ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (ns), 43, 1991.

HISTORIA NATURAL, ALIMENTACION Y REPRODUCCION DE LA ARDILLA TERRESTRE (*Spermophilus mexicanus*) EN UNA PRADERA INTERMONTANA

Manuel Valdez
Gerardo Ceballos

Centro de Ecología
Universidad Nacional Autónoma de México
Apartado Postal 70-275
04510 México, D.F.
México

RESUMEN

En este trabajo presentamos información acerca de algunos aspectos de la historia natural, alimentación y reproducción de la ardilla terrestre (*Spermophilus mexicanus*) en el centro de México. Esta especie forma agregaciones en praderas intermontanas de tormentilla (*Potentilla candicans*), en donde construye madrigueras subterráneas formadas por galerías sinuosas y nidos. La composición de su dieta varía estacionalmente y se basa en plantas anuales (61%) e insectos (39%). El apareamiento ocurre en mayo y los partos entre junio y agosto; los juveniles emergen de las madrigueras entre julio y septiembre. El promedio de embriones en cinco hembras fue de seis, con un intervalo de 4 a 8. El promedio de crías por camada (n=15) fue de cuatro, con un intervalo de 3 a 6. Su periodo de actividad anual presenta cuatro fases

bien definidas que son la emergencia de la hibernación, la reproducción, la acumulación de reservas de grasa y la hibernación. Las características biológicas de esta especie son similares a las de otras ardillas del mismo género, habitantes de latitudes más septentrionales.

ABSTRACT

This paper presents information on the natural history, diet, and reproduction of the Mexican ground squirrel (*Spermophilus mexicanus*). These squirrels form large aggregations in suitable habitats such as alpine meadows, where solitary individuals or family groups live in underground burrows. Their diet varies seasonally and is mainly composed of herbaceous plants (61%) and insects (39%). Intraspecific interactions present a set of complex behaviors. The breeding season occurs in late spring and summer; mating occurs from May to July and the emergence of juveniles between July and September. The mean number of embryos was six (n= 5, range 3 to 8), and the mean litter size was four (n= 15 range 3 to 6). The annual cycle of this species in Central Mexico is reminiscent of those known for other ground squirrels from northern latitudes.

INTRODUCCION

Los estudios ecológicos sobre ardillas terrestres han tenido una influencia notable en el desarrollo de algunas áreas de la ecología moderna como las teorías de historia de vida, competencia y sociabilidad (e.g. Armitage, 1981; Eisenberg, 1981; Dobson, 1984). Esto se debe, en parte, a que estas ardillas son abundantes en ecosistemas templados y a que son mamíferos diurnos, relativamente fáciles de observar y con una extensa variación en sus hábitos (Murie y Michener, 1984). La mayoría de las especies se encuentran en hábitats relativamente abiertos, lo que facilita su observación y manipulación experimental.

Las ardillas terrestres presentan una amplia gama de sistemas sociales, desde especies solitarias hasta especies sociales que forman grupos con complejas interacciones entre sus miembros (Michener, 1984). Forman un eslabón importante en las cadenas tróficas, ya que son consumidores primarios que son depredados por un número considerable de aves y mamíferos (Ceballos y Galindo, 1984). Su alimentación se basa principalmente en material vegetal e insectos, pero la composición de ésta puede cambiar de manera estacional; otros alimentos, como huevos y polluelos, son consumidos de manera oportunista (Bradley, 1968, Eisenberg, 1981).

La reproducción y los sistemas de apareamiento de las ardillas terrestres han sido estudiados con detalle. En la mayoría de las especies existe una relación estrecha entre el ciclo circanual, los sistemas de apareamiento y la reproducción (Murie y Michener, 1984).

En regiones templadas húmedas y áridas algunas especies presentan periodos de inactividad física, generalmente asociados con la disponibilidad de alimento y con las condiciones climáticas del ambiente. En las regiones áridas y semiáridas del suroeste de Estados Unidos de América, algunas especies permanencen inactivas durante parte del verano, periodo en el que se presentan temperaturas muy altas. A este tipo de inactividad se le conoce como estivación y está ligada a los problemas fisiológicos de termorregulación asociados con las altas temperaturas que se presentan en estos meses (McCarley, 1966; Knoof y Balph, 1987).

La mayoría de las especies que viven en latitudes mayores a 30° N presentan inactividad durante los meses de invierno, en los que la disponibilidad de alimento es muy limitada, además de que puede haber abundante nieve y lluvia y el frío es intenso. A este tipo de inactividad se le llama hibernación. Las ardillas terrestres cuando hibernan pasan por un período de letargo de varios meses. La hibernación no es continua, ya que muestran periodos de actividad cortos, que varían desde unas

horas hasta dos o tres días (Neumann y Cade, 1965; Pengelley y Kelly, 1966, Murie y Michener, 1984).

La mayor parte del conocimiento sobre ardillas se ha generado en Norteamérica, y algunos estudios aislados en otras regiones del mundo. Esto ha sido una de las motivaciones para llevar al cabo esta investigación, que pretende recabar información sobre la ecología y la historia natural de la ardilla terrestre o motocle (*Spermophilus mexicanus*).

El motocle es una especie politípica, con dos subespecies *S. m. mexicanus* y *S. m. parvidens*. Su área de distribución incluye dos áreas disyuntas, en donde el área de distribución norteña que abarca desde el sur de los Estados Unidos de América hasta Zacatecas y San Luis Potosí, se interrumpe en el centro del Altiplano Mexicano y reaparece aislada a lo largo de la base boreal de la Cordillera Neovolcánica (Hall, 1981). Las poblaciones de *S. mexicanus* de Zoquiapan están totalmente aisladas de otras de la misma especie, ya que las más cercanas se encuentran a 40 km de distancia, en los Valles de México y Puebla. En ambos casos, el área intermedia está ocupada por hábitats desfavorables que impiden su dispersión. Su presencia en Zoquiapán probablemente es relictual, siendo, en tal caso, resultado de las modificaciones en la vegetación asociadas a los cambios climáticos ocurridos durante el Pleistoceno. Las observaciones más detalladas sobre la biología del motocle en México se encuentran en los trabajos de Edwards (1946), Matocha (1968), Millán (1988), Valdez (1988), Aragón y Baudoin (1990). Los objetivos específicos de este trabajo son evaluar los patrones de alimentación y reproducción de esta especie, así como documentar su historia natural. La información sobre sus patrones de actividad anual y estacional se reportan en Valdez (1988).

El Motocle

El motocle (*Spermophilus mexicanus*) es una ardilla terrestre de cuerpo relativamente largo y delgado (280 a 380 mm de longitud). Las

extremidades son cortas y la longitud de la cola es menor que la mitad (30-40 %) de la longitud total (Howell 1938). No existe dimorfismo sexual en las medidas externas. Las medidas externas promedio (en milímetros, intervalo entre paréntesis), de 20 ejemplares adultos (10 machos y 10 hembras) de Zoquiapan fueron: longitud total 308.7 (290-330); longitud de la cola 111.5 (100-125); pata trasera 38.1 (37-40); oreja desde la escotadura 9.8 (9-10). El peso corporal promedio en gramos de ambos sexos fue de 252.7 (215.4-334.3).

AREA DE ESTUDIO

Este trabajo se llevó al cabo en el Parque Nacional Zoquiapan y Anexas. El Parque se encuentra localizado en los estados de Puebla y México, aproximadamente entre los paralelos 19° 13' 10" y 19° 18' 45" de latitud norte y los meridianos 98° 37' 39" y 98° 51' 58" de longitud oeste (Blanco *et al.*, 1981).

