

# PATRONES DE HIBERNACIÓN DE ARDILLAS DE TIERRA (*SPERMOPHILUS MEXICANUS* Y *S. PEROTENSIS*) EN EL CENTRO DE MÉXICO

MANUEL VALDEZ<sup>1</sup> Y GERARDO CEBALLOS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidos para la Conservación, A. C. y Agrupación Sierra Madre S. C.

<sup>2</sup>Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 70-275, México D.F. 04510. e-mail: gceballo@miranda.ecologia.unam.mx

## INTRODUCCIÓN

Muchas especies de ardillas terrestres de regiones templadas húmedas y áridas presentan periodos de inactividad, denominados aestivación o hibernación, generalmente asociados a la disponibilidad de alimento y condiciones climáticas (Murie y Michenier, 1984). La hibernación es comúnmente asociada con las bajas temperaturas del invierno y la estivación ocurre a temperaturas elevadas y está asociada con la prolongada sequía del verano (Lyman, 1982).

La hibernación es un estado fisiológico que se caracteriza por un periodo de letargo de varios meses. El letargo no es continuo ya que muestra periodos de sopor y actividad cortos que van de unas horas hasta tres días. Los hibernadores especializados son aquellos que mantienen su temperatura corporal por debajo de su temperatura basal y sobreviven con base a sus reservas de grasa; sus periodos de letargo duran entre hasta una semana en forma continua, y cuando despiertan no elevan su temperatura corporal a la que presentan cuando están normalmente activas (Neumann y Cade, 1965; Pengelley y Kelly, 1966)

Los patrones del ciclo anual en las ardillas terrestres que hibernan se caracterizan por una serie de eventos estacionales bien definidos, que incluyen a la emergencia de la hibernación, época de reproducción, preparación para la hibernación e hibernación (Dobson, 1984; McCarley, 1966; Morrison, 1960; Murie y Michenier, 1984). A pesar de que existe un cúmulo de información sobre los patrones de hibernación de las ardillas terrestres del Norteamérica, se desconoce el comportamiento de las especies que habitan en México, donde las condiciones climáticas de invierno no alcanzan las temperaturas de latitudes más norteñas. *Spermophilus perotensis* y *S. mexicanus* son dos especies de ardillas terrestres que habitan en el Eje Neovolcánico Transversal, en lugares que presentan inviernos fríos, con poca disponibilidad de alimento, y en donde se ha demostrado que no presentan actividad en el invierno (Aragon, 1988; Valdez y Ceballos, 1991, 1997). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar los patrones y condiciones fisiológicas (i.e. temperatura corporal y peso) de hibernación en estas dos especies.

## MÉTODO

La ardilla de Perote (*S. perotensis*) es una especie endémica de México, cuya distribución está restringida a la zona árida del Valle del Oriental, entre los estados de Puebla y Veracruz, al oriente del Eje Neovolcánico Transversal y a una altitud de 2400 a los 2700 msnm (Ceballos y Best, 1995; Davis, 1944; Valdez y Ceballos, 1997). El clima está clasificado como semiárido de acuerdo a Koeppen BS (Kw'' (w) (i)g, (García, 1973), con una precipitación anual promedio de 369.7 mm entre junio y septiembre y una temperatura media anual de 14.7 °C y una mínima de 2 a -10 °C en el mes de enero.

Por otro lado, el motocle (*S. mexicanus*) tiene una distribución disyunta en el Altiplano Mexicano, con una población lo largo de la base boreal de la cordillera Neovolcánica. Las poblaciones localizadas en el Parque Nacional Zoquiapan y Anexas, entre los límites de los Estados de México y Puebla, son probablemente poblaciones relicto aisladas desde el Plesitoceno (Valdez y Ceballos, 1991). Se encuentran a una altitud entre los 2900 y los 3500 m entre praderas intermontanas con vegetación dominada por tormentilla (*Potentilla candicans*), gramíneas bajas o estoloníferas y plantas herbáceas rastreras (e. g. *Agrostis toluensis*, *Potentilla pratensis*), generalmente rodeadas por bosques de pino (*Pinus* spp.) y oyamel (*Abies religiosa*, Valdez, 1988). El clima de Zoquiapan es templado, sub-húmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 13 °C y la del mes más frío esta entre los 15 y los 3 °C. La precipitación anual varía entre los 1000 y 1200 mm (García, 1973).

