



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

**UNIDAD XOCHIMILCO**

---

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**EFFECTO DEL NIVEL DE *Muhlenbergia macroura*  
SOBRE PESO, CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD EN EL  
CONEJO DE LOS VOLCANES (*Romerolagus diazi*)**

**T E S I S**

(Idónea Comunicación de Resultados)

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTA**

**MVZ Mariano Sánchez Trocino**

**COMITÉ TUTORAL**

**Director:**

**Ph D. Germán David Mendoza Martínez**

**Asesor:**

**M. Sc. Fernando Gual Sill**

**Asesor:**

**M. en C. Fernando Xicotencatl Plata Pérez**

**MÉXICO D. F, ABRIL, 2009.**

*Dedicado a mi esposa Fer  
y a mi hija Sofía  
quienes cada día me recuerdan  
la omnisciencia del amor*

*A mis padres y hermanos  
por todo su apoyo*

*A mis asesores  
por compartir sus conocimientos*

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	3
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Problemática a resolver.....	6
1.3 Factores que intervienen en el problema estudiado .....	7
1.3.1 Fisiología digestiva del conejo .....	7
1.3.2 Hábitos alimenticios de la especie <i>Romerolagus diazi</i> .....	8
1.3.3 Valor alimenticio de <i>Muhlenbergia macroura</i> .....	11
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	14
<b>3. OBJETIVO GENERAL</b> .....	14
3.1 Objetivo particular.....	14
<b>4. HIPÓTESIS</b> .....	14
<b>5. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	15
5.1 Animales.....	15
5.2 Dietas .....	15
5.3 Prueba de consumo.....	18
5.4 Prueba metabólica.....	18
5.5 Análisis químicos .....	19
5.6 Análisis estadístico .....	20
<b>6. RESULTADOS</b> .....	21
6.1 Composición química .....	21
6.2 Cambios en peso y consumo de alimento .....	21
6.3 Digestibilidad y consumo de nutrientes digestibles .....	24
6.4 Consumo y requerimientos de energía.....	25
<b>7.DISCUSIÓN</b> .....	28
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	32
<b>9. AGRADECIMIENTOS</b> .....	33
<b>10. LITERATURA CITADA</b> .....	34

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

México cuenta con la mayor diversidad de lagomorfos en el continente americano y es uno de los primeros países a nivel mundial; su territorio alberga a nueve especies de conejos (ocho del género *Sylvilagus* y una del género *Lepus*). De ese total, cinco especies de conejos y tres de liebres (57%) son endémicos del país y ocupan áreas de distribución muy restringidas (Ramírez-Pulido, 2005; Cervantes y Gonzáles, 1996).

El conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*), también llamado conejo de los volcanes, teporingo, tepolito o burrito, es una especie endémica de distribución restringida, que presenta un género monotípico de hábitos especializados, que a su vez, la hace muy sensible a cambios y alteraciones ambientales (Ramírez-Pulido *et al.*, 2005). Es considerado como un conejo primitivo por sus características craneales, dentales y cromosómicas, así como por la relación con sus parásitos que son específicos. En 1983, Corbet determinó al zacatuche como un lepórido de la subfamilia *Leporinae* de acuerdo con las características de su tercer premolar inferior (Robinson *et al.*, 2005).

Es una especie endémica mexicana de un área pequeña restringida a las montañas centrales del Eje Neovolcánico Transversal (Cervantes *et al.*, 1990). El estudio de su biología ha resultado atractivo, entre otras cosas, porque ha sido considerado como primitivo y por el enigma que representa su origen y sus relaciones biogeográficas (Vázquez, *et al.*, 1996). Además, actualmente es considerada una especie rara y en peligro de extinción,

registrada así desde 1966 en el Libro Rojo de Datos de la Unión Mundial para la Conservación (UICN, por sus siglas en inglés), y catalogada en peligro de extinción (P) y de hábitos especializados, por la NOM-ECOL 059-1994, y ratificada en la NOM-ECOL-059-2002, y por el Convenio sobre el Tratado Internacional de Especies en Peligro de Flora y Fauna (CITES) (Romero *et al.*, 2005), estos factores han captado la atención de autoridades y profesionales de diversas disciplinas.

Dentro del su área de distribución existen cinco zonas consideradas como Áreas Núcleo; sin embargo, debido a que gran parte de su población se encuentra en zonas ejidales o de propiedad privada, la reducción de ésta especie por cacería no ha cesado. (Cervantes y Martínez, 1996). Actualmente, solamente han sido encontrados en las laderas de los volcanes Popocatepetl e Iztaccihuatl (Sierra Nevada), y de los volcanes El Pelado y Tlaloc (Sierra Chichinautzin-Ajusco), particularmente sobre los 2,800 y los 4,250 metros sobre el nivel del mar. (Cervantes-Reza y González, 1996; Cervantes-Reza, 1990; CONANP, 2000; Jansa, 2002; AMCELA, 2003).

La densidad de las poblaciones del conejo zacatuche fue determinada por Velázquez (1994) para el área del volcán El Pelado, mediante el uso de transectos y datos indirectos (número de excretas y cantidad de letrinas presentes), en el cual, se estimó que en el período 1986 a 1989 el tamaño de la población en dicha área, fluctuó entre 2,478 a 12,120 individuos, con una media de 6,488, y una densidad promedio de 0.781 animal/ha y 1.351 animal/ha, para la superficie de 83 km<sup>2</sup> y 48 km<sup>2</sup>, respectivamente. Salvo este

estudio, no se conoce con certeza la distribución y densidad actual de las poblaciones de conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*) en México.

## 1.2 Problemática a resolver

En México, la SEMARNAT (2000) define la capacidad de carga como la estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperarse en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico.

La capacidad de carga a corto plazo, ha sido definida como el máximo número de individuos que un área puede mantener por un período específico de tiempo, asumiendo que se mantienen las condiciones actuales del hábitat (Massé et al, 2001); y esta, puede calcularse estimando el requerimiento de los animales en relación a la disponibilidad de nutrientes o de alimento para la población (Potvin y Huot, 1983; Hobs y Swift, 1985, McCall, *et al.*, 1997; Paton, 1999, Massé, *et al.*, 2001).

De este modo, la estimación de la capacidad nutricional de carga permite comparar diferentes áreas para mantener las poblaciones de fauna silvestre (Hobbs y Swift, 1985), así como, para detectar problemas de exceso de carga. Por tal motivo, se han desarrollado varias metodologías para venados, ciervos (McCall *et al.*, 1997; Hobbs, *et al.*, 1982; Clemente *et al.*, 1998), gansos canadienses (Massé, *et al.*, 2001) y codornices (Hernández, 2005). En el caso del conejo zacatuche es necesario ampliar el conocimiento

sobre su biología, particularmente sobre el aprovechamiento de su dieta natural (valor alimenticio), y el efecto de factores ambientales sobre la disponibilidad, que a su vez, permitan diseñar programas para el manejo y conservación (*in situ* y *ex situ*) que incluyan una estimación de la capacidad de carga obtenida con datos reales de consumo, digestibilidad y aprovechamiento.

### 1.3 Factores que intervienen en el problema estudiado

#### 1.3.1 Fisiología digestiva del conejo

Se define como digestibilidad la cantidad relativa de materia ingerida o de la energía que no aparece posteriormente en las heces. Se puede determinar como digestibilidad *in vivo*, en la que se alimenta al animal con la dieta que está siendo evaluada y se colectan las heces (Shimada, 2003)

La digestibilidad de nutrientes por los lepóridos domésticos presenta la característica particular de cecotrofia, que puede explicarse como la excreción de dos tipos de heces y la ingestión periódica de una de ellas, con composición similar al contenido cecal. Desde el punto de vista alimenticio, la cecotrofia permite al conejo satisfacer sus necesidades de vitaminas del complejo B (específicamente la B<sub>12</sub>), obtener proteína digestible rica en aminoácidos esenciales, y aprovechar la energía de los ácidos grasos volátiles (Shimada, 2003).

### 1.3.2 Hábitos alimenticios de la especie *Romerolagus diazi*

El conejo zacatuche es denominado así, debido a que, además de refugiarse, se alimenta sobre todo de gramíneas amacolladas denominadas localmente pastos zacatones, de las cuales seleccionan como parte de la dieta, las hojas jóvenes, suaves y verdes, que contienen concentraciones bajas de sílice y oxalatos. Usualmente, consumen las partes cercanas a la base de las hojas y partes bajas del zacatón, ayudando al proceso natural de que las hojas se doblen y formen un techo de cobertura densa entre los zacatones (Cervantes y Martínez, 1996).