El área de estudio está ubicada en la Estación Experimental Zoquiapan, de la Universidad Autónoma de Chapingo. La estación ocupa 2685 ha dentro del Parque Nacional y se encuentra localizada a 12 km al Suroeste de Río Frío, a 3200 m de altitud (Figura 1). La fisiografía del área se caracteriza por montañas de pendientes pronunciadas y valles intermontanos de origen volcánico. Zoquiapan forma parte de la Sierra Nevada, que a su vez es parte del Eje Volcánico Transversal (Blanco *et al.*, 1981).

El clima es templado, sub-húmedo, con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 11 a 13°C. La temperatura del mes más frío es inferior a 18°C y superior a 3°C. La temperatura media mensual más alta ocurre de mayo a septiembre y la más baja de noviembre a febrero. Presenta una época de lluvias bien definida, de mayo a septiembre, y la precipitación anual varía entre 1000 y 1200 mm (García, 1973).

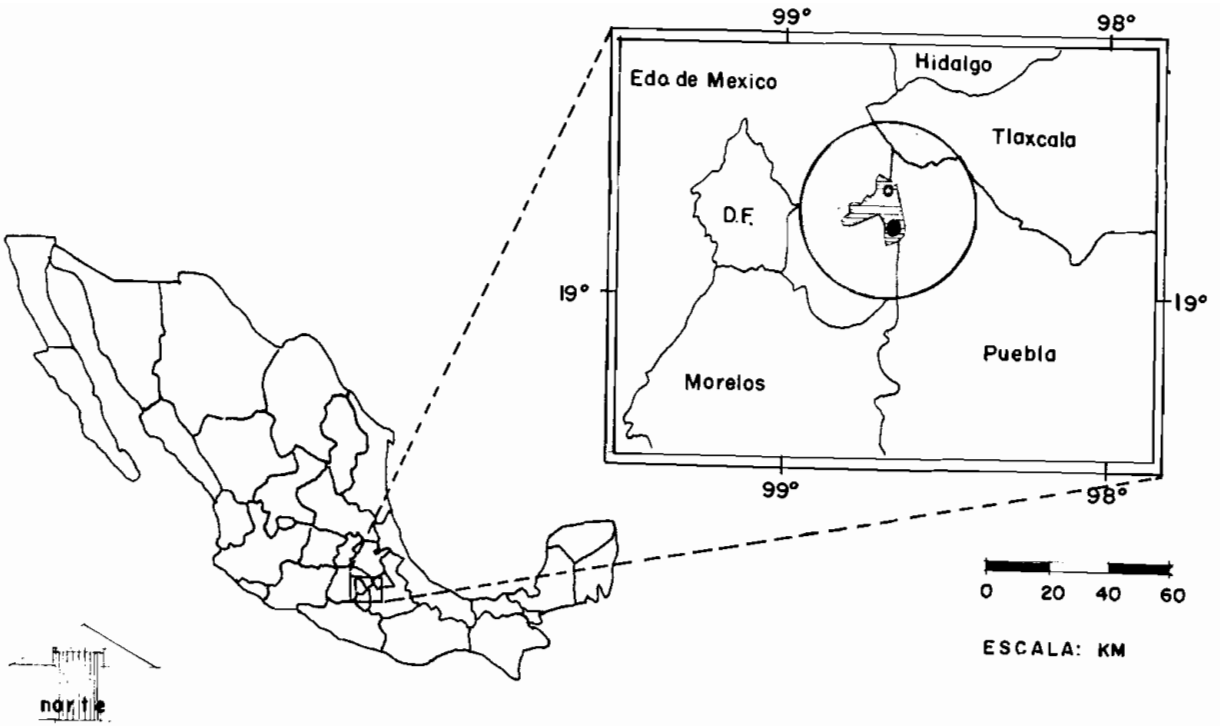


Figura 1

Ubicación del área de estudio en el Parque Nacional Zoquiapan y Anexas. EL círculo abierto señala la localidad de Río Frío, el círculo sombreado a Zoquiapan y el triángulo al Volcán Iztaccíhuatl.

La vegetación dominante es de bosques de oyamel (*Abies religiosa*) y pino (*Pinus montezumae*), y bosques mixtos de pino, encino (*Quercus* spp) y aile (*Alnus* sp) (Blanco *et al.*, 1981). En los valles intermontanos se encuentran praderas de tormentilla (*Potentilla candicans*), formación vegetal que es típica de las montañas de la Cuenca de México. Estas praderas se presentan de 2900 a 3500 m de altitud, en sitios con drenaje lento, suelos ligeramente ácidos y ricos en materia orgánica y nutrientes (Rzedowski, 1978). Las plantas dominantes son gramíneas bajas o estoloníferas y plantas herbáceas rastreras (*Agrostis tolucensis*, *Potentilla pratensis*, *Potentilla candicans*). Generalmente están rodeadas de bosques de pino y oyamel y se presentan en lugares con drenaje lento y sin pendiente.

En Zoquiapan *Spermophilus mexicanus* se encuentra exclusivamente en las praderas de tormentilla (*Potentilla candicans*). Esto es similar a lo encontrado en otras ardillas terrestres, que están restringidas a hábitats relativamente abiertos cuya vegetación dominante es de gramíneas y plantas herbáceas (Murie y Michener, 1984). Las principales praderas en la región son las de Llano Grande (10 km al O de Río Frío, 3000 m), Llano de Aculco (15 km al SSO de Río Frío, 3110 m) y Llano de Pinagua o de las Ardillas (16 km al SSO de Río Frío, 3300 m). El área total de pradera disponible es aproximadamente de 8 km^2 (800 ha).

El área seleccionada para realizar las observaciones fue una pradera de aproximadamente 3.6 ha, conocida localmente como Llano de Aculco. La pradera se dividió en cuadrantes de 100 m^2 (10 X 10 m), delimitados por estacas de madera pintadas de colores y numeradas.

MATERIALES Y METODOS

Los datos se obtuvieron mediante observaciones de campo y por medio de la captura y colecta de ejemplares, de enero a diciembre de 1985. Las ardillas se capturaron vivas, durante cinco días, cada mes, con trampas Tomahawk y manualmente. El método que mejores resultados

dio fue el manual, que consiste en colocar un cordel fino con un nudo corredizo en uno de sus extremos en la entrada de una madriguera, esperando el operador a que el animal se asome para que de un tirón quede atrapado por la cabeza. Cada individuo capturado se midió (longitud total, longitud de la pata trasera y longitud de la cola) y pesó. Los ejemplares colectados se depositaron en la Colección Mastozoológica del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Las plantas que forman parte de la alimentación fueron identificadas por medio de observaciones de campo y de laboratorio. La determinación del volumen de material vegetal y animal en la dieta se hizo examinando un total de 24 estómagos en un año. En los contenidos se intentó identificar todos los fragmentos de plantas y animales. Las proporciones de la composición del contenido estomacal fueron estimadas por el método volumétrico, que básicamente consiste en medir el desplazamiento de agua en un tubo de ensayo cuando se introduce el estómago (DeBlase y Martin, 1981); cuando el volumen estomacal fue menor de 10 ml, no se analizó cuantitativamente. Los resultados fueron agrupados en porcentajes mensuales.

