



COMPOSICIÓN DE LA DIETA Y CAPACIDAD NUTRICIONAL DE CARGA DEL HÁBITAT DEL CONEJO DE LOS VOLCANES (*Romerolagus diazi*) EN MÉXICO

DIET COMPOSITION AND NUTRITIONAL CARRYING CAPACITY OF THE HABITAT OF THE VOLCANO RABBIT (*Romerolagus diazi*) IN MEXICO

José A. Martínez-García¹; Germán D. Mendoza-Martínez¹; José L. Alcantara-Carbajal²; Luis A. Tarango-Arámbula²; Teresa Sánchez-Torres-Esqueda²; Raymundo Rodríguez-de Lara³; Pedro A. Hernández-García^{1,4*}

¹Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México. C. P. 04960. Correo-e: pedro_abel@yahoo.com (*Autor para correspondencia)

²Colegio de Postgraduados. km 36.5, Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Edo de México. C. P. 56230.

³Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

⁴Centro Universitario UAEM-Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México. C. P. 56900.

RESUMEN

El estudio se realizó en el Parque Nacional Itza-Popo y Zoquiapan. Se estimaron los aportes nutricionales, biomasa vegetal, capacidad nutricional de carga del hábitat y hábitos alimenticios del *Romerolagus diazi*. Para ello, las excretas y muestras vegetales se recolectaron y fueron analizadas microhistológicamente. Se determinaron la materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro de las plantas. A su vez, se realizó un ensayo de digestibilidad con conejos domésticos proporcionándoles dos tratamientos: *Muhlenbergia macrura* o *Festuca tolucensis* adicionadas con heno de alfalfa (80 % gramínea + 20 % de heno de alfalfa). En la mitad de los sitios predominó *M. macroura* y en la otra mitad *F. tolucensis*. El análisis microhistológico mostró la presencia predominante de los mismos forrajes. Hubo diferencias en biomasa y capacidad de carga entre sitios ($P < 0.05$). La inclusión de *F. tolucensis* incrementó ($P < 0.05$) la digestibilidad en comparación con *M. macroura*.

Recibido: 30 de agosto de 2010
Aceptado: 16 de mayo de 2012
doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.08.063
<http://www.chapingo.mx/revistas>

PALABRAS CLAVE: Zacatuche, hábitos alimenticios, aportes nutricionales, Parque Nacional Itza-Popo.

ABSTRACT

The purpose of this study was to estimate the nutritional intake, plant biomass and the nutritional carrying capacity of the habitat of the volcano rabbit (*Romerolagus diazi*), plus its feeding habits, in Itza-Popo Zoquiapan National Park. Fecal pellets and plant samples were collected and analyzed microhistologically. Dry matter, crude protein and neutral detergent fiber were determined in plants. Biomass and its nutritional carrying capacity were estimated. In turn, a digestibility assay was conducted with domestic rabbits using two treatments: *Muhlenbergia macrura* or *Festuca tolucensis* (80 % plus 20 % alfalfa hay). In half of the sites *M. macroura* was predominant and in the other half *F. tolucensis*; microhistological analysis showed the predominant presence of the same forages. There were differences in biomass and carrying capacity among sites ($P < 0.05$), with one site standing out from the others. Inclusion of *F. tolucensis* increased ($P < 0.05$) digestibility compared to *M. macroura*.

KEYWORDS: Zacatuche, feeding habits, nutritional intake, Itza-Popo Zoquiapan National Park.

INTRODUCCIÓN

El conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*) es una especie endémica de México y en peligro de extinción (NOM-059-ECOL-2001; Ramírez-Pulido, Arroyo-Cabrales, & Castro-Campillo, 2005) que habita en las cumbres centrales del Eje Neovolcánico Transversal (Cervantes, Lorenzo, & Hoffman, 1990). Esta especie se encuentra en varios niveles altitudinales que van desde los 3,000 m (bosque mixto) hasta 3,950 m (bosque de pinos de altura) mostrando un mosaico de hábitat donde prevalecen las gramíneas amacolladas (Velázquez, Romero, & León, 1996).

INTRODUCTION

The volcano rabbit (*Romerolagus diazi*) is an endangered species native to Mexico (NOM-059-ECOL-2001, Ramírez-Pulido, Arroyo-Cabrales, & Castro-Campillo, 2005) that inhabits the central peaks of the Trans-Mexican Volcanic Belt (Cervantes, Lawrence, & Hoffman, 1990). This species dwells at altitude levels ranging from 3,000 m (mixed forest) to 3,950 m (tall pine forest), in a habitat mosaic where bunchgrasses prevail (Velázquez, Romero, & León, 1996).

La alimentación del conejo de los volcanes se basa principalmente en gramíneas como *Festuca amplissima*, *Muhlenbergia macroura* y *Stipa ichu*, además de *Eryngium rosei*, empleándolas también como cobertura de escape y protección (Cervantes & Martínez, 1992). El análisis de excretas ha sido una herramienta muy útil para determinar la composición botánica de la dieta de herbívoros silvestres (Bartolomé, Franch, Gutman, & Seligman, 1995; Holechek, Vavra, & Pieper, 1982). La exactitud de este procedimiento es deficiente debido a la digestibilidad diferencial entre las especies y partes de la planta (McInnis, Vavra, & Krueger, 1983; Mukhtar & Hansen, 1983). Un complemento del análisis de excretas es la técnica de análisis microhistológico, que ha probado ser un buen mecanismo para la estimación de la composición botánica del forraje consumido (Bartolomé, Franch, Gutman, & Seligman, 1995; Holechek et al., 1982). Sin embargo, los resultados varían en función de la digestibilidad, especie de herbívoro y estado de lignificación de las plantas consumidas, entre otros (McInnis et al., 1983; Mukhtar & Hansen, 1983). Cervantes y Martínez (1992) condujeron un estudio microhistológico de excretas de *R. diazi* por más de un año. Ellos observaron que aproximadamente 89 % de las excretas *M. macroura* estaba presente, por tanto, concluyeron que fue el componente basal de la dieta. Sin embargo, esta afirmación puede ser cuestionada debido a la naturaleza y composición química de la gramínea, ya que presenta un contenido alto de paredes celulares y de lignina, bajo contenido de proteína y baja digestibilidad (McDowell, Conrad, Thomas, & Harris, 1974). Estas características explicarían la presencia de la gramínea en la fracción indigestible de las heces, pero difícilmente permitirían que *M. macroura* pudiera cubrir las necesidades de energía y proteína del conejo de los volcanes. Por lo anterior, consideramos que era necesario evaluar la digestibilidad de esta gramínea.

