

# ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD NUTRICIONAL DE CARGA PARA *Cyrtonyx montezumae*

## Estimation of nutritional Carrying Capacity for *Cyrtonyx montezumae*

Marivel Hernández Téllez<sup>1</sup>, Germán David Mendoza Martínez<sup>1</sup>, Cecilia Zaragoza Hernández<sup>1</sup>,  
Fernando Clemente Sánchez<sup>2</sup>, Luis Antonio Tarango Arámbula<sup>2</sup> y Raúl Valdez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco, Km 36.5, Montecillo, CP 56230, Estado de México, marhtellez@yahoo.com.mx; gmendoza@colpos.mx; zcecilia@colpos.mx. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí CP 78600, México, clemente@colpos.mx; ltarango@colpos.mx.

<sup>3</sup>Department of Fishery and Wildlife Sciences. New Mexico State University. Las Cruces, NM. rvaldez@nmsu.edu

### RESUMEN

Se estimó la capacidad nutricional de carga para la codorniz montezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en las estaciones de invierno y primavera en el municipio Aculco, estado de México. Se evaluó la disponibilidad de biomasa de bulbos de *Oxalis* en zonas de transición entre pastizal y bosque, determinando la cantidad de bulbos a una profundidad de 5 cm. El consumo se estimó con base al requerimiento energético y el contenido dietario de energía metabolizable, obteniendo un consumo de 17 g/día de *Oxalis* por codorniz adulta. La disponibilidad de materia seca (MS) de bulbos de *Oxalis* tuvo una gran variación entre localidades y estaciones. No se detectó interacción sitio por estación ( $P>0,05$ ). Se encontró una mayor disponibilidad en la primavera (3,02) que en invierno (1,29 g MS/m<sup>2</sup>). La capacidad nutricional de carga por hectárea de hábitat fue de 8,14 y 19,06 codornices en invierno y primavera, respectivamente.

**Palabras clave:** Codorniz Moctezuma, dieta, capacidad de carga.

### ABSTRACT

The nutritional carrying capacity for Montezuma quail (*Cyrtonyx montezumae*) was estimated during winter and spring. The biomass availability of bulbs of *Oxalis* in Aculco municipality, Mexico state was measured in transitional zones of pine forested areas and rangelands by quantification of *Oxalis* bulbs (5 cm). Intake was estimated using energy requirements and dietary metabolizable energy, obtaining an intake of 17 g/day of *Oxalis* in adult quail. Dry matter (DM) availability of bulbs of

*Oxalis* showed high variation among sites and seasons. Site interaction was not detected ( $P>0,05$ ). There was higher bulb biomass availability during spring (3.02) than in winter (1.29 g DM/m<sup>2</sup>). Nutritional carrying capacity was 8.14 and 19.06 quails per hectare of habitat, during winter and spring, respectively.