Para cuantificar, en condiciones naturales, el grado en que los zacatuches emplean para su alimentación las gramíneas amacolladas, se examinó un área de 1,255 m<sup>2</sup> ampliamente utilizado por éstos en donde sólo había *Muhlenbergia macroura* y *Stipa ichu*. Los resultados mostraron evidencias de que los zacatuches usaron como alimento casi 50% del total de los zacatones presentes en el área (Cuadro 2). Por lo que toca a cada gramínea, se obtuvieron cifras similares: casi la mitad del número de individuos de ambas especies de zacatón fueron utilizados. Asimismo, se pudo observar que los zacatuches se alimentaron con casi el doble de individuos de *M. macroura* en comparación con los que ingirieron de *S. ichu*. De acuerdo con los resultados, *Romerolagus diazi* utilizó, entonces, un individuo de *Muhlenbergia macroura* por cada 2 m<sup>2</sup>, y sólo un individuo de *Stipa ichu* por cada 3 m<sup>2</sup>, aproximadamente, aun cuando los datos indican que en el área habían casi el doble de individuos de *M. macroura*. Los resultados confirmaron la relevancia de las gramíneas amacolladas para los zacatuches (Cervantes-Reza, 1980).



**Cuadro 2. Nivel de utilización alimentaria de las gramíneas amacolladas *Muhlenbergia macroura* y *Stipa Ichu* en un área de 1225 m<sup>2</sup> por conejos zacatuches (*Romerolagus diazi*) en las cercanías de Parres DF, durante la época húmeda del año (Cervantes-Reza, 1980)**

	<i>Muhlenbergia macroura</i>	<i>Stipa Ichu</i>	Ambas Especies
Número total de individuos presentes	1321	734	2055
Número de individuos por metro cuadrado	1.1	0.6	1.8
Número y densidad por metro cuadrado de individuos utilizados como alimento	556 y 0.5	333 y 0.3	889 y 0.8
Proporción de nivel de utilización (%)	42.1	45.4	43.3

Además de pastos, se ha reportado que el conejo de los volcanes consume hierbas dicotiledóneas como *Alchemilla sp.* y *Donnellsmithia juncea* (Cervantes y Martínez, 1996). También se ha reportado que consumen hojas jóvenes de las hierbas espinosas *Eryngium columnare* y *Cirsium jorullense*, y de semillas de la enredadera anual *Sicyos parvijlorus*, y la corteza jugosa de árboles jóvenes del aile (*Alnus sp*) (Cervantes-Reza, 1980).

Asimismo, se ha reportado que se alimentan de campos de cultivo sin llegar a ocasionar daños severos. Durante la época húmeda del año se dispersan hacia estos campos y consumen el follaje de las plantas jóvenes de maíz (*Zea mays*), avena (*Avena sativa*), papa (*Solanum tuberosum*), chícharo (*Pisum sativum*) y haba (*Vicia faba*) (Cervantes-Reza, 1979, 1980; Martínez, 1987). También se ha sugerido que la menta (*Cunila lythifolia*) es importante en el régimen alimentario del conejo de los volcanes, sin embargo, el consumo de esta planta aromática no se ha vuelto a reportar (Cervantes y Martínez, 1996).

Mediante un análisis microhistológico de excretas colectadas a lo largo de un año en el área del volcán Tlaloc y El Pelado; Cervantes y Martínez (1992) demostraron que las fuentes de alimento principal del conejo de los volcanes son, en orden de preferencia: *Muhlenbergia macroura* (88.6%), *Alnus jirmifolia* (71.1%), *Stipa ichu* (42.4%), *Buddleia parvijlora* (16.5%). Una *lamiaceae*, *Geranium sp.*, *Festuca amplissima* y *Eryngium columnare* (25.6%); asimismo, se determinaron otras 15 especies de plantas consumidas que no presentaron un nivel de consumo significativo (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Alimentos identificados y el promedio de frecuencia (%) en heces de conejo *Romerolagus diazi* encontradas en México central durante un año (Cervantes y Martínez, 1992).**

	Familia	Frecuencia
<i>Muhlenbergia macroura</i>	Poaceae	88.6
<i>Alnus arguata</i>	Betulaceae	71.1
<i>Stipa Ichu</i>	Poaceae	42.4
<i>Buddleja microphylla</i>	Loganiaceae	16.5
<i>Geranium</i>	Geraniaceae	25.6
<i>Festuca amplissima</i>	Poaceae	
<i>Eryngium columnare</i>	Apiaceae	
<i>Cirisium jorullense</i>	Asteraceae	
<i>Furcrarea bedinghausii</i>	Amaryllidaceae	
<i>Sicyos angulata</i>	Cucurbitaceae	
<i>Stachys coccínea</i>	Lamiaceae	
<i>Fuchsia thymifolia</i>	Onagraceae	
<i>Senecio stoechadiformis</i>	Asteraceae	
<i>Vinca minor</i>	Apocynaceae	
<i>Scutellaria coerulea</i>	Lamiaceae	
<i>Salvia</i>	Lamiaceae	
<i>Ribes affine</i>	Saxifragaceae	
<i>Alchemilla sibbaldiifolia</i>	Rosaceae	
<i>Physalis mollis</i>	Solanaceae	

### 1.3.3 Valor alimenticio de *Muhlenbergia macroura*

Es una planta gramínea perenne, con culmos de 1 a 1.5 (-2) m de alto, en grandes macollos, erectos, glabros, a veces estrigosos bajo los nudos; vainas de glabras a escabriúsculas, lígula de (0.5-) 1 a 2.5 (-4) cm de largo, más ancha que la base de la lámina, extendiéndose como un ala ancha a cada uno de los lados de la vaina; láminas de 20 a 50 (-100) cm de largo por (0.5-) 1 a 5 mm de ancho, firmas, fuertemente nervadas, planas o involutas y escabriúsculas. Panícula de 15 a 30 (-40) cm de largo por 5 a 12 mm de ancho, espigada, densa, erecta, de color verde grisáceo, las ramas cortas, densamente floreadas y adpresas; espiguillas de 4 mm de largo mayores, comprimidas; glumas de 4 a 6 mm de largo, casi iguales, agudas, angostas, escabriúsculas; lema generalmente más corta que las glumas, 3-nervada, aguda, escabriúscula; pálea casi del largo de la lema; n=10, 12, 14 ó 20 (COTECOCA-SARH, 1995)

Habita en bosque de pino-encino, de 1900 a 3300 metros sobre el nivel del mar; se distribuye desde el norte de México a Guatemala; valor forrajero pobre, especie indicadora de incendios periódicos, después de los cuales el rebrote es posible utilizarlo como forraje para el ganado bovino o caprino (Rangel, 1996; Díaz-Pulido, 1976; Mejía-Saules, 1987); las macollas se utilizan para pequeños techados, mientras que los culmos para elaborar escobas de popote, así mismo se recomienda para la producción de papel (Mejía-Saules, 1987; Mejía-Saulés y Dávila, 1992).

La raíz del zacatón es fibrosa, compuesta por numerosas fibras rígidas de 30 cm de longitud en promedio por 1 mm de grueso, flexuosas, resistentes al desgaste pero quebradizas, por lo que se ha venido aprovechando desde hace más de 100 años para la fabricación de cepillos, escobas y escobetas. Además de la explotación del zacatón silvestre en los estados de Tlaxcala, Puebla y Michoacán, el occidente del estado de México aporta la mayor superficie cultivada, 6000 ha aproximadamente, y existen en el Eje Neovolcánico 100,000 ha más donde se puede introducir para recuperar estos terrenos en franco proceso de erosión (Rhoman, 1992); nombres comunes “zacatón”, “coba-chita”, “zacate malinali”, “vara de cohete” y “liendrilla surumuta” (COTECOCA-SARH, 1995).

Su valor forrajero para especies domésticas, a diferencia de otras gramíneas, como *Lolium perenne*, o a diferencia de las leguminosas, como *Medicago sativa*, es pobre (Cuadro 4), debido a la baja energía metabólica y a las altas concentraciones de fibra neutro detergente y una alta lignificación que presentan sus hojas, lo cual, hace que la planta sea de difícil aprovechamiento por las especies domésticas que las consumen; no obstante, es usada en pastoreo cerril (López *et al.*, 1985).

