación entre las variables climáticas con la distancia recorrida por las cabras en el agostadero a través del año.

El gasto de energía de la locomoción se calculó considerando la distancia total recorrida por día en el agostadero. Este valor se multiplicó por 3.35, que es la energía (Joules/kg peso/ metro recorrido; Lachica et al., 1997b, 1997c, 2003). La energía gastada por la locomoción más el consumo de alimento se calculó tomando la energía gastada en el desplazamiento más la energía por el consumo de alimento (44.3 Joules/kg de peso por minuto; Lachica et al., 1997a). Cabe mencionar que para la estimación del gasto energético no se consideraron los componentes de ascenso y descenso de las cabras, por no contar con esta información. Sin embargo, considerando que las cabras de estos ejidos pastorean básicamente terrenos

planos o con ligera pendiente, se piensa que las estimaciones obtenidas presentan un sesgo muy limitado.

### ***Análisis estadístico***

Por el hecho de que no existieron repeticiones en este estudio (más de un hato de cabras en cada sitio de estudio), sólo se hizo una caracterización del tiempo de pastoreo de las cabras, el cual se analizó con histogramas de frecuencia, considerando la distancia total recorrida, el desplazamiento durante las diferentes horas de pastoreo y la ruta del pastoreo de las cabras con relación al corral de éstas.

La determinación el intervalo de confianza a 95% para la media de distancia recorrida se llevó a cabo con el procedimiento PROC UNIVARIATE y el comando CIBASIC de SAS. Se llevó a cabo un análisis de correlación de Pearson con el programa CurveExpert entre el índice temperatura humedad y la distancia total recorrida por las cabras. Igualmente, estas correlaciones incluyeron las distancias recorridas en las diferentes horas del día durante el recorrido de las cabras en el agostadero.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El recorrido total de las cabras en el agostadero en los diferentes meses del año se suman en el Cuadro 1.

*Cuadro 1. Medias y medidas de dispersión de la distancia recorrida diariamente por cabras, utilizando información de un año en dos tipos de pastizales.*

| Ecosistema               | n   | Media (m) | DE   | 95% Intervalo de confianza |
|--------------------------|-----|-----------|------|----------------------------|
| Pastizal mediano abierto | 290 | 8230      | 1304 | 8079 - 8381                |
| Pastizal yesoso          | 315 | 8641      | 1139 | 8514 - 8767                |

Independientemente de la época del año y del sitio de estudio el recorrido de las cabras en agostadero rebasó los 8 km por día. Los valores mínimos y máximos para las cabras en el pastizal mediano abierto fueron de 5,119 y 12,745 m, respectivamente, mientras que estos valores para las cabras en el pastizal yesoso fueron de 6,162 y 12,829 m. Estos datos muestran que en estos sistemas de producción de cabras existen días en que el pastor debe hacer recorridos mayores para que las cabras consuman el suficiente forraje para su mantenimiento y producción. Por otro lado, y posiblemente debido a una mayor abundancia de forraje en ciertas épocas del año en el agostadero, las cabras parecen ingerir el forraje suficiente con recorridos cortos de entre 5 y 6 km/día. Los recorridos de las cabras en el presente estudio son muy inferiores a los valores reportados por Schlecht et al. (2009) donde las cabras recorrieron entre 11.9 y 19.5 km por día (mediciones con GPS) en agostaderos de Omán con muy escasa vegetación (100–340 mm de

precipitación). Los valores de estos autores son cuestionables, pues ellos utilizaron fórmulas que no parecen ser adecuadas para el cálculo de los recorridos de las cabras. Además, desde el punto de vista biológico, cabras recorriendo 19 km diarios estarían perdiendo peso en forma severa por el alto gasto energético utilizado en su desplazamiento.

Los datos del presente estudio se acercan más a la creencia generalizada en el norte de México de que las cabras recorren alrededor de 10 km diarios en el agostadero. Los datos del presente estudio son cercanos a las observaciones de Schlecht et al. (2006) donde las cabras recorrían de 7.1 a 11.8 km diarios en agostaderos de Nigeria.

En la época de invierno la disponibilidad de forraje se reduce sustancialmente en los agostaderos estudiados por lo que se esperaba que durante el invierno el recorrido de las cabras en el agostadero sería mayor que las otras estaciones del año. Lo anterior porque las cabras tendrían que caminar más para consumir forraje necesario para su mantenimiento y producción. Esta hipótesis no resultó cierta en ambos sitios de estudio.