**Key words:** Montezuma quail, diet, carrying capacity.

### INTRODUCCIÓN

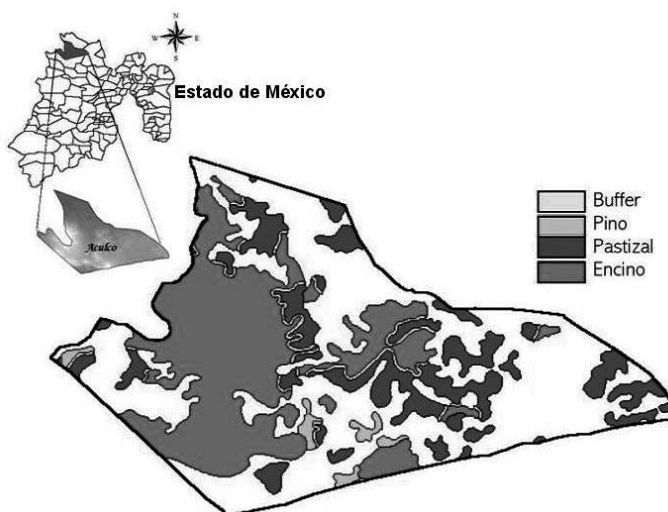
La estimación de la capacidad nutricional de carga permite comparar diferentes áreas para mantener las poblaciones de fauna silvestre [9] así como para detectar problemas de exceso de carga. En México, [20] se define la capacidad de carga como la estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de 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 periodo específico de tiempo, asumiendo que se mantienen las condiciones actuales del hábitat [13] y esta se puede calcular estimando el requerimiento de los animales en relación a la disponibilidad de nutrientes o de alimento para la población [9, 13, 14, 15]. La codorniz Moctezuma se alimenta principalmente de un grupo predominante de bulbos de la especie de *Oxalis* [2, 3, 22], lo cual también ha sido reportado para el estado de México [25] y coincide con los resultados publicados por Bishop y Hungerford [1] quienes encontraron bulbos de *Oxalis spp.* (64,3%), bellotas de encino (*Quercus spp.*; 41,8%), e insectos (49,7%) y otros como tubérculos de tulinillo (*Cyperus spp.*), semillas de leguminosas, gramíneas y algunos frutos como la manzanita y la baya de *Juniperus spp.* A pesar

de que hay cambios en la proporción de los alimentos dependiendo de la estación, durante el invierno, el *Oxalis* representa el principal componente de la dieta de la codorniz. El objetivo de este estudio fue estimar la capacidad nutricional de carga para la codorniz Moctezuma en el municipio Aculco, estado de México, basándose en la disponibilidad de biomasa del *Oxalis* en invierno y primavera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio está constituida por lomeríos y valles, el tipo de clima es templado subhúmedo y semifrío subhúmedo, con lluvias en verano y una precipitación media anual de 1000 mm [6] debido a esto existe una diversidad de especies vegetales como bosque de encino, bosque mixto (*Pinus*, *Quercus* y *Alnus*) y pastizal. Las comunidades faunísticas están caracterizadas por mamíferos de tallas pequeñas como liebres (*Lepus californicus*), conejos (*Sylvilagus floridanus*), ardillas (*Sciurus aureogaster*, *S. Oculatus*), zorrillos (*Conepatus mosoleucus*), zorras (*Urocyon cinereoargenteus*), coyotes (*Canis latrans*); del grupo de las aves, son notables los carpinteros (*Melanerpes spp.*), colibríes (*Amazilia beryllina*, *Hylocharis leucotis*), azulejos (*Sialia sialis*), tordos (*Turdus spp.*), lechuza (*Tito alba*), codornices (*Cyrtonyx montezumae*, *Colinus virginianus*) y gallina de monte (*Dendrortyx macroura*), depredadores como la aguillilla de cola roja (*Buteo jamaicensis*), gavilanes (*Buteo albonotatus*, *Accipiter cooperii*), halcones (*Falco spp.*), zopilotes (*Coragyps atratus*), cuervos (*Corvus corax*), y diversos reptiles [7].

Para estimar la disponibilidad de la biomasa de bulbos de *Oxalis* en el municipio de Aculco, se establecieron los sitios de muestreo en zonas de transición de bosque y pastizal donde se ha detectado la presencia de la codorniz [23] (FIG. 1). Para estimar la disponibilidad de biomasa vegetal en cada lo-



**FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE ACULCO, ESTADO DE MÉXICO Y ÁREA DE TRANSICIÓN PASTIZAL-PINO, PASTIZAL-ENCINO (BUFFER CON UNA SUPERFICIE DE 1.150,8 HA).**

calidad se establecieron al azar 13 parcelas de muestreo de 1 m<sup>2</sup> cada una [13], las cuales fueron georreferenciadas mediante un GPS (Global Positioning System) Magellan (TABLA I).