Los patrones de actividad se llevaron a cabo por medio de censos de ardillas activas en un cuadro de aproximadamente 3.6 ha en Zoquiapan y Perote. Los censos se llevaron a cabo dos días cada mes, de 7 de la mañana a 7 de la tarde, contándose las ardillas activas por espacio de 10 minutos cada media hora. En Zoquiapan se midió la temperatura del aire y la temperatura del suelo.

Para la evaluación de las condiciones de hibernación se colectaron tres ejemplares de *S. mexicanus* en Zoquiapan, Estado de México y dos de *S. perotensis* en los llanos de Perote, Veracruz. Estas ardillas se mantuvieron en cautiverio durante un periodo de 8 meses de septiembre a abril, con el propósito de cubrir el tiempo de entrada y salida del periodo de hibernación que ambas especies presentan en condiciones naturales y que va de noviembre a principios de marzo.

Los ejemplares fueron mantenidos en cajas individuales, se les proporcionó agua alimento en cantidades similares. El alimento consistió en semillas de girasol, cacahuates, elote, brócoli, zanahoria particularmente y se complementó con larvas de tenebriónidos. Las condiciones de temperatura ambiental no fueron manipuladas, se tomaron los promedios de temperatura ambiente para la ciudad de México durante los meses de noviembre a marzo, cubriendo el periodo de hibernación. La temperatura mínima fue de -2 °C y la máxima 18 °C, con un promedio de 14 °C para este periodo. Las condiciones de luz fueron las variaciones naturales del día y la noche.

Las ardillas fueron pesadas y medidas desde su captura hasta el final del periodo de hibernación. Fueron capturadas cuatro meses previos a la hibernación para evitar que el estrés causado por la captura interfiriera con los patrones de hibernación. Durante el letargo se registró la temperatura y el peso corporal. La temperatura corporal fue tomada con un termómetro introducido en el recto. Se trató que las ardillas fueran manipuladas lo menos posible y se colocaban nuevamente en el interior de sus cajas nido para no interrumpir el letargo. El cambio en el aumento y disminución del peso corporal se comparó con el de ardillas capturadas en condiciones naturales y en diferentes meses del año.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El motocle (*S. mexicanus*) exhibió fue activo de mediados de marzo a mediados de noviembre, presentando un periodo de letargo en el invierno, que comprendió casi cuatro meses (Cuadro 1; Figura 1). Los juveniles del año fueron los últimos en entrar el letargo, a mediados de noviembre, y las hembras las últimas de salir del letargo a mediados de marzo.

El periodo de inactividad fue semejante tanto en ardillas en cautiverio como en estado silvestre. Las observaciones en cautiverio indicaron que el letargo se caracterizó por una acumulación de reservas de grasa (prehibernación) y la disminución de la temperatura corporal. El peso corporal exhibió una variación estacional de aumento y descenso. Esta fluctuación anual se observó tanto en ardillas en cautiverio como en el campo. El peso máximo en cautiverio fue de entre 306 a 322 g al comienzo del letargo y el mínimo de 254 a 256 g al término de la hibernación (Cuadro 2). Las ardillas en el campo mostraron un comportamiento similar, y los machos adultos exhibieron un peso corporal arriba de 300 g en el mes de septiembre.

La temperatura corporal normal del motocle fue de 30 a 37° C. Las ardillas se aletargaron a una temperatura corporal de 15 a 17° C. El letargo de tres motocles en cautiverio mostró características comunes como reducción de su temperatura y pérdida de peso corporal, pero diferente grado de sensibilidad individual a los estímulos externos. Durante el letargo ningún ejemplar consumió alimento, aunque este estuvo disponible todo el tiempo, y sobrevivieron a base de sus reservas de grasa, con una pérdida de peso promedio de 0.04g/día (Cuadro 2). En el letargo se observaron tres fases, caracterizadas por la disminución en el peso y temperatura corporal. En la primera fase, que tuvo una duración de 15 días, hubo una pérdida de peso corporal de 0.88 g/día. En la segunda fase, de 66 días, solo se perdieron 0.47 g/día y en la última de 21 días perdieron 1.1 g/día. La temperatura corporal vario muy poco manteniéndose en un promedio de 16.2° C, con un intervalo de 15 a 17° C; es decir, 15° C abajo de su temperatura corporal normal.