Para el Estado de México se ha estimado una cubierta total de esta especie hasta de un 40% en el estrato inferior, existiendo una alta correlación entre la precipitación y la producción de materia seca acumulada. Su rendimiento es de 9408.7 kgMS/ha/año, con proteína cruda y digestibilidad "*in*

*in vitro*" de materia seca de 2.79 - 11.76 y 27.0 - 50.04, respectivamente (López *et al.*, 1985).

**Cuadro 4. Comparación entre la composición de plantas leguminosas y gramíneas (NRC Beef Cattle, 1984)**

	Leguminosa	Gramíneas	
	<i>Medicago sativa</i> (Alfalfa)	<i>Lolium perenne</i> (Rye grass)	<i>Festuca spp</i> (Zacaton)
Materia seca (%)	90	86	92
ED (Mcal/kg)	2.65	2.65	2.12
EM (Mcal/kg)	2.17	2.17	1.74
PC (%)	18	8.6	9.5
EE (%)	3	2.2	2
Cenizas (%)	9.6	11.5	10
FND (%)	42	41	72
FAD (%)	31	30	39
Hemicelulosa (%)	9	11	33
Celulosa (%)	24	27	33
Lignina (%)	8	2	6
Ca (%)	1.41	0.65	0.30
P (%)	0.22	0.32	0.26

A pesar de que el valor de digestibilidad *in vitro* de la materia seca de *Muhlenbergia macroura* para especies domésticas es bajo, no se ha establecido el valor de aprovechamiento de sus componentes que presenta para el conejo de los volcanes.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Debido a la situación de riesgo que presenta el conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*), y debido a que existe poca información que sustente programas de manejo y conservación de la especie acordes con las particularidades en sus hábitos alimenticios, valor nutricional y disponibilidad de la dieta natural, es necesario generar conocimiento básico de la fisiología digestiva, establecer estimaciones de requerimientos nutricionales y aspectos de manejo alimenticio que favorezcan la conservación de esta especie primitiva y endémica mexicana.

## **3. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el valor nutritivo de fibra de *Muhlenbergia macroura* en el conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*).

### **3.1 Objetivo particular**

Evaluar el efecto del nivel de *Muhlenbergia macroura* en el consumo de la dieta, digestibilidad de nutrientes y peso vivo del conejo de los volcanes.

## **4. HIPÓTESIS**

El valor nutritivo de la dieta en el conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) responde de modo cuadrático positivo con el nivel de inclusión de *Muhlenbergia macroura* en la dieta, debido a que en vida libre se alimentan principalmente de pastos zacatones de este tipo, por lo que existe un nivel óptimo, donde se manifieste una mayor digestibilidad, consumo y ganancia de peso.

## 5. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Zoológico de Chapultepec “Alfonso L. Herrera”, perteneciente a la Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre, Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal; localizado a 19°24' N latitud, 99° 11' O longitud y a 2250 m sobre el nivel del mar. El tipo de clima predominante es C(w) templado sub-húmedo con lluvias en verano, la temperatura media es de 15.4°C, y la precipitación promedio anual es de 769.2 mm. La temperatura ambiente del cuarto con los animales durante el período experimental fue de 17°C mínimo y de 21°C máximo. La prueba de consumo comenzó en Noviembre del 2007 y duró 18 días.

### 5.1 Animales

Se utilizaron 32 conejos de los volcanes (4 tratamientos con 8 repeticiones cada uno) adultos (20 machos y 12 hembras; >6 meses de edad; 538.25g de peso vivo promedio). Los animales se mantuvieron en jaulas individuales de alambre de acero (40 cm x 57 cm x 35 cm) con aprovisionamiento de comedero y bebedero. Todas las jaulas se mantuvieron dentro de un cuarto techado y con piso de concreto. Este cuarto fue diseñado dentro del albergue de conejo zacatuche del zoológico, que cuenta además, con un exhibidor y tres encierros al aire libre.

### 5.2 Dietas

Para la elaboración de las dietas se utilizaron las partes aéreas (hojas frescas y verdes) de las gramíneas de plantas de *Muhlenbergia macroura*, recolectadas en una región de Cuajomulco, municipio de Huitzilac, Estado de

México. En este lugar se ha observado al conejo de los volcanes, y de aquí se recolectan ejemplares de éstas plantas para sembrarlas en los encierros y en el exhibidor del zacatuche (Hoth y Granados, 1987). No se han presentado enfermedades en la colonia relacionadas con estas plantas. La recolección se realizó en el mes de Octubre del 2007. Todas las plantas recogidas fueron secadas al sol y luego molidas en un molino de tornillos con una criba de 2mm.

Se prepararon dietas completas en pelet utilizando ingredientes molidos (Cuadro 5). Las dietas fueron balanceadas para proteína cruda. Una vez pesados los ingredientes fueron mezclados y humedecidos con agua hasta alcanzar un 25 a 30% de humedad. Las mezclas fueron preparadas en una máquina horizontal peletizadora de uso industrial en las instalaciones de la empresa ABENE Masai, Mezclados y Procesos S.A. de C.V.



**Cuadro 5.** Ingredientes y composición química de las dietas experimentales en el conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*).

Ingredientes (g/kg)	Dietas (Nivel de MM, g/kg)				MM
	0	100	200	300	
Salvadillo	400	590	450	109	-
Salvado de maíz	225	25	8	-	-
Alfalfa deshidratada	200	-	-	-	-
<i>Muhlenbergia macroura</i>	-	100	200	300	-
Sorgo	68.5	91.5	128.5	275	-
Harina de soya	30	115	155	240	-
Melaza	50	50	20	20	-
Carbonato de calcio	15	17	16	9.5	-
Sal	7.5	7.5	7.5	7.5	-
Px. VITS AB-32 <sup>1</sup>	2.5	2.5	2.5	2.5	-
Px. MIN. M-32 <sup>2</sup>	1.5	1.5	2.5	1.5	-
Aceite vegetal	-	-	10	35	-
TOTAL	1000	1000	1000	1000	-
Composición química (g/kg MS) <sup>3</sup>					
Materia seca	939	947	948	905	940
Materia orgánica	809	860	856	844	817
Proteína cruda	185	194	197	179	47
Extracto etéreo	31	29	27	24	19
FDN	377	370	380	359	661
Hemicelulosa	191	203	203	171	244
FDA	186	167	177	188	417
Celulosa	157	142	148	165	331
LAD	29	25	29	23	86
Cenizas	129	86	92	95	123
EB (kcal/kg MS)	4019	3969	4115	4213	4066
ED (Kcal/kgMS)	2562	2738	2716	2781	-

MM: *Muhlenbergia macroura*, MS: Materia seca, FDN: Fibra detergente neutral, FDA: Fibra detergente ácida, EB: Energía Bruta, LAD: Lignina Ácido Detergente;

<sup>1</sup>Conteniendo: 405,0000 UI/g de Vitamina A, 875,000 UI/g de Vitamina D3, 20 UI/g de Vitamina E, 1 mg/kg de Vitamina K, 1 mg/kg de Tiamina, 3 mg/kg de Roboflavina, 90 mg/kg de Niacina, 350 mg/kg de Colina, 19.5 mg/kg de Piridoxina, 0.05 mg/kg de Folacina, 0.075 mg/kg de Biotina, y 0.0075 mg/kg de Cianocobalamina.

<sup>2</sup>Conteniendo: 50.5 mg/kg de Zinc, 5 mg/kg de Cobre, 20 mg/kg de Manganeso, 40 mg/kg de Hierro, 0.705 mg/kg de Yodo, 0.3 mg/kg de Cobalto, 0.1 mg/kg de Selenio.

<sup>3</sup>Promedio de tres determinaciones.

### 5.3 Prueba de consumo

Los animales fueron balanceados por peso y asignados aleatoriamente a cuatro dietas experimentales que contenían 0 (dieta base o control), 100, 200 y 300g de *Muhlenbergia macroura* (MM)/kg de dieta. Así, ocho conejos de los volcanes fueron asignados a cada uno de los cuatro tratamientos.