Para el muestreo de bulbos de *Oxalis* en cada parcela, se escarbó a una profundidad promedio de 5 cm (FIG. 2) y se separaron los bulbos de la vegetación emergente (FIG.3), las variables registradas fueron densidad, peso de materia verde y seca (50°C por 36 h). Las parcelas se muestrearon en invierno de 1999 y en primavera del 2000.

El hábitat de la codorniz Moctezuma (superficie) se estimó mediante la base de datos vectorial de vegetación del estado de México, con herramientas de Sistemas de Información Geográfica (ArcView3,1 e IDRISI32). Se seleccionaron los tipos de vegetación que requiere la codorniz; áreas de pino, encino y pastizal. Debido a que esta especie de codorniz prefiere los ecotonos de *Pinus-Quercus* con pastizal, se creó una selección geográfica con estos ecotonos, en las zonas colindantes de estos tipos vegetativos, se digitalizó una línea para definir el límite entre las áreas de pastizal y las áreas de *Pinus* y *Quercus*. A partir de este límite, se creó una nueva capa a la que se le nombró área de amortiguamiento la cual constó de 100 m (los vuelos de la codorniz pueden variar de 40 a 90 m) a ambos lados de la línea que delimita los tipos vegetativos (pastizal-pino, pastizal-encino); esta área de amortiguamiento se creó con ArcView versión 3,1 la cual metodológicamente, se exportó a IDRISI32 para transformarla a una imagen raster con proyección UTM y con el comando *Analysis – Database Query* se seleccionó la opción AREA de la imagen Buffer y de esta manera se estimó la cantidad de hábitat (FIG. 1).

Los resultados fueron analizados con un modelo generalizado completamente al azar donde se consideraron los efectos de localidad, estación y su interacción con el procedimiento estadístico GLM [19].

La concentración de energía de la dieta (TABLA II) se estimó con el contenido medio energético de plantas [8], con la dieta reportada en el estado de México [25] y con los valores de energía metabolizable y de eficiencia metabólica reportada para la codorniz mascarita (*Colinus virginianus*) [17, 18].

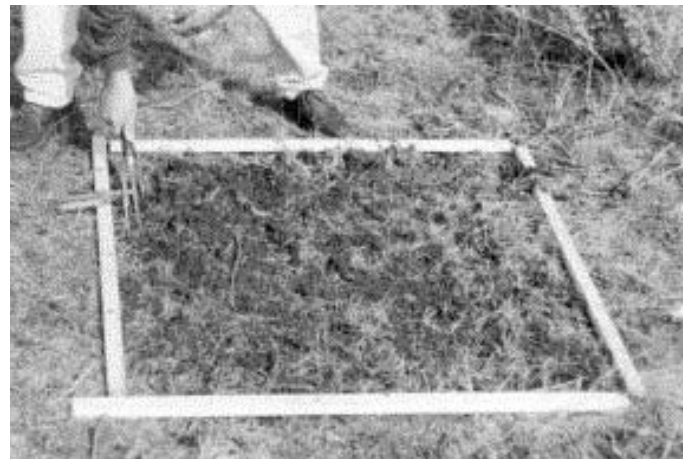
La estimación del consumo de alimento (TABLA III) se realizó considerando el requerimiento de energía [13], para aves de agostadero en vida libre (231,8 PV<sup>66</sup> kcal/día) propuesto por Robbins [16], con los pesos medios reportados por Stromberg [22]. El consumo de materia seca estimado fue de 25,8 g/día, por lo que el consumo de *Oxalis* para estimar la capacidad de carga fue de 17 g/día.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