La hembra mostró un comportamiento de letargo más irregular, alcanzando solo 251 g de peso corporal antes de la entrada a la hibernación (Cuadro 2). Es posible que esta hembra no alcanzara un mayor peso corporal debido a que mantenía a cuatro juveniles de su camada. Esta condición se manifestó en una pérdida de peso corporal de 66 g en el mes de septiembre. La hembra fue colocada entonces en una caja individual, e incrementó su peso corporal hasta 251 g a finales de noviembre. Al inicio del letargo (17 días) mantuvo su temperatura corporal entre los 32 y 33° C, sin aletargarse, pero disminuyendo su actividad y su apetito. El peso corporal prácticamente se mantuvo en 251 g. En el segundo periodo de 42 días, se acentuó la pérdida de apetito, quizás como consecuencia de una disminución de la temperatura corporal, entre 27 y 28° C, que la mantuvo en un estado de somnolencia o sopor. En este periodo la pérdida de peso corporal se incrementó hasta 0.97 g/día. Finalmente disminuyendo su temperatura corporal hasta los 15 y 17° C y en esta última fase solo perdió de 0.2 a 0.4 g/día de su peso corporal.

El patrón de actividad anual de *S. perotensis* fue muy similar al de *S. mexicanus* (Figura 1 y 2). Estas ardillas fueron activas de principios de marzo a mediados de noviembre, presentando un periodo de letargo en el invierno, que comprendió casi cuatro meses (Figura 2). Los juveniles del año fueron los últimos en entrar al letargo, a mediados de noviembre, y las hembras las últimas de salir del letargo a mediados de marzo.

Durante el periodo de hibernación la hembra mostró un comportamiento de letargo de diciembre a marzo. A principios de diciembre se mantuvo activa e incrementó su peso corporal de 210 a 240 g para finales de este mismo mes. En enero, mostró periodos breves de letargo de unas horas hasta uno o dos días, con un promedio de temperatura corporal de 20.5 °C (20 a 21°C), y una pérdida de peso corporal de 10 g en diez días (1g/día; Cuadro 3). Después de esto, le siguió un periodo de actividad consumiendo un poco de alimento e incrementó su peso corporal de nuevo. En febrero el letargo fue más prolongado con una temperatura corporal promedio de 20.5 °C (19 a 23 °C) y una pérdida de peso corporal de 20 g (220 a 240 g) es decir 0.7 g/día (Figura 3). Durante el letargo mostró poca variación en su peso corporal, manteniéndose entre los 210 y 240 g, con una temperatura promedio de 20.5° C, sin alcanzar nunca un sueño profundo y consumiendo alimento durante sus periodos de actividad.

En resumen, el ciclo anual de *S. mexicanus* y *S. perotensis* en el Eje Neovolcánico Transversal sigue un patrón de actividad semejante al de poblaciones o especies del mismo género que habitan en zonas templadas de latitudes más norteadas (Neuman y Cade, 1965; Wade, 1930). El ciclo anual de estas dos especies se caracteriza por una serie de eventos secuenciales predecibles (e.g. emergencia de la hibernación, apareamiento) en un periodo de actividad entre 8 y 9 meses, y en el que la entrada a la hibernación difiere entre los sexos y las edades (Best y Ceballos, 1995; Valdéz, 1988).

Cuadro 1. Patrones de actividad de *Spermophilus mexicanus* en el Parque Nacional Zoquiapan y Anexas, Estado de México. La temperatura del aire y suelo representa el promedio durante el periodo de observaciones diurno.

Mes	Individuos Observados	Promedio Ind/hora	Temperatura (°C)	
			Aire	Suelo
Enero	0	0	13.4	8.9
Febrero	0	0	14.7	10.5
Marzo	1	1	17.3	12.2
Abril	206	6.5	18.7	12.0
Mayo	323	14.0	15.7	9.9
Junio	199	8.8	14.9	11.9
Julio	350	10.6	15.6	11.5
Agosto	613	13.9	15.8	12.5
Septiembre	313	13.3	16.6	12.0
Octubre	341	9.4	13.6	9.0
Noviembre	101	3.6	14.7	8.6
Diciembre	0	0	14.1	8.0

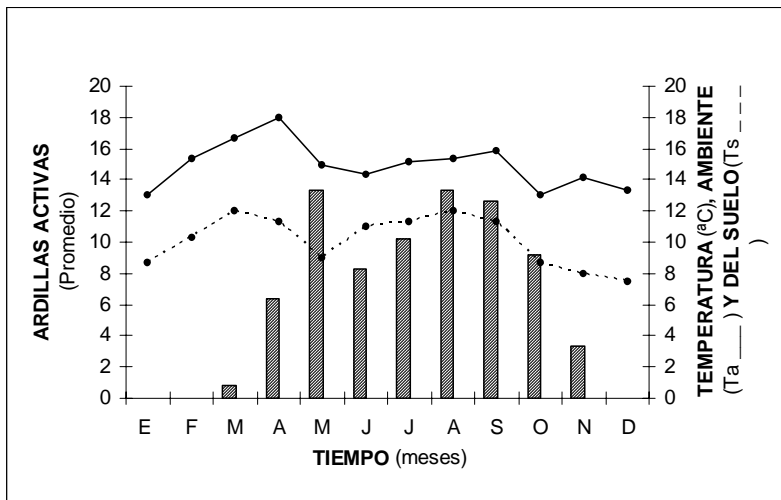


Figura 1. Patrones de actividad de *Spermophilus mexicanus* en el Parque Nacional Zoquiapan y Anexas, Estado de México. Nótese la ausencia de actividad en el periodo de hibernación de finales de noviembre a principios de marzo.