En la figura 1. Se presenta el recorrido total de las cabras en las dos localidades estudiadas y en diferentes meses del año. La distancia recorrida por las cabras en San José del Alamito fue mayor en la mayor parte de los meses del año comparado con las cabras del Ejido Puerto México. Lo anterior se explica por la mayor escasez de forraje en el Ejido San José del Alamito, en comparación con el Ejido Puerto México. Datos de Mellado et al. (2018) indican que la biomasa en el primer sitio varía de 1400 a 1600 kg de forraje (MS)/ha por año. Esta reducida producción de forraje parece explicar el mayor desplazamiento diario de las cabras por el agostadero, en un esfuerzo por cosechar la cantidad de forraje requerido por las cabras para sus requerimientos nutricionales de mantenimiento y producción.

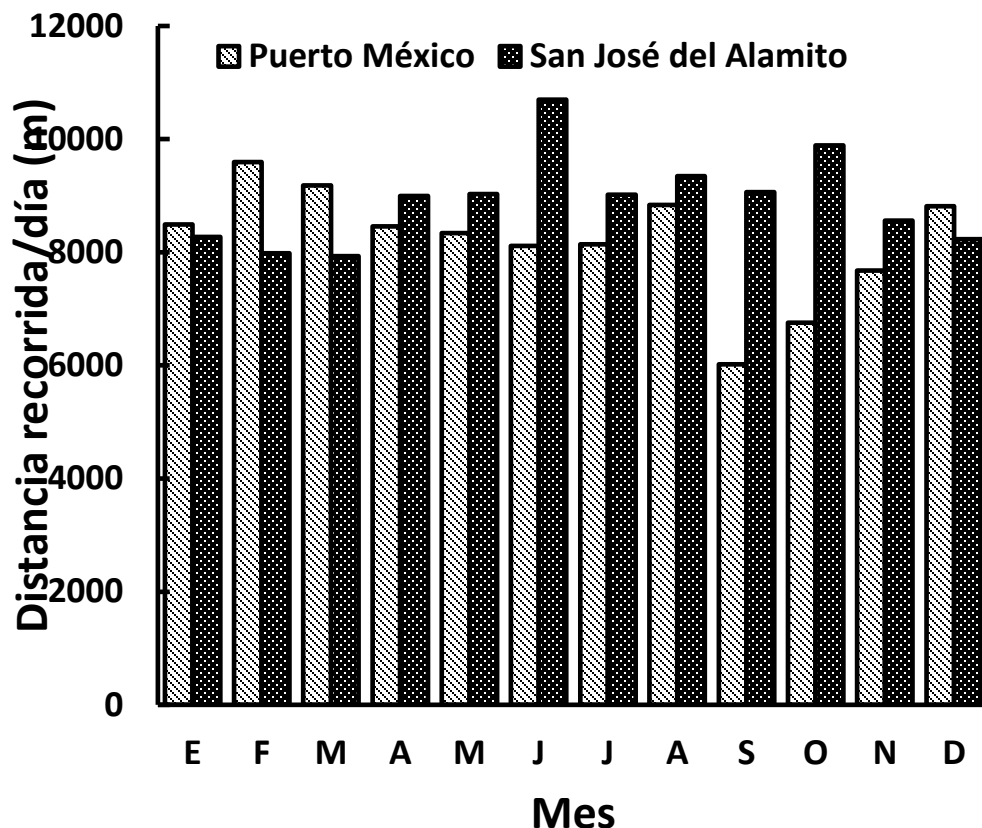


Figura 1. Distancia total por día en los diferentes meses del año, recorrida por dos hatos de cabras durante su recorrido diario por el agostadero en los Ejidos Puerto México (pastizal mediano abierto) y en San José del Alamito (pastizal gipsófilo).

El recorrido diario de las cabras tendió a disminuir en el otoño e invierno en el Ejido Puerto México, pero no en el Ejido San José del Alamito. Esta respuesta se esperaba porque con las lluvias de verano existe una mayor disponibilidad de forraje y a mayor abundancia de nutrientes disponibles las cabras no tienen que recorrer largas distancias para cosechar su forraje. Esto, sin embargo, no aplicó para las cabras que pastoreaban el matorral gipsófilo (San José del Alamito), donde las cabras en junio recorrieron en promedio 11.1 km. Una posible explicación de este comportamiento es que las cabras en este ejido estaban pariendo en verano, y por lo tanto, iniciando su lactancia. Las cabras en estas condiciones tienen un incremento notable en sus necesidades de nutrientes, y es posible que estas cabras tuvieran un mayor desplazamiento en busca de forraje para satisfacer sus

requerimientos de lactancia, los cuales son 2 veces los requerimientos de mantenimiento. Los requerimientos nutricionales adicionales para una cabra en lactación suelen ser el doble de las necesidades de mantenimiento (NRC, 2007), y la ingesta de nutrientes en ciertos meses del año puede ser insuficientes durante la lactancia temprana (Mellado et al 1991; Cerrillo et al. 2006). En condiciones de pastoreo, los animales lactantes normalmente alcanzan una mayor ingesta que los animales no lactantes esencialmente a través de un aumento del tiempo de pastoreo (Prache et al., 1998).