La capacidad de carga se refiere al número de animales que cierta área de hábitat puede sostener durante un periodo o estación determinada, sin que los alimentos presentes y sus nutrientes se vean mermados hasta el punto de deterioro (DeYoung, Hellgren, Fulbright, Robbins, & Humphreys, 2000). La estimación de la capacidad de carga, sobre una base alimenticia, permite comparar el potencial de los hábitats. Debido a ello, esta estimación se considera parte de la evaluación de un hábitat (Grant, 1978; Hobbs, Baker, Ellis, Swift, & Green, 1982). Además del valor nutritivo del alimento, es importante determinar su disponibilidad en el medio, para estimar la capacidad nutricional de carga (CNC) a corto plazo (Massé, Rochefort, & Gauthier, 2001). Para esto es necesario conocer la disponibilidad de la biomasa vegetal y sus nutrientes (materia seca, nitrógeno y energía), que puedan cubrir las necesidades de los individuos (Hobbs & Swift, 1985). Considerando lo anterior, los objetivos de este estudio fueron determinar la composición botánica de plantas en la dieta del conejo de los volcanes (*R. diazi*), para evaluar el aporte nutricional del hábitat (contenido de nutrientes y

The volcano rabbit mainly feeds on grasses such as *Festuca amplissima*, *Muhlenbergia macroura*, *Stipa ichu* and *Eryngium rosei*, using them also as escape and protection cover (Cervantes & Martínez, 1992). Fecal analysis has been a useful tool to determine the botanical composition of the diet of wild herbivores (Bartolomé, Franch, Gutman, & Seligman, 1995; Holechek, Vavra, & Pieper, 1982). The accuracy of this procedure is poor due to differential digestibility between species and plant parts (McInnis, Vavra, & Krueger, 1983; Mukhtar & Hansen, 1983). A complement to fecal analysis is microhistological analysis, which has proven to be a good mechanism for estimating the botanical composition of forage consumed (Bartolomé, Franch, Gutman, & Seligman, 1995; Holechek et al., 1982). However, results vary depending on digestibility, herbivore species and lignification stage of the plants consumed, among other factors (McInnis et al., 1983; Mukhtar & Hansen, 1983). Cervantes and Martínez (1992) conducted a microhistological study of fecal pellets of *R. diazi* for more than one year, finding *M. macroura* in approximately 89 % of the samples. They therefore concluded that it was the basal component of the diet. However, this statement can be questioned due to the nature and chemical composition of the grass, as it has a high content of cell walls and lignin, low protein content and low digestibility (McDowell, Conrad, Thomas, & Harris, 1974). These characteristics would explain the presence of the grass in the indigestible fraction of the feces, but they would hardly allow *M. macroura* to meet the energy and protein needs of the volcano rabbit. For these reasons, we considered it necessary to evaluate the digestibility of this grass.

Carrying capacity refers to the number of animals that a certain habitat area can sustain over a given period or season, without the foods present and their nutrients being depleted to the point of deterioration (DeYoung, Hellgren, Fulbright, Robbins, & Humphreys, 2000). Estimating carrying capacity on a food base allows comparing the potential of different habitats. As a result, this estimate is considered part of a habitat assessment (Grant, 1978; Hobbs, Baker, Ellis, Swift, & Green, 1982). In addition to the nutritional value of the food, it is important to determine its availability in the environment in order to estimate short-term nutritional carrying capacity (NCC) (Massé, Rochefort, & Gauthier, 2001). This requires knowing the availability of plant biomass and its nutrients (dry matter, nitrogen and energy), which can cover the needs of the individuals (Hobbs & Swift, 1985). Considering the above, the objectives of this study were to determine the botanical composition of plants in the diet of the volcano rabbit (*R. diazi*), to assess the nutritional intake habitat (nutrient content and digestibility) and estimate the nutritional carrying capacity in Izta-Popo Zoquiapan National Park, Mexico.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in Izta-Popo Zoquiapan National Park, at four sites known as: Altzomoni, El Arco,

digestibilidad) y estimar la capacidad nutricional de carga en el Parque Nacional Izta-Popo y Zoquiapan, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el Parque Nacional Izta-Popo y Zoquiapan, en cuatro sitios denominados: Altzomoni, El Arco, El Pinar y El Papayo (Figura 1). Estos sitios presentan distintos tipos de paisajes (Cuadro 1). El estudio tuvo una duración de 15 meses (otoño 2003-invierno 2005). Cada 15 días se realizaron visitas para recolectar excretas presentes en las letrinas de *R. diazi*. Cada letrina (unidad de muestreo) fue geoposicionada (GPS, Garmin®, Legend, *etrx*).

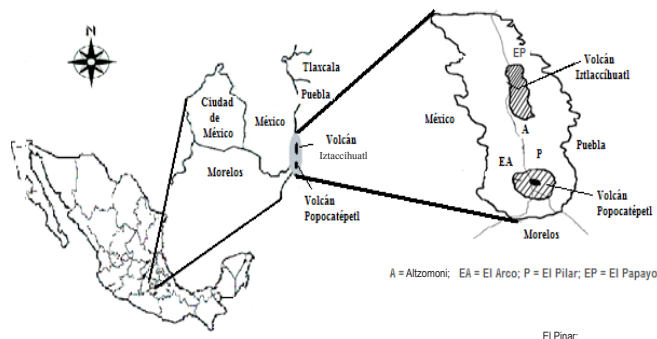


FIGURA 1. Localización geográfica del área de estudio.

FIGURE 1. Geographic location of the study area.

El Pinar and El Papayo (Figure 1). These sites have different types of landscapes (Table 1). The study lasted 15 months (fall 2003-winter 2005), and every 15 days visits were made to collect fecal pellets present in the latrines of *R. diazi*. Each latrine (sampling unit) was geographically referenced (GPS, Garmin®, Legend, *etrx*).

Halfway through each season of the year, vegetation sampling was conducted in order to know the biomass on a dry and wet basis ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$), density ($\text{plants}\cdot\text{m}^2$), height (cm) and diameter (cm). Sampling was performed in 5 m^2 quadrants, on the perimeters of the polygons where rabbit colonies were located. All this was done due to the unpredictable nature of the duration of rainy and dry periods, since their start and end dates cannot be set with certainty.

Diet composition was determined by microhistological analysis performed on the feces (Cervantes & Martínez, 1996). The herbaceous vegetation that was sampled in the quadrants was used as a reference for a subsequent comparison. In turn, in order to establish the nutritional input of the habitat, dry matter (DM), crude protein (CP) (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 1995) and neutral detergent fiber (NDF) (Van Soest, Robertson, & Lewis, 1991), were analyzed. This data were used to estimate the availability of nutrients per hectare and tiller density ($\text{plants}\cdot\text{m}^2$) (Bonham, 1989).

CUADRO 1. Características de los sitios de estudio del hábitat del conejo de los volcanes.

