

Roedores y riesgo agrícola. El modelado del nicho ecológico como herramienta de predicción

Víctor Sánchez-Cordero
Gabriel Gutiérrez-Granados
Ángel Rodríguez-Moreno
José Juan Flores-Martínez



PAPIME- PE216219

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Roedores y riesgo agrícola. El modelado del nicho ecológico como herramienta de predicción



Víctor Sánchez-Cordero
Gabriel Gutiérrez-Granados
Ángel Rodríguez-Moreno
José Juan Flores-Martínez



Esta contribución es resultado del
proyecto **PAPIME PE216219**



F E S
ZARAGOZA

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza



Dr. Vicente Jesús Hernández Abad
Director

Dra. Mirna García Méndez
Secretaría General

Dr. José Luis Alfredo Mora Guevara
Secretario de Desarrollo Académico

CD. Yolanda Lucina Gómez Gutiérrez
Secretaria de Desarrollo Estudiantil

Mtro. Luis Alberto Huerta López
Secretario Administrativo

Dra. María Susana González Velázquez
**Jefa de la División de Planeación
Institucional**

Dra. Rosalva Rangel Corona
Jefa de la División de Vinculación

Dr. David Nahum Espinosa Organista
**Jefe de la División de Estudios de
Posgrado e Investigación**

Datos para catalogación bibliográfica

Autores:

Victor Sánchez-Cordero	Instituto de Biología UNAM.
Gabriel Gutiérrez-Granados	Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza, UNAM.
Ángel Rodríguez-Moreno	Instituto de Biología UNAM.
José Juan Flores-Martínez	Instituto de Biología UNAM.

Roedores y riesgo agrícola.

El modelado del nicho ecológico como herramienta de predicción.

UNAM, FES Zaragoza, mayo de 2022.

Peso: 2.9 MB.

ISBN: 978-607-30-6020-2.

Diseño editorial:

Carmen Gutiérrez Cornejo
Brenda Teresa Alvarado Mijangos
Montserrat Fernández Flores

Ilustradores:

Carlos Ortega Contreras	Isabel Ameyali Hernández Lira
Carmen Gutiérrez Cornejo	Vania Carolina Yvette Lecuona Silva
Brenda Teresa Alvarado Mijangos	Alma Paulina Mondragón Díaz
Daniela Adriana Cafaggi Lemus	Roberto Carlos Orozpe Sánchez
Montserrat Fernández Flores	Lizeth Velázquez Hernández
Mariana Gómez Lavastida	Roberto Iván Gurrusquieta Quezada
José Roberto Hernández Hernández	Francisco Javier Castillo Mestas

Esta contribución es resultado del proyecto PAPIIME PE216219

DERECHOS RESERVADOS

Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del texto o las ilustraciones de la presente obra bajo cualesquiera formas, electrónicas o mecánicas, incluyendo fotocopiado, almacenamiento en algún sistema de recuperación de información, dispositivo de memoria digital o grabado sin el consentimiento previo y por escrito del editor.

Roedores y riesgo agrícola.

El modelado del nicho ecológico como herramienta de predicción.

D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México
Av. Universidad # 3000, Col. Universidad Nacional Autónoma de México, C.U.,
Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, México.

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza
Av. Guelatao # 66, Col. Ejército de Oriente,
Alcaldía Iztapalapa, C.P. 09230, Ciudad de México, México.

Contenido

PROLOGO	4
CAPÍTULO 1 Desarrollo de plagas de roedores y las plantas	6
CAPÍTULO 2 Distribución geográfica de los roedores plaga en México y riesgo agrícola	23
CAPÍTULO 3 Principales géneros de roedores de importancia fitosanitaria en México	33
CAPÍTULO 4 Manejo integrado de plagas: una propuesta	49
Literatura consultada	64
Anexo 1	87
Anexo 2	90
Anexo 3	118
Anexo 4	137
Indice temático	149



Prólogo

Hace poco más de 20 años, Krebs (1999) propuso que, para conocer y manejar el problema de las plagas por roedores, era necesario comenzar a hacer trabajos de investigación a escalas más amplias, que el de solamente enfocarse a los estudios poblacionales. En este libro abordamos esta línea de investigación, aprovechando el desarrollo de los sistemas de computo y de algoritmos para modelar la distribución de las especies, con base en las características de su nicho ecológico, en particular, del espacio ambiental en el que habitan. En las diferentes secciones del libro proponemos, bajo el esquema del manejo integrado de plagas, estrategias que permiten estudiar, desde las poblaciones en parcelas hasta el paisaje, con el fin realizar un manejo integral de los roedores plaga. Como complemento a esta propuesta, presentamos un conjunto de especies de roedores que, por sus características ecológicas, son o pueden ser plagas de cultivos con importancia económica en México. El Dr. Charles J. Krebs menciona en la publicación referida que “es tiempo de dejar de pensar en que el control de plagas de roedores se da solamente matándolos”. En este libro describimos los métodos clásicos para el control de plagas y, proponemos, un esquema de manejo adaptativo e integral para el manejo de los roedores en cultivos. En la sección final del libro, damos una breve descripción de las especies de roedores incluidas en el texto, con el objetivo de que los estudiantes y profesionales interesados en este tema, tengan una referencia rápida de las especies que, potencialmente, podrán documentar.

Los autores

Krebs, C. J. (1999). Current paradigms of rodent population dynamics—what are we missing. Ecologically-based management of rodent pests, 33-48

Capítulo 1

Desarrollo de plagas de roedores y las plantas

El incremento de la población humana es el desafío más importante que tiene ante sí el futuro de la agricultura. Cuando la población era menor y los recursos abundantes, la integridad de los ecosistemas no se veía afectada por las actividades agrícolas. A medida que la población crece, se ve obligada a hacerlo por encima de límites razonablemente sostenibles, lo que conlleva a la diversificación de los sistemas de producción y del control y manejo integrado de plagas (Powers y McSorley 2001; Kass y Outwater 2003; Alberti y Marzluff 2004; Gomez *et al.* 2008; Cavia *et al.* 2009), en este caso específico de plagas de roedores.

Por su habilidad de consumir parte de la productividad agrícola además del papel que tienen en la diseminación de enfermedades en la población humana, los roedores son regularmente vistos como un factor negativo tanto en sistemas naturales como en sistemas modificados, como son las áreas de cultivo (Dickman 1999; Hussain *et al.* 2003; Bonectker *et al.* 2009; Cavia *et al.* 2009).

La estructura de una población de roedores es reflejo de la variación temporal y espacial del ambiente. Esto debido a que los individuos responden a la composición de los elementos del hábitat disponibles en cada temporada a lo largo del año, lo que determinará la selección de microsítios donde los roedores desempeñaran sus diferentes actividades (Kelt *et al.* 1999). Además, el

uso del hábitat por los organismos tiene un significado adaptativo, como una característica sobre la cual la selección natural va a actuar y entonces adquirir un significado demográfico como un determinante de la estructura de una población (Schoener 1974; Panti-May *et al.* 2012; Poindexter *et al.* 2012).

La selección de un sitio (tamaño y calidad) para el desempeño óptimo de cada especie de roedor es determinada por diferentes factores, como pueden ser el refugio y la disponibilidad de alimento (Ostfeld 1985). La repartición en el uso de los recursos es uno de los principales mecanismos de coexistencia de las especies (Schoener 1974). Es decir, la separación de las especies a lo largo de los ejes de un nicho ecológico, que usualmente involucran hábitat, comida y tiempo, tiene como resultado un decremento en el grado de solapamiento del uso de los recursos y por lo tanto una menor competencia interespecífica. En este sentido, no sólo la disponibilidad de alimento afectará la dinámica poblacional de los roedores, también la disponibilidad de diferentes elementos del hábitat para la construcción de sitios donde pasar momentos de inactividad (*v.gr.*, gestación o hibernación) y/o de refugio contra depredadores será determinante (Seamon y Adler 1999; Baker y Patterson 2010).

Los roedores pequeños (< 250 g) generalmente presentan fluctuaciones cíclicas en sus densidades poblacionales (Fig. 1.1). Estas fluctuaciones han sido ampliamente estudiadas, sobre todo en poblaciones de roedores que habitan zonas templadas y frías del planeta (Krebs *et al.* 1969; 2002), y con menos intensidad en el trópico (Adler 1998). Se han documentado diversos mecanismos que, de manera natural, determinan las diferentes partes del ciclo poblacional. Elementos tales como: la disponibilidad de alimento, enemigos naturales, clima y algunos otros intrínsecos a la población como son la disponibilidad de pareja, territorialismo y natalidad y mortalidad han sido evaluados tanto en modelos como empíricamente (Galindo y Krebs 1987; Meserve *et al.* 1999; Erb *et al.* 2001). Sin embargo, aún quedan muchas interrogantes sobre la dinámica de éstos, como por ejemplo qué detiene y hace

disminuir la densidad poblacional, después de una explosión demográfica.

Cuando uno de los factores antes mencionados, por ejemplo el alimento se encuentra en mayor disponibilidad se da, de manera natural, un aumento en la abundancia de organismos como son los roedores (Galindo y Krebs 1997; Adler 1998; Seamon y Adler 1999). Sin embargo, si este aumento es substancial y generalmente artificial (p. ej. cultivos), se corre el riesgo de que se den explosiones demográficas y una población de roedores se convierta en plaga (Krebs *et al.* 1999; Choquenot y Ruscoe 2000).

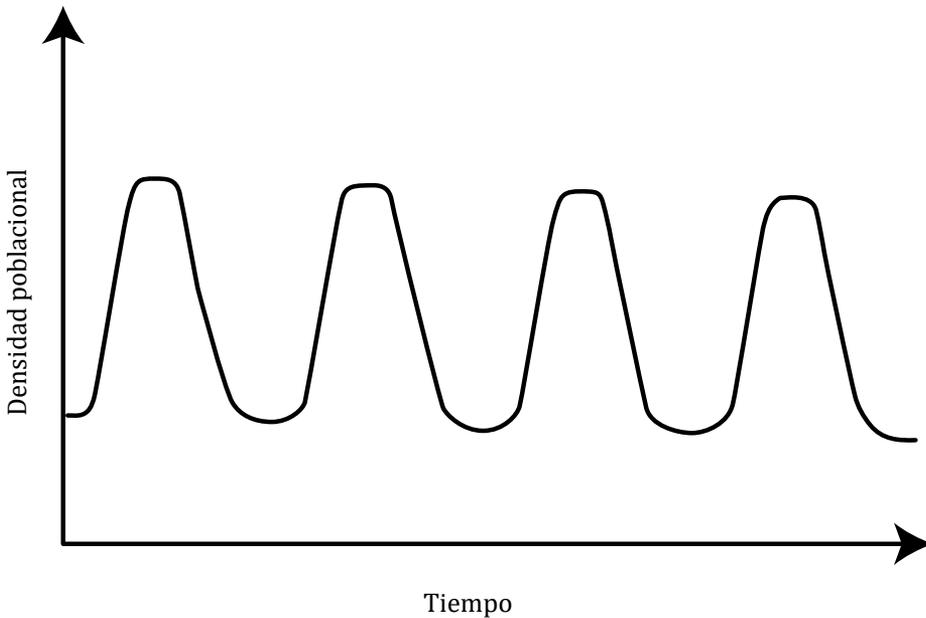


Figura 1.1 Representación esquemática de los ciclos poblacionales en roedores pequeños. Diferentes factores regulan el aumento y disminución del tamaño poblacional. En este caso un aumento poblacional no significa el desarrollo de una plaga.

La aparición de una plaga de roedores es multifactorial. Sin embargo; elementos como un exceso en la disponibilidad de alimento y la perturbación del hábitat natural han sido identificados como unos de los principales determinantes (Krebs *et al.* 1995; Brown y Singleton 1999). Uno de los primeros factores que disparan una plaga de roedores es la cantidad de lluvia de verano; se ha hipotetizado que estas primeras lluvias del año aumentan la producción de material vegetal (retoños y plántulas), lo que a su vez provoca un aumento en la temperatura en los primeros centímetros por encima del suelo (ambiente donde desarrollan sus actividades los roedores). Este cambio en el micro ambiente, al parecer, dispara la reproductiva de los roedores (Fig. 1.2).

Una vez que ha iniciado la fase de aumento poblacional esta se mantiene en función de la cantidad de alimento que existe. En esta fase los depredadores naturales son incapaces de regular la explosión demográfica (Fig. 1.2). Cuando la capacidad de carga del ambiente, los depredadores y otros elementos interactúan, la población de roedores disminuye, aunque se mantiene en altas densidades. La duración de esta fase es variable, pero se puede mantener por varios meses. La fase de decaimiento del tamaño poblacional no se tiene documentada en detalle; sin embargo, la hipótesis más aceptada es la que propone que una disminución en la actividad reproductiva y algunos elementos denso-dependientes (*v. gr.* conductas agresivas hacia juveniles) pueden ser los principales detonantes por una drástica disminución en la disponibilidad del alimento. Finalmente, una vez que ha disminuido la población, esta se mantiene estable por 2-3 años (Fig. 1.2). Esta fase es realmente interesante, ya que se mantienen bajos los números de los roedores a pesar de que las características ambientales y de alimento se mantienen similares a las que en algún momento disparó la plaga (Krebs *et al.* 2004). Esto ha llevado a proponer a algunos investigadores la posibilidad de que las explosiones poblacionales en roedores pequeños tengan un componente genético (Krebs *et al.* 2004).