Para registrar la fenología y la disponibilidad del alimento vegetal se colocaron cinco cuadrantes fijos de 1 m^2 en la pradera de tormentilla, que fueron muestreados mensualmente. En cada cuadrante se seleccionaron al azar 10 muestras de 100 cm^2 (10 X 10 cm) cada mes, siguiéndose la fenología de 19 especies de plantas previamente identificadas. De acuerdo con su estado fenológico, las plantas se clasificaron en alguna de las siguientes categorías: 1) vegetativas, 2) en flor y/o fruto, 3) con semillas, y 4) muertas en pie y sin semillas. Los datos se agruparon por mes y para su análisis se utilizó el índice de diversidad de especies de Shannon-Wiener (Zar, 1984).

Para el estudio de la reproducción se capturaron 40 ardillas adultas (25 hembras y 15 machos). El análisis de estado reproductivo se hizo

tanto en el campo como en el laboratorio. En los animales examinados en el campo se determinó la posición de los testículos, estado de preñez por palpación de embriones, desarrollo mamario y grado de abertura vaginal. En los ejemplares examinados en el laboratorio se determinó el número de embriones, grado de desarrollo (tamaño y peso) y cicatrices uterinas en las hembras. Estos datos se complementaron con observaciones de campo y de laboratorio sobre cortejo, apareamiento, desarrollo post-natal y emergencia de juveniles.

El análisis del desarrollo post-natal se hizo mediante la observación de cuatro crías nacidas en el laboratorio. Las crías se midieron (longitud total, longitud de cola y longitud de pata trasera) y se pesaron cada siete días aproximadamente. Se hicieron, asimismo, observaciones cualitativas sobre el desarrollo conductual.

Finalmente, se excavaron cinco madrigueras para conocer su estructura y dimensiones.

RESULTADOS Y DISCUSION

Alimentación y Disponibilidad del Alimento

Los 24 estómagos analizados mostraron un volumen promedio de 21.8 ml, con un mínimo y máximo de 10 a 51 ml, respectivamente. El mayor porcentaje (aproximadamente un 61%) en la alimentación durante todo el año fue material vegetal y el resto (39%) material animal (Cuadro 1). Es importante recalcar, sin embargo, que estas proporciones se deben tomar con cierta cautela, ya que se basan en una muestra de estómagos pequeña.

La composición de la alimentación mostró una estrecha relación con los cambios fenológicos en la comunidad vegetal y la disponibilidad de

Cuadro 1

Alimentación del motocle (*Spermophilus mexicanus*) en una pradera de *Potentilla candicans*. Se muestran los porcentajes del contenido estomacal en muestras mensuales, separadas en material vegetal o animal. Entre diciembre y marzo no se tomaron muestras ya que los individuos se encontraban hibernando. El volumen de abril fue menor de 10 ml por lo que no se pudo analizar cuantitativamente.

MES	ESTOMAGOS EXAMINADOS	VOLUMEN MENSUAL (ML)	VOLUMEN VEGETAL (ML)		VOLUMEN ANIMAL ML (%)	
Abril	2	<10	-	-	-	-
Mayo	3	36	8	(22.3)	28	(77.7)
Junio	3	48	37	(77.1)	11	(22.9)
Julio	5	140	107	(76.4)	33	(23.6)
Agosto	4	68	42	(61.7)	26	(38.3)
Septiembre	4	32	20	(62.5)	12	(37.5)
Octubre	4	57	38	(66.6)	19	(33.4)
Noviembre	2	27	15	(57.7)	11	(42.3)

plantas e insectos. Las proporciones de materia animal y vegetal variaron a lo largo del año. En abril no se pudieron cuantificar, pero se observó materia tanto animal como vegetal. En mayo (n=3) la proporción de insectos (77.7%) fue mayor que la del material vegetal (22.3%), coincidiendo con una menor disponibilidad de la materia vegetal. Entre los meses de junio a noviembre, la mayor proporción (57.7-77.1%) de los contenidos estomacales estuvo formada por materia vegetal y la proporción de insectos varió entre 22.9 y 42.3%.

Material Animal

Los insectos son ingeridos como una fuente de proteínas y son un importante componente en la alimentación de estas ardillas. Es probable

que su abundancia en la dieta sólo refleje parcialmente su disponibilidad, ya que aparentemente, el alimento principal de los motocles son las plantas. En general, los insectos constituyeron alrededor de un tercio del contenido estomacal (39.4%); el porcentaje más alto (77.7%) se presentó en mayo y el menor (22.9%) en junio (Cuadro 1).

Los insectos encontrados fueron exclusivamente coleópteros y sus larvas (Orden Coleoptera). Las familias mejor representadas en insectos adultos, en orden de importancia decreciente fueron, Chrysomelidae (26.9%), Tenebrionidae (23%) y Scarabaeidae 15.3% (Cuadro 2). Las larvas se presentaron en todos los meses, constituyendo el 30.7% del material animal. La presencia e importancia de las larvas se puede explicar por su abundancia en las galerías de los motocles y su disponibilidad a lo largo de todo el año.

Cuadro 2

Insectos (Orden Coleoptera) incluídos en la alimentación de *Spermophilus mexicanus* en una pradera de *Potentilla candicans*. Se indica la frecuencia en el contenido estomacal (presencia/No. de estómagos), porcentaje por familia y número de ocasiones en las que se encontraron restos en la boca.

FAMILIA GENERO	FRECUENCIA EN EL ESTOMAGO	PORCENTAJE	NO. DE OCASIONES EN BOCA
Larvas	24/24	30.7	4
CHRYSOMELIDAE *Altica* sp.	15/24 6/24	26.9	-
TENEBRIONIDAE *Eleodes* sp.	18/24	23.0	2
SCARABAEIDAE *Phyllophaga* sp. *Phanaeus* sp.	6/24 3/24 3/24	15.3	-
CARABIDAE	3/24	3.8	-

Material Vegetal

La mayoría de las plantas de la pradera de *Potentilla candicans* son anuales, con un ciclo bien definido. En general, un elevado porcentaje de especies sólo se encuentran en los meses de invierno como semillas. En la primavera se presenta el crecimiento, en el verano la floración y fructificación, en el otoño la dispersión de semillas, senescencia y muerte (Figura 2). Este ciclo anual está relacionado con los cambios climáticos a lo largo del año, en el que se presentan condiciones de frío y días muy cortos en el invierno, y temperaturas más elevadas, días largos y mayor precipitación pluvial en el verano.

Los motocles se alimentan preferencialmente de plantas verdes, que son más abundantes en la primavera y verano (Figuras 2 y 3). En total, se identificaron en los contenidos estomacales 19 especies incluidas en 11 familias (Cuadro 3). Es indudable que estas plantas constituyen la mayor parte de la alimentación. La especie que se encontró con mayor frecuencia en los estómagos fue un trébol (*Trifolium amabile*) y en el campo se observó a las ardillas comiendo sus hojas y flores.

Disponibilidad del Alimento Vegetal

Durante el muestreo de la vegetación se identificaron 19 especies de plantas herbáceas y gramíneas, siguiéndose su fenología durante un año (**fenología general**; Cuadro 3). En forma paralela se muestrearon las fases vegetativas de especies no identificadas, con el fin de tener una idea más aproximada de la disponibilidad de alimento vegetal (**fenología vegetativa**).

En la fenología general (Figura 2) se observó que el mayor porcentaje (98%) de plantas en estado vegetativo corresponde a los meses de abril y mayo. Las especies dominantes numérica y fisionómicamente durante la época de secas fueron *Potentilla candicans* y *Eryngium carlinae*, pero durante la época de lluvias también fueron abundantes otras especies.

Cuadro 3

Lista de especies de plantas anuales identificadas en la alimentación de *Spermophilus mexicanus* en una pradera de *Potentilla candicans*. Se indican los meses en los que se registró a cada especie en los cuadrantes de estudio de la fenología.