Sitio	Ubicación	Coordenadas	Altitud (m)	Vegetación
Altzomoni	SW volcán Iztaccíhuatl	19° 07' 29" N 98° 39' 00" W	3,930 - 3,990	Pastizal
El Arco	NW volcán Popocatepetl	19° 04' 59" N 98° 39' 15" W	3,650 - 3,700	Pino - pastizal
El Pinar	SW volcán Popocatepetl	19° 05' 21" N 98° 38' 11" W	3,680 - 3,650	Pastizal
El Papayo	S volcán El Papayo y N volcán Iztaccíhuatl	19° 18' 01" N 98° 42' 05" W	3,218 - 3,227	Bosque mixto-pastizal

TABLE 1. Characteristics of the study sites of the habitat of the volcano rabbit.

Site	Location	Coordinates	Altitude (m)	Vegetation
Altzomoni	SW volcán Iztaccíhuatl	19° 07' 29" N 98° 39' 00" W	3,930 - 3,990	Grassland
El Arco	NW volcán Popocatepetl	19° 04' 59" N 98° 39' 15" W	3,650 - 3,700	Pine-grassland
El Pinar	SW volcán Popocatepetl	19° 05' 21" N 98° 38' 11" W	3,680 - 3,650	Grassland
El Papayo	S volcán El Papayo y N volcán Iztaccíhuatl	19° 18' 01" N 98° 42' 05" W	3,218 - 3,227	Mixed forest-grassland

A mitad de cada una de las estaciones del año, un muestreo de la vegetación se realizó con la finalidad de conocer la biomasa en base seca y húmeda ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$), densidad ($\text{plantas}\cdot\text{m}^2$), altura (cm) y diámetro (cm). El muestreo se realizó en cuadrantes de 5 m^2 , en los perímetros de los polígonos donde se localizaron las colonias del conejo. Todo esto se realizó debido a lo impredecible de la duración de las épocas de lluvias y estiaje, ya que no se pueden establecer con certeza sus fechas de inicio y finalización.

La composición de la dieta se determinó por medio del análisis microhistológico realizado sobre las excretas (Cervantes & Martínez, 1996). La vegetación herbácea que fue muestreada en los cuadrantes se utilizó como referencia para una comparación posterior. A su vez, con la finalidad de establecer los aportes nutricionales del hábitat, se analizó la materia seca (MS), proteína cruda (PC) (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 1995) y fibra detergente neutro (FDN) (Van Soest, Robertson, & Lewis, 1991). Con estos datos se estimó la disponibilidad de nutrientes por ha, además de la densidad de macollos ($\text{plantas}\cdot\text{m}^2$) (Bonham, 1989).

La capacidad nutricional de carga ($\text{conejos}\cdot\text{ha}^{-1}$) en cada uno de los sitios se estimó durante las estaciones del año, con la finalidad de determinar un indicador de la calidad del hábitat. La estimación se realizó con base en la disponibilidad de biomasa y producción de MS, modificando la ecuación propuesta por Massé et al. (2001):

$$\text{CNC} = \frac{\text{PMS} \cdot \text{AH}}{\text{CT}} \cdot \text{CU}$$

Donde:

PMS = Producción de materia seca (gramíneas amacolladas, herbáceas) ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

AH = Área de hábitat (ha)

CT = Consumo de materia seca por conejo ($\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$)

CU = Coeficiente de utilización de la vegetación

En la ecuación, el valor de consumo de materia seca (CT) por conejo fue de $42\text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$. Este valor fue reportado por Sánchez (2009) para *R. diazi*. El CU fue de 50 % (Cervantes & Martínez, 1996), el cual indica el porcentaje de utilización de los pastizales por el conejo de los volcanes en el hábitat, en cada estación del año (90 días).

Los valores de digestibilidad de *M. macroura* y *F. toluensis* se determinaron modificando el método de Pérez et al. (1995). Para ello, se emplearon 16 conejos domésticos (*Oryctolagus cuniculus*), raza Nueva Zelanda, de 70 días de edad con peso vivo de $1,739.37 \pm 4.45\text{ g}$. Los conejos se dividieron en dos tratamientos que fueron aplicados en cuatro jaulas metálicas con capacidad de

Nutritional carrying capacity ($\text{rabbits}\cdot\text{ha}^{-1}$) was estimated in each of the sites during the seasons of the year, in order to determine an indicator of habitat quality. The estimate was based on biomass availability and DM production by modifying the equation proposed by Massé et al. (2001):

$$\text{NCC} = \frac{\text{DMP} \cdot \text{HA}}{\text{DMI}} \cdot \text{CU}$$

Where:

DMP = Dry matter production (bunchgrasses, grasses) ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

HA = Habitat area (ha)

DMI = Dry matter intake per rabbit ($\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$)

CU = Coefficient of vegetation utilization

In the equation, the value of dry matter intake (DMI) per rabbit was $42\text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$. This value was reported by Sánchez (2009) for *R. diazi*. The CU was 50 % (Cervantes & Martínez, 1996), which indicates the percentage use of grasslands by volcano rabbits in the habitat, in each season (90 days).

Digestibility values of *M. macroura* and *F. toluensis* were determined by modifying the method described by Pérez et al. (1995). For this purpose, 16 New Zealand white domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*), 70 days old, with body weight of $1,739.37 \pm 4.45\text{ g}$, were used. The rabbits were divided into two treatments that were applied in four metal cages, each with a holding capacity of four individuals and with free access to water and food. The feed provided to the animals was a mixture of 80 % *M. macroura* + 20 % alfalfa hay in one treatment, and 80 % *F. toluensis* + 20 % alfalfa hay in the other. The two mixtures were ground (1 mm) to avoid rejection. The chemical composition of the grasses and of the combinations with alfalfa is shown in Table 2. Before the assay, the rabbits were fed a commercial diet. For this reason, the animals were adapted for 15 days to the diets, so that in the cecum only the digestion of the experimental feed would be found (Pérez et al., 1995). Because of this, the study began on day 15 and lasted until day 30. At the end, the rabbits were weighed and slaughtered to obtain individual fecal samples directly from the large intestine. Diet digestibility was determined using acid-insoluble ash as an internal marker (Keulen & Young, 1977).

Dry matter, crude protein and neutral detergent fiber were evaluated to determine the nutritional intake from the habitat; additionally, the biomass production, density, height, diameter and weight of the grasses, as well as nutritional carrying capacity (response variables), were evaluated. The model included location and season. In the assay

CUADRO 2. Composición química de las gramíneas y dietas experimentales utilizadas, en el ensayo de digestibilidad en conejo doméstico *Oryctolagus cuniculus*.

Composición química (%)	Gramíneas amacolladas		Dietas experimentales	
	<i>Mm</i>	<i>Ft</i>	<i>Mm</i> : <i>A</i>	<i>Ft</i> : <i>A</i>
Materia seca	91.22	91.15	90.80	90.74
Cenizas	10.05	9.75	9.74	9.51
Proteína cruda	3.95	4.43	6.69	7.08
Fibra detergente neutro	72.79	73.85	69.13	69.98
Fibra detergente ácido	54.29	56.23	51.66	53.22

Mm = *Muhlenbergia macroura*; *Ft* = *Festuca toluensis*.