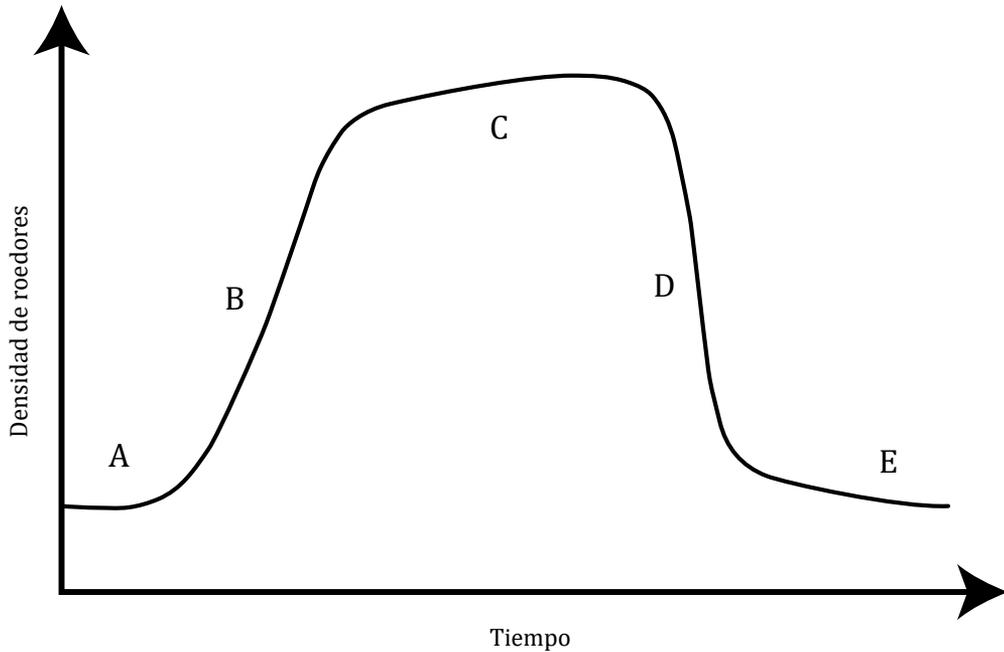


Figura 1.2. Representación esquemática de las fases de una explosión demográfica (plaga) en roedores pequeños. En la primera fase (A), se presentan los factores que van a activar el mecanismo reproductivo en los roedores. La segunda fase (B), esta caracterizada por un crecimiento logístico en las poblaciones de roedores. La tercera fase (C), se caracteriza por una estabilidad en la población manteniendo un número alto de individuos. En la cuarta fase (D), ocurre una disminución drástica en el tamaño poblacional de los roedores por factores aun no bien analizados. Finalmente se da una quinta fase (E), donde a pesar de que se presenten las características que originalmente dispararon la plaga, la población mantiene un número bajo de individuos.

Las plagas de roedores desde la perspectiva de la industria agrícola

Los roedores pueden ocasionar enfermedades a las plantas, provocando el mal funcionamiento de las células y tejidos de éstas. La enfermedad es un estado que implica cambios anormales en la forma, fisiología, integridad o comportamiento de la planta; dichos cambios conducen a la alteración parcial o muerte de la planta o de sus órganos (Agrios 2005). Los efectos más importantes causados por los roedores plaga sobre las plantas son mediante:

1. Debilitamiento de la planta a causa de la absorción continua del alimento de sus células para su propio uso.
2. La alteración o inhibición del metabolismo de las células de la planta afectada debido a la secreción de toxinas, enzimas o sustancias reguladoras del crecimiento.
3. El bloqueo de la translocación de los nutrientes minerales, alimentos y agua a través de los tejidos conductores.
4. El consumo del contenido de las células de la planta, con la que los patógenos entran en contacto.

Las enfermedades causadas por factores del ambiente son el resultado de cambios extremos en las condiciones necesarias para la vida (temperatura, humedad, luz, etc.) y de los excesos o deficiencias de sustancias químicas que absorben o necesitan las plantas ya que están dañadas por los ataques de los roedores (Ruiz y Carlton 2003; Yonas *et al.* 2010).

Los ataques de las plagas de roedores a las plantas son importantes para el hombre debido a que perjudican a la producción agrícola (Barnett y Praskash 1976; Ruiz y Carlton 2003).

Las plagas de roedores reducen la variedad de las plantas que pueden desarrollarse en una determinada zona geográfica al destruir todas las plantas de ciertas especies que son susceptibles a una especie de roedor en particular. De igual manera pueden determinar el tipo de industria agrícola y el nivel de desempleo de una zona determinada al influir sobre el tipo y la cantidad de productos disponibles para su procesamiento o envasado por las industrias de esa zona; y las plagas de roedores son también responsables de la creación de nuevas industrias químicas que producen productos químicos, maquinaria y desarrollan los métodos necesarios para controlarlas, sólo en los Estados Unidos, los gastos anuales se han estimado en miles de millones de dólares (Ruiz y Carlton 2003; Jackson *et al.* 2000; FAO 2010).

El tipo y monto de las pérdidas ocasionadas por las plagas de roedores, varía de acuerdo a la especie de la planta o los productos que se obtienen de ella, la especie de roedor del que se trate, la localidad, el medio ambiente, las medidas de control practicadas. El monto de las pérdidas varía desde porcentajes mínimos hasta pérdidas del 100%. Las plantas o sus productos pueden disminuir cuantitativamente a causa de las plagas de roedores en el campo de cultivo, como es el caso de la mayoría de las plantas, o por los ataques de roedores que se producen durante el almacenamiento como por ejemplo de frutos, hortalizas, semillas y fibras almacenadas (Esher *et al.* 1978; Ruiz y Carlton 2003; Bonecker *et al.* 2009; Huitu *et al.* 2009; FAO 2010).

Algunas veces la destrucción que ocasionan los roedores es compensada por un mayor crecimiento y producción de las plantas o los frutos restantes, debido a que existe menor competencia. Con frecuencia, la disminución de la calidad de los productos vegetales da como resultado pérdidas notables. Por ejemplo, los mordisqueos sobre los frutos, hortalizas y plantas ornamentales, pueden tener poco efecto sobre la cantidad total producida, pero la calidad inferior del producto puede reducir su valor en el mercado a tal grado que se puede llegar a una pérdida total o a una producción inútil (Jackson *et al.* 2000).

En resumen, las plagas de roedores en cultivos son el detonante no sólo

de problemas ecológicos, sino también sociales de gran magnitud. Debido a esto, el análisis sistemático de esta problemática es apremiante, por lo que se requiere se destinen recursos humanos y monetarios al análisis científico de la ecología de las plagas de roedores.

Efectos sobre las plantas

El buen desarrollo de las plantas es de particular interés para aquellos que están relacionados de manera directa con su crecimiento así como la producción y distribución de sus productos. Las plantas se mantienen sanas cuando llevan a cabo sus funciones fisiológicas hasta donde les permite su potencial genético. Si esto no sucede, la planta muere o merma su crecimiento y producción. (Agrios 2002; Hussain *et al.* 2003; Guiboileau *et al.* 2010).

Los tipos de células o tejidos que son atacados determinan el tipo de función fisiológica de la planta que será afectada. Así, si la raíz es atacada, se dificulta la absorción del agua y de los nutrientes del suelo. Los ataques a los vasos xilemáticos interfieren con la translocación del agua y los minerales hasta la parte superior de la planta. Ataques al follaje afectan la fotosíntesis; desgarramientos en la corteza, obstaculizan la translocación hasta la parte inferior de la planta, de los productos fotosintéticos; ataques a las partes florales interfieren con la reproducción; y los ataques a los frutos entorpecen la reproducción o el almacenamiento de las reservas alimenticias para la nueva planta o ambas (Advani y Mathur 1982; Putman y Moore 1998; Agrios 2005).

Cuando las plantas son atacadas por algún roedor, por ejemplo *Sciurus spp.* y otras especies de ardillas (Medway 1983; Rubino *et al.* 2012), los daños en la corteza facilitan el acceso de hongos y otros patógenos a los tejidos vasculares de la planta atacada (Ferguson *et al.* 2003). En ambientes simplificados, como son los agrosistemas, los roedores pueden alcanzar extraordinarias densidades (p.e. > 3,000 ind/ha para *Mus domesticus*; Caughley *et al.* 1994). Así, especies tanto nativas como introducidas pueden llegar a convertirse

en una plaga y alcanzar mayores densidades poblacionales en los sistemas conformados por campos de cultivos que en el ambiente natural (Danell *et al.* 1994; Dickman 1999; Ramírez y Saunders 1999; Brown *et al.* 2007).

Tanto en ambientes naturales o modificados, los roedores pueden tener efectos locales o a mayor escala sobre la vegetación, ya que la herbivoría del subsuelo por lo general altera la estructura de las comunidades vegetales, reduciendo los cultivos en pie (Huntly y Reichman 1994; Huitu *et al.* 2009). Con la herbivoría a nivel de suelo (que incluye frugivoría y granivoría) se registran efectos más dramáticos en los cultivos, ya que el forrajeo puede mermar en la producción, alterar el crecimiento y desarrollo de las plantas (Johnston y Naiman 1990; Danell *et al.* 1994).

La mayoría de los roedores altera la estructura de su ambiente con la construcción de túneles, nidos hechos con hojas y varas de las plantas circundantes, acomodando guijarros alrededor de las entradas de sus madrigueras y royendo la corteza de los árboles, ejemplos que muestran de cierta manera como pueden fluir los recursos hacia otros organismos. Roedores como las tuzas, que construyen sus madrigueras en el subsuelo, no solo alteran la estructura del suelo y la microtopografía, el ciclo de los micronutrientes y el flujo del agua sobre áreas locales o regionales, sino que ejercen efectos dramáticos en el crecimiento y composición de comunidades de plantas (Danell *et al.* 1994; Dickman 1999; Takele 2011).

El reto de controlar la depredación a cultivos causada por roedores, se ha tratado desde hace miles de años. Aristóteles (384-322, a.C.) menciona que “La velocidad de propagación de los ratones de campo en las ciudades y la destrucción que causan, van más allá de lo que se pueda decir”; esto en referencia a que los roedores literalmente compiten contra los humanos por comida (Singleton *et al.* 1999).

En el año de 1998 en el Instituto Internacional de Investigaciones en Arroz (IRRI) ubicado en Filipinas, se llevó a cabo una reunión donde se abordó el tema del ataque al arroz por roedores, problema crónico que sufren la ma-

yoría de los países del Sureste de Asia. El impacto que generan los roedores en la precosecha anualmente en Indonesia es de aproximadamente 17% del total de la producción. Esto significa que los roedores consumen anualmente tal cantidad de arroz que bien podría servir para alimentar a más de 25 millones de indonesios en un año. De igual manera en muchos otros países asiáticos, el arroz provee a la población del 50 al 60% de los requerimientos energéticos diarios (Singleton *et al.* 1999).

En algunos casos el nivel oficial de pérdidas anuales precosecha causadas por roedores no es tan elevada. Por ejemplo, del 3 al 5 % de pérdidas son las reportadas en Malasia (Singleton y Petch 1994), y del 1 al 3 % en las Filipinas (Sumangil 1990), sin embargo cuando se conoce a detalle el daño, resulta ser más severo (Singleton *et al.* 1999), ya que Stuart y colaboradores (2011) estimaron las pérdidas del rendimiento promedio del arroz del 8,1 a 13,2%. Por ejemplo, Buckle y Smith (1994) reportaron un estimado de pérdida del 7.3 % en el estado de Penang en Malasia. También, en ambos países, Filipinas y Malasia, la naturaleza del daño causado por roedores regularmente resulta de pérdidas mayores al 60% de los cultivos, significando también un problema nacional (Lam 1990). En otros lugares el daño ocasionado por roedores puede variar ampliamente con daños limitados por varios años, y con pérdidas extremas de más del 80% de pérdida en la cosecha (Boonaphol y Schiller 1996). Los roedores son percibidos por los agricultores como “plaga inteligente”, que aprende a enfrentar cualquier medida de control que se emplee en ellos, concluyendo que por cada 8 surcos de arroz que se siembran para consumo humano, 2 son sembrados para alimento de los roedores (Singleton *et al.* 1999).

En el caso de algunos productos vegetales, aún cuando los ataques por roedores sean de una magnitud mínima, es suficiente para reducir a la mitad el valor de dichos productos. Por otro lado, es posible que los ataques no influyan sobre el precio del producto en un mercado donde existe escasez del mismo, aunque existe la posibilidad de que disminuya considerablemente el

precio del producto durante los años en que incluso exista una mínima producción del mismo (FAO 2010). De igual manera, estos productos al ser mordisqueados pueden contraer algunas enfermedades, entre ellas el cornezuelo del centeno, que hace que los productos vegetales sean inadecuados para el consumo de los animales y del hombre, al volverlos venenosos (Powers y Mcsorley 2001; Hussain *et al.* 2003; Agrios 2005). Algunas plagas de roedores se pueden controlar casi por completo mediante la buena utilización de medios preventivos de ataques, lo que reduce las pérdidas financieras solamente al monto del costo del método de control. Sin embargo, en algunas ocasiones el costo puede ser casi tan alto como las ganancias que se espera obtener de las cosechas, o inclusive mayor, como en el caso de ataques a plantaciones de caña de azúcar o a granos almacenados (Ferguson *et al.* 2003; Kass y Outwater 2003; FAO 2010).

En lo referente a algunos lugares donde no se cuenta con el suficiente soporte económico, aún no se han desarrollado medidas de control efectivas. En estos casos, las ganancias obtenidas con la ayuda de la aplicación del método de control son mayores generalmente que la combinación de las pérdidas directas que ocasiona el ataque de los roedores o la enfermedad contraída a consecuencia de esos ataques y las pérdidas indirectas derivadas de los gastos en la aplicación de los métodos de control (Valencia y De Finke 1981; Sumangil 1990; FAO 2010).