FAMILIA Especie	MESES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
CARIOPHYLLACEAE												
Arenaria sp.	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
Stellaria cuspidata	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-
COMPOSITAE												
Gnaphalium sp.	-	x	-	-	-	-	-	x	-	x	x	x
G. americanum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-
Conyza sp.	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
COMMELINACEAE												
Commelina alpestris	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
IRIDACEAE												
Sisyrinchium bracteatum	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. angustifolium	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-
LABIATAE												
Prunella vulgaris	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
LEGUMINOSAE												
Trifolium amabile	-	-	-	-	-	-	x	x	-	x	-	-
Astralagus sp.	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
PLANTAGINACEAE												
Plantago sp.	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
Plantago linearis	x	x	x	-	-	-	-	x	-	x	x	x
ROSACEAE												
Potentilla candicans	x	x	x	x	x	-	x	x	-	x	x	x
P. ranunculoides	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-
SCROPHULARIACEAE												
Peduncularis orizabae	-	-	-	x	x	-	x	x	-	-	-	-
Castilleja tenuiflora	-	-	-	x	x	-	x	x	-	-	-	-
UMBELLIFERAE												
Eringium carlinae	x	x	x	x	x	-	x	x	-	x	x	x
VIOLACEAE												
Viola humilis	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-

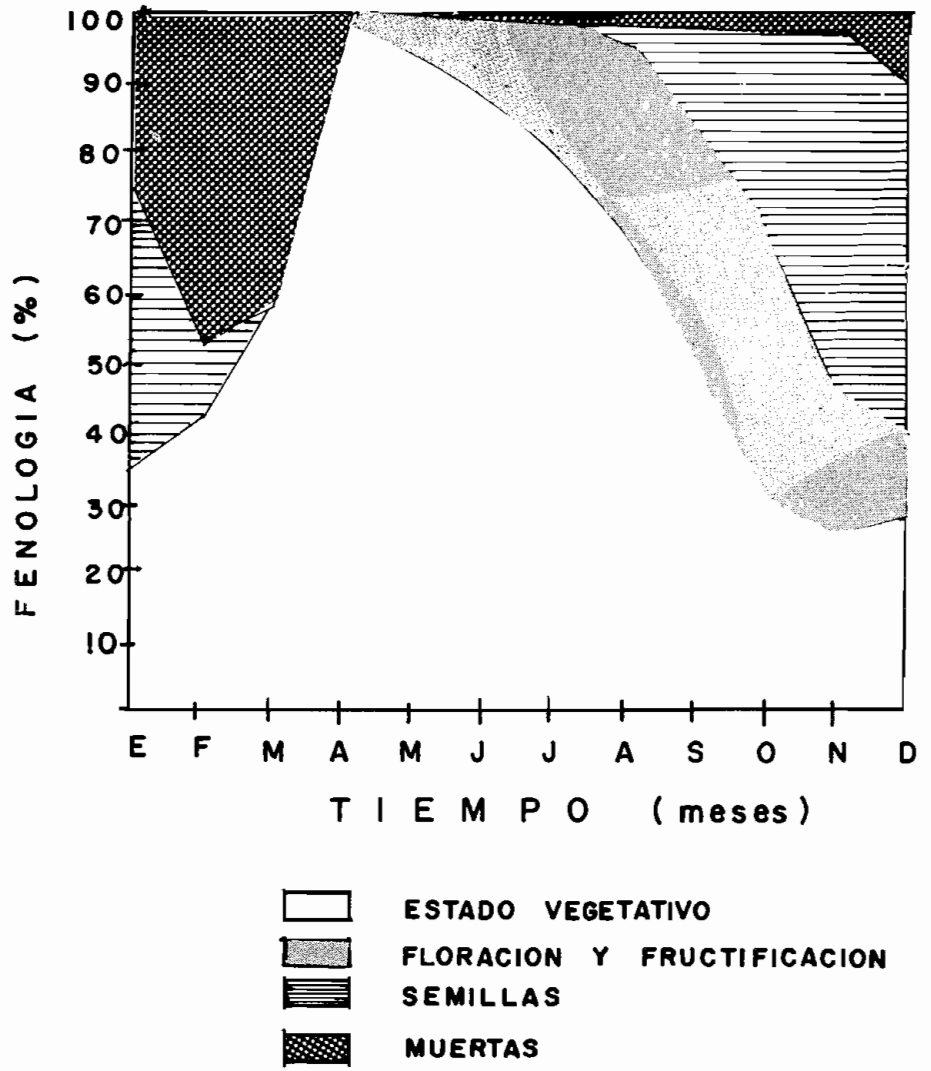


Figura 2

Fenología de 19 especies de plantas herbáceas en Zoquiapan. Nótese que entre abril y septiembre ocurrió el periodo de crecimiento y que la mayoría de las especies se encontraron en estado vegetativo, floración y fructificación.

El periodo de crecimiento de las plantas ocurre en los meses de primavera y verano, decreciendo hasta alcanzar un mínimo en los meses de invierno. Una tendencia similar pero desfasada, se presenta para la floración y fructificación en donde el mayor porcentaje (28 a 38%), ocurrió entre agosto y octubre. A finales de verano y principios de otoño, la mayoría de las plantas están terminando su ciclo de vida y un porcentaje alto (30 a 54 %) presentan semillas. Finalmente, en el invierno que es la época más fría y severa del año, todas las plantas estaban muertas, produciendo semillas o en estado vegetativo.

La fenología vegetativa mostró un incremento de plantas en crecimiento entre los meses de abril y mayo (9.1%), para alcanzar un máximo en agosto (18.4%), seguido de un rápido decremento a partir de octubre (14.9%), hasta alcanzar un mínimo en el mes de enero (3.7%; Figura 2). El índice de diversidad de especies identificadas mostró un esquema similar al de la abundancia relativa (Figura 3), en donde se observó la mayor diversidad de especies en los meses de julio a octubre, con un máximo en agosto y un mínimo para los meses de enero a mayo. De acuerdo con estos resultados, la mayor disponibilidad de alimento vegetal ocurre entre los meses de junio a octubre, con una fuerte disminución entre los meses de noviembre a marzo. Nuestros resultados sobre *S. mexicanus* concuerdan con numerosos estudios que indican que los hábitos alimentarios de la mayoría de las especies de ardillas terrestres se basan en materia vegetal, especialmente a principios de la temporada de actividad (Clark, 1968; Bintz, 1984). La dependencia de la alimentación en materia vegetal verde se debe a que las ardillas terrestres satisfacen sus requerimientos de agua principalmente con la ingestión de alimentos con un contenido alto de agua (Bintz, 1984). La ingestión de insectos y otro tipo de materia animal es oportunista, y en general aumenta conforme disminuye la disponibilidad de materia vegetal (Clark, 1968; Bintz, 1984). En Zoquiapan la materia animal en la alimentación consistió casi exclusivamente de larvas de insectos, que viven enterradas; esto sugiere que son consumidas de manera oportunista cuando las ardillas las encuentran al remover plantas o escarbar sus madrigueras. La proporción de insectos en la alimentación de los motocles no mostró

un incremento a lo largo del año tan marcado como en otros estudios (e.g., Clark, 1968); esto puede ser resultado del pequeño tamaño de la muestra o bien representar una tendencia real.

Patrones de Actividad y Reproducción

Actividad

La actividad de *S. mexicanus* en Zoquiapan se inicia aproximadamente en la segunda semana de marzo, cuando emergen los machos de la hibernación (Cuadro 4). Las hembras emergen en abril y el cortejo se inicia casi simultáneamente con su emergencia. La actividad de machos y hembras se generaliza entre abril y septiembre. Los machos adultos desaparecen para hibernar en septiembre, seguidos en octubre por las hembras; finalmente, juveniles de ambos sexos terminan su actividad a finales de noviembre (Cuadro 4).