Mm: *A* = 80 % *Muhlenbergia macroura* : 20 % Heno de alfalfa

Ft: *A* = 80 % *Festuca toluensis*: 20 % Heno de alfalfa

TABLE 2. Chemical composition of grasses and experimental diets used in the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) digestibility assay.

Chemical composition (%)	Bunchgrasses		Experimental diets	
	<i>Mm</i>	<i>Ft</i>	<i>Mm</i> : <i>A</i>	<i>Ft</i> : <i>A</i>
Dry matter	91.22	91.15	90.80	90.74
Ash	10.05	9.75	9.74	9.51
Crude protein	3.95	4.43	6.69	7.08
Neutral detergent fiber	72.79	73.85	69.13	69.98
Acid detergent fiber	54.29	56.23	51.66	53.22

Mm = *Muhlenbergia macroura*; *Ft* = *Festuca toluensis*.

Mm: *A* = 80 % *Muhlenbergia macroura* : 20 % Alfalfa hay

Ft: *A* = 80 % *Festuca toluensis*: 20 % Alfalfa hay

cuatro individuos con libre acceso al agua y alimento. El alimento proporcionado a los animales fue una mezcla de 80 % *M. macroura* + 20 % heno de alfalfa y otra de 80 % *F. toluensis* + 20 % heno de alfalfa. Las dos mezclas fueron molidas (1 mm) para evitar rechazos. La composición química de las gramíneas y de las combinaciones con alfalfa se presenta en el Cuadro 2. Antes del ensayo, los conejos habían sido alimentados con una dieta comercial. Por este motivo, los animales fueron adaptados por 15 días a las dietas, con la finalidad de que en el ciego sólo se encontrará la digestión del alimento de experimentación (Pérez et al., 1995). Debido a lo anterior, el estudio dio inicio en el día 15 y se prolongó hasta el día 30. Al final, los conejos fueron pesados y sacrificados, para obtener muestras de excretas en forma individual directamente del intestino grueso. La digestibilidad de la dieta se determinó con marcador interno usando cenizas ácidos insolubles (Keulen & Young, 1977).

La MS, PC y FDN se evaluaron, para conocer los aportes nutricionales del hábitat; también la producción de biomasa, densidad, altura, diámetro y peso de las gramíneas, y la capacidad nutricional de carga (variables respuesta) fueron evaluadas. El modelo incluyó localidad y estación. En el ensayo con conejos domésticos se compararon los efectos de las gramíneas amacolladas sobre la digestibilidad, consumo de MS y cambios de peso (variables respuesta), incluyendo el tipo de forraje (tratamiento) en el modelo. En ambos casos se usó el procedimiento GLM de SAS (2001) y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($P < 0.05$)

with the domestic rabbits, the effects of the bunchgrasses on digestibility, DM intake and weight changes (response variables), including the type of forage (treatment) in the model, were compared. In both cases the SAS GLM procedure (2001) was used, and means were compared using Tukey's test ($P < 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

The number of sampling units (latrines) and average number of fecal pellets found, by site and season, were higher in Altzomoni (Table 3). The botanical composition of the diet of *R. diazi* comprises up to 15 plant species (Table 4). *M. macroura* had high frequency and occurrence percentage values only in Altzomoni, while *F. toluensis* was the one that showed high values in the other sites (Table 4). The species *Eryngium* sp. and *Lupinus* sp. were always present in the diet, but to a lesser extent. Despite the plant diversity of each site, nutrient content is similar (Table 4) with a low CP content (4.77-5.46 %) and a high NDF proportion (70.29-72.05 %).

According to the comparison of means, biomass availability (Table 5) had the highest values in Altzomoni, while the lowest value was reported in El Papayo ($P < 0.05$). The same trend was observed for the density, height, diameter and weight of the grasses. The nutritional carrying capacity results showed differences ($P < 0.05$) between Altzomoni and the rest of the sites. In Altzomoni, it was estimated that due to the relationship between rabbit density and

CUADRO 3. Relación de unidades de muestro (letrinas) y excretas, por estación del año y sitios con presencia de *Romerolagus diazi*.

Estación	SITIO				EEM
	Altzomoni	El Pinar	El Arco	El Papayo	
Número de letrinas					
03-04 I	115 ^a	69 ^b	66 ^b	59 ^b	0.75
04 P	98 ^a	51 ^b	57 ^{ab}	47 ^b	0.52
04 V	95 ^a	55 ^b	60 ^b	42 ^{bc}	0.55
04 O	107 ^a	62 ^b	60 ^b	32 ^c	0.55
04-05 I	101 ^a	66 ^b	62 ^b	0 ^c	0.50
Excretas por letrina					
03-04 I	161.4 ^a	108.8 ^b	93.6 ^b	79.5 ^c	6.72
04 P	136.6 ^a	91.3 ^b	80.0 ^b	68.0 ^c	5.02
04 V	106.7 ^a	81.7 ^b	71.1 ^b	53.2 ^c	4.05
04 O	153.5 ^a	106.0 ^b	95.2 ^b	81.9 ^b	5.30
04-05 I	133.1 ^a	94.4 ^b	85.9 ^b	00.0 ^c	4.27

^{abc} Letras distintas en la misma fila son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

EEM: Error Estándar de la Media.

03-04 I = Invierno 03-04, 04P = Primavera, 04 V = Verano 04, 04 O = Otoño 04, 04-05 I = Invierno 04-05.

TABLE 3. Relationship of sampling units (latrines) and feces, by season and sites with presence of *Romerolagus diazi*.

Season	SITE				SEM
	Altzomoni	El Pinar	El Arco	El Papayo	
Number of latrines					
03-04 W	115 ^a	69 ^b	66 ^b	59 ^b	0.75
04 S	98 ^a	51 ^b	57 ^{ab}	47 ^b	0.52
04 Su	95 ^a	55 ^b	60 ^b	42 ^{bc}	0.55
04 F	107 ^a	62 ^b	60 ^b	32 ^c	0.55
04-05 W	101 ^a	66 ^b	62 ^b	0 ^c	0.50
Fecal pellets per latrine					
03-04 W	161.4 ^a	108.8 ^b	93.6 ^b	79.5 ^c	6.72
04 S	136.6 ^a	91.3 ^b	80.0 ^b	68.0 ^c	5.02
04 Su	106.7 ^a	81.7 ^b	71.1 ^b	53.2 ^c	4.05
04 F	153.5 ^a	106.0 ^b	95.2 ^b	81.9 ^b	5.30
04-05 W	133.1 ^a	94.4 ^b	85.9 ^b	00.0 ^c	4.27

^{abc} Different letters in the same row are statistically different ($P < 0.05$).

SEM: Standard Error of the Mean.