A pesar de la variedad de tipos y monto de las pérdidas financieras que ocasionan los ataques, los agricultores que utilizan las mejores combinaciones de variedades resistentes existentes y métodos de control agrícolas, biológicos y químicos adecuados, no solo obtienen buenas cosechas en años de plaga, sino obtienen también beneficios económicos mayores como resultado del alza en los precios, ya que otros productores tienen importantes pérdidas en sus cosechas (Valencia y De Finke 1981; Boonaphl y Schiller 1996; Kumar *et al.* 2013).

Desde hace miles de años, el sustento y supervivencia de la humanidad se ha basado en unos cuantos cultivos. El maíz, trigo, arroz y otros cereales, papas y leguminosas, han proporcionado el alimento básico del hombre en diferentes partes del mundo. Estas mismas plantas u otras semejantes son el alimento básico de todos los animales domésticos, los cuales utiliza el hombre para su alimentación (como fuente de energía), o para su deleite (Bonecker *et al.* 2009; Huitu *et al.* 2009; FAO 2010). Las pérdidas en la producción significan una reducción en la disponibilidad de alimentos y forrajes para la economía mundial (Hussain *et al.* 2003; Cavia *et al.* 2009). Debido a que los gastos de operación se mantienen constantes para la producción de una cosecha, las pérdidas de ésta última ocasionadas por plagas o enfermedades disminuyen de manera directa la producción y utilización neta del área (Caughley *et al.* 1998; Bonecker *et al.* 2009).

En una estimación de la producción mundial de cultivos calculado para 2002 por la FAO, así como de las pérdidas de precosecha debidas a plagas de roedores, insectos, enfermedades y malezas, se pierden enormes cantidades de productos debido al efecto directo de las plagas o a que son destruidos por estas. El monto de las pérdidas en los cultivos debidas a plagas varía de acuerdo al cultivo. Por ejemplo 23.4% para los frutos, 34.5% para los cereales y 55.0% para la caña de azúcar. También estas pérdidas están intrínsecamente relacionadas con el grado de desarrollo del país de donde provengan cada uno de los cultivos. Asimismo, la importancia de cada tipo de plaga varía con el cultivo, pero en general destruyen porcentajes bastante similares (12 %) de los cultivos antes de la cosecha. A estas pérdidas deben sumarse del 9 al 20% de las pérdidas postcosecha, lo que hace un total de pérdidas en alimentos de precosecha y postcosecha de más del 30% representando una enorme pérdida de alimentos y forrajes básicos (ONU 2000).

Para un óptimo manejo y desarrollo tanto de los programas agrícolas como de la producción, el territorio nacional además de su división política estatal y municipal, se ha dividido en Distritos de Desarrollo Rural. Al dividir al te-

territorio agrícola en 192 Distritos de Desarrollo Rural (DDR), las estrategias y políticas de Desarrollo Rural pueden orientarse mejor para fomentar el correcto desarrollo de la agricultura, así como hacer un uso más eficiente de los recursos públicos y fortalecer las acciones de generación de empleo rural e ingreso, promover el manejo sustentable de los recursos naturales, incorporar procesos de transformación y agregación de valor; manejo y control adecuado para plagas, malezas y enfermedades que puedan mermar la producción de la cosecha; el desarrollo de capacidades en el medio rural así como promover y apoyar la participación de los productores y sus organizaciones entre otros (<http://www.sagarpa.gob.mx>).

El entorno económico y social en el que se desenvuelve el sector rural demanda una mayor participación de los productores y la consolidación de sus organizaciones para avanzar en el desarrollo rural, para facilitar a sus agremiados el acceso a los diferentes programas de gobierno y a los recursos que en ellos se destinan. Asimismo, demanda la promoción de proyectos productivos de desarrollo regional que fomenten las alianzas estratégicas, la integración a las cadenas productivas de alta inclusión social, la inversión agro-empresarial y la mejora en el nivel de empleo rural e ingreso en las zonas rurales, así como el combate al establecimiento de organismos plaga (SAGARPA 2003).

Las labores agrícolas, la limpieza de malezas y de los lugares ocultos, pueden reducir la incidencia de algunos roedores. Las pérdidas de cereales después de la cosecha debido a ataques de roedores es un tema que preocupa en varios países. Para minimizar estas pérdidas, es esencial sellar de forma eficaz los recipientes de almacenaje de cereales y que los edificios de almacenamiento sean a prueba de roedores (FAO 2010; Krebs 2014). Algunos roedores no comen lo suficiente o su población no es relevante, como para causar daños significativos o pérdidas en la producción, Otros solamente podrán convertirse en plagas en determinadas condiciones (Dickman 1999; Hussain *et al.* 2003; Davis *et al.* 2004).

A nivel mundial, las ratas y ratones originan grandes pérdidas en el arroz y otros cultivos de grano (antes y después de las cosechas), en la caña de azúcar y en diversos cultivos de frutas. Los roedores como tuzas y ardillas pueden dañar seriamente la vegetación de los cultivos. Para controlar estas plagas se utilizan, a menudo, rodenticidas y otras sustancias tóxicas, aunque unas simples vallas u otro tipo de barreras pueden resultar eficaces en muchos casos (FAO 2010; Kumar *et al.* 2013).

En un hábitat homogéneo, los individuos pueden distribuirse por sí solos libremente, de una forma ideal, en algunos casos, la heterogeneidad del hábitat provoca un balance entre costo y beneficio en la alimentación y de hallarse a salvo de depredadores (Brown *et al.* 1988, 2013). El incremento de las densidades y de la competencia por alimento debiera reflejarse en los patrones de distribución de las plagas así como el estimado de sus fluctuaciones y de las posibles pérdidas que podría sufrir el sistema con el establecimiento de las plagas (Ylönen *et al.* 2002; Singleton *et al.* 2003; Krebs 2014).

Estos ataques son costosos para la agricultura, por lo que se han realizado considerables esfuerzos para desarrollar un método de control biológico que pueda eliminar estas plagas, y dejar de lado los costosos métodos que ahora se utilizan (Singleton 1997; Caughley *et al.* 1998; Singleton *et al.* 1999; Brown *et al.* 2002; Saunders *et al.* 2010). De igual manera, los pastos adyacentes a los cultivos son hábitat de alto riesgo para establecimiento de los roedores, sin considerar la densidad (Ylönen *et al.* 2002). Los cultivos tropicales no se encuentran libres del ataque de roedores; dentro de estos cultivos, solamente las estacas maduras de Hule (*Hevea brasiliensis*) y algunos cultivos de crecimiento fibroso como el sisal (*Agave sisalana*), son casi inmunes al daño causado por estas plagas (Buckle 1994).

El tema de control de roedores se discute entre agricultores, agrónomos y productores. Cada grupo tiene su estrategia sobre cómo realizar el control de estas plagas. Por estrategia se entiende el conjunto de planes o métodos que se emplean para controlar una plaga concreta. Pero la realidad es que

una sola técnica de control no es adecuada en la mayoría de los casos y generalmente se requiere una combinación de técnicas (Bentley 1972; Buckle y Smith 1994; Boonaphl y Schiller 1996; Boonsong *et al.* 1999). Es importante mencionar que para lograr controlar las plagas, la cantidad de rodenticidas que se emplean y la inversión que ello supone, constituyen cifras extremadamente altas. Los plaguicidas, en función de sus características principales se pueden clasificar de varias formas y se puede producir algún solapamiento entre las diferentes clasificaciones (Powers y McSorley 2001; Witmer *et al.* 2007).

En varias regiones, la aplicación de venenos de amplio espectro ha favorecido el método de control (Buckle y Smith 1994; Singleton y Petch 1994). Por ejemplo en 1993, durante la plaga de roedores ocurrida en el sureste de Australia, alrededor de 350,000 ha de zonas de cultivo fueron cubiertas por el veneno estriknina (Caughley *et al.* 1994). Estas campañas, en una amplia escala, pueden reducir el número de plagas “blanco”, pero también alrededor de diez poblaciones más de especies cohabitantes e incluso aquellas que tienen efectos positivos en el ambiente (Dickman y Doncaster 1987; Dickman 1999).

De las muchas tácticas existentes actualmente para el control de roedores, los rodenticidas representan el método más rápido para responder a una situación de emergencia. Son de acción rápida y, a menudo altamente eficaces, lo que permite eliminar una plaga en un tiempo relativamente corto. A veces puede ser el único medio para salvar a un cultivo en una etapa ya avanzada de ataque. En pocas situaciones el uso de rodenticidas es económico y el valor del aumento en la producción conseguido gracias a su utilización no necesariamente es superior al costo del rodenticida y su aplicación (Dickman 1999; Powers y McSorley 2001, Agrios 2005).

Algunas consideraciones importantes que deben tenerse presente en el manejo de roedores son:

- En el control de roedores el objeto es reducir el daño. Por lo tanto, el número de roedores muertos no es el factor más importante; los roedores vivos que aún quedan son los que van a continuar haciendo daño.
- El exterminio es prácticamente imposible; sin embargo, con la aplicación de medidas adecuadas se puede lograr un eficiente control capaz de mantener la población a niveles suficientemente bajos para que no causen daños económicos.

Por lo tanto, es importante que el programa de control de roedores sea permanente, la capacidad reproductiva de roedores es tal que se puede llegar a poblaciones altas en períodos relativamente cortos. Cuando las poblaciones de roedores han llegado a niveles altos, es demasiado tarde para montar un programa de control. Los métodos para control de roedores se pueden clasificar en tres categorías generales que son: métodos físicos, biológicos y químicos (FAO 2010).

El desarrollo del manejo integrado de plagas de roedores ha seguido un patrón similar al manejo integrado de plagas para insectos. Como primer punto de atención se consideró el desarrollo de sistemas de monitoreo simple, para decidir en todo caso si usar o no cebos envenenados, y el desarrollo de patrones efectivos para el uso de rodenticidas específicos. En general, la atención del control de roedores ha sido mostrar un incremento visible en la mortalidad, sin la atención apropiada a los demás procesos demográficos o a los mecanismos de compensación ecológica (Singleton *et al.* 1999; Brown y Tuan 2005; Jacob *et al.* 2013; Fischer y Schröder 2014).

Roedores plaga, más allá del riesgo agrícola

Hasta el momento se ha descrito como los roedores en algún momento se pueden convertir en una plaga, cuando los factores ambientales y los intrínsecos a la población se conjuntan. Sin embargo, estas fluctuaciones poblacionales (casi siempre naturales) en la última década han comenzado a interesar aún más a los ecólogos (Stenseth *et al.* 2004), no sólo por sus implicaciones

en la economía a través del impacto a los diferentes cultivos que el humano desarrolla (Sánchez-Cordero y Garcia Zepeda, 2003). Sino también por sus efectos sobre la salud humana, los cuales generalmente están asociados a enfermedades como la rabia o la leptospirosis (Flisser *et al.* 2002; Franco-Paredes *et al.* 2007). Sin embargo, los roedores actúan también como reservorios de las denominadas zoonosis emergentes, aquellas enfermedades que utilizan alguna especie silvestre, generalmente mamífero, como reservorio para que algún parasito, bacteria o virus complete o desarrolle alguna parte de su ciclo de vida (Schmidt y Ostfeld 2001, Moffet *et al.* 2009). De ésta manera, el hecho de que existan un aumento desmedido en poblacionales de especies de roedores que inicialmente, afecten a los cultivos (plagas), pero que también sean portadores potenciales de agentes infecciosos es de relevancia ya que se ha llegado a documentar la existencia de una asociación entre el aumento en la abundancia de roedores plaga y zoonosis asociadas a roedores (Franke *et al.* 2002).

Capítulo 2

Distribución geográfica de los roedores plaga en México y riesgo agrícola

En el caso de las plagas de roedores, cuando la necesidad de controlar sus poblaciones se hace evidente generalmente se toman decisiones desesperadas, que comúnmente resultan inadecuadas para solucionar el problema. La aplicación exitosa de tecnologías de control, depende en gran medida del conocimiento que se tenga sobre la ecología del roedor plaga y los factores que afectan sus niveles de población. La falta de conocimientos adecuados, hace que se modifique el medio ambiente, basándose exclusivamente en criterios técnicos y sin preocupación por los efectos biológicos que esto provoque (Valencia y Elías 1975; Buckle 1994; Caughley *et al.* 1998; Kass y Outwater 2003; Slade y Crain 2006).

Aunque los daños causados por roedores son evidentes, no se tiene una estimación exacta del valor monetario de las pérdidas atribuidas a estas plagas, solamente se tienen algunos estimados estadísticos escasos (Ferguson *et al.* 2003; Slade y Crain 2006; Huitu *et al.* 2009). Hace algunos años el Ministerio de Desarrollo Extranjero de Inglaterra, dirigió un estudio sobre conocimientos existentes sobre daños pre y postcosecha causados por roedores en regiones tropicales y subtropicales del mundo. El informe concluye que: “el único hecho notable que surge claramente de este estudio, es la generalizada ignorancia que se tiene sobre la magnitud del problema de roedores

y sus formas de control” (Drummond y Taylor 1970), 40 años después esta situación no está resuelta.