Ciclo Reproductivo

El periodo de reproducción, incluyendo el apareamiento, la gestación y la lactancia, tiene una duración de cinco meses, de mayo a septiembre (Cuadro 5). En resumen, las hembras emergen en abril, se encuentran en estro desde la segunda mitad de mayo hasta julio, están preñadas en los meses de junio a agosto y la lactancia ocurre de junio a septiembre.

El ciclo reproductivo y los cambios en la posición de los testículos se compararon en el laboratorio y en el campo. En marzo, al momento de emerger de la hibernación, presentaron los testículos ligeramente escrotados, alcanzando su máximo desarrollo en mayo y junio (Cuadro 6). En julio empezaron a decrecer y a mediados de agosto estaban reducidos e inguinales. Matocha (1968) encontró que los machos presentan los testículos escrotados entre 4 y 6 semanas antes de tener esperma en los epidídimos. Si los individuos de Zoquiapan se comportan

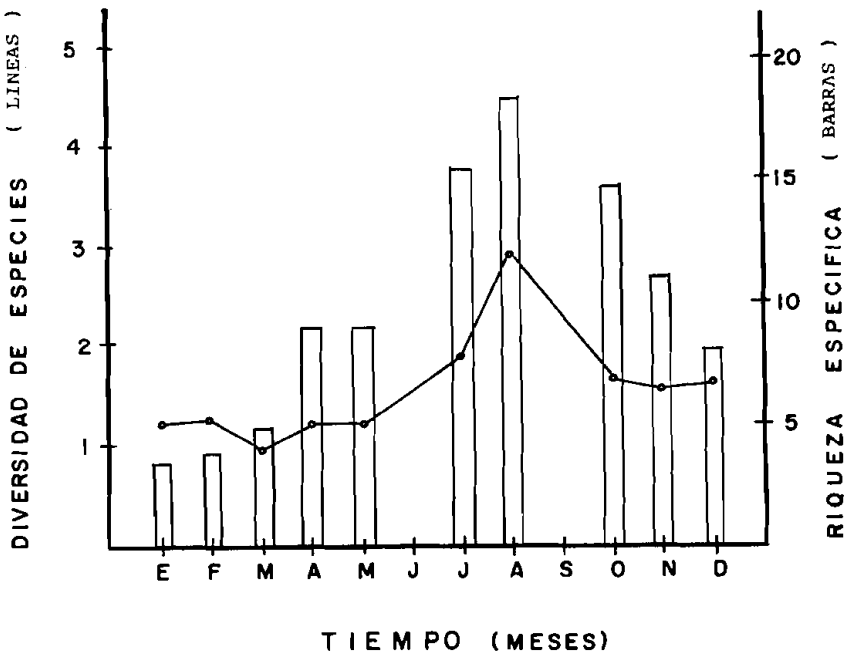


Figura 3

Diversidad (fenología general) y riqueza de especies (fenología vegetativa) en el área de estudio. La fenología general se basa en 19 especies de plantas que forman parte de la alimentación de *Spermophilus mexicanus*. La fenología vegetativa se basa en la abundancia de todas las especies de plantas herbáceas presentes en el área de estudio.

Cuadro 4

Número de individuos de *Spermophilus mexicanus* capturados mensualmente. Se omiten los meses de diciembre, enero y febrero porque los animales se encontraban hibernando. Nótense las variaciones estacionales en el número de machos, hembras y juveniles de ambos sexos, que indican diferencias en el ciclo de actividad anual de cada grupo.

MES	ADULTOS		JUVENILES	TOTAL
	MACHOS	HEMBRAS		
Marzo	8	0	0	8
Abril	2	3	0	5
Mayo	6	4	0	10
Junio	4	8	0	12
Julio	4	4	0	8
Agosto	2	6	18	26
Septiembre	2	1	14	17
Octubre	0	2	16	18
Noviembre	0	0	2	2

de manera similar, entonces estarían capacitados para reproducirse hasta principios de mayo.

Los resultados indican la presencia de un máximo en la actividad reproductiva entre junio y julio, periodo en el cual aproximadamente un 50% de las hembras examinadas tenían embriones y un 33% estaban en estro, y sugieren que las ardillas de Zoquiapan son monoéstricas estacionales. Sin embargo, esta especie se comporta como poliéstrica estacional en Texas (Matocha, 1968). Nuestras observaciones limitadas de campo en las partes bajas de la Cuenca de México concuerdan con

las observaciones de Matocha (1968) y sugieren que la especie se comporta como poliéstrica estacional.

Esta aparente contradicción entre los resultados de Zoquiapan y otras localidades probablemente indican diferencias reales en la historia de vida del motocle en localidades con diferencias marcadas en el clima, la estacionalidad climática y la disponibilidad de alimento. De hecho, la dependencia de la alimentación de *S. mexicanus* con materia vegetal sugiere que la disponibilidad vegetal y el ciclo de actividad deben estar estrechamente ligados. Las poblaciones de Zoquiapan se encuentran en un hábitat más estacional, con un clima más extremoso y un periodo de crecimiento de las plantas más restringido, por lo que su periodo de actividad es más corto; esto probablemente limita las posibilidades de las hembras de tener más de una camada al año. Estudios similares en *S. columbianus* han mostrado que tal variación intraespecífica en historias de vida, esta correlacionada con la predicibilidad ambiental y abundancia global de recursos (e.g., Neumann y Cade, 1965; Zammuto y Millar, 1985).

Cuadro 5

Condición reproductiva de hembras adultas de *Spermophilus mexicanus* capturadas en Zoquiapan. Entre noviembre y marzo no se examinaron hembras porque se encontraban hibernando.

MES	NUMERO EXAMINADO	VAGINA CERRADA	VAGINA ABIERTA	PREÑADAS	LACTANCIA
Abril	3	3	0	0	0
Mayo	4	3	1	0	0
Junio	6	1	2	3	0
Julio	4	0	1	2	1
Agosto	5	3	0	1	1
Septiembre	1	0	0	0	1
Octubre	2	2	0	0	0

El periodo de gestación no pudo ser determinado. Davis (1944) y Matocha (1968) mencionan que aproximadamente es de 28 a 30 días. El promedio de embriones en las hembras examinadas (n=5) fue de 6 por hembra, con un intervalo de 4 a 8. Matocha (1968) encontró un promedio de 6.4 embriones por hembra, con una variación de 2 a 9.

Cuadro 6

Condiciones reproductivas de individuos de *Spermophilus mexicanus* machos capturados en Zoquiapan. Nótese que entre octubre y febrero no se capturaron ejemplares porque estaban hibernando.

MES	NUMERO EXAMINADO	TESTICULOS ESCROTADOS	TESTICULOS ABDOMINALES	LONGITUD TESTICULOS (mm)
Marzo	1	1	0	10.0
Abril	2	2	0	28.0
Mayo	6	6	0	30.5
Junio	1	1	0	28.0
Julio	1	1	0	22.0
Agosto	1	0	1	0
Septiembre	2	0	2	0

Durante el estudio se observó la emergencia de 15 camadas. La emergencia de los juveniles ocurrió desde finales de julio hasta principios de octubre. La última camada que se observó emerger fue el 12 de octubre. Las camadas tuvieron un promedio de cuatro crías, con un intervalo de 3 a 6. La proporción de sexos en las crías fue de 1:1.07 ($N=27$; $X^2=0.0027$, g.l.=1, NS). Young y Jones (1982) reportan un promedio de cinco crías por camada (intervalo de 1 a 10) y Matocha (1968) uno de 5.9 crías (variación de 2 a 9).