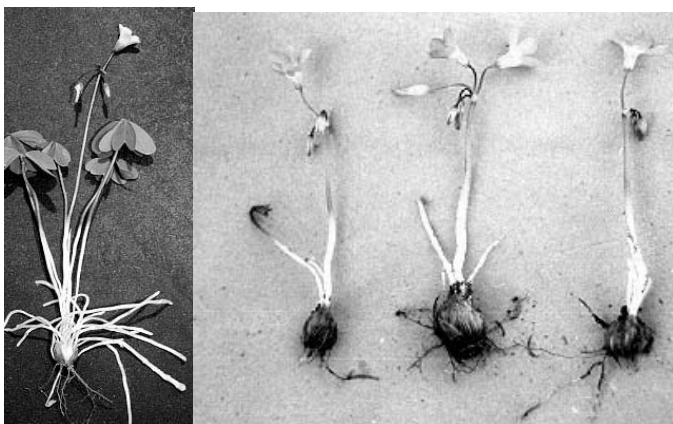
La disponibilidad de bulbos de *Oxalis* tuvo una gran variación entre sitios y estaciones (TABLA IV). No se encontró diferencia significativa entre localidades, pero la localidad de San Francisco tendió a tener una mayor disponibilidad de bul-

**TABLA I**  
**SITIOS DE MUESTREO EN EL MUNICIPIO ACULCO, ESTADO DE MÉXICO**

Localidad	Estación de muestreo	Oeste	Norte	Altitud
San Francisco	Invierno	coordenadas 442491	UTM WGS84 2225540	m 2509
	Invierno	425006	2226189	2540
	Invierno	425006	2226189	2540
	Primavera	484896	2226204	2455
	Primavera	424901	2225547	2540
Peña Ñado	Invierno	406794	2219777	2505
	Invierno	406794	2219777	2505
	Primavera	406971	2220169	2499
	Primavera	406843	2219954	2505
Arroyo Zarco	Invierno	422467	2221694	2595
	Invierno	422467	2221694	2595
	Primavera	422432	2221716	2500
	Primavera	422432	2221716	2500



**FIGURA 2. MUESTREO DE BULBOS DE *Oxalis*.**



**FIGURA 3. BULBOS DE *Oxalis divergens* BENTH.**

bos que las localidades de Peña Ñado y Arroyo Zarco. Con relación a la estación, numéricamente hubo mayor disponibilidad de *Oxalis* en la primavera que en el invierno. La variabilidad de la respuesta indica que es necesario incrementar el número de parcelas o de sitios para detectar las diferencias en forma estadística con un  $\alpha$  de 0,05.

De acuerdo a la definición de capacidad de carga [9, 13, 14, 20], (TABLA V) el número máximo de *Cyrtonyx montezumae* que el municipio Aculco puede mantener es entre 8,14 y 19,06 codornices/ha, lo cual se encuentra por arriba de las densidades reportadas para el área (0,1420 codornices/ha) por Tapia y col. [23].

Si se considera que la territorialidad de la *Cyrtonyx montezumae* varía de 2 a 50 ha, y que los grupos de codorni-

**TABLA II**  
**ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA METABOLIZABLE DE LA *Cyrtonyx montezumae***

Alimento <sup>†</sup>	%	EB <sup>‡</sup>	EM/EB <sup>i±</sup>	EM <sup>?</sup>	Aporte EM
<i>Oxalis</i> sp.	67,50	kcal/g 4,720	0,570	kcal/g 2,690	Kcal 1,816
Semillas de leguminosas	11,31	5,065	0,536	2,714	0,307
Maíz	14,30			3,861	0,552
Trigo	6,24			3,861	0,240
Insectos	0,03			4,882	0,001
Pastos	0,30	4,267	0,411	1,753	0,005
Hojas	0,03	4,229	0,411	1,738	0,005
Material inorgánico	0,29				
Total	100,00				2,923

<sup>†</sup> Determinada en el estado de México [25].

<sup>‡</sup> EB: calor de combustión reportada por Golley [8].

<sup>i±</sup> EM/EB: Relación de energía metabolizable/EB reportada por Robel y col. [17] para codorniz.

<sup>?</sup> EM determinada con codornices para alimentos similares por Robel y col. [18].