Independientemente del tipo de vegetación y el rendimiento de la biomasa forrajera, el suministro de forraje disminuye a medida que avanza la estación seca, que limita cada vez más el consumo de forraje de las cabras en pastoreo (Ayantunde et al., 1999). En el presente estudio, las cabras respondieron a esto por una reducción de la longitud de sus itinerarios diarios por aproximadamente 1 km a finales de la estación seca en comparación con la estación de lluvias (verano y otoño). El Caminar largas distancias podría permitir que el animal tenga acceso sitios menos explotados y así mantener un cierto nivel de ingesta de alimento. Por otro lado, la reducción de la longitud del itinerario puede ser una estrategia razonable en momentos en que el requisito de energía para caminar, consumir alimento y mantenimiento de las funciones corporales excede la cantidad de energía metabolizable obtenida de la alimentos ingeridos, como es el caso de la estación seca tardía (Schlecht et al., 2004).

En la figura 2. Se presenta el desplazamiento de las cabras durante las horas del día en que pastoreaban. Estos datos muestran un desplazamiento estable desde que abandonan el corral en la mañana hasta las 4 de la tarde, luego viene un incremento notable en su recorrido a medida que se acerca la hora de su retorno al corral, a las 6 de la tarde. Sorpresivamente, este patrón de movimiento de las cabras fue muy similar entre las cabras de los dos sitios de estudio.