Desarrollo

El crecimiento de los motocles en las primeras semanas es casi exponencial y alrededor de los 40 días parece acercarse a una curva de tipo logístico, patrón similar al presentado por la mayoría de los mamíferos (Figura 4). Son altricios; es decir, nacen poco desarrollados. Al nacer no presentan pelo, tienen los ojos y oídos cerrados y su coloración es rosada. A través de la piel de la cabeza se pueden observar las comisuras del cráneo poco fusionadas. A los cinco días de nacidos todavía no presentan pelo, los ojos y los oídos están cerrados y no se observan evidencias de dientes. A los 16 días se comienzan a cubrir de pelo, las extremidades y la cabeza están bien diferenciadas, los ojos continúan cerrados y en la boca se advierten los incisivos inferiores. A los 20 días el cuerpo está completamente cubierto de pelo. Abren los ojos aproximadamente a los 28 días y el destete ocurre entre esta edad y los 35 días. La longitud total a los 44 días de edad fue de 185 mm, con un incremento promedio semanal de 19.9 mm. Matocha (1968) encontró una longitud total de 197.3 mm a los 56 días con un incremento promedio semanal de 16.4 mm y un incremento semanal en el peso corporal de 7.21 g hasta los 112 días de edad. Asimismo, menciona que el retraso en las medidas corporales puede estar asociado con el tiempo de destete. De esta manera, el peso corporal y la longitud total aparentemente son buenos indicadores de la edad y del desarrollo de los jóvenes, y pueden ser una herramienta útil para determinar de manera aproximada su edad en el campo.

HISTORIA NATURAL

Madrigueras y Parásitos

Las madrigueras de los motocles son subterráneas y están formadas por galerías sinuosas y varias cámaras o nidos (Figura 5a). Las entradas son completamente planas, inconspicuas y no presentan amontonamientos

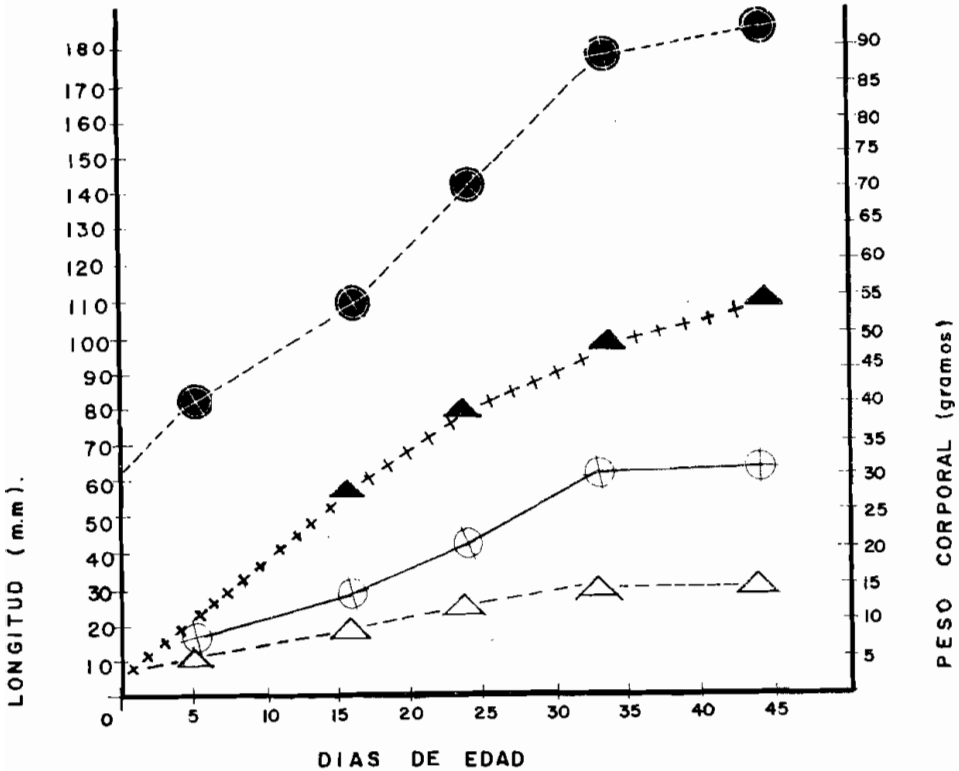


Figura 4

Desarrollo post-natal de cuatro neonatos de *Spermophilus mexicanus* en condiciones de laboratorio. En la figura se muestran los incrementos temporales en la longitud total (círculo cerrado), longitud de la cola (círculo abierto), longitud de la pata trasera (triángulo abierto) y peso (triángulo cerrado).

de tierra. Las cinco madrigueras que se excavaron para reconocer su arquitectura mostraron un patrón similar. Tienen un nido principal y de uno a tres nidos secundarios. El número de entradas varía de una a tres. La descripción detallada de una de las madrigueras (Figura 5b) es la siguiente: presentaba tres aberturas al exterior, con túneles de 6 a 8 cm de diámetro. La primera sección, de 14 cm de largo, mostraba una pendiente pronunciada de 30° y después continuaba con una inclinación más suave un tramo de 90 centímetros, hasta alcanzar 56 cm de profundidad; allí daba un giro de 45° y continuaba por una longitud de 30 cm hasta donde se encontraba un nido secundario y después, el nido principal a 53 cm de profundidad. A lo largo del túnel había prolongaciones secundarias de poca profundidad (10 a 25 cm), con depósitos de material de desecho y tierra. Los nidos principales se localizaron entre 50 y 70 cm de profundidad; los de hibernación se encontraron a una profundidad de un metro. Son esferoidales, con un diámetro de aproximadamente 30 cm y están constituidos de materia vegetal, principalmente pastos. Los secundarios son similares, pero sólo están recubiertos de pasto parcialmente y funcionan como letrinas, para la acumulación de excretas y restos de alimento (Figura 5c).

Las entradas de las madrigueras son tapadas con tierra frecuentemente. En el invierno y en la época de lluvias, los motocles tapan la entrada de las madrigueras para protegerse de la lluvia y el frío; sin embargo, durante la época de reproducción es factible que lo hagan para evitar interacciones tanto agonísticas entre las crías y los machos dominantes como de depredación, fenómeno que también se ha observado en otras especies (McLean, 1978). En todas las ardillas capturadas se encontraron pulgas (Siphonaptera: *Thrassis fotus*).