03-04 W = Winter 03-04, 04S = Spring, 04 Su = Summer 04, 04 F = Fall 04, 04-05 W = Winter 04-05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de unidades de muestro (letrinas) y la media del número de excretas encontradas, por sitio y estación del año, fueron mayores en Altzomoni (Cuadro 3). La composición botánica de la dieta de *R. diazi* está constituida hasta por 15 especies vegetales (Cuadro 4). *M. macroura* tuvo valores altos de frecuencia y porcentaje de aparición sólo en Altzomoni, mientras que en los otros sitios *F. tolucensis* fue la que mostró valores altos (Cuadro 4). Las especies *Eryngium* sp. y *Lupinus* sp. estuvieron presentes,

biomass production, the site can sustain up to three times as many rabbits as El Papayo, the latter of which showed a lower nutritional carrying capacity (Table 5). In the digestibility assay, weight losses occurred in both treatments, but without showing significant differences ($P > 0.10$). There were also no differences in the final weight and dry matter intake variables (Table 6); only dry matter digestibility ($P < 0.05$) was better in the diet of *F. tolucensis*.

R. diazi is associated with habitat containing a pre-dominance of pine and grasses (Cervantes et al., 1990),

CUADRO 4. Composición botánica y porcentaje de aparición (hábitos alimenticios) en el análisis microhistológico de excretas de *Romerolagus diazi*, y aporte nutricional del hábitat por sitios.

Especies	SITIO			
	Altzomoni	El Arco	El Pinar	El Papayo
			%	
<i>Muhlenbergia macroura</i>	40.56	-	-	-
<i>Lupinus sp.</i>	10.74	23.45	18.96	19.40
<i>Penstemon gentianoides</i>	10.05	-	-	-
<i>Geranium bellum</i>	7.66	14.06	-	-
<i>Muhlenbergia emersleyi</i>	6.97	-	-	-
<i>Eryngium sp.</i>	6.54	12.19	13.18	17.60
<i>Dicotyledona sp.</i>	5.47	-	-	-
<i>Gnaphalium sp.</i>	2.26	-	-	-
<i>Trifolium sp.</i>	-	-	-	-
<i>Arundinella deppeana</i>	3.08	-	-	-
<i>Acaena sp.</i>	0.08	-	-	-
<i>Festuca toluensis</i>	-	46.45	61.41	59.63
<i>Abies religiosa</i>	-	-	-	-
<i>Pinus hartwegii</i>	-	-	-	-
<i>Pinus monctezumae</i>	-	-	-	-
Material no identificado	6.59	3.85	6.45	3.37
Aporte nutricional del hábitat (%)				
Materia seca	91.27	91.42	91.36	91.37
Proteína cruda	4.77	5.09	5.09	5.46
Fibra detergente neutro	70.29	72.05	71.66	70.35

TABLE 4. Botanical composition and occurrence percentage (feeding habits) in the microhistological analysis of feces of *Romerolagus diazi*, and nutritional contribution from the habitat sites.

Species	SITE			
	Altzomoni	El Arco	El Pinar	El Papayo
			%	
<i>Muhlenbergia macroura</i>	40.56	-	-	-
<i>Lupinus sp.</i>	10.74	23.45	18.96	19.40
<i>Penstemon gentianoides</i>	10.05	-	-	-
<i>Geranium bellum</i>	7.66	14.06	-	-
<i>Muhlenbergia emersleyi</i>	6.97	-	-	-
<i>Eryngium sp.</i>	6.54	12.19	13.18	17.60
<i>Dicotyledona sp.</i>	5.47	-	-	-
<i>Gnaphalium sp.</i>	2.26	-	-	-
<i>Trifolium sp.</i>	-	-	-	-
<i>Arundinella deppeana</i>	3.08	-	-	-
<i>Acaena sp.</i>	0.08	-	-	-
<i>Festuca toluensis</i>	-	46.45	61.41	59.63
<i>Abies religiosa</i>	-	-	-	-
<i>Pinus hartwegii</i>	-	-	-	-
<i>Pinus monctezumae</i>	-	-	-	-
Unidentified material	6.59	3.85	6.45	3.37
Nutritional intake from the habitat (%)				
Dry matter	91.27	91.42	91.36	91.37
Crude protein	4.77	5.09	5.09	5.46
Neutral detergent fiber	70.29	72.05	71.66	70.35

CUADRO 5. Características de *Muhlenbergia macroura* y *Festuca toluensis*, y capacidad nutricional de carga de los sitios de estudio.

Sitio	Biomasa MS (kg·m ²)	Densidad (plantas·m ²)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (kg·m ²)	CNC (conejos·ha)
Altzomoni	2.14 ^a	2.63 ^a	105.28 ^a	126.00 ^a	2.34 ^a	298.21 ^a
El Arco	1.51 ^c	1.64 ^c	79.50 ^b	91.15 ^b	1.66 ^c	117.41 ^c
El Pinar	1.63 ^b	1.94 ^b	81.30 ^b	90.15 ^b	1.79 ^b	195.62 ^b
El Papayo	1.18 ^d	1.19 ^d	71.12 ^c	84.21 ^c	1.30 ^d	97.23 ^c
EEM	0.023	0.023	0.645	0.707	0.025	7.220

^{a,b,c,d}Letras distintas en la misma fila son diferentes significativamente ($P < 0.05$).

EEM: Error Estándar de la Media.

TABLE 5. Characteristics of *Muhlenbergia macroura* and *Festuca toluensis*, and nutritional carrying capacity of the study sites.

Site	DM Biomass (kg·m ²)	Density (plants·m ²)	Height (cm)	Diameter (cm)	Weight (kg·m ²)	NCC (rabbits·ha)
Altzomoni	2.14 ^a	2.63 ^a	105.28 ^a	126.00 ^a	2.34 ^a	298.21 ^a
El Arco	1.51 ^c	1.64 ^c	79.50 ^b	91.15 ^b	1.66 ^c	117.41 ^c
El Pinar	1.63 ^b	1.94 ^b	81.30 ^b	90.15 ^b	1.79 ^b	195.62 ^b
El Papayo	1.18 ^d	1.19 ^d	71.12 ^c	84.21 ^c	1.30 ^d	97.23 ^c
SEM	0.023	0.023	0.645	0.707	0.025	7.220

^{a,b,c,d}Different letters in the same row are significantly different ($P < 0.05$).

SEM: Standard Error of the Mean.

de forma constante, en una menor proporción de la dieta. A pesar de la diversidad vegetal de cada sitio, el contenido de nutrientes es similar (Cuadro 4) con un contenido bajo de PC (4.77-5.46 %) y una proporción alta de FDN (70.29-72.05 %).