Es notable que todos los ejemplares de *S. mexicanus* mostraron un letargo profundo, mientras que la hembra de *S. perotensis* fue un hibernador menos estricto, que mostró menos variaciones en su peso corporal y temperatura, además de consumir alimento durante los periodos de actividad y letargo. Sin embargo se tendrán que realizar estudios bajo condiciones controladas para determinar si existen diferencias en estos patrones de hibernación entre ambas especies.

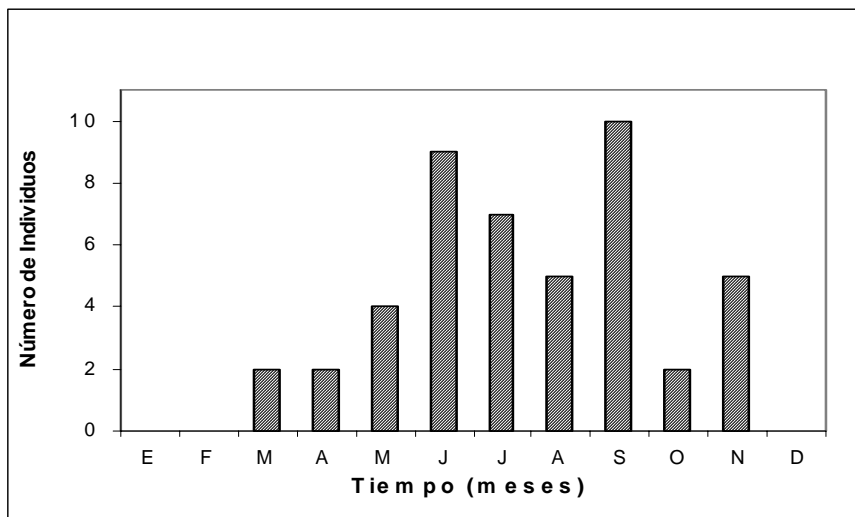


Figura 2. Patrón de actividad de *Spermophilus perotensis* en Perote, Veracruz. Nótese la ausencia de actividad en el periodo de hibernación de finales de noviembre a febrero.

Cuadro 2. Cambios en la temperatura y el peso corporal de un macho y una hembra de *S. mexicanus* durante el periodo de hibernación en cautiverio.

Macho adulto						
Tiempo en días	Temperatura Corporal (°C)	Peso corporal (gr)	Pérdida total de peso (gr)	Pérdida de peso en (g/día)		
1	17	322	0.0	0.0	Letargo	
17	16	307	15	0.88	Letargo	
36	17	398	9.0	0.47	Letargo	
84	15	277.5	20.5	0.42	Letargo	
105	35	254.2	23.3	1.42	Activo	
124	36	249.0	5.2	0.27	Activo	
Hembra Adulta						
Tiempo en días	Temperatura Corporal (°C)	Peso corporal (gr)	Pérdida total de peso (gr)	Pérdida de peso en (g/día)		
1	33	251.5	0.0	0.00	Activa	
17	32	252.2	0.5	0.00	Activa	
36	27	244.8	8.2	0.43	Letargo	
59	28	222.4	22.4	0.97	Letargo	
84	15	217.2	5.2	0.20	Letargo	
105	17	207.0	10.2	0.48	Letargo	

Cuadro 3. Comportamiento de letargo de una hembra de *S. perotensis* durante el periodo de invierno del 3 de diciembre de 1990 a marzo de 1991, mostrando la variación de temperatura y peso corporal en los estadios de letargo o actividad.