Sociabilidad y Patrones de Conducta

Los motocles son organismos poco sociables; sin embargo forman grupos en hábitats favorables, en los cuales la relación entre los machos y las hembras adultos se limita al cortejo y la cópula, sin existir cohesión

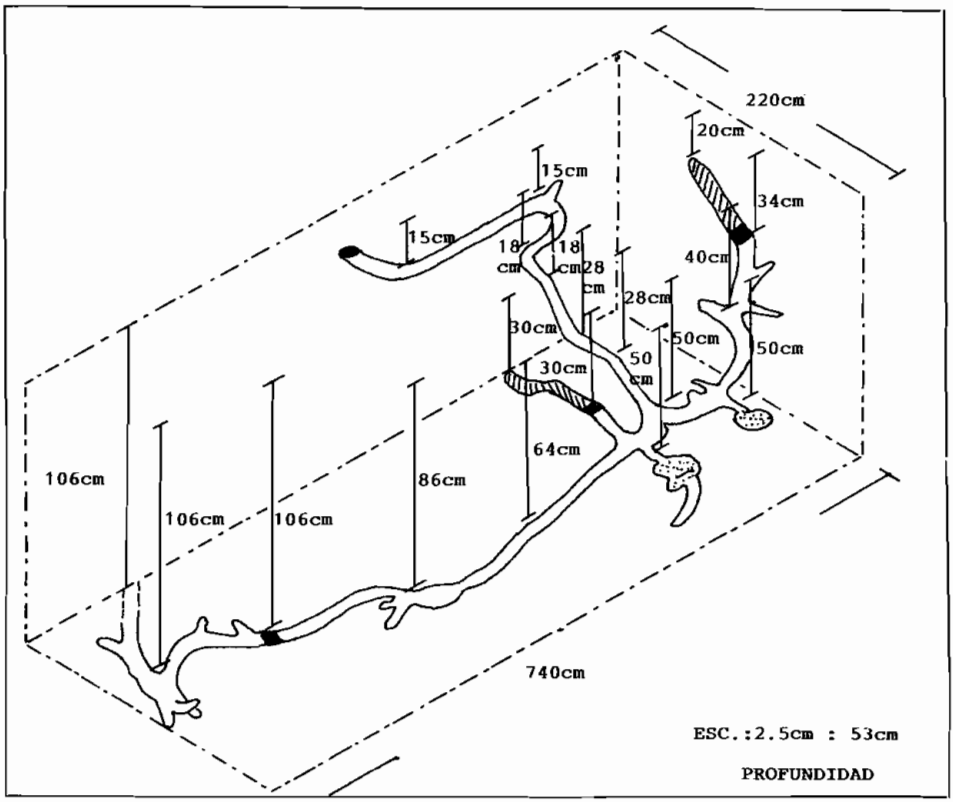


Figura 5A

Representación esquematizada de la estructura y dimensiones de madrigueras de *Spermophilus mexicanus* en Zoquiapan.

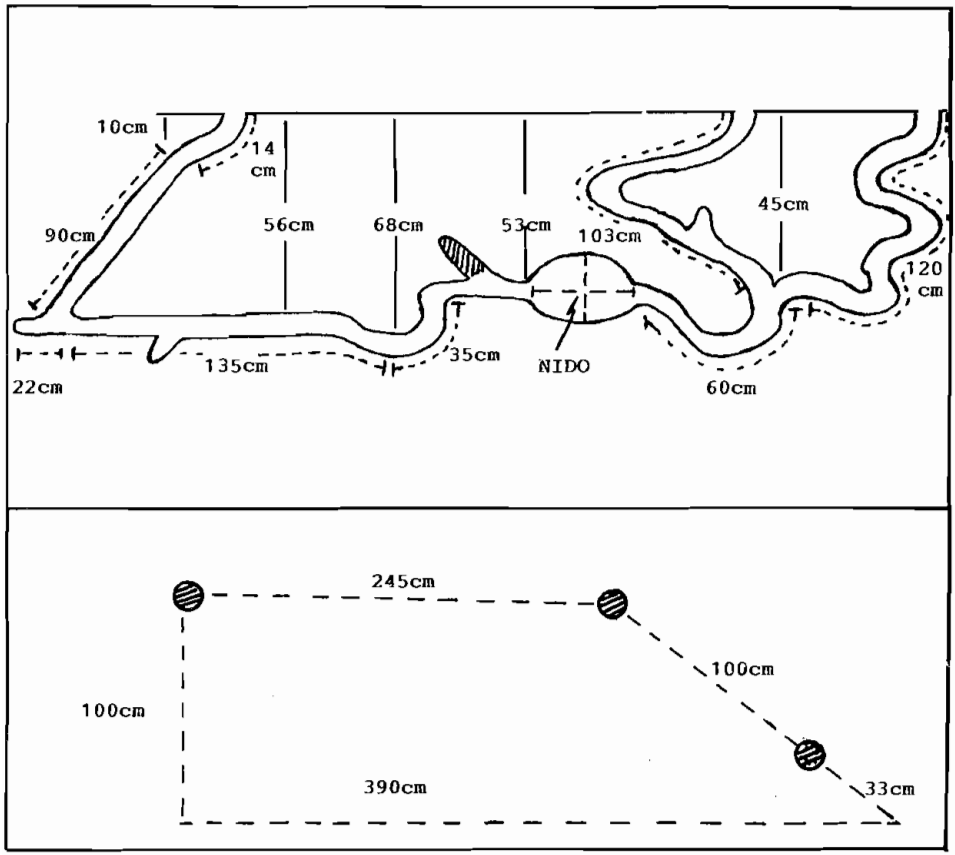


Figura 5B

Representación esquematizada de la estructura y dimensiones de madrigueras de *Spermophilus mexicanus* en Zoquiapan.

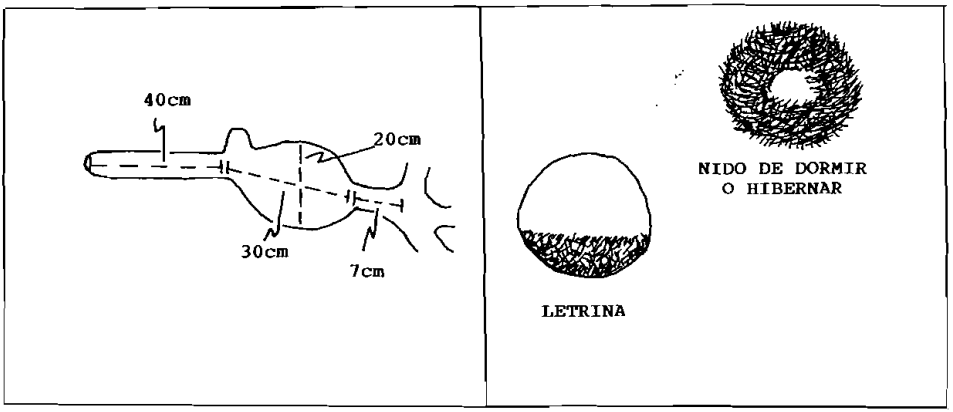


Figura 5C

Representación esquematizada de la estructura y dimensiones de Nidos de *Spermophilus mexicanus* en Zoquiapan.

entre las uniones. Las hembras permanecen unidas con las crías por espacio de dos a tres semanas después de que los jóvenes emergen del nido, periodo en el que se dispersan. Las crías de algunas de las últimas camadas permanecen juntas durante los meses de invierno; de quince camadas a las que se observó emerger, en tres casos las crías hibernaron juntas.

CONCLUSIONES

La distribución de los motocles en Zoquiapan está restringida a las praderas de tormentilla (*Potentilla candicans*). Estructuralmente, estas praderas abiertas, con predominancia de hierbas y gramíneas, son similares a los hábitats que ocupa esta especie en otras zonas semiáridas y templadas (Schmidly, 1977; Armitage, 1981; Ceballos y Galindo, 1984; Murie y Michener, 1984). Estas praderas son muy similares a las praderas alpinas donde se encuentran especies como *S. columbianus*, que tienen una distribución más norteña y hábitos comparables (Murie y Michener, 1984).

Son solitarias durante la mayor parte de su vida, con excepción de la época de apareamiento. Sin embargo, forman congregaciones numerosas en las praderas, porque la disponibilidad de hábitat apropiado para su sobrevivencia es limitada. Este tipo de agregaciones ha favorecido el desarrollo de ciertos grados de sociabilidad en otras especies y es uno de los procesos más comunes en la evolución de conductas sociales en ardillas terrestres (Armitage, 1981; Michener, 1984).