La prueba de consumo duró 18 días. Los animales fueron alimentados *ad libitum* con las dietas experimentales. Las dietas se ofrecieron a las 10.00 hrs diariamente. El alimento no consumido fue pesado y desechado antes de ofrecer alimento fresco para determinar el consumo del día previo. Los conejos tuvieron libre acceso a agua limpia de bebida. Se mantuvieron registros diariamente de consumo de alimento a lo largo del experimento. Los animales fueron pesados en los días 0, 14 y 18 del experimento para evaluar cambios en peso vivo (Pérez, *et al.*, 1995; García, *et al.*, 1999; Fernández-Carmona, *et al.* 2005). Si los animales perdieron más del 15% de su peso vivo inicial, éstos fueron retirados del experimento.

### 5.4 Prueba metabólica

Se llevó a cabo una prueba metabólica a partir del día 14 del experimento, y duró 4 días, de acuerdo con los estatutos internacionales establecidos para la homogenización de criterios en la determinación de digestibilidad aparente fecal en conejos domésticos. (Pérez, *et al.*, 1995; García, *et al.*, 1999; Fernández-Carmona, *et al.* 2005). La jaula de los conejos presentaba una malla de alambón con agujeros no mayores a 3mm que permitieron la separación de las heces y su recolecta total. Se mantuvieron

registros diarios de alimento ofrecido, alimento no consumido y heces producidas durante este período. Las heces producidas fueron pesadas y desecadas en horno de convección a 60°C hasta peso constante. De las muestras de heces desecadas de cada animal durante los cuatro días de colecta se tomó una submuestra que fue pesada y molida para su análisis. Los animales fueron pesados antes y al término de la prueba para evaluar cambios en peso y nivel de alimentación durante la prueba metabólica.

El requerimiento de energía para mantenimiento del conejo de los volcanes se estimó del valor de  $x$  cuando  $y=0$  de la regresión de cambios diarios de peso (g/d) como una función del consumo de energía digestible (kcal/PV<sup>0.75</sup>/d), donde el consumo de energía digestible fue producto del consumo de MS (g/kg<sup>0.75</sup>/d), EB contenida en el alimento (kcal/kg), y la digestibilidad aparente de energía (ED, %) de cada dieta. La pendiente de esta línea representa los cambios en el peso vivo por unidad adicional de energía consumida (Thripart., *et al.*, 2005)

### 5.5 Análisis químicos

Submuestras representativas de *Muhlenbergia macroura*, dietas experimentales y heces fueron analizadas siguiendo los métodos de la AOAC (2000), proteína cruda (PC) por el método de Kjeldhal, materia orgánica (MO) por el método de incineración en horno mufla y extracto etéreo (EE) por el método de extracción de solventes. Se utilizó el método de Van Soest *et al.* (1991) para determinar FDN, y para FDA y Lignina Ácido Detergente (LAD) se

utilizó el método de Goering y Van Soest (1970). La Energía bruta (EB) en las muestras se determinó por Bomba calorimétrica balística (Gallenkemp, UK).

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición del Colegio de Posgraduados, Montecillo, y en el Laboratorio de Ensayos Metabólicos de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Para la determinación del porcentaje de digestibilidad se utilizaron las fórmulas descritas en la literatura (Robbins, 1993; Church y Pond, 2003) utilizando como marcador interno la LAD. La ED se estimó de obtener el porcentaje de digestibilidad de la EB.

#### 5.6 Análisis estadístico

Los datos de peso vivo, cambios diarios en peso vivo, consumo de MS, consumo de nutrientes totales, consumo de nutrientes de MM, porcentajes de digestibilidad, consumo de nutrientes digestibles, consumo de fibra total, peso metabólico y aporte de energía digestible fueron sometidos a un análisis de regresión utilizando un diseño polinomial, que prueba la relación lineal y cuadrática. Se utilizó el programa SAS, Versión 8.2. (Statistical Analysis Systems Institute, 2001).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Composición química

La MM utilizada en las dietas experimentales contenía 661 g FDN/kg MS, y 417 g FDA/kg de MS. Las dietas formuladas utilizando 100, 200 y 300 g MM, tuvieron 370, 380 y 359 g FDN/kg MS; y 167, 177 y 188 g FDA/kg MS, respectivamente (Cuadro 5). Todas las dietas fueron similares en sus constituyentes químicos, excepto para el contenido de MO, el cual aumentó; y el de Cenizas que disminuyó con el nivel de incorporación de MM. El contenido de PC en MM fue de 471 g/kg MS; y de 86 g LAD/kg MS, cantidades menores y mayores, respectivamente, a las concentraciones presentadas en las dietas experimentales.

### 6.2 Cambios en peso y consumo de alimento

El Cuadro 6 muestra los datos de peso vivo y cambios diarios en peso vivo. El peso vivo se redujo de modo cuadrático por la inclusión de MM en la dieta a los 14 días del estudio ( $P=0.008$ ), y a los 18 días ( $P=0.01$ ).

**Cuadro 6.** Cambios en peso del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) con dietas experimentales.

	Dietas (Nivel de MM, g/kg)				Análisis de regresión		
	0	100	200	300	L	C	CV(%)
Peso vivo (g),							
Inicial	510	545	566	532	0.64	0.36	15.3
14d	531	531	538	525	0.95	0.86	15.2
18d (final)	521	505	515	526	0.90	0.75	17.0
Cambios diarios en peso vivo (g/d)							
14d	1.5	-1.0	-2.1	-0.4	0.06	0.008	-178
18d (final)	0.6	-2.2	-2.8	-0.3	0.46	0.01	-128

MM: *Muhlenbergia macroura*, L: significancia del efecto lineal por la incorporación de MM, C: significancia del efecto cuadrático por la inclusión de MM, CV: coeficiente de variación.

El Cuadro 7 muestra los datos de consumo de MS, consumo de nutrientes totales y consumo de nutrientes de MM. El consumo de MS al día encontrado fue de 25 a 27 g/d en promedio, el cual, fue similar para los cuatro grupos. Los nutrientes consumidos (MO, PC, EE, FDN, LAD y EB) también fueron similares en los cuatro grupos, a excepción del consumo de FDA, el cual, presentó un reducción de modo cuadrático ( $P=0.02$ ). Esta diferencia se atribuye al aporte de FDA en la MM, debido a que el consumo de FDA de MM aumentó de modo lineal ( $P=0.0001$ ) y cuadrático ( $P=0.02$ ). Por su parte, también el consumo de EB de MM, aumentó de modo lineal ( $P=0.001$ ) y cuadrático ( $P=0.08$ ) debido a la inclusión de MM en las dietas.

**Cuadro 7.** Consumo de nutrientes por el conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) con dietas experimentales.

	Dietas (Nivel de MM, g/kg)				Análisis de regresión		
	0	100	200	300	L	C	CV(%)
Consumo de MS							
MS (gMS/18d)	486	457	457	492 <sup>a</sup>	0.89	0.28	13.5
MS (gMS/14d)	352	344	340	367	0.77	0.54	18.2
MS (gMS/d)	27	25	25	27	0.90	0.28	13.5
Consumo (%PV)	5.2	4.9	4.9	5.2	0.98	0.60	21.8
Consumo de nutrientes totales (g/d)							
MO	22	22	22	23	0.60	0.62	13.4
PC	5.0	4.9	5.0	4.9	0.90	0.94	13.6
EE	0.9	0.8	0.7	0.7	0.01	0.26	14.0
FDN	10.2	9.4	9.6	9.8	0.80	0.44	13.6
FDA	5.0	4.2	4.5	5.1	0.64	0.02	13.4
LAD	0.8	0.6	0.7	0.6	0.07	0.39	13.8
EB (kcal/kgMS/d)	108	100	104	115	0.46	0.17	13.4
Consumo de nutrientes de MM (g/d)							
MO	0	2.19	4.35	6.93	0.0001	0.35	12.6
PC	0	0.49	1.00	1.47	0.0001	0.79	12.7
EE	0	0.07	0.14	0.20	0.0001	0.54	13.1
FDN	0	0.94	1.93	2.95	0.0001	0.66	12.6
FDA	0	0.42	0.90	1.54	0.0001	0.02	12.6
LAD	0	0.06	0.15	0.19	0.0001	0.18	12.8
EB (kcal/kgMS/d)	0	101	209	346	0.0001	0.08	12.6

MM: *Muhlenbergia macroura*, L: significancia del efecto lineal por la incorporación de MM, C: significancia del efecto cuadrático por la inclusión de MM, CV: coeficiente de variación, MS: Materia seca, MO: Materia orgánica, PC: Proteína cruda, FDN: Fibra Neutra Detergente, FDA: Fibra ácido detergente, EE: Extracto etéreo, CEN: Cenizas, LAD: Lignina Ácido Detergente.