**TABLA III**  
**ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE MATERIA SECA CON BASE AL REQUERIMIENTO DE ENERGÍA DE LA *Cyrtonyx montezumae***

	Hembras	Machos	Media
Peso vivo, kg	0,176	0,195	0,185
Energía de existencia <sup>†</sup> , kcal/día	72,080	78,810	75,440
Consumo de alimento, g/día	24,650	26,950	25,800
Consumo de <i>oxalis</i> , g/día	16,640	18,190	17,420

<sup>†</sup>Robbins [16].

**TABLA IV**  
**BIOMASA DISPONIBLE EN EL ÁREA DE MUESTREO DE ACULCO, ESTADO DE MÉXICO**

Localidad-Estación	<i>Oxalis</i> g/m <sup>2</sup>	MS <i>Oxalis</i> g MS/m <sup>2</sup>
San Francisco	9,91	5,16
Peña Nado	1,75	0,68
Arroyo Zarco	0,75	0,62
Desviación estándar	6,19	2,87
Invierno	1,97	1,29
Primavera	6,30	3,02
Desviación estándar	4,77	3,02

ces en el invierno se conforman en parejas [21, 22], no existe una restricción de *Oxalis* para mantener a las poblaciones, ya que la estimación obtenida arroja valores altos de disponibilidad de *oxalis*.

Las bajas densidades de *Cyrtonyx montezumae* estimadas para Aculco no se deben a la falta de *Oxalis*, probablemente las bajas densidades están reflejando el grado de perturbación del hábitat particularmente por efecto de la fragmentación del mismo, del sobrepastoreo [3, 24], de la cacería furtiva y de la depredación potencial del Gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*) [10], los cuales en conjunto determinan que las densidades de las poblaciones de codornices sean bajas en la región Noroeste del estado de México [23]. Es importante destacar que en el municipio Aculco, la deforestación es un problema grave y se estima que la superficie deforestada es superior a las 2000 ha, lo cual aunado a la actividad agrícola, afecta a los recursos bióticos, ocasionando el desplazamiento de la fauna y erradicando la flora nativa en una gran parte del Municipio. La práctica de libre pastoreo que provoca la destrucción del renuevo del bosque también ha desplazado la fauna silvestre de su hábitat natural [7].

Existe información escasa sobre la biomasa de *Oxalis*, en este estudio se obtuvo un peso medio de 2,71 g MS/m<sup>2</sup> de bulbos de *Oxalis* (7,01 bulbos/m<sup>2</sup>), lo cual es bajo comparado con un reporte de 192 bulbos/m<sup>2</sup> obtenidos en una estación

TABLA V  
BIOMASA DE *OXALIS* DISPONIBLE Y CAPACIDAD NUTRICIONAL EN EL ÁREA DE MUESTREO ACULCO,  
ESTADO DE MÉXICO

Estación	Disponibilidad de <i>Oxalis</i>		Capacidad nutricional de carga /ha de hábitat
	g MS	g MS/día	Nº de codornices
Invierno	14.845.836,00	164.953,73	8,14
Primavera	34.755.368,00	386.170,76	19,06

MS: Materia Seca.

experimental en el estado de México donde el *Oxalis* llega a considerarse una maleza invasiva y resistente a la sequía. Puede haber diferencias en la resistencia a la sequía entre las especies de *Oxalis* [4]. Los *Oxalis alpina*, *O. divergens*, *O. corniculata*, toman la forma de bulbo para resistir la sequía, la dormancia se puede inducir por deficiencias de nutrientes y bajas temperaturas [11], los bulbos de *O. latifolia* inician su dormancia en el invierno y germinan durante la primavera [5], especies que son aprovechadas por la codorniz durante estas condiciones de humedad y crecimiento de las plantas. Esto coincide con Leopold y McCabe [12] quienes indican que la dormancia es aprovechada por los bulbos para concentrar una alta cantidad de nutrientes mismos que la codorniz obtiene a través de la excavación. La concentración de nutrientes en el bulbo de *Oxalis* indica que es un ingrediente energético importante con bajo contenido de proteína [25].