De acuerdo con la comparación de medias, la disponibilidad de biomasa (Cuadro 5) presentó los valores más altos en Altzomoni, mientras que el valor más bajo se reportó en El Papayo ($P < 0.05$). Esta misma tendencia se observó para la densidad, altura, diámetro y peso de las gramíneas. Los resultados de la capacidad nutricional de carga mostraron que existen diferencias ($P < 0.05$) entre Altzomoni y el resto de los sitios. En Altzomoni se estima que debido a la relación entre la densidad de conejos y la producción de biomasa, el sitio puede llegar a mantener hasta tres veces más conejos que El Papayo. Este último mostró una capacidad nutricional de carga menor (Cuadro 5). En el ensayo de digestibilidad se presentaron pérdidas de peso en ambos tratamientos sin mostrar diferencias significativas ($P > 0.10$). Las variables de peso final y consumo de materia seca (Cuadro 6) tampoco mostraron diferencias; sólo la digestibilidad de la materia seca ($P < 0.05$) que fue mejor en la dieta de *F. toluensis*.

R. diazi se asocia al hábitat que contiene una predominancia de pino-zacatonal (Cervantes et al., 1990), destacando las gramíneas amacolladas que además de formar parte de su alimentación brindan protección y escape contra los depredadores (Trigo, Chimal, Heil, Bobbink, & Verduyn, 2003). De las especies vegetales encontradas en este estudio, *M. macroura* y *F. toluensis*

highlighted by bunchgrasses that in addition to serving as food, also provide protection and escape from predators (Trigo, Chimal, Heil, Bobbink, & Verduyn, 2003). Of the plant species found in this study, *M. macroura* and *F. toluensis* coincide with those reported on the slopes of the El Pelado volcano (3,450 m) in Mexico City (Cervantes & Martínez, 1992). Velázquez and Heil (1996) have reported that the main food source of *R. diazi* is comprised of the following bunchgrasses: *Muhlenbergia* sp., *Festuca* sp., *E. rosei* and *S. ichu*. In our study area, however, *S. ichu* was not found.

Microhistological analysis showed that *M. macroura* had the highest occurrence percentage only in the Altzomoni site, while *F. toluensis* was observed with the greatest frequency in El Pinar, coinciding with the findings by Cervantes and Martínez (1992). However, this does not mean they are the main food staple, as both *M. macroura* and *F. toluensis* have high lignin content, which is why they are found at a high percentage level in the excreta while highly digestible foods are not detected. However, when comparing these grasses, *F. toluensis* showed higher digestibility values (16.43 %) than *M. macroura* (10.80 %). In the feces, stems of plant species with higher *in vitro* digestibility have been found, indicating that *R. diazi* can also consume leaves, flowers and foliage in a phenologically-unadvanced stage. Possibly, these plant parts are those that provide essential nutrients for *R. diazi* subsistence (Cervantes & Martínez, 1992; Martínez, 2011).

CUADRO 6. Respuesta de conejos domésticos (*Oryctolagus cuniculus*) alimentados con gramíneas amacolladas de los sitio de estudio.

Variables (g)	Dietas experimentales		EEM	P
	Mm : A	Ft : A		
Peso inicial	1732.50	1746.25	16.073	0.554
Peso final	1508.75	1533.13	18.061	0.356
Pérdida de peso	223.75	213.12	15.507	0.635
Consumo diario	68.75	68.30	0.533	0.563
Digestibilidad de MS (%)	10.80 ^b	16.43 ^a	0.443	0.0001

Mm: A = 80 % *Muhlenbergia macroura*: 20 % Heno de alfalfa

Ft: A = 80 % *Festuca toluensis*: 20 % Heno de alfalfa

^{a,b}Letras distintas en la misma fila son diferentes significativamente $P < 0.05$. P = Probabilidad

EEM = Error Estándar de la Media.

TABLE 6. Response of domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) fed with bunchgrasses from the study sites.

Variables (g)	Experimental diets		SEM	P
	Mm : A	Ft : A		
Initial weight	1732.50	1746.25	16.073	0.554
Final weight	1508.75	1533.13	18.061	0.356
Weight loss	223.75	213.12	15.507	0.635
Daily intake	68.75	68.30	0.533	0.563
DM digestability (%)	10.80 ^b	16.43 ^a	0.443	0.0001

Mm: A = 80 % *Muhlenbergia macroura*: 20 % Alfalfa hay

Ft: A = 80 % *Festuca toluensis*: 20 % Alfalfa hay

^{a,b}Different letters in the same row are significantly different at $P < 0.05$. P = Probability

SEM = Standard Error of the Mean

coinciden con las reportadas en las laderas del volcán El Pelado (3,450 m) en el Distrito Federal, México (Cervantes & Martínez, 1992). Velázquez y Heil (1996) han reportado que la principal fuente alimenticia de *R. diazi* son gramas amacolladas de *Muhlenbergia sp.*, *Festuca sp.*, *E. rosei* y *S. ichu*. En nuestra área de estudio no se encontró *S. ichu*.

El análisis microhistológico mostró que *M. macroura* se registró sólo en el sitio Altzomoni con un porcentaje mayor de aparición, mientras *F. toluensis* se observó con mayor frecuencia en El Pinar, coincidiendo con lo encontrado por Cervantes y Martínez (1992). Sin embargo, esto no significa que sean el alimento principal, pues tanto *M. macroura* como *F. toluensis* tienen un contenido alto de lignina, por lo cual se encuentran en gran porcentaje en las excretas mientras que los alimentos altamente digestibles no se detectan. No obstante, al comparar estas gramíneas, *F. toluensis* mostró valores mayores (16.43 %) de digestibilidad que *M. macroura* (10.80 %). En las excretas se han encontrado tallos de especies vegetales con mayor digestibilidad *in vitro*, lo cual indica que *R. diazi* también puede consumir hojas, flores y follaje en estado fenológico no avanzado. Posiblemente, estas partes de las plantas son las que proporcionan los nutrientes esenciales para que *R. diazi* subsista (Cervantes & Martínez, 1992; Martínez, 2011).

Los aportes de nutrientes del hábitat (PC y FDN) se podrían considerar de baja calidad debido a que se conforman principalmente por gramíneas amacolladas de

Nutrient inputs from the habitat (CP and NDF) could be considered of low quality because they are mainly formed by bunchgrasses of little nutritional value. CP content varies from 4.77 to 5.46 %, which is consistent with that reported by McDowell et al. (1974) who analyzed 16 types of *Muhlenbergia*. In this regard, it has been reported that the protein in a habitat may affect population dynamics, as a better CP condition improves the population density of other species such as *Oryctolagus cuniculus* (Boyd & Bray, 1989) and *Sylvilagus floridanus* (Lochmiller, Peitz Leslie, & Engle, 1995). In the case of the volcano rabbit, one would expect it to make use of processes such as caecotrophy, which contributes significantly to nutrition (Cervantes et al., 1990). Habitat nutritional value is related to nutritional carrying capacity, because the amount of plant biomass increases the quality of nutrients resulting in an increase in population density. Some nutrient-based estimates of carrying capacity have been made for other wildlife species such as northern bobwhite (Guthery, 1999), Montezuma quail (Hernández et al., 2005), greater snow goose (Massé et al., 2001) and white-tailed deer (Mandujano, 2007; McCall, Brown, & Bender, 1997). In this study, however, nutritional carrying capacity was determined using only the dry matter requirements of *R. diazi* in captivity (Sánchez, 2009). Results showed that the highest carrying capacity was in Altzomoni, which is related to greater biomass availability.