### 6.3 Digestibilidad y consumo de nutrientes digestibles

Los porcentajes de digestibilidad aparente de todo el tracto obtenidos durante la prueba metabólica se muestran en el Cuadro 8. Los conejos alimentados de dietas que incorporaron MM tuvieron un aumento cuadrático ( $P<0.05$ ) en la digestibilidad de MS y FDA.

**Cuadro 8.** Digestibilidad de nutrientes por el conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) con dietas experimentales.

	Dietas (Nivel de MM, g/kg)				Análisis de regresión		
	0	100	200	300	L	C	CV(%)
Porcentajes de digestibilidad							
MS	59.85	67.63	64.54	62.27	0.72	0.04	7.9
MO	0.66	0.70	0.67	0.65	0.61	0.16	7.0
PC	79.95	81.38	82.51	80.81	0.67	0.37	4.7
FDN	26.20	39.28	33.58	24.65	0.64	0.02	29.7
FDA	13.56	26.44	17.41	13.84	0.77	0.16	65.4
EB	65.56	68.51	65.73	65.93	0.88	0.55	7.5

MM: *Muhlenbergia macroura*, L: significancia del efecto lineal por la incorporación de MM, C: significancia del efecto cuadrático por la inclusión de MM, CV: coeficiente de variación, MS: Materia seca, MO: Materia orgánica, PC: Proteína cruda, FDN: Fibra Neutra Detergente, FDA: Fibra ácido detergente, EB: Energía bruta.

El Cuadro 9 muestra los datos de consumo de nutrientes digestibles y consumo de fibra total. El consumo de nutrientes digestibles fue similar en los cuatro grupos, a excepción del consumo de EE digestible, el cual mostró una reducción lineal ( $P=0.02$ ) con la inclusión de MM en las dietas. Por su parte, el consumo de FDN digestible aumentó cuadráticamente ( $P=0.08$ ) en g/d, g/kg de peso vivo y g/kg de peso metabólico. Los consumos de FDA en las mismas variables fueron similares para los cuatro grupos.



**Cuadro 9.** Consumo de nutrientes digestibles por el conejo zacatucho (*Romerolagus diazi*) con dietas experimentales.

	Dietas (Nivel de MM, g/kg)				Análisis de regresión		
	0	100	200	300	L	C	CV(%)
Consumo de nutrientes digestibles (g/d)							
MS Digestible	16	17	16	17	0.80	0.86	16.4
MO Digestible	14	15	15	15	0.87	0.82	15.8
EE Digestible	0.7	0.7	0.6	0.6	0.02	0.65	14.9
PC Digestible	4.0	4.0	4.1	4.0	0.97	0.69	14.7
CEN Digestibles	0.78	0.98	0.97	0.99	0.33	0.46	29.2
LAD Digestible	0.68	0.57	0.64	0.55	0.12	0.82	15.3
Consumo de Fibra Total							
FDN Digestible (g/d)	2.7	3.7	3.3	2.4	0.54	0.08	35.0
FDN Digestible (gMS/kgPV/d)	5.2	7.1	6.4	4.6	0.59	0.08	36.5
FDN Digestible (gMS/ KgPV <sup>0.75</sup> /d)	4.5	6.0	5.4	3.9	0.57	0.08	35.3
FDA Digestible (g/d)	0.7	1.1	0.8	0.7	0.74	0.38	68.5
FDA Digestible (gMS/kgPV/d)	1.4	2.1	1.5	1.3	0.77	0.36	65.5
FDA Digestible (gMS/ KgPV <sup>0.75</sup> /d)	1.2	1.8	1.3	1.1	0.76	0.37	66.2

MM: *Muhlenbergia macroura*, L: significancia del efecto lineal por la incorporación de MM, C: significancia del efecto cuadrático por la inclusión de MM, CV: coeficiente de variación, MS: Materia seca, MO: Materia orgánica, PC: Proteína cruda, FDN: Fibra Neutra Detergente, FDA: Fibra ácido detergente, EE: Extracto etéreo, CEN: Cenizas, LAD: Lignina Ácido Detergente.

#### 6.4 Consumo y requerimientos de energía

Los datos de peso promedio, peso metabólico, consumo de ED, requerimiento de energía metabólica y cantidad de MS necesaria para cubrir la etapa de mantenimiento se muestran en el Cuadro 10. No hubo diferencias en el consumo de ED (kcal/kgMS/d) entre los cuatro grupos. Asimismo, el consumo de ED (kcal/PVkg<sup>0.75</sup>/d) no varió con la inclusión de MM en las dietas.

**Cuadro 10.** Estimación de los requerimientos de energía del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*).

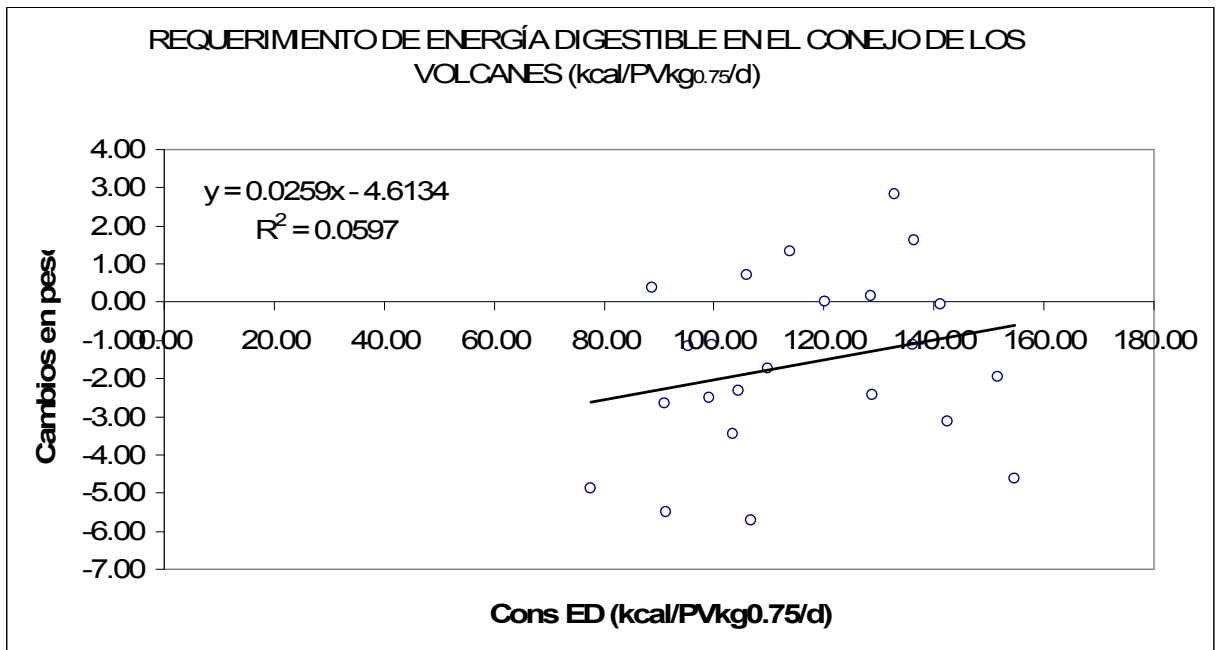
	Dietas (Nivel de MM, g/kg)				Análisis de regresión		
	0	100	200	300	L	C	CV(%)
Peso promedio (g)	515	525	541	529	0.76	0.77	15.8
Peso metabólico (PVkg) <sup>0.75</sup> (g)	608	616	628	620	0.77	0.80	11.9
Consumo de Energía Digestible							
ED (kcal/kgMS/d)	71	69	69	76	0.59	0.36	15.7
ED (kcal/PVkg <sup>0.75</sup> /d)	117	113	113	123	0.74	0.53	20.0
Requerimiento de ED para mantenimiento							
ED (KgPV <sup>0.75</sup> * 178.12kcal/d) <sup>1</sup>	108	110	112	110	0.77	0.80	11.8
Cantidad de MS necesaria para cubrir mantenimiento (gMS/PV <sup>0.75</sup> /d)							
TEORICO (gMS/d)	42	40	41	40	0.49	0.78	11.7

MM: *Muhlenbergia macroura*, L: significancia del efecto lineal por la incorporación de MM, C: significancia del efecto cuadrático por la inclusión de MM, CV: coeficiente de variación.