En particular en México en los Anuarios estadísticos publicados por la Comisión Estadística Agropecuaria (CEA) de 1999 y 2000 y de la Encuesta Nacional Agropecuaria (INEGI 2014), se mencionan las pérdidas sufridas en las cosechas de cultivos en miles de toneladas pérdidas y en miles de pesos; pero no hace mención al agente causal de esas pérdidas. La experiencia de los asesores agrarios señala que las pérdidas post-cosecha causadas por roedores son las más lamentables porque todas las inversiones en tiempo, y en los demás esfuerzos empleados para sembrar, cultivar, cuidar y cosechar los cultivos se desperdician (Toledo 1989; Boonaphl y Schiller 1996; Boonsong 1999; Brown y Singleton 2002; Bonecker *et al.* 2009; Huitu *et al.* 2009; Brown *et al.* 2013).

Roedores plaga en México

En América Latina y el Caribe, las alteraciones ecológicas provocadas por el hombre unido a otros fenómenos naturales como inundaciones y cambios climáticos, han favorecidos el incremento de poblaciones de roedores locales que afectan seriamente diversos cultivos. Los cultivos más afectados son la caña de azúcar, el arroz, maíz, trigo, coco, algodón y cacahuate; cultivos hortícolas como papa, yuca y camote, y frutales como el mango, plátano, naranja, papaya, uva, café y cacao son afectadas por diferentes especies de roedores (FAO 2010).

En la década de los años setenta la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAGARPA) a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal organizó a nivel nacional campañas fitosanitarias en contra de la rata de campo (el término “rata de campo” fue utilizado para referirse a cualquier especie de roedor que afectara en las zonas agrícolas). El mayor resultado de estas campañas es el listado que establece los principales géneros de roedores plaga



entre los que destacan: *Peromyscus* spp., *Heteromys* sp., *Reithrodontomys* sp., *Sigmodon* spp., *Oryzomys* sp., *Xerospermophilus* spp, *Thomomys* spp., *Orthogeomys* sp., *Pappogeomys* spp.; y las especies *Rattus rattus*, *R. norvegicus*, *Mus musculus*, *Heteromys irroratus*, *Sigmodon hispidus*, *Xerospermophilus pilosoma*, *S. variegatus*, *Thomomys umbrinus*, *Peromyscus leucopus*, *P. maniculatus*, *Microtus mexicanus* y *Reithrodontomys megalotis*. Estas campañas estuvieron enfocadas a la disminución de las poblaciones de roedores plaga de las zonas agrícolas del país. Sin embargo, no se realizaron estudios formales sobre la ecología poblacional de estas especies (Villar-González 2000).

Los trabajos sobre la importancia de las especies de roedores como plagas de los agroecosistemas de México, en términos generales, se pueden agrupar en tres diferentes tipos:

- a) Los que analizan aspectos sobre la ecología poblacional de las especies plaga. Por ejemplo, Sánchez-Cordero y Valadez-Azúa (1996), describen las características de diferentes especies del género *Oryzomys* con información básica de las especies o bien el de Sosa (1981) quien describe la historia natural de *Pappogeomys tylorhinus tylorhinus*. Trabajos con esta visión sobre la biología básica de una especie son de gran utilidad para el manejo y control de plagas.
- b) Cuantificación de daños. En este caso Villa-Cornejo (2000) evaluó el impacto de la tuza *Pappogeomys merriami* en cultivos de Maíz. En este trabajo identifica que el impacto sobre el maíz se da durante todo el ciclo de vida de las plantas al afectar tanto a las plántulas las cuales quedan cubiertas por la tierra removida así como el daño por el consumo del tallo, raíces y hojas.
- c) Finalmente están los trabajos de que se enfocan al manejo los cuales en general evalúan procesos de planeación, muestreo en el manejo de plagas en agroecosistemas (Trovo-Diéguez *et al.* 2006) o los que desde el punto de vista de la ecología de comunidades analizan la susceptibilidad de

agroecosistemas a los brotes de plagas (Mellink, E. 1991b). Así, si bien el tema en México no está abandonado por completo, el trabajo sí ha sido temporalmente esporádico (80's y 90's) y abordado de manera dispersa Lamadrid (1976; Tello 1976; Chávez *et al.* 1976; Sánchez-Navarrete 1976, 1978, 1981; Flores 1985; González-Romero 1980, 1981, 1993; González-Romero *et al.* 1983; Mellink 1985, 1991a, 1991b, 1995; Key y Romeo de la Piedra 1992; Arnaud y Rodríguez 1992; Villa y Whisson 1995; Cruz 1996; Villa-Cornejo 2000; Troyo *et al.* 2006.

Así, desde la publicación de De Ita (1992) y la de Villar-González (2000) que destacan el papel de los roedores (ratas y ratones, tuzas y ardillas) como plagas y a la vez intentan realizar una regionalización geográfica de este impacto. En este sentido, los autores antes mencionados destacan que los daños por roedores son causados en particular a cultivos de maíz, sorgo, arroz, frijol, caña de azúcar, varias especies de frutales y trigo; principalmente en los estados de Morelos, Guanajuato, Guerrero, Jalisco e Hidalgo.

Esta situación destaca la necesidad de generar información oficial y científica sobre las plagas en México. Por ejemplo, al consultar en el Subsistema Nacional de Información Estadística, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) existe disponible la información obtenida por la primera Encuesta Nacional Agropecuaria 2012 (INEGI 2014) en donde se cuestiona la causa de la pérdida de cosechas por sequías, heladas, vientos, inundaciones, plagas y enfermedades. Sin embargo, no existen datos que permitan analizar el impacto de las plagas (INEGI, 2012). Esta situación no permite realizar una evaluación confiable del impacto y por lo tanto las posibles recomendaciones de manejo están limitadas.

Otro enfoque sobre los roedores es que tampoco existe información, ya que los reportes de especies de roedores como plagas son anecdóticos o se encuentran en reportes técnicos de la dependencia gubernamental, en turno, encargada del tema. Por ejemplo, de las 26 especies de roedores plaga anali-



zadas sólo algunas cuentan con bibliografía que sustenta la categoría de plaga como: *Cratogeomys tylorhinus* (Sosa 1981), *Orthogeomys hispidus* (Ceballos y Oliva 2005), *Microtus mexicanus* (Hortelano y Cervantes 1989), *Oryzomys couesi* (Sánchez-Cordero y Valadez-Azúa 1989, Ceballos y Oliva 2005), *Sigmodon hispidus* (Ramírez, et al. 2005), *Sciurus aureogaster* (Ramírez Pulido y López-Forment 1976), *Xerospermophilus mexicanus* (Ceballos y Galindo 1984; Valdéz y Ceballos 1991) y *Xerospermophilus spilosoma* (Grenot y Serrano 1981). Finalmente, en el caso de *Sigmodon alleni* se considera plaga de algunos cultivos, pero a la vez en los sistemas naturales es considerada sensible a los cambios en su ambiente (Ramírez y Chávez 2005). Esta última situación ejemplifica a la perfección que el manejo integral de plagas de roedores es todo un reto científico con un impacto económico y social alto.

Manejo de plagas de roedores

Para tratar de controlar las poblaciones que afectan los cultivos se utilizan compuestos químicos para el control de roedores, y el uso constante e irracional de sustancias tóxicas puede tener resultados incluso más nocivos que la plaga que se intenta combatir (Dubock 1978; 1982; Thomas *et al.* 1998; Spurr y McGregor 2003; Bailey *et al.* 2005; Clapperton 2006). La actitud de concentrar la atención en las consecuencias, ignorando las causas, implica derroche de recursos y constituye una forma ineficaz de tratar el problema, por lo que se necesita recurrir a otro tipo de herramientas y disciplinas de la ciencia que nos permitan visualizar desde otra perspectiva el problema y sus posibles soluciones (Spurr y McGregor 2003; Bailey *et al.* 2005).

Las colecciones científicas constituyen un almacén de información acerca de la biodiversidad biológica, éstas pueden ser utilizadas no sólo como inventarios o listas exhaustivas de especies, sino también como fuente de información de los factores que influyen en la distribución de una especie (Sánchez-Cordero 1988; Sánchez-Cordero y Martínez-Meyer 2000; van der

Meij 2010). En este libro se han utilizado datos de ejemplares de colecciones científicas para generar los modelos de nicho ecológico que proveen predicciones de distribución geográfica de especies nativas de roedores considerados como plagas potenciales. Además se han consultado censos agronómicos que permiten generar mapas de riesgo agrícola (Sánchez-Cordero 1988; Toledo *et al.* 1989; INEGI 1991; De Ita 1992; Sánchez-Cordero y García-Zepeda, 2003).

Para definir las especies de roedores plaga utilizamos como base el trabajo de De Ita (1992), quien enlista a las especies consideradas y reportadas por la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) como de importancia fitosanitaria. Además, la selección de especies se hizo con base en las características ecológicas de cada especie de roedor de la lista original de De Ita. Así de todas las especies reportadas se redujo la lista a 26 especies que por sus características ecológicas y de distribución causaran los daños más severos al sistema agrícola nacional (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Especies de roedores considerados plaga en 7 cultivos de importancia económica en México.

Especie	Arroz	Cebada	Caña	Trigo	Frijol	Maiz	Sorgo
<i>Baiomys musculus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Baiomys taylori</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cratogeomys merriami</i>			X		X	X	
<i>Cratogeomys fumosus</i>			X		X	X	
<i>Heteromys irroratus</i>			X			X	
<i>Heteromys pictus</i>			X			X	
<i>Microtus mexicanus</i>	X	X		X		X	X
<i>Pappogeomys bulleri</i>			X			X	X
<i>Oryzomys couesi</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oryzomys melanotis</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oligoryzomys fulvescens</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Peromyscus boylii</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Peromyscus leucopus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Peromyscus truei</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Peromyscus yucatanicus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	X	X	X	X		X	X
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	X	X	X	X		X	X
<i>Sciurus aureogaster</i>	X		X			X	X
<i>Sciurus yucatanensis</i>	X		X			X	X
<i>Sigmodon alleni</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Sigmodon hispidus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Sigmodon mascotensis</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Notocitellus adocetus</i>				X	X	X	
<i>Ictidomys mexicanus</i>				X	X	X	
<i>Xerospermophilus spilosoma</i>				X	X	X	
<i>Thomomys umbrinus</i>			X		X	X	

Estas especies se catalogaron como de riesgo agrícola ya que cumplen con los criterios de evaluación a los que se sometieron todas las especies que De Ita (1992). Estos criterios son principalmente de tipo alimenticio en cuanto a preferencia por los granos de los cultivos considerados, además de la comparación de la distribución propia de cada especie actualizada contra la mencionada por De Ita (1992). Adicionalmente, compilamos información sobre parámetros de la historia de vida de los roedores (tasa reproductiva, épocas reproductivas, peso, densidad, hábitos alimentarios), datos sobre su impacto en diferentes cultivos y estados de la república en los que se ha reportado cómo plaga.

Los datos de distribución (longitud y latitud de las zonas de colecta) para cada una de las especies se obtuvieron de las colecciones de mamíferos del museo de Historia Natural de la Universidad de Kansas, y de la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, además de bases de datos proporcionadas por la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) y la Unidad de Informática para la Biodiversidad (UNIBIO, UNAM). Los datos de las localidades fueron geo-referenciados a los 10 -3 grados de cercanía por consulta directa a mapas y reducidas a una combinación única de longitud-latitud. En el análisis consideramos la superficie cultivada de 7 principales productos alimenticios a nivel nacional (maíz, frijol, arroz, cebada, trigo, sorgo y caña de azúcar), en los diferentes municipios que comprenden a cada uno de los estados de la república mexicana. Para delimitar los cultivos consultamos directamente el Servicio de Información Estadística, Agroalimentaria y Pesquera (SIEA) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), donde se manejan y agrupan las zonas productoras como Distritos de Desarrollo Rural (DDR). En el análisis se utilizaron solamente las zonas de cultivo de temporal, descartando las de riego para poder hacer un análisis más aproximado al comportamiento natural de los roedores, sus nichos potenciales y la disponibilidad de alimento como cultivos cercana a estos nichos.

El principal resultado de este análisis es una serie de mapas con la información obtenida de los censos agrícolas, de las ubicaciones de cada uno de los cultivos por tipo (granos, tallos, etc.), por Distrito de Desarrollo Rural (DDR), por municipio y estado al cual pertenece el DDR, se utilizaron solamente los cultivos establecidos como de temporal y a cielo abierto. Generándose un mapa por especie de roedor para cada tipo de cultivo (maíz, frijol, arroz, caña, cebada, trigo y sorgo; Anexo 3).

Para la visualización de estos mapas se utilizan colores graduados donde el color blanco indica ausencia y colores con mayor intensidad indican la mayor probabilidad de encontrar organismos distribuidos en esa zona. El resultado son 26 mapas con las distribuciones potenciales de las 26 especies de roedores identificados como plagas agrícolas (Fig. 2.1).

Trabajos de predicción y modelado de la distribución geográfica de roedores considerados como plagas agrícolas, no se han efectuado aún para México ni para ninguna otra parte del mundo, solamente se tiene registrado un trabajo con bases de investigación similares para el estado de Veracruz realizado por Sánchez-Cordero y Martínez-Meyer (2000), donde utilizando el algoritmo de modelado de nicho ecológico GARP, generaron modelos potenciales de nicho ecológico para 17 especies de roedores tropicales.