The weight losses observed in domestic rabbits reflect a low nutritional contribution by *M. macroura* and *F.*

poco aporte nutrimental. El contenido de PC varía de 4.77 a 5.46 %, lo cual concuerda con lo reportado por McDowell et al. (1974) quienes analizaron 16 tipos de *Muhlenbergia*. En este sentido, se ha reportado que la proteína del hábitat puede incidir en la dinámica poblacional; a una condición mejor de PC se mejora la densidad poblacional de otras especies como *Oryctolagus cuniculus* (Boyd & Bray, 1989) y *Sylvilagus floridanus* (Lochmiller, Peitz, Leslie, & Engle, 1995). En el caso del conejo de los volcanes, se esperaría que cuente con procesos como la cecotrofia, que contribuya significativamente en la nutrición (Cervantes et al., 1990). El aporte nutricional del hábitat se encuentra relacionado con la capacidad nutricional de carga, debido a que la cantidad de biomasa vegetal eleva la calidad de los nutrientes dando como resultado un incremento en la densidad poblacional. Algunas estimaciones de capacidad de carga con base en los nutrientes se han realizado en otras especies silvestres como codorniz cotuí (Guthery, 1999), codorniz Moctezuma (Hernández et al., 2005), gran ganso nevado (Massé et al., 2001) y venado cola blanca (Mandujano, 2007; McCall, Brown, & Bender, 1997). Sin embargo, en este estudio se determinó la capacidad nutricional de carga empleando sólo los requerimientos de materia seca de *R. diazi* obtenidos en cautiverio (Sánchez, 2009). Los resultados mostraron que en Altzomoni se encontró la mayor capacidad de carga, lo que está relacionado con la mayor disponibilidad de biomasa.

Las pérdidas de peso observadas en conejos domésticos reflejan un aporte nutricional bajo de *M. macroura* y *F. toluensis*. Esto apoya la hipótesis de que el conejo de los volcanes no sólo tiene a estas gramíneas como alimento básico, ya que son las que aparecen con mayor frecuencia y porcentaje con base en su digestibilidad y metodología usada. Sánchez (2009) alimentó el conejo de los volcanes en cautiverio con cuatro niveles de inclusión de *M. macroura* y heno de alfalfa como fuentes de fibra. Observó, al igual que en este estudio, pérdidas de peso en sus tratamientos en ensayos con conejos domésticos. Esto se puede explicar, porque los conejos domésticos requieren un máximo de 34 % de FDN para que exista ganancia de peso (De Blas & Mateos, 1998) y las gramíneas evaluadas (*M. macroura* y heno de alfalfa) tienen niveles muy superiores. Aun si se proporciona 20 % de alfalfa, no se obtienen las condiciones óptimas para que el conejo pueda expresar su máximo rendimiento (Álvarez et al., 2007). Bajo estas condiciones se podría inferir que *R. diazi* cuenta con fuentes vegetales energéticas y proteicas (raíces, bulbos, hojas, flores, semillas) en su hábitat, durante todo el año. Sin embargo, no son detectadas en los análisis microhistológicos (Villareal et al., 2008) debido a la alta calidad nutricional y fácil digestión, tal como se ha visto en otras especies de herbívoros.

toluensis. This supports the hypothesis that the volcano rabbit does not have only these grasses as staple food, given that the reason they appear with greater frequency and at higher percentage level is based on their digestibility and the methodology used. Sánchez (2009) fed volcano rabbits in captivity with four *M. macroura*-alfalfa hay levels as sources of fiber. He observed, as was the case in this study, weight losses in his treatments in assays with domestic rabbits. This can be explained by the fact that domestic rabbits require a maximum of 34 % NDF in order to gain weight (De Blas & Mateos, 1998), whereas the grasses evaluated (*M. macroura* and alfalfa hay) have much higher levels. Even if 20 % alfalfa is provided, optimal conditions for the rabbit to express its peak performance are not obtained (Álvarez et al., 2007). Under these conditions it could be inferred that *R. diazi* has plant energy and protein sources (roots, bulbs, leaves, flowers, seeds) in its habitat year-round. However, they are not detected in microhistological analysis (Villareal et al., 2008) due to their high nutritional quality and easy digestion, as has been seen in other herbivorous species.

CONCLUSIONS

The grasses *M. macroura* and *F. toluensis* are the main species in the habitats of the volcano rabbit, since these species appeared as important components in the fecal pellets of the animal. The low digestibility of these grasses and their nutrient content leads us to question the accuracy of the microhistological technique in *R. diazi*.

In the sites studied, there are differences in the biomass that have an impact on nutritional carrying capacity. Altzomoni can sustain as many as three times the number of individuals as El Papayo, depending on food availability.

End of English Version

CONCLUSIONES

Las gramíneas *M. macroura* y *F. toluensis* son las especies principales dentro de los hábitats del conejo de los volcanes, debido a que estas especies aparecieron como componentes importantes de las excretas. La baja digestibilidad de estas gramíneas, así como su contenido de nutrientes, nos lleva a cuestionar la exactitud de la técnica microhistológica en *R. diazi*.

En los sitios estudiados, existen diferencias en la biomasa que repercuten en la capacidad nutricional de carga. Alzomoni puede mantener hasta tres veces más el número de individuos en comparación con El Papayo, en función de la disponibilidad de alimento.