Es posible que el consumo de *Oxalis* y de materia seca estén sobre estimados (TABLA III), ya que el consumo medio por una codorniz mascarita (*Colinus virginianus*) de un peso de 190 g, fue de 19,5 g/día; sin embargo, no existen reportes para la especie Moctezuma [22] y los contenidos de buchec colectados en el noroeste del estado de México [25], arrojaron un rango (en base fresca) de 0,5 a 7,5 g, si se considera que los buchec representan el contenido de una comida, sería factible determinar que la codorniz Moctezuma adulta llegue a consumir los 25 g/día. Las implicaciones de esta sobreestimación son positivas, ya que los valores de capacidad de carga nutricional que se obtuvieron en el presente estudio, en realidad indica que la cantidad de alimento en el campo es mayor al obtenido en los resultados, lo cual prueba que el alimento disponible en el municipio puede soportar a una mayor cantidad de codornices.

Se ha determinado una concentración de proteína media del *Oxalis* de 6,92% de proteína cruda y se estima que la dieta tiene un aporte de 12% de proteína [25]. El análisis de aminoácidos de *Oxalis* en muestras de la zona de estudio, indican que la arginina y el ácido glutámico constituyen 24,4% y 16,6% de los aminoácidos totales, respectivamente, con una baja concentración del resto de los aminoácidos esenciales [26] por lo que el consumo de leguminosas e insectos es de gran importancia para cubrir los requerimientos proteínicos.

Otro aspecto importante de los bulbos de *Oxalis* es su contenido de agua ya que la codorniz adulta obtiene el agua de sus alimentos [12] a través del metabolismo como agua metabólica. Esta es una gran ventaja en el abastecimiento de agua por la codorniz ya que no necesariamente requiere agua de forma directa y puede subsistir en áreas con cantidades escasas de este recurso.

## CONCLUSIONES

La capacidad nutricional de carga estimada para la *Cyrtonyx montezumae* en el municipio de Aculco, arroja valores de 8,14 codornices/ha en invierno y 19,06 codornices/ha en primavera. Y comparado con el número de codornices reportadas para el área de estudio (0,1420 codornices/ha) por Tapia y col. [23], la capacidad nutricional de carga para en el municipio Aculco, basándose en la disponibilidad de biomasa de *Oxalis* en invierno y primavera, no es limitante para mantener a las poblaciones dentro de las densidades reportadas.

La disponibilidad de alimento no es responsable de las bajas densidades de *Cyrtonyx montezumae* estimadas para Aculco.

La disponibilidad de *Oxalis* en los tres sitios muestra una gran variación por lo que es importante estudiar los factores que determinan su crecimiento.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo del Consejo Nacional para la Ciencia y Tecnología (CONACYT) (Proyecto G29008-B), y al U.S. Fish and Wildlife Service a través del Programa de Cooperación para la Conservación de la Biodiversidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BISHOP, R.A.; HUNGERFORD, C. Seasonal food selection of Arizona meadow quail. **J. Wildl. Manage.** 4:813-819. 1965.
- [2] BROWN, R.L. An ecological study of Mearns' quail. **Final Report. Proj. W-78-R-22, WJ1, Arizona Game and Fish Department.** USA. 26 pp. 1978.