<sup>1</sup> Valor de x cuando cuando y=0 de la regresión de cambios diarios de peso (g/d) como una función del consumo de energía digestible (kcal/PV<sup>0.75</sup>/d)

De acuerdo con los resultados de este estudio los conejos de los volcanes requieren 108-112 kcal ED/kg<sup>0.75</sup>/d para mantener su peso corporal cuando se albergan en jaulas pequeñas entre 12 y 23°C (Figura 1). Cuando se ofrecen únicamente pelets, los conejos zacatuches comen la misma cantidad de MS y de ED. La digestibilidad de energía fue de 65 a 68%. Por lo tanto, el conejo zacatuche requiere consumir por lo menos de 40 a 42 g MS/d para mantenimiento (Cuadro 10).

**Figura 1.** Análisis de regresión y estimación del requerimiento de Energía Digestible en el Conejo de los Volcanes (*Romerolagus diazi*)



## 7. DISCUSIÓN

En las diferentes dietas experimentales ofrecidas para la realización de este estudio, la mayoría de los nutrientes fueron similares en concentraciones, incluso cuando la principal diferencia entre ellas fue la fuente de forraje. En conejos domésticos, las dietas consideradas de baja calidad con base al alto contenido de fibra son las que tienen entre 49-55% de FDN o más (Shipley *et al.*, 2006), por lo tanto, se esperaría un mejor rendimiento con las dietas elaboradas con *M. macroura* (35.9 a 38% de FDN) considerando que los conejos domésticos requieren un nivel mínimo del 34% de FDN en el período de engorde (De Blas y Mateos, 1998). En contraste, Alvarez *et al.* (2007) sugieren una dieta conteniendo un nivel hasta del 29-30% de FDN para el período de engorde con la inclusión combinada de fibra soluble y lignina para mejorar la eficiencia alimentaria y la digestión. *M. macroura* contiene una fibra de baja digestibilidad y es altamente lignificada

Las diferencias en los resultados podrían deberse a un desequilibrio en el aporte de fibra soluble e insoluble necesarios para mantener sano el tracto intestinal y para maximizar el rendimiento (Alvarez *et al.*, 2007). La sustitución de alfalfa por pastos de baja calidad, como el pasto Bermuda en conejos domésticos, altera el crecimiento, aumenta la mortalidad, reduce la ingesta de alimento y aumenta el pH cecal (Champe y Maurice, 1983), concluyendo que el pasto Bermuda no es una fuente de fibra aceptable para conejos en crecimiento. Cambios similares podrían esperarse al sustituir la alfalfa con *M. macroura*.

La ingesta no se vio afectada por el nivel de *Muhlenbergia* (Cuadro 7). En el estudio de Shipley *et al.* (2006), conejos pigmeos (*Brachylagus idahoensis*) y conejos de patas blancas (*Sylvilagus floridanus*) consumiendo dietas de baja calidad comían más alimento, pero la cantidad equivalente de energía digestible. Aún cuando el peso corporal no fue diferente entre los tratamientos, los cambios diarios fueron afectados negativamente (Cuadrático  $P < 0,01$ ) cuando *Muhlenbergia* se incluyó en la dieta (Cuadro 6) lo que indica que los requerimientos de mantenimiento no fueron capaces de cubrirse cuando *M. macroura* se incluye en más del 10% en la dieta. El hecho de que en este estudio los conejos de los volcanes no fueron capaces de aumentar su ingesta, podría explicar parcialmente la pérdida de peso. En el experimento de Champe y Maurice (1983), el aumento del nivel de la alfalfa, del 3 al 12%, aumentó la ingesta; sin embargo, la respuesta con el pasto Bermuda no fue consistente, indicando que otros factores en este tipo de forrajes pueden limitar el consumo en conejos.

La digestibilidad de los nutrientes no se vio afectada por el nivel de *M. macroura* (Cuadro 8). En el caso de la materia seca tendió a mostrar un incremento del 10% (Cuadrático  $P < 0.04$ ), así como, de FDN ( $P < 0.02$ ), que se redujo después en niveles más altos de inclusión de *M. macroura*, lo que resultó en una disminución de la ingesta de nutrientes digestibles. Aumentar *M. macroura* no aumentó la cantidad de FDA digerida, pero aumentó marginalmente la de FDN ( $P = 0.08$ ) en el tracto total. En general, los valores observados de digestibilidad de MS y FDN en este experimento son ligeramente superiores a los observados en el conejo pigmeo y el conejo de

patas blancas alimentados con diferentes dietas de baja calidad que fueron menos digeridas (Shipley *et al.*, 2006).

El contenido mineral en *M. marcoura* es alto (18.32%), pero no ha sido caracterizado; sin embargo, su digestibilidad en el conejo zacatuche aumentó cuando se incluyó en la dieta (Cuadro 8). Esto podría ocasionar desequilibrios minerales provocando los efectos negativos que explican en parte la pérdida de peso y la imposibilidad de compensar la ingesta. Thacker (1959) reportó un fallo en el crecimiento de conejos cuando fueron alimentados con una dieta basal con heno de pasto Timothy que estaba provocando un desequilibrio fisiológico de cationes y aniones o una acidosis que se corrigió con la suplementación de sales de sodio, potasio, calcio o magnesio. Las interacciones de los minerales en la dieta pueden ser complejas. En otros animales domésticos las altas concentraciones de algunos elementos como Al, Fe y Mn en la dieta, tienen un efecto negativo sobre la utilización del P (Ammerman *et al.*, 1984).

Otro problema potencial de *M. macroua* es la posible presencia de algún tóxico o fitoquímicos con propiedades anti-nutricionales como taninos, alcaloides, saponinas, aminoácidos tóxicos, isoflavonoides, oxalatos, etc. (McSweeney *et al.*, 2003), que no se han estudiado, dado que, por alguna razón los rumiantes domésticos rechazan el consumo de estos pastos. Utilizando diferentes concentraciones de harina de Mostaza india (*Brassica juncea*) en la dieta de conejos domésticos, se encontraron fallas en el crecimiento y una reducción en el consumo atribuida a la concentración de

glucosinolatos totales presente en la planta (Tripathi, et al. 2003). La alimentación de conejos con pasto Bermuda aumentó la mortalidad por enteritis no específica con niveles altos del pasto (Champe y Maurice, 1983), sin embargo, no se han identificado factores tóxicos.

Las necesidades diarias de energía para el mantenimiento de *Romerolagus diazi* se han estimado en 178.12 kcal ED/kg de  $PV^{0.75}/d$ . Esta estimación es similar a la obtenida por Shipley *et al.* (2006), para el conejo pigmeo (*Brachylagus idahoensis*) de 179.4 kcal ED/kg de  $PV^{0.75}/d$ , el cual es un pequeño lepórido de América del Norte, con un promedio de peso en adultos de 375 a alrededor de 500 gramos. En cambio, el conejo de patas blancas (*Sylvilagus floridanus*), que es un conejo de tamaño medio (900 - 1800 g), tiene un menor requerimiento de mantenimiento de 131,2 kcal ED/kg de  $PV^{0.75}/d$ . Este es un indicador de que *Romerolagus diazi* tiene una alta tasa metabólica basal.

Se debe tener en cuenta que el análisis microhistológico tiende a sobreestimar la presencia de plantas de baja digestibilidad como *M. macroura*; estudios con otros herbívoros silvestres han mostrado que las dietas consumidas pueden ser más diversas que las calculadas con las heces (Villareal *et al.*, 2008). Los resultados de este estudio sugieren que *Muhlenbergia macroura* podría ser una pequeña parte de la dieta del conejo de los volcanes (menos del 10%), aun cuando se presente en el 88.63% de la materia fecal en vida silvestre (Cervantes y Martínez, 1992).

## 8. CONCLUSIONES

El incrementar el nivel de *Muhlenbergia macroura* afecta negativamente los cambios de peso, por lo que se sugiere usar niveles dietarios menores al 10%. No están claros los posibles factores que causan esta pérdida de peso, pues a pesar de que se incrementa la digestibilidad de la fibra detergente neutro al incrementar su nivel en la dieta, los conejos zacatuches pierden peso. Es posible que otros factores asociados al alto contenido de minerales o a la presencia de otros factores de la planta puedan estar asociados a la pérdida de peso, pero eso requiere de mayores estudios.