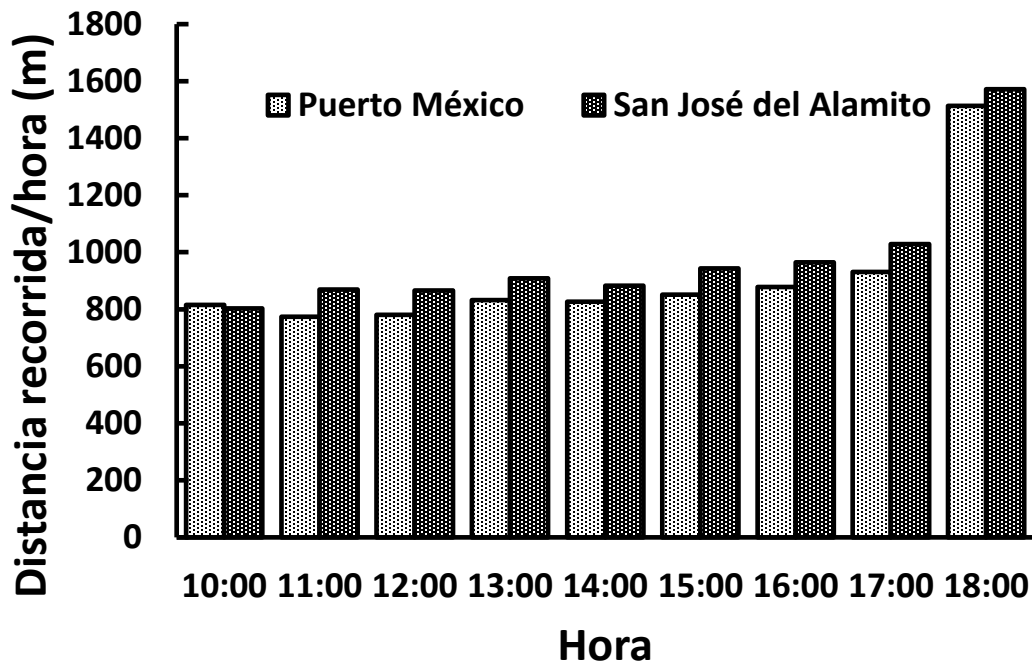


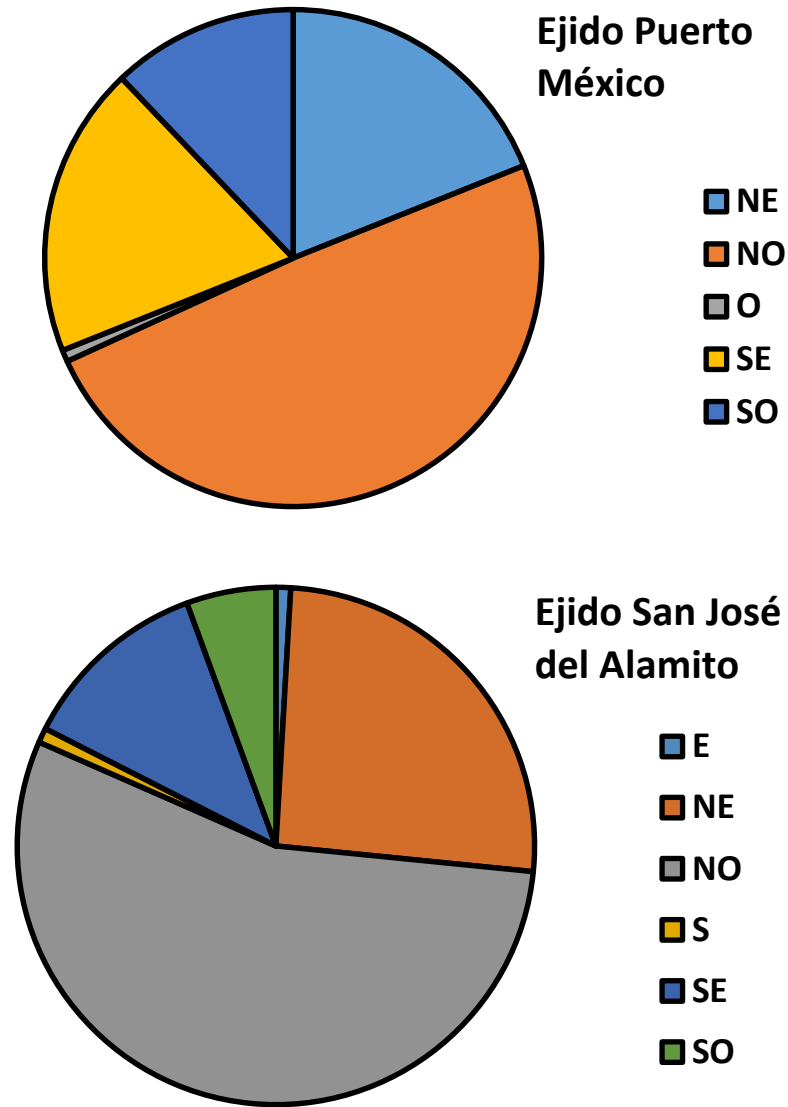
Figura 2. Desplazamiento de las cabras en el agostadero a diferentes horas del día, en los Ejidos Puerto México y San José del Alamito (25°N).

Estos patrones en los dos hatos de cabras indican que los pastores apresuran a sus cabras a regresar al corral, cuando se han cumplido alrededor de seis horas de pastoreo. El rápido retorno de las cabras al corral parece tener repercusiones sobre el forraje cosechado por las cabras al final del periodo de pastoreo diario, pues se presume que el retorno acelerado de los animales limita la ingestión de alimento por las cabras en su retorno al corral. Además, el retorno acelerado de las cabras al corral implica un mayor costo energético, pues a mayor ejercicio la eficiencia energética se reduce.

En la Figura 3. Se presenta los sitios del agostadero más utilizados por las cabras en los dos sitios de estudio (meses combinados). Estos datos muestran que la dirección en que pastorean las cabras no se da en forma equitativa alrededor del corral. En el caso del Ejido Puerto México, las cabras concentran su pastoreo en la parte noreste con relación al corral de las cabras. Otras zonas utilizadas por las

cabras, con menor frecuencia, es el NE y SO. En el caso del Ejido de San José del Alamito, la distribución del pastoreo se concentra aún más en una zona en dirección NO del corral de las cabras. Esta información es relevante pues indica que los caprinocultores pueden estar abusando de algunos sitios de pastoreo en particular, afectando posiblemente la integridad del ecosistema. Estos datos son de gran interés pues se tiene ahora información de los sitios más utilizados y menos utilizados por los caprinocultores en los hatos de cabras estudiados. Para los manejadores de fauna silvestre, estos patrones de utilización del agostadero por las cabras son de suma utilidad, pues se conoce si las cabras hacen uso frecuente o no de áreas vitales para la reproducción de algunas especies de fauna silvestre. Concretamente en esta área de estudio anida el gorrión de Worten. Entonces, el manejador de fauna silvestre está en condiciones de saber si la zona de anidación de esta ave es fuertemente utilizada por las cabras, en cuyo caso, se pueden hacer arreglos con los caprinocultores para que hagan un uso menos intenso en las zonas de anidación de aves del pastizal o que son importantes para otros mamíferos que dependen para su alimentación de la vegetación de estos ecosistemas. Estos patrones de pastoreo son también de interés para los manejadores de los agostaderos, pues esta información deja en claro que las áreas aledañas al corral de las cabras no reciben una utilización equitativa, lo que puede degradar ciertos sitios del terreno de pastoreo.