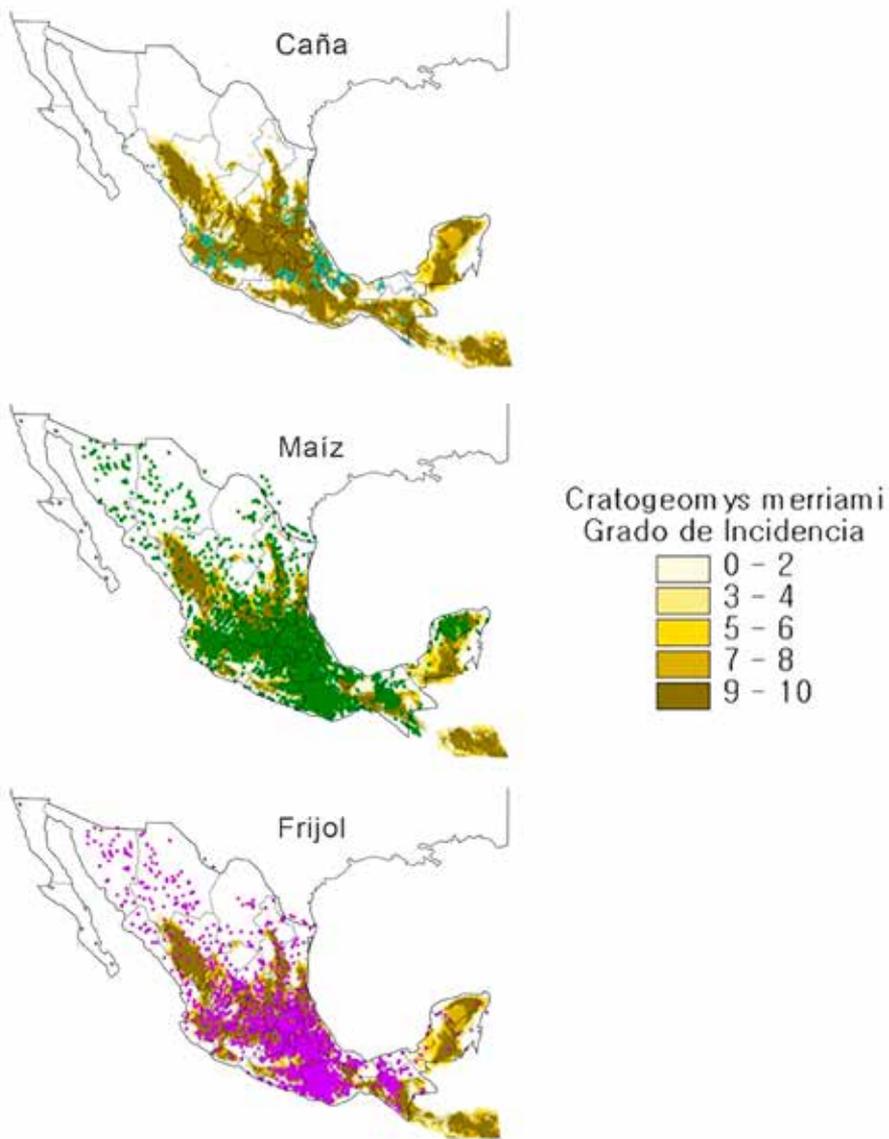


Figura 2.1. Ejemplifica la presentación que se le da a los datos de distribución potencial asociada a los cultivos analizados.

Capítulo 3

Principales géneros de roedores de importancia fitosanitaria en México

El orden *Rodentia* es de importancia en la fitosanidad, debido a que diversas especies de roedores se alimentan de semillas, tallos, frutos, corteza, raíces y rizomas de plantas; y se convierten en plagas cuando invaden áreas agropecuarias. Sin embargo, no todos los roedores son dañinos a la agricultura y áreas pecuarias, algunos como el ratón grillero del género *Onychomys*, son benéficos desde el punto de vista de control natural de plagas. Otros ejercen efectos positivos al contribuir a la aireación del suelo y reincorporación de materia orgánica en bosques y selvas (Adler 1998; Advani y Mathur 1982; Greaves 1982; Haines 1982; Boonaphl y Schiller 1996; Brown *et al.* 1998; Buckle 1988; Agrios 2005; Chang y Zhang 2011).

Por tal razón es conveniente señalar los géneros que han sido reportados afectando cultivos, sin que esto implique que todas las especies que los conformen sean plagas, ni que aquellas que sean reconocidas como tales causen el mismo nivel de daño en los diferentes cultivos en donde han sido encontradas (De Ita 1992; Toledo *et al.* 1989; Hone 1994; Danell *et al.* 1994; Ceballos *et al.* 2002; Davis *et al.* 2003; Ceballos y Oliva 2005; Brown *et al.* 2007). Aunado a esto, en muchos casos no se cuenta con datos sobre cultivos afectados por roedores que con anterioridad han sido reconocidos como

plagas en distintas regiones del país, sin embargo debe considerarse su potencial como organismos dañinos a la agricultura (Valencia y Elías 1975; Valencia y De Finke 1981; Haines 1982; Caughey *et al.* 1994; Bukcle y Smith 1994; Panty-May *et al.* 2012).

Los factores limitantes de las poblaciones de roedores son comida, refugio, enfermedades, competencia y depredación. Las poblaciones se modifican por reproducción, mortalidad y migración (Hansson y Henttonen 1988; Kaukenen 1989; Krebs 1999; Ieradi *et al.* 1996; Cavia *et al.* 2009). En general los roedores son omnívoros y se adaptan a cualquier tipo de alimento, aunque cada especie tiene sus propias preferencias. Los ratones tienen una especial preferencia por cereales; la necesidad por agua varía entre especies pero la mayoría de roedores toman agua si ésta está disponible a veces la dieta les proporciona el agua adecuada para vivir (Mills *et al.* 1991; Dickman 1999; Leirs 1999; Hussain *et al.* 2003; Bozinovic 2007).

Con base en las clasificaciones taxonómicas propuestas por Hall (1981) y Ramírez-Pulido *et al.* (1996), los géneros de importancia agrícola están agrupados en las siguientes familias:

HALL (1981)

Muridae

Cricetinae

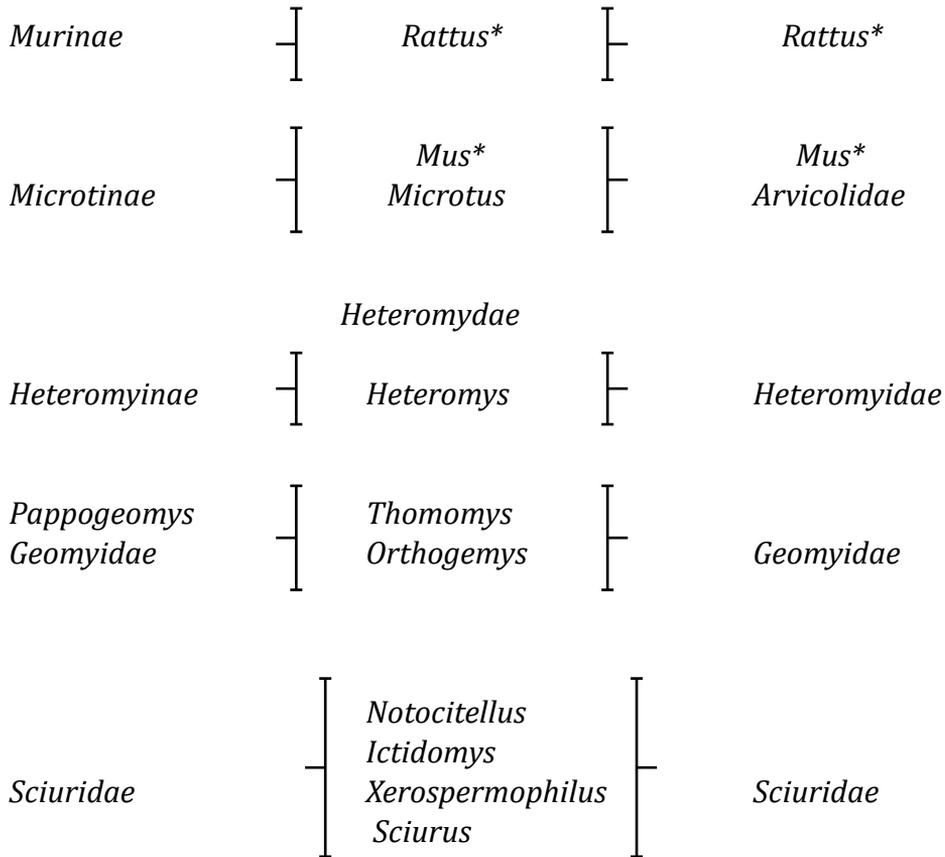
Baiomys
Oryzomys
Peromyscus
Reithrodontomys

RAMÍREZ-PULIDO *et al.* (1996)

Muridae

Sigmodontinae

Sigmodon



La clasificación propuesta por Ramírez-Pulido y colaboradores (1996), excluye a los géneros *Rattus* y *Mus*, debido a que estos roedores no son nativos de América. Las especies *Rattus rattus*, *Rattus norvegicus* y *Mus musculus*, existentes en México fueron introducidos en el continente por los colonizadores (De Ita 1992; Toledo *et al.*1989).

La familia *Muridae* incluye nueve géneros de importancia agrícola, de acuerdo con la clasificación de Hall (1981) y ocho según Ramírez y colaboradores (1987) quien ubica al género *Microtus* dentro de la familia Arvicolidae. La Familia Heteromyidae incluye a *Heteromys* y *Perognathus*. En la Familia Geomyidae se agrupa a *Pappogeomys*, *Thomomys* y *Orthogeomys*. Dentro de la Familia Sciuridae se ubican *Xerospermophilus*, *Ictidomys*, *Notocitellus* y *Sciurus*.

Las especies de roedores que se analizan como plagas agrícolas incluyen una alta diversidad taxonómica y son:

Especies de roedores reconocidas como plaga en México	
<i>Sigmodon hispidus</i>	<i>Baiomys taylori</i>
<i>Sigmodon alleni</i>	<i>Baiomys musculus</i>
<i>Sigmodon mascotensis</i>	<i>Sigmodon fulviventor</i>
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	<i>Sciurus yucatanensis</i>
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	<i>Sciurus aureogaster</i>
<i>Peromyscus boylei</i>	<i>Notocitellus adocetus</i>
<i>Peromyscus yucatanicus</i>	<i>Xerospermophilus spilosoma</i>
<i>Peromyscus truei</i>	<i>Ictidomys mexicanus</i>
<i>Peromyscus leucopus</i>	<i>Microtus mexicanus</i>
<i>Heteromys pictus</i>	<i>Heteromys irroratus</i>
<i>Thomomys umbrinus</i>	<i>Oryzomys fulvescens</i>
<i>Cratogeomys merriami</i>	<i>Oryzomys melanosis</i>
<i>Oryzomys couesi</i>	<i>Orthogeomys hispidus</i>

Esta alta diversidad de roedores refleja la variedad de grupos alimenticios para cada especie, tales como granívoros, herbívoros y omnívoros. Esto aumenta la posibilidad de causar daños a diferentes cultivos. Indudablemente,

cultivos como el maíz, frijol, sorgo, caña, trigo, hortalizas y frutales entre muchos más que se cultivan en todo el país, resultan dañados considerablemente por ataques de roedores (de Ita 1992; Toledo *et al.* 1989; Panty-May 2012).

De igual manera se han obtenido las primeras tablas en cuanto a gastos de siembra, control de plagas, pérdida y cosecha se refieren, todas estas en valores de tonelada por hectárea y en pesos mexicanos, para así realizar estimativos de la inversión inicial, la pérdida y la producción total de cada uno de los DDR's que se dedican a cultivar cada uno de los 7 principales productos a nivel nacional, como son arroz, maíz, frijol, caña, trigo, cebada y sorgo.

En este caso, los roedores que han sido identificados como plagas agrícolas en México, han demostrado que son los causantes de que los productores agrícolas tengan elevadas pérdidas económicas y una considerable merma en la producción (de Ita 1992; Toledo *et al.* 1989, del Villar-González 2000). Esto obliga a los productores a la utilización de métodos radicales de control de roedores que en general consiste en aplicar altas cantidades de rodenticidas. Estas medidas resultan costosas ya que se aplican una vez que el cultivo ya ha sido dañado (Buckle y Smith 1994; Prakash 1988; Singla *et al.* 2012). Así, las plagas de roedores en cultivos son dañinas principalmente para la economía rural, y son causantes también de un aumento en los precios de los productos afectados debido a la escasez de estos productos en los principales mercados de distribución nacional (Powers y Mcsorley 2001; Ferguson *et al.* 2003; Bonecker *et al.* 2009; Huitu *et al.* 2009). No sólo la economía de los productores agrícolas, sino también del público consumidor de los principales cultivos en los que se basa tanto la economía agrícola, como la dieta del mexicano (de Ita 1992; Toledo *et al.* 1989).

Si bien el reto consiste en realizar investigaciones que incluyan estudios de campo que documenten la presencia actual de especies de roedores en campos agrícolas, tomando en cuenta sus distribuciones potencial. También es importante conocer las generalidades de la biología y ecología de las espe-

cies de roedores que potencialmente son plagas. Existen ya revisiones completas acerca de la biología de los roedores, debido a esto presentamos sólo las generalidades de los principales géneros donde se agrupan las especies que, en potencia, pueden convertirse en plaga.

Baiomys

Este género incluye a los ratones pigmeos, llamados así por su tamaño pequeño; la cabeza y tronco miden de 88 a 152 mm, la cola 33 a 56 mm, y pesan entre 7 a 9 gramos. El color de su cuerpo varía de oscuro a gris castaño. Sus orejas son pequeñas y redondeadas. Tienen 6 almohadillas en la palma de las patas anteriores. Se encuentra distribuido en gran parte de la república mexicana, con excepción de los estados de Baja California Norte y Sur, Tabasco, Yucatán, Campeche y Quintana Roo. Estos roedores se alimentan principalmente de semillas y tallos tiernos de plantas silvestres, aunque también pueden atacar plantas cultivadas y causar daños en cultivos básicos, forrajeros y hortalizas.