Sin embargo, los aportes de este estudio con respecto al conejo de los volcanes, son de importancia para el diseño de estrategias de conservación que contemplen datos de peso vivo, consumo de materia seca, digestibilidad de nutrientes y aprovechamiento del forraje consumido en vida libre. Asimismo se obtuvo información que será implementada en el manejo nutricional del zacatuche en cautiverio.



## **9. AGRADECIMIENTOS**

El autor quiere agradecer a la Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre de la Ciudad de México por todas las facilidades otorgadas para la realización del presente estudio. Asimismo, a la Dirección del Zoológico de Chapultepec, y a todo el personal médico y operativo del Bioma Bosque Templado y del Almacén de Alimentos que, sin sus conocimientos teóricos y prácticos del manejo del zacatuche en cautiverio no hubiera sido posible la realización de esta tesis. A la empresa ABENE Masai, Mezclados y Procesos S.A. de C.V. por el apoyo en la elaboración de las dietas experimentales y por su compromiso con la investigación en la formulación de dietas especiales para fauna silvestre.

## 10. LITERATURA CITADA

Alvarez J.L., Marguenda, I., García-Rebollar P., Carabaño R., De Blas, Corujo A., García-Ruiz A.I. 2007. Effects of type and level of fibre on digestive physiology and performance in reproducing and growing rabbits. *World Rabbit Sci.*, 15: 9 – 17.

Ammerman, C. B., R. Valdivia, I. V. Rosa, P. R. Henry, J. p. Feaster and W. G. Blue. 1984. Effect of sand or soil as a dietary component on phosphorus utilization by sheep. *J. Anim. Sci.* 59: 1092

AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis (16th Ed.)*. Association of Official Analytical Chemists, Arlington.

Asociación Mexicana para la Conservación y Estudio de los Lagomorfos A.C. (AMCELA). Conejo Zacatuche (*Romerolagus diazi*). 2003. [Citado 22 Feb 2009]: [1 página]. Disponible en: URL:<http://www.ibiologia.unam.mx/amcela/>

Cervantes, F. A. y Martínez, V. J. 1996. II. Historia natural del conejo zacatuche o teporingo (*Romerolagus diazi*). En: Velásquez A., Romero F. J, y López-Paniagua J. (Comp.). *Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat*. Fondo de Cultura Económica, México D.F. pp. 29-40.

- Cervantes, F.A y Martínez, V.J. 1992. *Food habits of the rabbit Romerolagus diazi (Leporidae) in central Mexico*. J. Mamm., 73(4):830-834.
- Cervantes-Reza F, Gonzáles F. 1996. Los conejos y liebres silvestres de México. En: Velázquez A, Romero F, López-Paniagua J, compiladores. *Ecología y Conservación del Conejo Zacatuche y su Hábitat*. DF: Ediciones Científicas Universitarias UNAM; pp. 17-25.
- Cervantes-Reza, F. A, C. Lorenzo y R. S. Hoffmann. 1990. *Romerolagus diazi*. Mamm Species, 360: 1-7.
- Cervantes-Reza, F. A. 1979. El conejo de los volcanes *Romerolagus diazi* (Mammalia: Lagomorpha), especie mexicana seriamente amenazada. *Memorias de la II Reunión Iberoamericana sobre Conservación y Zoología de Vertebrados*. Cáceres, España, pp. 359-368.
- Cervantes-Reza, F. A. 1980. Principales características biológicas del conejo de los volcanes *Romerolagus diazi*, Ferrari Perez 1893 (Mammalia: Lagomorpha), Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias (Biología). Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 137.
- Champe KA, and Maurice DV. 1983. Response of Early Weaned Rabbits to Source and Level of Dietary Fiber. J Anim Sci, May 1983; 56: 1105 - 1114.

Church D.C., Pond W.G. 2003. Fundamentos de Nutrición y alimentación de animales, Editorial Limusa Wiley, México.

Clemente SF, Riquelme EV, Mendoza MG, Bárcena GR. 1998. Composición botánica y química de la dieta de venado cola blanca en Sierra Fría, Aguascalientes, México. Segundo Congreso Internacional sobre Manejo y Conservación de Aves y Mamíferos Cinegéticos del Mundo. Toluca, Junio 24-26.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Corredor biológico Chichinautzin. Especies protegidas. 2000. [Citado 22 Feb 2009]; [1 página]. Disponible en: URL: <http://chichinautzin.conanp.gob.mx/especies/teporingo.htm>

COTECOCA-SARH. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Subsecretaria de Agricultura y Ganadería. 1995. Las Gramíneas de México. Tomo IV. 342 p. México, DF.

De Blas C., Mateos GG. 1998. Feed formulation. In: De Blas C., Wiseman J. (ed) The Nutrition of the Rabbit. Ed CABI Publishing, UK, 241-254.

Díaz-Pulido CI. 1976. Manual de Gramíneas. UAM-Xochimilco. Pp 229 y 230.

- Fernández-Carmona J., Blas E., Pacual J.J., Maertens L., Gidenne T., Xiccato G., García J. 2005. Recommendations and guidelines for applied nutrition experiments in rabbits. *World. Rabbit. Sci.* 13:209-228
- García J, Carabaño R, de Blas C. 1999. Effect of Fiber Source on Cell Wall Digestibility and Rate of Passage in Rabbits. *J. Anm. Sci.* 77: 898-905
- Goering HK, Van Soest PJ. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and some applications), ARS, USDA, Handbook No. 379, Washington, DC.
- Hernández TM, Mendoza G, Zaragoza C, Clemente F, Tarango L, Valdez R. 2005. Estimación de la capacidad nutricional de carga para *Cyrtonyx montezumae*. *Revista Científica, FC-LUZ/ Vol. XV, N°1, 27-32.*
- Hobbs NT, Baker D, Ellis JE, Swift DM, Green RA. 1982. Energy and nitrogen based estimates of elk winter-range carrying capacity. *J. Wildl. Manage.* 46:12-21.
- Hobbs NT, Swift DM. 1985. Estimates of habitat carrying capacity incorporating explicit nutritional constrains. *J. Wildl. Manage.* 49:814-822.
- Hoth Jürgen y Granados Humberto. 1987. A preliminary report on the breeding of the Volcano rabbit *Romerolagus diazi* at the Chapultepec Zoo, Mexico City. *Int. Zoo Yb. The Zoological Society of London.* 26:261-265.

Jansa, A. *Romerolagus diazi*. The University of Michigan Museum of Zoology-Animal Diversity Web. 2002. [Citado 22 Feb 2009]: [1 página]. Disponible en:URL:[http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Romerolagus\\_diazi.html](http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Romerolagus_diazi.html)

López, T. M. L., García, B. J. M. y Esparza, O. J. R. 1985. Pastoreo mixto con ovinos y vacunos de un pastizal bajo bosque de *Pinus hartwegii* en Zoquiapan, México. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. 40 p.

Martínez, V. J. 1987. Estudio sobre la variación estacional de la dieta del Zacatuche o Teporingo, *Romerolagus diazi*, (Mammalia: Lagomorpha). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias (Biología). México D.F. 56 p.

Massé H, Rochefort L, Gauthier G. 2001. Carrying capacity of wetland and habitats used by breeding greater snow geese. J. Wild. Manage. 65:271-281.

McCall TC, Brown RD, Bender LC. 1997. Comparison of techniques for determining the nutritional carrying capacity of white tailed deer. J. Range Manage. 50:33-38.

McSweeney, C.S., Makkar H.P.S., Reed, J.D. 2006. Modification of rumen fermentation to reduce adverse effects of phytochemicals. In: Matching herbivore nutrition to ecosystems biodiversity. VI International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Ed. L. t'Mannetje, L. Ramirez, C.A. Sandoval, J.C. Ku. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida. México.

Mejía-Saules, MT. 1987. La Raíz del Zacatón. Comunicado Número 80 sobre Recursos Bióticos potenciales del País. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz.

Mejía-Saules, MT. y P. Dávila, A. 1992. Gramíneas Útiles de México. Cuadernos 16. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Paton D, Nuñez-Trujillo J, Díaz M, Muñoz A. 1999. Assessment of browsing biomass, nutritive value and carrying capacity of shrublands for red deer (*Cervus elaphus* L.) management in Monfragüe Natural Park (SW Spain). *J of Arid Enviro.* 42: 137-147.