*Figura 3. Distribución de los hatos de cabras en san José de Alamito y puerto México durante el tiempo de pastoreo. El punto de referencia es el corral de las cabras.*

En la figura 4. Se presenta el gasto energético de las cabras por la locomoción en el agostadero. Cabe aclarar que estos datos son estimaciones de otros estudios llevados a cabo en agostaderos muy distintos a los del presente estudio. Aun así, se cree que los datos obtenidos son cercanos a la energía que destina una cabra al pastorear en los agostaderos del Desierto Chihuahuense. El

gasto energético por locomoción es más alto en las cabras que pastorean el pastizal gipsófilo que el pastizal mediano abierto. Lo anterior se esperaba debido a la menor disponibilidad de forraje en el pastizal gipsófilo y a la mayor dispersión de la vegetación en este ecosistema. El pastizal gipsófilo está prácticamente desprovisto de arbustivas, por lo que los bocados de las cabras deben ser más pequeño y frecuentes, porque las cabras dependen básicamente de pastos de talla muy baja (*Scleropogon brevifolium* y *Buchloe dactyloides*, por ejemplo) y una amplia gama de plantas herbáceas de porte bajo.

Las cabras en el pastizal mediano abierto dispones de una cobertura de pastos de mayor altura (*Boutelouas perennes*, por ejemplo) mezclados con algunas arbustivas muy apetecidas por las cabras (*Buddleja scordioides* y ciertas Acacias, por ejemplo), lo que permite a las cabras cosechar su forraje sin tener que desplazarse mucho en el agostadero. De hecho, el menor gasto de energía por locomoción se observó en el verano en el pastizal mediano abierto, lo que indica que a mayor abundancia de forraje se tiene un menor desplazamiento de las cabras en el agostadero. El mayor gasto energético de las cabras en el verano en el pastizal gipsófilo es difícil de explicar. Es posible que la mayor abundancia de biomasa en el verano no necesariamente ofrezca un marcado aumento de especies apetecidas por las cabras. En este sitio, por ejemplo, buena parte de la vegetación está constituida por especies como *Hymenoxis odorata* o *Gutierrezia sarotrae*, especies que las cabras prácticamente no consumen.

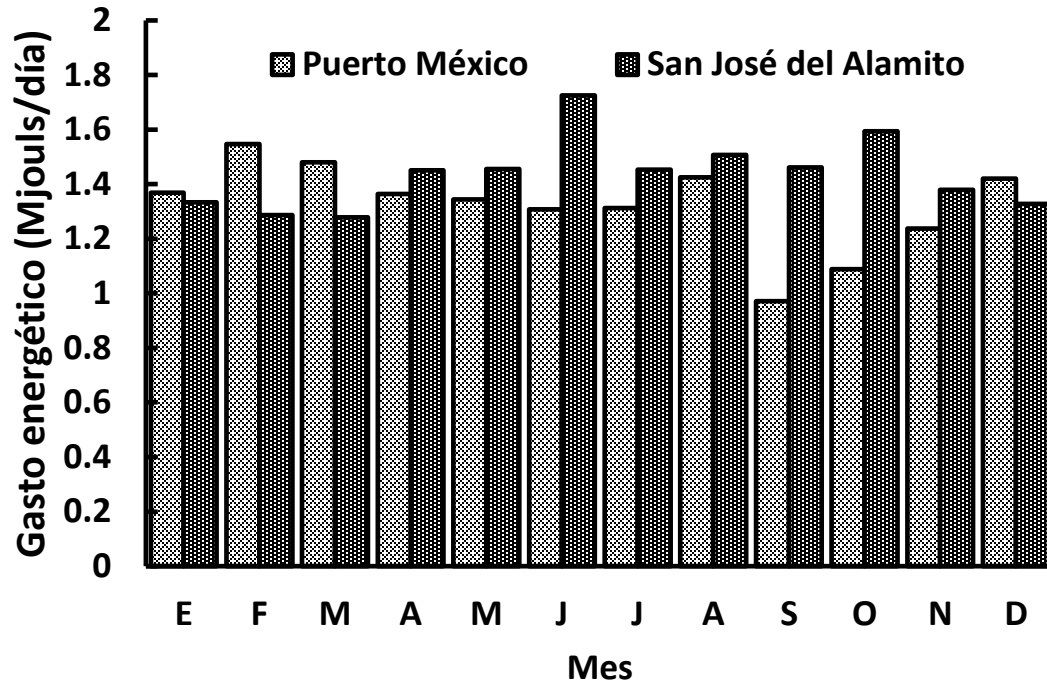


Figura 4. Gasto energético estimado para las cabras pastoreando en un pastizal mediano abierto (Ejido Puerto México) y un pastizal gypsófilo (San José del Alamito).