Oryzomys

Dentro de este género se agrupa a las comúnmente llamadas ratas de los pantanos o ratas arroceras. El color de su cuerpo varía del ocre oscuro, pardo grisáceo, café grisáceo con negro a ante rosado y café rojizo salpicado con negro con la parte lateral más pálida y la región ventral blancuzca. La cola es más grande que el cuerpo, tiene poco pelo esparcido y apariencia anillada.

La caja cerebral es más ancha que el rostro, el cráneo está poco esculpido y el bulbo timpal ligeramente hinchado. La longitud de su cabeza y tronco es de 93 a 187 mm, la cola de 100 a 235 mm y está usualmente cubierta de pelo corto. Pesan de 40 a 80 gramos. Se distribuye ampliamente en el país, con excepción de Baja California Norte, Durango, Chihuahua, Coahuila, Zacatecas y

Aguascalientes. Estos roedores consumen semillas, raíces, tallos y follaje tierno de plantas silvestres y cultivadas, llegando a causar daños en cultivos básicos e industriales; ocasionalmente comen peces e insectos.

Peromyscus

Conocidos con el nombre de ratón panza blanca, cuatroalbo, ciervo y ratón sorguero. Son de tamaño pequeño. Su cabeza y tronco miden de 80 a 376 mm, la cola de 40 a 205 mm y pesan de 15 a 50 gramos. El color de su cuerpo varía de ocre oscuro, café rojizo, canela a grisáceo mezclado con negro, con la región ventral y las patas blancuzcas o color crema, aunque algunas especies pueden ser totalmente blancas o negras. La cola es escamosa y anillada, usualmente bicolor con pelo en su región ventral. El cráneo es delgado y está ligeramente esculpido, el rostro delgado y largo, incisivos sin surcos pronunciados y el bulbo timpal moderadamente hinchado. Ampliamente distribuido en toda la república mexicana. Se alimentan de cualquier tipo de vegetación que se encuentre disponible, se les ha encontrado alimentándose de tallos y semillas tiernas en cultivos básicos, industriales, forrajeros, hortalizas y frutales.

Reithrodontomys

A los ratones de éste género se les conoce comúnmente como ratón cosechador o ratón orejudo. La coloración de su cuerpo varía de oscuro, negro mezclado con color canela ante mezclado con café a gris con una franja más clara en el dorso, la región ventral es de color clara a oscura. La cola es delgada escamosa y con pelo escaso. En la planta de las patas posteriores tiene 6 almohadillas. El cráneo está poco esculpido y el bulbo timpal moderadamente hinchado. Los incisivos superiores presentan un surco profundo en la región media. Su cabeza y tronco miden de 63 a 84 mm, la cola de 55 a

123 mm y peso de 9 a 28 gramos. Este género está ampliamente distribuido y se encuentra en gran parte de la república mexicana con excepción de los estados de Baja California Sur y Tabasco. Están considerados como roedores oportunistas y se alimentan de semillas y algunos insectos. Llegan a invadir algunos cultivos básicos e industriales.

Sigmodon

Se les conoce con el nombre de rata algodонера, rata jabalina o cañera. Su pelaje es hirsuto. De color grisáceo con tonos oscuros a café oscuro con pelos la región ventral del cuerpo varía de blanquecina, rojiza a gris en tonos claros a oscuros. La cola es fuerte, anillada y más corta que el cuerpo. Los dedos 1 y 5 de las patas posteriores son más cortos. El cráneo es robusto y el rostro bien desarrollado. La cabeza y tronco miden de 123 a 204 mm, la cola de 83 a 154 mm y peso de 113 a 200 gramos. Tiene una amplia distribución en el país y se encuentra en gran parte de la república mexicana con excepción de la península de Baja California. Las especies de éste género comen semillas tallos hojas y frutos de diversos vegetales y complementan su dieta con huevos de aves, insectos y pequeñas lagartijas. Cuando invaden áreas agrícolas causan daños en cultivos básicos, industriales, forrajeros y hortalizas. Eventualmente también dañan maíz y frijol almacenado en condiciones rústicas.

Microtus

Estos roedores son conocidos como ratones alfalferos, chincolos, meteoritos o tucitas. Son de tamaño pequeño, con cola chica, orejas cortas y redondeadas, cubiertas de pelo suave y largo. Es de color café oscuro con tonos negruzcos; los costados del cuerpo son más claros y la región ventral es grisácea. Los incisivos superiores no tienen surcos, su cabeza y tronco miden de 97 a 120 mm, la cola es de 20 a 40 mm y pesan de 22 a 45 gramos. Ampliamente

distribuido en la república mexicana, con excepción de Baja California Sur, Sinaloa, Sonora, Nayarit, Zacatecas, Guanajuato, Guerrero, Tabasco, Aguascalientes y península de Yucatán. Se alimentan de raíces, tallos y hojas de plantas herbáceas. En zonas agrícolas constituyen verdaderas plagas de cultivos básicos, hortícolas, forrajeros y frutales.

Heteromys

Dentro de éste género de roedores se ubica a los ratones de bolsas o abazones. Estos se caracterizan por poseer un par de abazones en sus mejillas, su pelaje es hirsuto, de color variable desde el ocre, negro, gris a café, con la región ventral del cuerpo blanca amarillenta a marfil. Sus orejas son muy pequeñas y tienen forma redondeada, la cola está provista de pelo y tiene un mechón en la punta. Las palmas de las patas traseras están cubiertas por pelo y la región auditiva del cráneo no está hinchada. Cabeza y tronco miden de 97 a 135 mm, la cola de 102 a 163 mm y pesan de 34 a 50 gramos. Se distribuye ampliamente en el país con excepción de Coahuila, Península de Baja California, Tabasco y Península de Yucatán. Estos roedores se alimentan de semillas, plántulas y tallos tiernos de plantas silvestres y cultivos básicos, hortalizas, forrajeros e industriales.

Cratogeomys

A estos roedores se les conoce comúnmente como tuzas o topos. Son roedores de gran tamaño, de cuerpo robusto, no tienen bien diferenciado el cuello, sus ojos, orejas y cola son pequeños. Tienen abazones, su pelaje es suave, corto y de color café, negro a albino. La superficie anterior de los incisivos superiores está surcada, la fosa basitemporal craneal es profunda y sobre la mandíbula inferior existe un escollo mesatérico bien desarrollado. La longitud de la cabeza y tronco es de 184 a 216 mm, la cola de 76 a 102 mm y su

peso promedio es de 500 gramos. Se distribuye en la región norte y centro del país, con excepción de Baja California, Sonora, Sinaloa, Aguascalientes, Guerrero, Oaxaca, Península de Yucatán, Tabasco y Chiapas. Estos roedores se alimentan de raíces, tubérculos y tallos de plantas; cavan complejos túneles donde pasan gran parte de su vida. Dañan cultivos básicos, forrajeros, hortícolas, industriales y frutales, aunque también pueden causar problemas en campos forestales y cultivos ornamentales. Ocasionan graves pérdidas al romper tallos, bulbos y raíces, al excavar destruyen canales de riego y dañan plantas al cubrirlas con tierra.

Thomomys

Se les conoce comúnmente como tucitas o salpiches. Tienen abazones, ojos y orejas pequeñas y no existe clara diferenciación del cuello. La coloración de su cuerpo varía de negro a café claro, con la región ventral más clara. Las patas delanteras están reducidas y poseen uñas pequeñas. La superficie anterior de los incisivos superiores es lisa, ocasionalmente tiene una fina canaladura en el margen interno. No tienen fosa basitemporal craneal. La cabeza y tronco miden de 117 a 196 mm, la cola de 43 a 105 mm, y su peso promedio es de 150 gramos. Se distribuye en la región norte y centro del país con excepción de Tamaulipas, Querétaro, Tlaxcala, Colima, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Península de Yucatán. Al igual que las tuzas, estos roedores construyen complejos sistemas de túneles subterráneos y se alimentan de raíces, bulbos y tallos de plantas, llegando a causar daños aunque menos importantes, en cultivos básicos.

Pappogeomys

También a estos roedores se les conoce con el nombre de tuzas. Tienen pelaje corto, áspero, de color café con tonalidades oscuras a claras. Las orejas son cortas, redondas y pequeñas. Las patas anteriores son largas y tienen grandes uñas. La superficie anterior de los incisivos superiores está surcada. Fosa basitemporal craneal presente. Su cabeza y tronco miden de 100 a 435 mm, cola de 50 a 140 mm y pesan de 500 a 800 gramos. Se distribuye ampliamente en la región sur, centro y parte norte del país, con excepción de Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Península de Baja California, Coahuila, Nuevo León, Durango, Nayarit, Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato, D.F., Hidalgo, Estado de México, Morelos y Tlaxcala. Al igual que los géneros *Pappogeomys* y *Thomomys*, estas tuzas hacen túneles subterráneos y se alimentan de raíces, tubérculos o bulbos y tallos de plantas silvestres y cultivos. Se reportan daños causados por este género en cultivos básicos, industriales y frutales.

Xerospermophilus (antes Xerospermophilus)

Estos roedores son conocidos como ardilla, ardillón, molote, juancito, techalote, ardilla de tierra y cuinique. Poseen abazones internos y la coloración de su cuerpo varía del ante o café claro, gris mezclado con negro, ocre, al café oscuro. El cráneo carece de músculos clavobranquiales, no es subrectangular desde la vista dorsal, tiene tubérculo mesotérico de tamaño medio a grande, situado ventral y ligeramente lateral al foramen infraorbital que es oval o triangular. Su cabeza y tronco miden de 127 a 253 mm, la cola de 57 a 114mm y pesan de 85 a 127 gramos. Se distribuye ampliamente en la República Mexicana, con excepción de Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Península de Yucatán. Se alimentan de semillas y tallos de plantas y complementan su dieta con insectos. Causan serios problemas en cultivos básicos y hortícolas.

Sciurus

Los sciuridos mejor conocidos como ardillas arborícolas, tienen el pelaje ligeramente áspero, cuya coloración varía de rojizo, gris a café oscuro. La región ventral del cuerpo es de color blanco a rojizo. La cola es larga y está cubierta de pelo. El cráneo tiene una fuerte depresión posterior y carece de escollos, el paladar es casi cuadrado en su región posterior y termina inmediatamente detrás de los dientes, el foramen infraorbital forma un canal y el tubérculo mesotérico es débil. Su cabeza y tronco miden de 230 a 380 mm, la cola de 200 a 300 mm y pesan de 500 a 900 gramos. Se distribuye en gran parte de la República Mexicana, excepto en la península de Baja California. Se alimentan de semillas y frutos de plantas silvestres y cultivadas. Causan daños en nogales y cocoteros. Además de vegetales consumen hongos, insectos y huevos de aves.

Roedores plaga de México

Los roedores identificados como plaga agrícola tienen una amplia diversidad taxonómica perteneciente a las familias *Muridae* (ratas y ratones), *Heteromyidae* (ratones), *Sciuridae* (ardillas) y *Geomidae* (tuzas). De esta diversidad de roedores, deriva una amplia gama de hábitat ocupados por ellos y diversas preferencias alimenticias también; En consecuencia los cultivos agrícolas en México resultan ser afectados por el establecimiento de estos roedores al buscar alimento (De Ita 1992; Toledo *et al.* 1989).

La Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) ha identificado como roedores plaga a las ratas cañeras *Sigmodon hispidus* y *Sigmodon arizonae*, las ratas arroceras *Oryzomys palustris* y *Orizomys fulvescens*, la rata negra *Rattus rattus*, la rata gris *Rattus norvegicus*, el raton alfalfero *Microtus mexicanus*, el ratón doméstico *Mus musculus*, las tuzas *Cratogeomys tylorhinus*, *Cratogeomys merriami*, *Orthogeomys hispidus*, *Ortogeomys grandis*, *Thomomys bottae*,

Thomomys umbrinus, las ardillas de tierra *Xerospermophilus mexicanus*, *Xerospermophilus variegatus* y la ardilla de árbol *Sciurus aureogaster*.

Para la identificación de los especímenes la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), ha utilizado la clave de identificación del Fitofolio no. 74 del mes de diciembre de 1977, las claves dicotómicas y guías de identificación para roedores, generando la siguiente tabla (Cuadro 3.1) sobre la Biología y hábitos de las principales especies de roedores.

Cuadro 3.1 Biología y hábitos de especies de roedores con potencial para convertirse en plaga agrícola (Se mantienen los nombres científicos anteriores a la actualización nomenclatural reportada en Ceballos y Arrollo-Cabrales (2012) y la de Ramírez-Pulido et al. 2014.