- [3] BROWN, R.L. Effects of livestock grazing on mearns quail in southeastern Arizona. **J. Range Manage** 35: 727-732. 1982.
- [4] ESTELITA-TEIXEIRA, M.E. Shoot anatomy of three bulbous species of *Oxalis*. **Ann. Bot** 49:805-813. 1982.
- [5] GALIL, J. Vegetative dispersal in *Oxalis corniculata*. **Am. J. Bot.** 55:68-73. 1968.
- [6] GARCÍA, E. **Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana.** Instituto de Geografía. UNAM. México. 113 pp. 1988
- [7] GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO. Secretaría de Finanzas y Planeación, IIGCEM. 45 pp. 1993.
- [8] GOLLEY, F.B. Energy value of ecological materials. **Ecology.** 42:581-584. 1961.
- [9] HOBBS, N.T.; SWIFT, D. Estimates of habitat carrying capacity incorporating explicit nutritional constraints. **J. Wildl. Manage.** 49:814-822. 1985.
- [10] IBARRA, Z.S.; ALVAREZ, G.; MENDOZA, G.; ZARAGOZA, C.; TARANGO, L.; CLEMENTE, F. Morfología y dieta del Gavilán de Cooper (*Accipiter cooperii*) en la región Noroeste del estado de México. **Ciencias Forestales y del Ambiente**, Chapingo, México. 63-68 pp. 2000.
- [11] JACKSON, D.I. A growth study of *Oxalis latifolia* H.B.K. to hormone herbicides. **Weeds.** 10:23-25. 1962.
- [12] LEOPOLD, A.S.; McCABE, R. Natural history of the Montezuma quail in Mexico. **Condor.** 59:3-26. 1957.
- [13] MASSÉ, H.; ROCHEFORT, L.; GAUTHIER, G. Carrying capacity of wetland and habitats used by breeding greater snow geese. **J. Wildl. Manage.** 65:271-281. 2001.
- [14] MCCALL, T.C.; BROWN, R.; BENDER, L. Comparison of techniques for determining the nutritional carrying capacity of white tailed deer. **J. Range Manage.** 50:33-38. 1997.
- [15] POTVIN, F.; HUOT, J. Estimating carrying capacity of a white-tailed deer wintering area in Quebec. **J. Wildl. Manage.** 47:463-475. 1983.
- [16] ROBBINS, T.C. **Wildlife feeding and nutrition.** 2<sup>nd</sup> Ed. Academic Press, Inc. New York. 352 pp. 1993.
- [17] ROBEL, R.J.; BISSET, A.; CLEMENT, T.; DAYTON, A.; MORGAN, K. Metabolizable energy of important foods of bobwhites in Kansas. **J. Wildl. Manage.** 43:982-987. 1979a.
- [18] ROBEL, R.J.; BISSET, A.; DAYTON, A.; KEMP, K. Comparative energetics of bobwhites on six different foods. **J. Wildl. Manage.** 43:987-992. 1979b.
- [19] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. (SAS). version 5,0 North Caroline. 1985.
- [20] SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). Ley General de Vida Silvestre. México, D.F. 166 pp. 2000.
- [21] STROMBERG, M.R. Habitat, movements and roost characteristics of Montezuma quail in southeastern Arizona. **Condor.** 92:229-236. 1990.
- [22] STROMBERG, M.R. Montezuma quail (*Cyrtonyx montezumae*). **The birds of North America.** 524:1-20. 2000.
- [23] TAPIA, R.J.; IBARRA, S.; MENDOZA, G.; ZARAGOZA, C.; CLEMENTE, F.; TARANGO, L. Densidad poblacional de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en la región noroeste del Estado de México. **Vet. México.** 33:255-263. 2002.
- [24] WALLMO, O.C. Nesting of mearns quail in southeastern Arizona. **Condor.** 56:125-128. 1984.
- [25] ZARAGOZA, H.C.; MENDOZA, G.; CROSBY, M.; AGUILAR, B.; CLEMENTE, F.; TARANGO, L.; IBARRA, S. Montezuma quail (*Cyrtonyx montezumae*) diet in the northwest of the State of Mexico. **The Wildlife Society 8<sup>th</sup> Annual Conference.** Reno/Tahoe. 25-29/09. Nevada. 309 pp. 2001.
- [26] ZARAGOZA, H.C. Caracterización del hábitat y composición de la dieta de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el noroeste del Estado de México. Montecillo, Estado de México (**Tesis de Postgraduados**). 108 pp. 2001.