En la figura 5. Se presenta el gasto energético de las cabras en agostadero combinando el gasto de locomoción y el gasto de la colección, masticación y deglución del alimento por las cabras. Nuevamente, este gasto energético fue mayor en las cabras que pastoreaban en el pastizal gypsófilo en comparación con el pastizal mediano abierto. El gasto energético para mantenimiento en cabras como las descritas en el presente estudio es de alrededor de 6 Mj/día. Lo anterior indica que, para las cabras del presente estudio, la energía que se destina al pastoreo equivale a aproximadamente un tercio de la energía requerida para el mantenimiento de estos animales. Este gasto energético no fue mayor durante la época de invierno como se esperaba.

Estos datos son de suma importancia para el manejo nutricional de las cabras, pues con esta información ahora se sabe que, para cabras en los agostaderos del presente estudio, se debe calcular un 30% de energía adicional de mantenimiento para las cabras pastoreando estos ecosistemas. La recomendación actual de los requerimientos de energía para mantenimiento señala el agregar un 25% de energía para las cabras en pastoreo. La información recabada en el presente estudio muestra claramente que el gasto energético en locomoción e ingesta de alimento en pastoreo de pastizales en zonas áridas rebasa la cifra antes señalada.

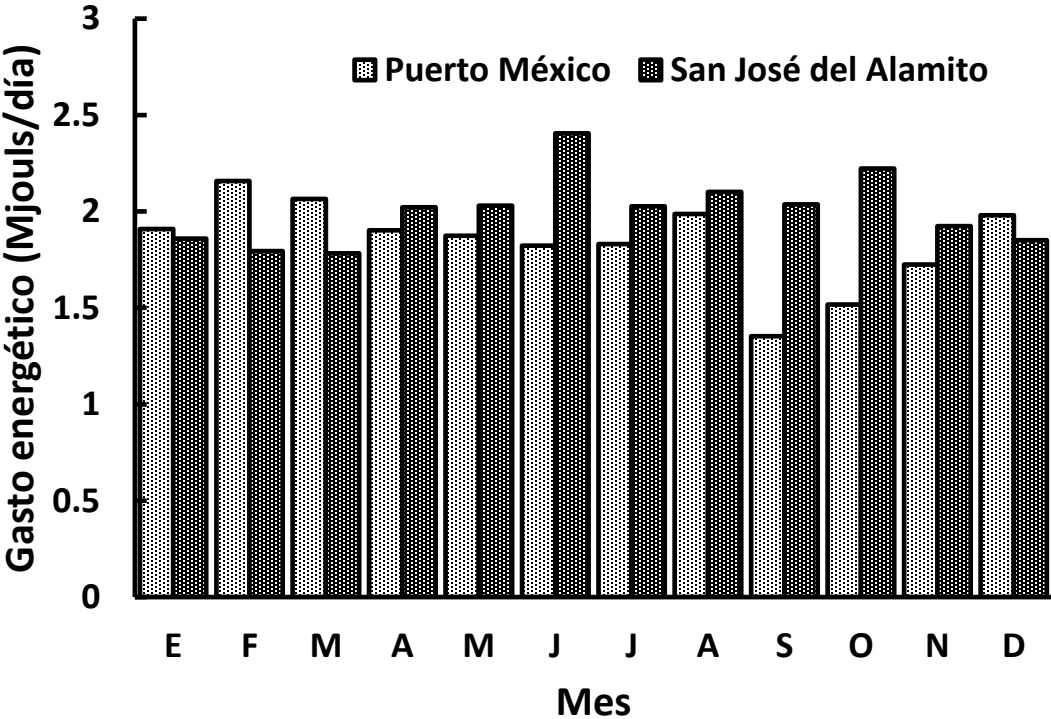


Figura 5. Gasto energético de las cabras sumando la energía utilizada al caminar y al ingerir alimento.

Por último, no existió una correlación (Figura 6 y 7) entre el índice temperatura humedad y la distancia recorrida/día por las cabras. Lo anterior indica que la menor temperatura ambiental del invierno, lo cual reduce la disponibilidad de forraje, no fuerza a las cabras a realizar mayores recorridos en el agostadero.