Especie/ N. común	Madurez sexual (Días)	Gestación (Días)	Crías por camada	Camada (año)	Longevi- dad (años)	Dieta	Hábitos
<i>Sigmodon hispidus</i> Rata cañera o jabalina	30-40	27	2-10	9	1	Omnívoro	Diurno, nocturno solitario
<i>Sigmodon arizonae</i> Rata cañera o jabalina	40	27	2-10	7-9	1	Omnívoro	Diurno, nocturno solitario
<i>Oryzomys palustris</i> Rata arrozera o de pantano	40-45	21-28	1-7	6	1	Tallos, brotes y semillas	Diurno, nocturno gregario
<i>Oryzomys fulvescens</i> Rata arrozera o de pantano	40	25-27	5-7	5-7	1	Tallos, brotes y semillas	Diurno, nocturno gregario
<i>Rattus norvegicus</i> Rata gris o de las cloacas	90	21-23	2-14	Hasta 12	2	Omnívoro	Diurno, nocturno gregario
<i>Rattus rattus</i> Rata negra o de tejados	90	21	7-10	5-6	2	Omnívoro	Diurno, nocturno gregario

<i>Mus musculus</i> Ratón doméstico	35-45	18-21	5-12	10	2	Omnívoro	Diurno, nocturno gregario
<i>Microtus mexicanus</i> Ratón alfalfero o chincolo	40-50	21	1-4	10-12	1	Raíces, hojas corteza tierna	Diurno, nocturno gregario
<i>Cratogeomys tylosinus</i> Tuza	60-80	25-28	2-4	1-3	3	Tubérculos, rizomas y raíz, tallos y hojas	Diurno fosorial
<i>Cratogeomys merriami</i> Tuza	ND	28	1-4	1-3	3	Tubérculos, rizomas y raíz, tallos y hojas	Diurno fosorial
<i>Orthogeomys hispidus</i> Tuza	ND	ND	1-3	1-2	1	Tubérculos, rizomas y raíz, tallos y hojas	Diurno fosorial
<i>Orthogeomys grandis</i> Tuza	ND	ND	1-3	1-2	1	Tubérculos, rizomas y raíz, tallos y hojas	Diurno fosorial
<i>Thomomys botae</i> Tucita o tlalpiche	40	19	5-7	1-2	2-3	Tubérculos, rizomas y raíz, tallos y hojas	Diurno y fosorial
<i>Ictidomys mexicanus</i> Ardilla de tierra o cuinique	30-35	28	4-10	1-2	10	Omnívoro	Diurno gregario
<i>Xerospermophilus spilosoma</i> Ardilla de tierra o cuinique	35-40	30	3-9	2	6-8	Omnívoro	Diurno gregario
<i>Sciurus aureogaster</i> Ardilla de árbol	30-40	44	2-4	1	5	Omnívoro	Diurno, semi- arborícola gregario

Es importante señalar que el ciclo biológico de los roedores es afectado por los factores ambientales anteriormente descritos, que ejercen presión sobre las poblaciones de tal manera que la duración de cada una de las etapas que lo conforman puede alargarse o acortarse.

Las poblaciones de roedores, son reguladas principalmente por la escasez o abundancia de alimento, refugio, así como por las enfermedades, competencia, rapiña y depredación. Por lo tanto el número de roedores en un área determinada estará en función de la presencia o ausencia de condiciones favorables para su desarrollo (Dickman 1999; Hussain *et al.* 2003; Cavia *et al.* 2009).

No todas las especies consideradas plaga tienen el mismo potencial reproductivo, sin embargo, su tasa de crecimiento poblacional es suficiente para alcanzar niveles perjudiciales y constituirse en plagas de importancia económica, además de permitirles recuperar su densidad poblacional en poco tiempo después de que han sido minimizadas por estrategias de control (Singleton *et al.* 1999; Singleton *et al.* 2001; Slade y Crain 2006).

Por lo general conforme avanza el proceso de maduración de las plantas cultivadas, aumenta la migración de los roedores desde los pastizales y las tierras en descanso ya que la disponibilidad de alimento que ofrecen los cultivos reactiva la reproducción de los roedores, lo que inicia el aumento de la población, que se dedica a alimentarse de los granos, semillas próximas a madurar, frutos maduros, tallos maduros como en el caso de la caña de azúcar (Powers y Mcsorley 2001; Zhang *et al.* 2005; Ruiz *et al.* 2011). Lo que indica que los cultivos son vulnerables de daño por roedores desde la etapa de formación de los frutos hasta la cosecha. Esto se cumple de manera general para el caso de las ratas y ratones plaga, sin embargo se han observado daños a cultivos que se encuentran en etapa de plántula e incluso en la siembra ya que algunos roedores suelen desenterrar las semillas de los cultivos, obligando a los productores a resembrar su parcela (De Ita 1992; Toledo *et al.* 1989; Ceballos y Oliva 2005).

Los roedores como plaga se presentan en casi toda las regiones agrícolas del país, haciendo más relevante su presencia cuando el medio favorece a la producción agrícola como a la reproducción de los roedores, como en el caso de las áreas de cultivos de temporal eficientes, áreas que ocupan el interés de este estudio. En las áreas de temporal regular o deficiente, las poblaciones de roedores guardan congruencia con la disponibilidad de alimentos (De Ita 1992; Toledo *et al.* 1989; Hone 1994; Danell *et al* 1994; Ceballos *et al.* 2002; Davis *et al.* 2003; Ceballos y Oliva 2005).

Con respecto a los cultivos que son potencialmente dañados por los roedores se encuentran, de acuerdo con la SAGARPA (<http://www.senasica.gob.mx>; SAGARPA 2014) los siguientes: caña de azúcar, maíz, sorgo, trigo, avena, fríjol, palma aceitera y de coco, plátano, piña, zanahoria, sandía y papa entre otros. Los seis primeros cultivos son la base del desarrollo de este libro por su importancia en la dieta y necesidades de la población mexicana.

Capítulo 4

Manejo integrado de plagas: una propuesta

El manejo integrado de plagas de roedores se puede definir como una estrategia donde se incluyen diversas disciplinas con el fin de mejorar el control de plagas de estos vertebrados, entre las cuales se pueden incluir las biológicas, sociales y económicas. Han existido diversos intentos por desarrollar un manejo integrado de plagas de roedores basado en el entendimiento del uso del hábitat y las dinámicas poblacionales de estos (Redhead y Singleton 1988; Whisson 1996; Brown *et al.* 1998; White *et al.* 1998), o el uso del control biológico (Lenton 1980; Singleton y Petch 1994; Saunders *et al.* 2010). El progreso del manejo integrado de plagas de roedores en el Sureste de Asia y de Australia ha sido documentado desde mediados de la década de los 1990's, aunque las bases del control ecológico de roedores se sugirieron hace ya muchos años (Hansson y Nilsson 1975, Redhead y Singleton 1988), pero la implementación de estas técnicas ha sido pasada por alto. No obstante este grado de avance, una propuesta de manejo integrado debe ser específico para la especie y sitio donde se pretenda hacer un manejo de plagas.

Un ejemplo exitoso del manejo ecológico se dio en 1980 en Gran Bretaña con la erradicación de *Myocastor coypus* conocido como ratón coipo, una plaga introducida. Después de muchas décadas de infructuosos esfuerzos de control, una nueva estrategia fue desarrollada basándose en estudios de dinámicas poblacionales y simulación biológica. La solución al problema se obtuvo en menos de seis años a través de integrar el conocimiento acerca de la biología de la especie y su comportamiento con un esquema de control organizado con atractivos incentivos en las trampas de captura (Gosling y Baker 1989).

La resistencia que han desarrollado los roedores plaga a rodenticidas anti-coagulantes de primera y segunda generación, han llevado a buscar otro tipo de soluciones, no solamente en cuanto a creación de venenos más eficientes, sino a la prevención de su desarrollo y contener su distribución geográfica. El perfeccionamiento en la eliminación de roedores, depende de comprender los aspectos de comportamiento en cuanto a hábitos alimenticios se refiere (Singleton *et al.* 1999). Investigaciones acerca de los beneficios de combinar el conocimiento de la ecología y etología de las especies de roedores plaga para desarrollar planes integrados de control están documentados por Santini (1994) quien trabajó con tres especies de roedores causantes de daño agrícola y forestal; y por Buckle (1988), quien trabajo en plantaciones de palmeras.

Dentro de la propuesta que se hace en este libro para un manejo integrado de poblaciones de roedores se encuentra no sólo el conocimiento ecológico de las especies sino también la integración de compensaciones económicas y una participación social con el fin de desarrollar un control de plagas de largo plazo.

Control de roedores plaga en México

El tema de control de roedores se discute entre agricultores, agrónomos y productores. Cada grupo tiene una propuesta sobre cómo realizar el control de estas plagas. Sin embargo, la realidad es que una sola técnica de control no es adecuada en la mayoría de los casos y generalmente se requiere una combinación de técnicas (Caughley *et al.* 1998; Ferguson *et al.* 2003; Spurr y McGregor 2003; Clapperton 2006; Singla 2012).

Los métodos para control de roedores se pueden clasificar en tres categorías generales que son: métodos físicos, biológicos y químicos (FAO 2010). Dado que el objetivo de este libro no es presentar información técnica sobre la efectividad de diferentes compuestos químicos u otros métodos de control de roedores, ya que son demasiados y escapan a nuestras capacidades. Si haremos una breve descripción de los tres grandes grupos en que son divididos.

Métodos físicos

Los métodos físicos del control de roedores son los que emplean técnicas mecánicas para controlar roedores (trampas, palos, machetes, etc.), o barreras para excluir los animales de ciertos lugares. Son populares porque casi no tienen costo directo por materiales, y los resultados son visibles de inmediato, pero los costos en términos de tiempo y mano de obra son altos y los resultados en términos de reducción de las poblaciones de roedores son inconsecuentes (SAGARPA 2003).

El uso de trampas puede ser útil para capturar roedores que causen daño en un área limitada, pero generalmente es costoso y laborioso para ser efectivo en grandes áreas. Además, la invasión desde áreas vecinas puede reducir la eficacia de estos esfuerzos (FAO 2010). Este método es realmente útil en el momento de establecer la dinámica poblacional de la especie a controlar.

Métodos químicos

Después de varias pruebas, se ha comprobado que el método más efectivo para el control de roedores es el uso de rodenticidas (Haines 1982; McDonald y Larivière 2001; Spurr y McGregor 2003; Bailey et al. 2005; Clapperton 2006). Es conveniente caracterizar los tóxicos usados para control de roedores en dos categorías amplias:

- (a) los agudos o de acción rápida ejemplificada por el fosfuro de zinc.
- (b) los crónicos, que actúan lentamente después de varias dosis.

Entre los venenos crónicos, o de acción lenta están los anticoagulantes como difacinona, warfarina y cumarina (McDonald y Larivière 2001; Spurr y McGregor 2003; Bailey et al. 2005). Ambos tipos de rodenticidas, los agudos, así como los crónicos tienen ciertas ventajas y desventajas. Muchos técnicos de campo, al ver los roedores muertos poco después de aplicar pequeñas cantidades de cebo, con poca labor, piensa que este método es un control efectivo y barato. Sin embargo, el desarrollo rápido de síntomas de intoxicación muy a menudo hace que los roedores cesen de comer antes de ingerir una dosis letal. Los animales que sobreviven tienen una aversión al tóxico o al cebo (conocida como “timidez del cebo”), que puede durar de tres a cuatro meses y durante este período no comerán más del mismo cebo (Bailey et al. 2005; Clapperton 2006; Morriss et al. 2008). Los efectos de “timidez del cebo” pueden ser disminuidos por la técnica de ofrecer cebos sin tóxico durante unos días antes de usar cebo envenenado (preservar), pero aun con esta práctica es difícil obtener más de un 60 - 70% de control de poblaciones de roedores con tóxicos agudos (Greaves 1982; O'Connor y Booth 2001; Morriss *et al.* 2008). Asimismo, la capacidad reproductiva de los roedores es tan alta que las poblaciones se recuperan rápidamente después de un programa de control no muy efectivo y por eso el tratamiento debe repetirse varias veces; de tal modo, el tratamiento que originalmente parecía barato, puede resultar con costos altos (O'Connor y Booth 2001; Bailey et al. 2005; Clapperton 2006).



Además, los venenos agudos son casi igualmente tóxicos a una gran variedad de animales (Cuadro 4.1). Generalmente, no hay un antídoto ni tiempo para usar tratamientos sintomáticos. Envenenamiento accidental de humanos, animales domésticos o animales silvestres, aumentan los costos de usar tóxicos agudos (FAO 2010; O'Connor y Booth 2001).

Cuadro 4.1. Ventajas y desventajas de rodenticidas de una sola dosis y de acción rápida (agudos).

Ventajas Percibidas	Desventajas Verdaderas
Poco cebo necesario	Timidez de cebo
Poco trabajo	Necesidad de usar cebos sin veneno
Barato por Kg.	No selectividad
	Carece de antídoto
	Costos altos para obtener efectividad

Tóxicos crónico

El descubrimiento de la warfarina y la explotación de anticoagulantes como rodenticidas, han aumentado la eficacia y seguridad de programas de control de roedores. La acción lenta de la warfarina y la existencia de un antídoto, ha eliminado los peligros de los venenos agudos y la necesidad de precebar ya que el síntoma “timidez de cebo” . Después de este rodenticida, se desarrollaron otros anticoagulantes, como cumaclor, cumarina y difacinona (Drummond y Taylor 1970; McDonald y Larivière 2001; Spurr y McGregor 2003; Bailey et al. 2005).

Para obtener un control efectivo se necesita llevar a cabo aplicaciones múltiples de cebos y, generalmente, todos tienen una toxicidad y eficacia igual a la warfarina. Los anticoagulantes han llegado a ser el principal agente para

el control de roedores en todo el mundo (Buckle y Smith 1994; O'Connor y Booth 2001; Bailey et al. 2005). Los rodenticidas anticoagulantes tienen más selectividad que los venenos agudos y la vitamina K es el antídoto. Por razón de su acción lenta (días o semanas en vez de horas), hay tiempo para administrar el antídoto en caso de envenenamientos accidentales (Tabla 4.2).