Pérez J.M, Lebas F., Gidenne T., Maertens L., Xiccato G., Parigi-Bini R., Dalle Zotte A., Cossu M.E, Carazzolo A., Villamide M.J, Carabaño R., Fraga M.J., Ramos, M.A., Cervera C., Blas E., Fernández J., Falcao e Cunha L., Bengala Ferire J. 1995. European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit. Sci.* 3(1): 41-43

- Potvin F, Huot J. 1983. Estimating carrying capacity of a white-tailed deer wintering area in Quebec. *J. Wildl. Manage.* 47:463-475.
- Ramírez-Pulido J, Arroyo-Cabrales J, Castro-Campillo A. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zool Mex.* 21: 21-82.
- Rangel, C. R. 1996. Descripción y uso de hábitat de *Romerolagus diazi*: Efecto del fuego sobre el zacatonal alpino del volcán Iztaccíhuatl. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias (Biología). México DF. 56 p.
- Robbins, C.T. 1993. *Wildlife Feeding and Nutrition*. Academic Press, San Diego, C.A.
- Robinson T, Matthee C. 2005. Phylogeny and evolutionary origins of the Leporidae: a review of cytogenetics, molecular analyses and a supermatrix analysis. *Mamm Review*; 35: 231.
- Rohman, CF. 1992. Principales productos forestales no maderables de México. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 376 p.
- Romero F, Cervantes F. 2005. Conejo zacatuche. En: Ceballos G, Oliva G, coordinadores. *Los Mamíferos Silvestres de México*. DF: CONABIO. Fondo de Cultura Económica. pp. 832-837.



Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. SEMARNAT. 2000. Ley General de Vida Silvestre. México, D.F. 121 pp.

Shimada, A.S. 2003. Nutrición animal. Editorial Trillas. México. 388 pp.

Shiple L.A., Tara B.D, Nicole J.T.,Becky A.E. 2006. Nutritional Requirements and Diet Choices of the Pygmy Rabbits (*Brachylagus idahoensis*): A Sagebrush Specialist. *J Chem Ecol.* 32:2455-2474

Statistical Analysis Systems Institute. 2001. SAS ®Software, Version 8.2. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

Thacker E. J. 1959. Effect of a Physiological Cation-Anion Imbalance on the Growth and Mineral Nutrition of Rabbits. *J. Nutr.*, 69: 28 - 32.

Tripathi MK, Mishra AS, Misra AK, Prasad R, Mondal D, Jakhmola RC. 2003. Effect of graded levels of high glucosinate mustard (*Brassica juncea*) meal inclusion on nutrient utilization, growth performance, organ weight, and carcass composition of growing rabbits. *World Rabbit Sci.* 11:211-226.atr

Van Soest PJ, Robertson JB, and Lewis BA. 1991. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3697.

Velazquez A. Distribution and population size of *Romerolagus diazi* on El Pelado volcano, Mexico. 1994. *J. of Mamm.* 75: (3) 743-749.

Villareal VA, Campos LE, Castillo TA, Cortes I, Plata PF, Mendoza GD. 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

Velázquez A, Romero F, López-Paniagua J, compiladores. 1996. *Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat*. Fondo de Cultura Económica, México DF. pp. 141-150

**Anexo 1. Análisis de regresión y nivel óptimo de respuesta a variable en función del nivel de *Muhlenbergia macroura***

	Intercepto	Mul	Mul*Mul	Óptimo <sup>2</sup>	Lineal	Cuadrático	CV (%)	
<b>Consumo de MS (g/d)</b>								
MS Total	486.66		-4.61	0.159	14.50	0.32	0.26	13.15
MS/d	27.04		-0.25	0.009	13.89	0.32	0.26	13.15
MS/14d	354.94		-2.36	0.090	13.11	0.62	0.52	17.81
MS/4d	131.71		-2.25	0.069	16.30	0.42	0.41	30.76
<b>Peso corporal (g)</b>								
Inicial	504.76		6.33	-0.177	17.88	0.31	0.34	14.99
14d	527.95		0.95	-0.033	14.39	0.87	0.85	14.84
Final	517.81		-1.54	0.061	12.62	0.81	0.74	16.60
DIF(PF-PI)	13.05		-7.87	0.239	16.46	0.009	0.008	-124.9
DIF (P14d-PI)	23.19		-5.37	0.144	18.64	0.003	0.007	-174.5
CDP18d	0.72		-0.43	0.013	16.54	0.009	0.008	-124.9
CDP14d	1.65		-0.38	0.010	19.00	0.003	0.007	-174.5
<b>Coefficientes de digestibilidad</b>								
MS	61.17		0.74	-0.02	18.50	0.072	0.04	8.09
MO	66.71		0.37	-0.01	18.50	0.30	0.17	7.02
CP	79.67		0.28	-0.28	0.50	0.32	0.35	4.57
CEN	25.38		2.18	-0.06	18.17	0.009	0.01	25.93
EE	85.86		0.40	-0.01	13.24	0.34	0.23	6.45
FDN	27.96		1.47	-0.05	14.7	0.05	0.02	29.64
FDA	16.66		1.02	-0.04	12.75	0.30	0.18	66.36
LAD	84.99		0.46	-0.01	15.03	0.09	0.06	4.12
EB	66.55		0.15	-0.006	11.78	0.69	0.58	7.52
<b>Consumo nutrientes</b>								
PC	4.96		0.003	-0.0001	15	0.95	0.92	13.25
EE	0.86		-0.01	0.0003	16.67	0.06	0.24	13.68
CEN	3.34		-0.14	0.004	17.5	0.0001	0.0003	15.45
FDN	10.04		-0.07	0.002	16.05	0.46	0.44	13.30
FDA	4.94		-0.09	0.003	15	0.04	0.01	13.22
EB	1079.96		-11.15	0.45	12.39	0.29	0.15	13.06
<b>Consumo nutrientes de MM</b>								
PC	-0.005		0.05	-0.00006	416.67	0.0001	0.77	12.36
EE	0.002		0.007	-0.00002	175	0.0001	0.56	12.97
CEN	0.004		0.02	0.0002	-50	0.0001	0.04	12.27
FDN	-0.003		0.09	0.0001	225	0.0001	0.65	12.25
FDA	0.01		0.03	0.0005	-30	0.0001	0.01	12.42
EB	2.41		8.67	0.09	48.17	0.0001	0.07	12.37
<b>Consumo de nutrientes digestibles</b>								
PCD	3.94		0.019	-0.0006	15.83	0.67	0.67	14.41
ED	108		-1.12	0.05	11.20	0.29	0.15	13.06
MSD	16.56		0.03	-0.0009	16.67	0.87	0.89	16.12
MOD	14.74		0.03	-0.001	15	0.85	0.84	15.59
EED	0.74		-0.009	0.0001	45	0.21	0.62	14.94
FDND	2.88		0.11	-0.004	13.75	0.17	0.08	34.30
FDAD	0.85		0.03	-0.001	15	0.55	0.40	68.20
CEND	0.81		0.02	-0.0004	25	0.36	0.47	28.63
LADD	0.64		-0.003	0.00002	75	0.68	0.92	16.69
<b>Prueba metabólica</b>								
CONS MS%PV	5.21		-0.04	0.001	20	0.62	0.59	21.26
Peso prom	0.511		0.002	-0.00006	16.67	0.70	0.75	15.38
Peso metab	0.605		0.002	-0.00004	25	0.74	0.79	11.61
<b>Consumo de Energía Digestible</b>								
ED (kcal/kgMS/d)	71.90		-0.58	0.02	14.50	0.47	0.34	15.31
ED (kcal/PV <sup>0.75</sup> /d)	117.53		-0.85	0.03	14.17	0.62	0.51	19.50
ED (KgPV <sup>0.75</sup> * 178kcal/d)	107.75		0.33	-0.008	20.63	0.75	0.79	11.59
<b>Cantidad de MS necesaria para cubrir mantenimiento (gMS/PV<sup>0.75</sup>/d)</b>								
TEOR (g/MS/d)	0.042		-0.0001	0.000003	16.67	0.70	0.80	11.59

<sup>1</sup> Cambios diarios en peso

<sup>2</sup> Fórmula nivel óptimo=-[(Mul)/(2\*(Mulen\*Mulen))]

**Anexo 2. *Romerolagus diazi***



**Anexo 3. Heces de *Romerolagus diazi***



**Anexo 4. *Muhlenbergia macroura***



### Anexo 5. Alojamiento



### Anexo 6. Alojamiento



### Anexo 7. Dieta experimental en pelet