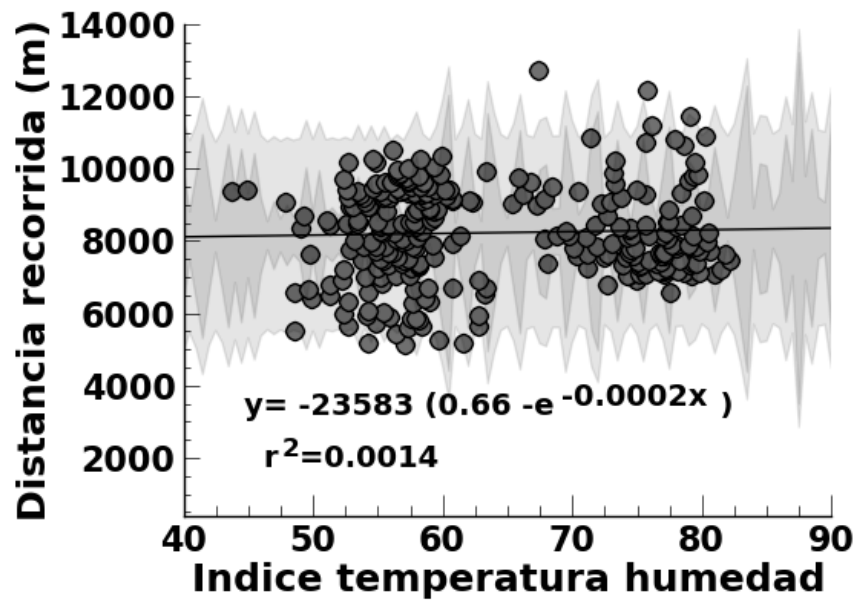


Figura 6. Asociación entre el índice temperatura humedad en el ejido Puerto México y la distancia diaria recorrida por las cabras en un periodo de un año

. Bandas oscuras representan 95% intervalo de confianza para datos estimados.  
Bandas más claras son para datos estimados.

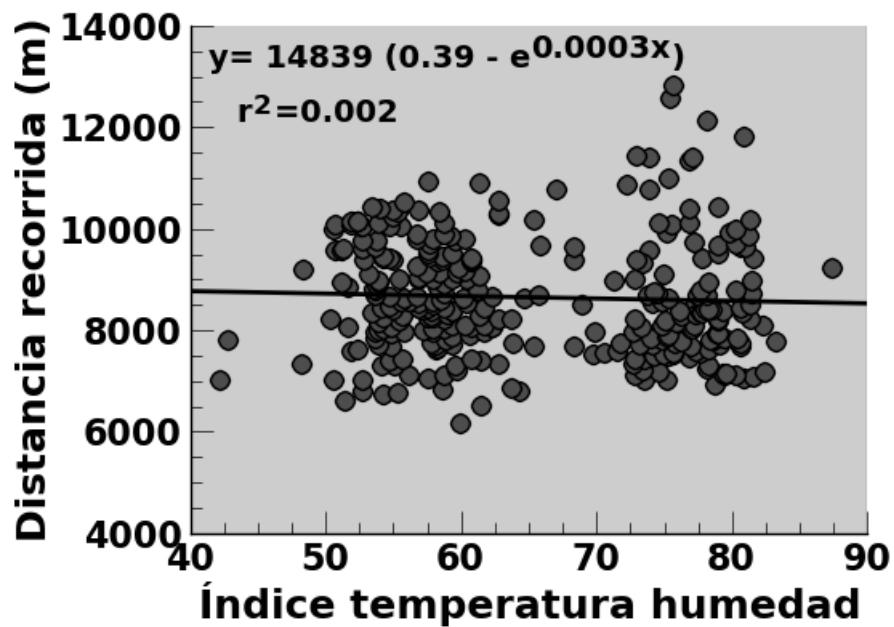


Figura 7. Asociación entre el índice temperatura humedad en el ejido San José del Alamito y la distancia diaria recorrida por las cabras en un periodo de un año. Bandas oscuras representan 95% intervalo de confianza para datos estimados. Bandas más claras son para datos estimados.

## CONCLUSIONES

El método de los collares indicadores de la posición geográfica de las cabras es un método adecuado para para medir el desplazamiento de las cabras en el agostadero. Este método es simple y fácil de aplicar a las condiciones de agostadero y no requiere de observadores para el estudio de la locomoción de cabras en pastoreo.

Estos datos muestran una amplia variabilidad en la distancia recorrida por las cabras durante su pastoreo en el agostadero, lo que sugiere que en ciertas épocas del año les basta a las cabras recorridos de 5 km por día para la cosecha de su alimento, pero existen épocas del año que estos animales deben hacer recorridos de alrededor de los 12 km.

Este estudio muestra que en agostaderos con escasez de forraje el desplazamiento de las cabras en el agostadero, representa un importante gasto energético en la locomoción.

Una conclusión adicional de este estudio es que los hatos de cabras estudiados no utilizan equitativamente los sitios del agostadero disponibles para el pastoreo de las cabras. Ellos tienden a sobreutilizar algunos sitios y a subutilizar otras zonas de pastoreo. Finalmente, estos datos muestran que el desplazamiento de las cabras en el agostadero sigue un patrón relativamente uniforme durante el día, pero durante la última hora de pastoreo, las cabras son forzadas a caminar una mayor distancia que las horas previas de pastoreo, durante su retorno al corral.