Días	Temperatura Corporal (°C)	Peso Corporal (G)	Observación
1	36	210	Activa
22	36	240	Activa
32	21	240	Letargo
42	20	235	Letargo
44	30	230	Activa
51	33	240	Activa
58	23	230	Letargo
61	21	225	Letargo
72	19	220	Letargo
79	19	220	Letargo
90	34	226	Activa
97	35	240	Activa

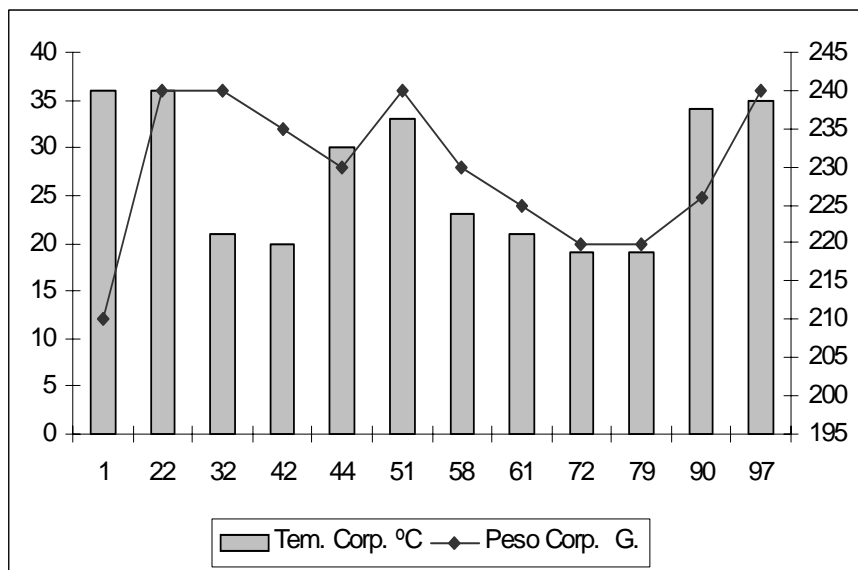


Figura 3. Cambios en el peso y temperatura corporal de una hembra de *S. perotensis* en cautiverio durante el periodo de 97 días de hibernación. Las barras indican los cambios en la temperatura corporal en (°C.) y la línea la pérdida de peso (g.) durante los periodo de letargo.



## LITERATURA

- Aréchiga, H. 1976. La problemática de los ritmos circádicos. *Biól. Estud. Med. Biól.* México, 29: 1-17 pp.
- Bartholomew A. G. and J. W. Hudson. 1961. *Desert Ground Squirrels*, en: *Vertebrate Adaptations. 1968. Scientific American*. W.H. Freeman and Company. San Francisco California
- Bets, T. L. y G. Ceballos. 1995. *Spermophilus perotensis*. Mammalian Species, 507:1-3.
- Dobson, F. S. 1984. Environmental influences on Sciurid mating systems. Pp. 229 –249, en: *The Biology of Ground Dwelling Squirrels*. (O. V. Murie y G. R. Michener, eds). University of Nebraska Press, Lincoln.
- Garca, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de koeppen*. Instituto de Geografía, UNAM., México.
- Hall, E. R. 1981. *The Mammals of North America* (2° ed.) Wiley Interscience, N. Y. 1:447-450.
- Howel, A. H. 1938. Revision of the North American ground squirrels, with a classification of the North American Sciuridae. *North American Fauna*, 56:1-256.
- Lyman, Ch. P. 1982. Hibernation and torpor in Mammals and Birds. *Physiological Ecology*. Texas and Treatises Academic Press. New York.
- McCarley, 1966. Annual cycle, population dynamics and adaptative behavior of *Citellus tridecemlineatus*. *Journal of Mammalogy*, 47:294-315.
- Morrison, P. 1960. Some interrelations between weight and hibernation function. *Bulletin Museum Comp Zoology*, 124:75-89
- Murie O. V. y G. R. Michener. 1984. *The Biology of Ground Dwelling Squirrels*. University of Nebraska Press, Lincoln.
- Neumann, R. L. y J. T. Cade. 1965. Torpidity in the Mexican ground squirrel, *Citellus mexicanus parvidens* (Mearns). *Canadian Journal Zoology*, 43:133-140
- Pengelly 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.
- 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.
- Valdez, M. y G. Ceballos. 1991. Historia Natural, Alimentación y Reproducción de la Ardilla Terrestre (*Spermophilus mexicanus*) en una Pradera Inter. Montana. *Acta Zoológica Mexicana* (Nueva Serie), 43:1-31.
- Valdez M. y G. Ceballos, 1997. Conservation of endemic mammals of Mexico: The Perote Ground Squirrel (*Spermophilus perotensis*). *Journal of Mammalogy*, 78(1): 74-82.
- Wade, O. 1930. The behavior of certain *Spermophilus* with special reference to aestivation and hibernation. *Journal of Mammalogy*, 11:160-188.