REFERENCIAS

- Álvarez, J. L., Marguenda, I., García-Rebollar, P., Carabaño, R., De Blas, C., Corujo, A., & García-Ruiz, A. I. (2007). Effects of type and level of fiber on digestive physiology and performance in reproducing and growing rabbits. *World Rabbit Science*, 15(1), 9–17. Obtenido de <http://www.wr.upv.es/>
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1995). *Official Methods of Analysis*. Washington D.C., USA: Autor
- Bartolomé, J., Franch, J., Gutman, M., & Seligman, N. A. G. (1995). Technical Note: Physical factors that influence fecal analysis estimates of herbivore diets. *Journal Range Management*, 48, 267–270. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/4002432>
- Bonham, C. D. (1989). Biomass. In *Measurements for terrestrial vegetation* (pp.199–264). Ney York USA: John Wiley & Sons
- Boyd, I. L., & Bray, C. J. (1989). Nutritional ecology of the wild rabbit—an input to the timing of reproduction. *Proceedings of the Nutrition Society*, 48, 81–91. doi: 10.1079/PNS19890012.
- Cervantes, F. A., & Martínez, V. J. (1996). Morfología, taxonomía y sistemática del conejo zacatucho. In A. Velázquez, F. J. Romero, & J. López-Paniagua (Eds.), *Ecología y conservación del conejo zacatucho y su hábitat* (pp. 29–40). México D.F.: Fondo de Cultura Económica-UNAM.
- Cervantes, R. F. A., Lorenzo, C., & Hoffmann, R. S. (1990). *Romerolagus diazi*. *Mammalian Species*, 360, 1–7. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/3504131>
- Cervantes, R. F. A., & Martínez, J. (1992). Food habits of the rabbit *Romerolagus diazi* (Leporidae) in central México. *Journal of Mammalogy*, 73(4), 830–834. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/1382203>
- De Blas, C., & Mateos, G. G. (1998). Feed formulation. In C. De Blas, & J. Wiseman, (Eds), *The Nutrition of the Rabbit* (pp. 241–254), United Kingdom: CABI Publishing.
- DeYoung, R. W., Hellgren, E. C., Fulbright, T. E., Robbins JR. W. F., & Humphreys, I. D. (2000). Modeling nutritional carrying capacity for translocated desert bighorn sheep in Western Texas. *Restoration Ecology*, 8(4S), 57–65. doi: 10.1046/j.1526-100x.2000.80066.x
- Grant, P. R. (1978). Dispersal in relation to carrying capacity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 75(6), 2854–2858. Obtenido de <http://www.pnas.org/content/75/6/2854.full.pdf>
- Guthery, F. S. (1999). Energy-based carrying capacity for quails. *Journal of Wildlife Management*, 63(2), 664–674. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/3802656>
- Hernández, T. M., Mendoza, M. G. D., Zaragoza, H. C., Clemente, S. F., Tarango, A. L., & Valdez, R. (2005). Estimación de la capacidad de carga nutricional para *Cyrtonyx montezumae*. *Revista Científica*, 15(1), 27–32. Obtenido de redalyc.uaemex.mx/pdf/959/95915105.pdf
- Hobbs, N. T., Baker, D. L., Ellis, J. E., Swift, D. M., & Green, R. A. (1982). Energy and nitrogen-based estimates of elk winter range carrying capacity. *Journal of Wildlife Management*, 46(1), 12–21. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/3808403>
- Hobbs, N. T., & Swift, D. M. (1985). Estimates of habitat carrying capacity incorporating explicit nutritional constraints. *Journal of Wildlife Management*, 48(3), 814–822. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/3801716>
- Holechek, J. L., Vavra, M., & Pieper, R. D. (1982). Botanical composition determination of range herbivore diets: A review. *Journal of Range Management*, 35, 309–315. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/3898308>
- Keulen, J. V., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44(2), 282–287. Obtenido de <http://jas.fass.org/content/44/2/282.short>
- Lochmiller, R. L., Peitz, D. G., Leslie Jr., D. M., & Engle, D. M. (1995). Habitat-induced changes in essential amino-acid nutrition in populations of Eastern cottontails. *Journal of Mammalian*, 76(4), 1164–1177. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/1382608>
- Mandujano, S. (2007). Carrying capacity and potential production of ungulates for human use in a Mexican tropical dry forest. *Biotropica*, 39(4), 519–524. doi: 10.1111/j.1744-7429.2007.00305.x
- Martínez, G. J. A. (2011). *Densidad, uso y evaluación del hábitat y de la dieta del Romerolagus diazi en el Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas*. Tesis doctoral, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México, México.
- Massé, H., Rochefort, L., & Gauthier, G. G. (2001). Carrying capacity of wetland habitats used by breeding greater snow geese. *Journal of Wildlife Management*, 65(2), 271–281. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/3802906>
- McCall, T. C., Brown, R. D., & Bender, L. C. (1997). Comparison of techniques for determining the nutritional carrying capacity for white-tailed deer. *Journal of Range Management*, 50(1), 33–38. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/4002702>
- McDowell, L. R., Conrad, J. H., Thomas, J. E., & Harris, L. E. (1974). *Latin American Tables of Feed Composition*. USA: University of Florida Dept of Animal Science.
- McInnis, M. L., Vavra, M., & Krueger, W. C. (1983). A comparison of four methods used to determine the diets of large herbivores. *Journal of Range Management*, 36, 302–306. doi: 10.2307/3898474
- Mukhtar, H. K., & Hansen, R. M. (1983). Fiber effects on microhistological analysis. *Journal of Range Management*, 36, 477–478.
- NOM-059-ECOL-2001. (22 de marzo del 2002). *Diario Oficial de la Federación*.
- Pérez, J. M., Lebas, F., Gidenne, T., Maertens, L., Xiccato, G., Parigi-bini, R., Dalle Z.,...Bengala, F. J. (1995). European reference method for *in vivo* determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Science*, 3(1), 41–43. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/10523>
- Ramírez-Pulido, J., Arroyo-Cabrales, J., & Castro-Campillo, A. (2005). Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos

- terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 21(1), 21–82. Obtenido de redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57521102
- Sánchez, T. M. (2009). *Efecto del nivel de fibra de Muhlenbergia macroura sobre peso, consumo y digestibilidad en el conejo de los volcanes (Romerolagus diazi)*. Tesis, Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Statistical Analysis System (SAS/STAT®). (2001). *User's Guide* (Release 6.03). USA: Inst. Inc. Cary, N.C.
- Trigo, B. N., Chimal, H. A., Heil, G. W., Bobbink, R., & Verduyn, B. (2003). Classification and mapping of the vegetation using field observations and remote sensing. In G. W. Heil, R. Bobbink, & B. N. Trigo (Eds.), *Ecology and man in Mexico's Central Volcanoes area* (pp. 19–48). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Van Soest, J. P., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597. Obtenido de <http://webpages.icav.up.pt/PTDC/CVT/098487/2008/Van%20Soest,%201991.pdf>
- Velázquez, A., & Heil, G. H. (1996). Habitat suitability study for the conservation of the volcano rabbit (*Romerolagus diazi*). *Journal of Applied Ecology*, 33(3), 543–554. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/2404983>
- Velázquez, A., Romero, F. J., & León, L. (1996). Fragmentación del hábitat del conejo zacatuche. In A. Velázquez, F. J. Romero, & J. López-Paniagua (Eds.), *Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat*. (pp. 73–86). México D.F. UNAM-Fondo de Cultura Económica.
- Villareal, O. A., Campos, L. E., Castillo, T. A., Cortes, I., Plata, P. F., & Mendoza, G. D. (2008). Composición botánica de la dieta del venado Temazate rojo (*Mazama temama*), en la sierra nororiental del estado de Puebla. *Universidad y Ciencia*, 24(3), 183–188. Obtenido de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/154/15424302.pdf>