## LITERATURA CITADA

- Animut, G., Goetsch, A.L., Aiken, G.E., Puchala, R., Detweiler, G., Krehbiel, C.R., Merkel, R.C., Sahl, T., Dawson, L.J., Johnson, Z.B., Gipson, T.A. 2005. Grazing behavior and energy expenditure by sheep and goats co-grazing grass/forb pastures at three stocking rates. *Small Ruminant Research* 59, 191–201.
- Arieli, A., Kalouti, A., Aharoni, Y., Brosh, A., 2002. Assessment of energy expenditure by daily heart rate measurement—validation with energy accretion in sheep. *Livestock Production Science* 78, 99–105.
- Ayantunde, A.A., Hiernaux, P., Fernández-Rivera, S., van Keulen, H., Udo, H.M.J. 1999. Selective grazing by cattle on spatially and seasonally heterogeneous rangeland in Sahel. *Journal of Arid Environment* 42, 261–279.
- Barkai, D., Landau, S., Brosh, A., Baram, H., Molle, G., 2002. Estimation of energy intake from heart rate and energy expenditure in sheep under confinement or grazing condition. *Livestock Production Science* 73, 237–246.
- Beker, A., Gipson, T. A., Puchala, R., Askar, A. R., Tesfai, K., Detweiler, G. D., Goetsch, A. L. 2010. Energy expenditure and activity of different types of small ruminants grazing varying pastures in the summer. *Journal of Applied Animal Research* 37, 1–14.
- Brosh, A., Henkin, Z., Ungar, E. D., Dolev, A., Orlov, A., Yehuda, Y., Aharoni, Y. 2006. Energy cost of cows' grazing activity: Use of the heart rate method and the Global Positioning System for direct field estimation. *Journal of Animal Science*, 84, 1951–1967.
- Cerrillo, M. A., López, O. O., Nevárez, C. G., Ramírez, R. G., and Juárez, R. A. S. (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.
- Lachica, M., Aguilera, J.F. 2003. Estimation of energy needs in the free-ranging goat with particular reference to the assessment of its energy expenditure by the <sup>13</sup>C-bicarbonate method. *Small Ruminant Research* 49, 303-318.
- Lachica, M., Somlo, R., Barroso, F. G., Boza, J., Prieto, C. 1999. Goats locomotion energy expenditure under range grazing conditions: seasonal variation. *Journal of Range Management*, 124, 431-435.



- Lachica, M., Aguilera, J.F., Prieto, C., 1997a. Energy expenditure related to the act of eating in Granadina goats given diets of different physiological form. *British Journal of Nutrition* 77, 417–426.
- Lachica, M., Barroso, F.G., Prieto, C., 1997a. Seasonal variation of locomotion and energy expenditure in goats under range conditions. *Journal of Rangeland Management* 50, 234–238.
- Lachica, M., Prieto, C., Aguilera, J.F., 1997b. The energy loss of walking on the level and on negative and positive slopes in the Granadina goat (*Capra hircus*). *British Journal of Nutrition* 77, 73–81.
- Lachica, M., Somlo, R., Barroso, F.G., Boza, J., Prieto, C. 1999. Goats locomotion energy expenditure under range grazing conditions: seasonal variation. *Journal of Range Management* 52, 431–435.
- Mellado, M., Foote, R. H., Rodríguez, A., and Zárate, P. 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., Villarreal J.A., Medina-Morales M.A, Arévalo, J.R., García J.E. Meza-Herrera, C. 2018. Seasonal diet composition and forage selectivity of Boer goats in a semi-arid gypsophilous grassland. *African Journal of Range and Forage Science*. Available online <http://dx.doi.org/10.2989/10220119.2017.1400466>
- NRC (2007). 'Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids.' (National Academy Press: Washington, DC).
- Prache, S., Gordon, I.J., and Rook, A.J. 1998. Foraging behaviour and diet selection in domestic herbivores. *Annales de Zootechnie* 47, 335–345.
- Prieto, C., Lachica, M., Nieto, R., Aguilera, J.F. 2001. The <sup>13</sup>C-bicarbonate method: Its suitability for estimating the energy expenditure in grazing goats. *Livestock Production Science* 69, 207–215.
- Schlecht, E., Dickhoefer, U., Gumpertsberger, E., Buerkert, A. 2009. Grazing itineraries and forage selection of goats in the Al Jabal al Akhdar mountain range of northern Oman. *Journal of Arid Environments* 73, 355–363.
- Schlecht, E., Hiernaux, P., Achard, F., Turner, M.D., 2004. Livestock related nutrient budgets within village territories in Western Niger. *Nutrition Cycling Agroecosystems* 68, 199–211.
- Schlecht, E., Hiernaux, P., Kadaouré, I., Hülsebusch, C., Mahler, F. 2006. A spatio temporal analysis of forage availability and grazing and excretion

behaviour of herded and free grazing cattle, sheep and goats in Western Niger. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113, 226–242.