La composición de su alimentación sugiere que existe una relación estrecha con la disponibilidad de las plantas, ya que el mayor porcentaje de materia vegetal en la alimentación coincide con la época de su mayor disponibilidad. La reproducción demanda un gran gasto de energía y en en el caso de *S. mexicanus* en Zoquiapan muestran un pico que coincide con la mayor disponibilidad de alimento vegetal y la mayor temperatura media anual.

Los patrones de reproducción, sistemas de apareamiento y desarrollo post-natal de *S. mexicanus* son similares a los de otras ardillas terrestres (McCarleym, 1966; Dobson, 1984; Murie y Michener, 1984). En Zoquiapan *S. mexicanus* es monoéstrica, con un pico máximo de reproducción entre junio y julio. Matocha (1968) encontró que la especie exhibe dos picos de reproducción, uno en abril y otro en junio, en Texas. Las poblaciones de *S. mexicanus* en el Altiplano Mexicano muestran

aparentemente un período de reproducción similar al de Texas. Es interesante resaltar que el comportamiento reproductivo de las poblaciones de Zoquiapan es más parecido al de otras especies de ardillas terrestres separadas por miles de kilómetros que al de las de su especie en la Cuenca de México, separadas por 40 kilómetros. Estas diferencias en su historia de vida en diferentes latitudes y altitudes, sugieren una estrecha relación entre las condiciones climáticas, la disponibilidad de alimento y las particularidades de la historia de vida (Michener, 1984).

Finalmente, es importante mencionar que tanto un estudio morfológico detallado como estas diferencias ecológicas indican que las poblaciones de Zoquiapan son una subespecie no descrita, y apoyan la hipótesis de que estas poblaciones han estado aisladas desde el Pleistoceno. Por desgracia, la sobrevivencia a largo plazo de estas poblaciones se encuentra seriamente amenazada por la destrucción de su hábitat como resultado de actividades turísticas y ganaderas.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos hacer patente nuestro mas sincero agradecimiento al Departamento de Bosques de la Universidad Autónoma de Chapingo por permitirnos gentilmente el acceso a las instalaciones y terrenos de su Estación de Investigación de Zoquiapan. Héctor Arita, Claude Baudoin, Rurik List, Alvaro Miranda, Daniel Navarro, Jorge Nocedal y Oscar Sánchez hicieron comentarios a versiones previas de este escrito, que lo mejoraron sustancialmente. Lupita Tellez Girón ayudó con la preparación del material de colección y Santiago Zaragoza en la identificación de los insectos.

LITERATURA CITADA

Aragón, E.E. y **C. Baudoin.** 1990. Algunos aspectos reproductivos de dos especies de ardillas del género *Spermophilus* (Rodentia: Sciuridae). *Acta Zool. Mex. (ns), 36:* 1-25.

Armitage, B.K. 1981. Sociality as a life history tactic of ground squirrels. *Oecologia 48:* 36-49.

Bintz, G.L. 1984. Water balance, water stress, and the evolution of seasonal torpor in ground-dwelling sciurids. Pp. 142-165, *In: The Biology of Ground-dwelling Squirrels.* (Murie, J. O. and G. R. Michener, eds). Univ. of Nebraska Press, Nebraska. pp: 142-165.

Blanco, S., G. Ceballos, C. Galindo, M. Maass, R. Patrón, A. Pescador y **A. Suárez.** 1981. *Ecología de la Estacion Experimental Zoquiapan: descripción general, vegetación y fauna.* (Cuadernos Universitarios No. 12). Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Bradley, G.W. 1968. Food habits of the antelope ground squirrel in southern Nevada. *J. Mamm. 49:* 14-21.

Ceballos, G. y **C. Galindo.** 1984. *Mamíferos silvestres de la cuenca de México.* Editorial Limusa, México, D.F.

Clark, T.W. 1968. Food uses of the Richardson ground squirrel (*Spermophilus richardsoni*) in the Laramie Basin of Wyoming. *Southwestern Nat. 13:* 248-249.

Davis, B.W. 1944. Notes on Mexican Mammals. *J. Mamm. 25:* 370-402.

DeBlase, A. y R.E. Martin. 1981. *A manual of mammalogy.* W. M. C. Brown Comp. Publ. Iowa.

Dobson, F.S. 1984. Environmental influences on Sciurid mating systems. *In*: Murie, O. V. y G. R. Michener, (eds). *The Biology of Ground Dwelling Squirrels.* Univ. of Nebraska Press, Lincoln. pp 229-249.

Edwards, L.R. 1946. Some notes on the history of the Mexican ground squirrel in Texas. *J. Mamm. 27:* 105-115

Eisenberg, J.F. 1981. *The Mammalian Radiations.* The University of Chicago Press, Chicago.

García, E. 1973. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen.* Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Hall, E.R. 1981. *The mammals of North America* (2a ed.) Wiley-Interscience, N.Y.

Howell, A.H. 1938. Revision of the North American ground squirrels, with a classification of North American Sciuridae. *N. Amer. Fauna 56:* 1-256.

Knoof, F.L. y **D.F. Balph.** 1987. Annual periodicity of Uinta ground squirrels. *Southwestern Nat. 23:* 213-224.

Matocha, K. 1968. *A study of certain aspects of the reproduction, growth and development of the Mexican ground squirrel (Citellus mexicanus) in the Southern Texas.* Tesis de Maestría, Texas A & M University, Kingsville, Texas.

McCarley, H. 1966. Annual cycle, population dynamics and adaptative behavior of *Citellus tridecemlineatus. J. Mamm. 47:* 294-315.

McLean, I.G. 1978. Plugging of nest burrows by female *Spermophilus columbianus. J. Mamm. 59:* 437-439.

Michener, G.R. 1984. Age, sex and species differences in the annual cycles of Ground-Dwelling Sciurids: Implications for Sociality. pp 81-107, *In:* Murie, O.V. y G. R. Michener, (eds). The biology of ground dwelling squirrels Univ. of Nebraska Press, Nebraska.

Millán, N.A. 1988. *Ciclo de actividad y comportamiento de dos especies de ardillas del desierto (Spermophilus spilosoma y S. mexicanus) en Mapimí, Durango.* Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Murie, O.V. y **G.R. Michener** (Eds). 1984. *The Biology of Ground Dwelling Squirrels.* Univ. of Nebraska Press, Nebraska.

Neumann R.L. y **J.T. CADE.** 1965. Torpidity in the Mexican ground squirrel, *Citellus mexicanus parvidens* (Mearns). *Can. J. Zool. 43:* 133-140.

Pengelley E.T. y **K.H. Kelly.** 1966. A circannian rhythm in hibernating species of the genus *Citellus* with observations on their physiological evolution. *Comp. Biochem. Physiol. 19:* 603- 617.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México.* Edit. Limusa, México.

Schmidly, D.J. 1977. *The Mammals of Trans-Pecos, Texas.* Texas A. & M. Univ. Press, College Station.

Valdez, M. 1988. *Patrones de actividad, alimentación y reproducción de la ardilla de tierra (Spermophilus mexicanus) en el Parque Nacional Zoquiapan y Anexas.* Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, México, D.F.

Young, J.C. y **J.K. Jones,** Jr. 1982. *Spermophilus mexicanus. Mamm. Species 164:* 1-4.

Zammuto, N. R. y J. S. Millar. 1985. Enviromental predictability, variability and *Spermophilus columbianus* life history over an elevational gradient. *Ecology 66:* 1784-1794.

Zar, J.H. 1984. *Biostatistical Analysis.* Prentice Hall, New York.