Cuadro 4.2. Ventajas y desventajas de rodenticidas de dosis múltiples y acción lenta (acumulativos)

Ventajas	Desventajas Percibidas
Acción lenta	Acción lenta
Selectividad	Mucho trabajo
Antídoto disponible	Mucho cebo
Alta eficacia	Costos altos para efectividad
	Resultados invisibles y lentos

Uso de rodenticidas

Los productos químicos venenosos son útiles para combatir infestaciones de roedores. Aunque todavía no se ha producido un rodenticida universalmente eficaz, que cumpla con todos los requisitos en todas las circunstancias. De los numerosos productos que hoy se encuentran en el mercado, la mayoría tienen una u otra falla. Los requisitos de seguridad para la protección de seres humanos, ganado, aves de corral, animales domésticos, etc., determinan la selección de los métodos de envenenamiento para control de roedores (FAO, 2010; McDonald y Larivière 2001; Bailey et al. 2005).

Dada la gran diversidad de condiciones ecológicas y ambientales en México bajo las cuales se presentan problemas de roedores como plagas de productos almacenados, es de esperarse que un programa o técnica de control



pueda garantizar éxito total en todos los casos. El uso de uno u otro método o producto depende de las condiciones existentes en cada situación. Sin embargo, algo importante para este tipo de control es tener en cuenta la dinámica de la población que se esté tratando de controlar, ya que de esta manera se puede aplicar el roenticida en una categoría de edad más susceptible que otra (Caughley et al. 1998; Dickman 1999; Ferguson *et al.* 2003; Spurr y McGregor 2003; Bonecker *et al.* 2009)

Métodos biológicos

El control biológico de roedores ha sido uno de los temas de mayor interés entre investigadores y agricultores interesados en el control de daño por roedores. Los métodos biológicos más sugeridos como soluciones al problema incluyen: la introducción de depredadores, enfermedades o parásitos, modificación del hábitat, manipulación genética y variedades de cosechas resistentes. La mayoría de estas soluciones tienen fallas de teoría o de práctica (FAO 2010). No obstante esto, este tipo de control es promisorio y es una línea de investigación abierta. Paralelo a esto, la conservación del hábitat natural y, al mismo tiempo, de los depredadores naturales puede ser una opción dentro del manejo integral de plagas. En el caso de productos almacenados, el buen saneamiento y limpieza de los graneros o bodegas es sumamente importante, tal vez más importante que cualquier otro método de control.

Dado que los métodos anteriores no son del todo eficientes en el control de roedores, resalta la importancia de la propuesta de este libro, la cual permite la visualización y modelado *a priori* de los riesgos materiales y económicos, que puede implicar el establecimiento de ciertos cultivos, en determinadas zonas durante las diferentes temporadas de cultivo.

Si bien la herramienta propuesta en este libro nos permite tener una planeación en cuanto al establecimiento de cultivos en zonas donde potencialmente, se puede desarrollar una especie de roedor como plaga. Una vez esta-

blecido un cultivo el desarrollo de plagas es una amenaza constante. Debido a esto, un manejo integrado de plagas debería permitir controlar a los roedores sin un alto costo económico, ecológico y social.

Integrando el manejo de plagas

Como se mencionó al principio de este capítulo, en el manejo integrado de plagas se busca conjuntar diversas áreas del conocimiento. Debido al énfasis de este libro se describirán en mayor detalle las que están relacionadas con el ámbito biológico. Así, el establecimiento de un programa de manejo de plagas es, en esencia, un problema de investigación y, por lo mismo, se ha sugerido seguir los pasos básicos de la investigación científica de manera que sea posible tener un orden en los pasos a seguir y, al mismo tiempo, sea posible replantear el problema y conformar una línea de investigación (Aplin *et al.* 2003; Fig. 4.1). De esta manera, el manejo de poblaciones de roedores mediante este método, proveerá de datos básicos sobre la ecología de la especie lo que permitirá plantear estrategias de manejo alternativas.

Una de las principales metas a seguir es el conocimiento de la dinámica poblacional y de comunidades de la especie a controlar. Para esto, es necesario establecer un programa de muestreo de la especie a largo plazo (algunos autores han sugerido al menos cinco años), durante este periodo diversas estrategias de control pueden ser establecidas con el fin de mitigar el daño que se pueda estar causando a las cosechas.



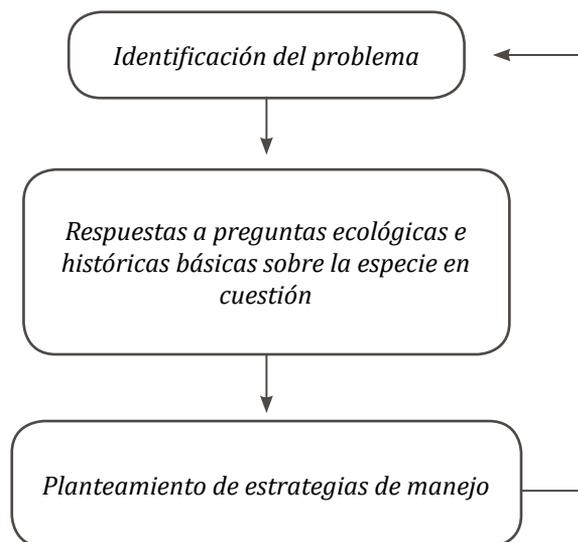


Figura 5.1 El método para abordar un problema de plaga de roedores puede seguir el planteado por el método científico, lo que facilitará el seguimiento y comprobación de las diferentes estrategias de manejo (hipótesis científicas).

Para establecer este programa de muestreo, se propone seguir un protocolo estandarizado, lo que permitirá tener resultados comparables a través del tiempo. El método más utilizado es el de malla de muestreo, en este se colocan una serie de trampas Sherman con una distancia definida entre ellas (Wilson *et al.* 1996; 2007; Fontúrbel *et al.* 2010). Como ejemplo, podemos proponer utilizar 100 trampas Sherman; idealmente estas deben de ser colocadas en una malla de 10 x 10 trampas. La distancia que a la que se coloca cada trampa depende de la especie de roedor que se desee estudiar, sin embargo, usualmente se colocan cada 10 m (Fig. 4.2). Generalmente, las trampas se ceban, sin embargo, con el fin de no sesgar el muestreo se pueden establecer las trampas sin cebo o con cebos del mismo tipo de cultivo.

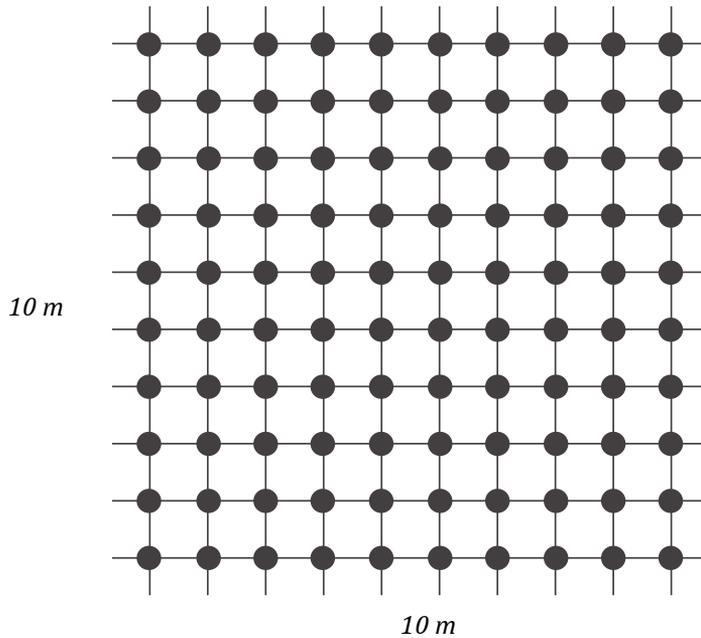


Figura 5.2 Esquema de colocación en malla de 100 trampas Sherman. En cada vértice formado por la intersección de líneas de muestreo establecidas (10 m) se coloca una trampa.

Con el fin de realizar una estimación del tamaño poblacional se realiza un marcaje de los individuos capturados. Esto se puede realizar de diferentes formas (Wilson *et al.*, 1996, 2007; Pollock *et al.* 1990; White y Burnham 1999; Aplin *et al.* 2003), la más recomendada de estas es la colocación de aretes de metal. Sin embargo, siempre existe el riesgo de que éstos se pierdan. Una vez obtenidos los datos de capturas y recapturas es posible obtener estimaciones de la densidad y abundancia de los roedores totales y por categoría de edad. Estos datos permiten realizar análisis sobre en que categoría de edad la población es más susceptible a la acción de los rodenticidas y otros medios de control. No existe una estrategia de manejo única, incluso cuando se este tratando de manejar a la misma especie pero en diferentes

cultivos. Sin embargo, una recomendación general es mantener las poblaciones de roedores bajas; dado que una vez que se ha desatado una plaga es más costoso regresar a esa población a su abundancia baja. Como ejemplo se puede mencionar la recomendación general de mantener camadas pequeñas o nulas realizando un manejo sobre las hembras reproductoras induciendo esterilidad o inmuno-contracepción (Williams y Twigg 1996). Sin embargo, establecer una estrategia de control sobre un solo grupo de edad o sexo, no es recomendable ya que se ha documentado que las poblaciones de roedores tienden a compensar la falta de reproducción en una temporada con una mayor camada en las siguientes temporadas reproductivas (Julliard *et al.* 1999, Stenseth *et al.* 2003).

Una vez establecido este sistema de muestreo, se pueden realizar diferentes evaluaciones dependiendo de la pregunta de manejo e investigación que se plantee. Por ejemplo, si tenemos una explosión demográfica de roedores, las razones de esto pueden ser diversas como son: un aumento en la cantidad de alimento, migración de las áreas contiguas o pérdida de los depredadores naturales de los roedores. La colecta paulatina y ordenada de datos con el tiempo generará información dirigida hacia el manejo integrado de plagas (Smith 1969; Seber 1986; Pollock *et al.* 1990; Krebs 1999; Htwe *et al.* 2012).

Un elemento esencial en el manejo integrado de plagas es la generación de información ecológica que sirva de base para el control de una población de roedores. Para obtener esta información es necesario tener estudios de largo plazo que permitan tener datos sobre la dinámica de la población y de la comunidad de roedores. El hecho de que el manejo (y a la vez estudio) de las poblaciones de roedores requiera de tiempo para surtir efecto ha sido un obstáculo para la amplia aceptación de éste (Caughley *et al.* 1998; Boonsong *et al.* 1999; McDonald y Larivière 2001; Ferguson *et al.* 2003; Bonecker *et al.* 2009). Sin embargo, en aquellos sitios donde ha sido establecido se ha logrado mantener a la población en sus niveles basales (Brown *et al.* 1999).

Un método para obtener la mayor información de la especie(s) a manejar

en el menor tiempo posible es el propuesto por Brown y sus colaboradores (1999). En este, se propone la creación de una serie de tablas que resuman el conocimiento ecológico previo y el que hace falta para implementar el manejo de una especie (Cuadro 5.3). El ejemplo que se muestra sugiere que, aunque se tiene más información de la especie 1 que de la dos, aún se requiere trabajo para lograr tener elementos para el manejo adecuado. Sin embargo, este ejercicio da una idea de hacia donde se deben de dirigir los esfuerzos y recursos en este caso en particular.

De esta manera se pueden crear otras tablas que permitan una toma de decisiones ágil. Una propuesta de tabla de decisiones que se podría armar es la que resumiera el grado de conocimiento que se tiene del cultivo atacado y su relación con la plaga.

Cuadro 5.3. Ejemplo del resumen de la información ecológica y biológica de las especies de roedores a manejar modificado de Brown et al. 1999. – sin información; + información anecdótica; ++ información basada en una sola muestra; +++ información de diferentes sitios y/o largo plazo.

Parámetro	Especie a manejar 1	Especie a manejar 2
Abundancia	+++	++
Uso de hábitat	++	–
Dispersión	++	+
Reproducción	+++	+
Supervivencia	+++	++
Estructura de edades	+++	++
Dieta	+++	++
Relaciones depredador-presa	+	–
Enfermedades	–	–
Estatus taxonómico	+++	+++
Interacción con otras especies	–	–

Una de los principales puntos a abordar en el manejo integrado de plagas es la posible predicción de las explosiones demográficas de los roedores. Por ejemplo, se ha documentado que los patrones de lluvia a través de los años se pueden utilizar para predecir las plagas de roedores (Leirs *et al.* 1996, Brown y Singleton 1999; Htwe *et al.* 2012). Sin embargo, Krebs y colaboradores (2004) no encontraron una relación estadísticamente potente entre estas variables y proponen que ésta se puede complementar y potenciar con datos de productividad de los cultivos o mejor aún de alguna especie vegetal que sea parte de la dieta de la especie en condiciones normales. Además proponen que hay otros factores que pueden ser determinantes como son: los cambios en la calidad de los alimentos, la presión por depredadores, aumento en la abundancia de insectos, incidencia de enfermedades y parásitos y cambios en la estructura social (Krebs *et al.* 2004). Sin embargo, no importa cualquiera que sea la variable que se mida es necesario tener un conocimiento base de la biología de la especie a controlar.

Tanto el uso de modelos de distribución de especies, como el de otras variables son importantes para realizar predicciones que, potencialmente, van a reducir el costo económico en el manejo de poblaciones de roedores. Sin embargo, es esencial tener un conocimiento integral de la especie que se esta tratando de manejar, ya que de esto depende la precisión con la que se hagan las predicciones.

Implicaciones económicas y sociales

El manejo integral de plagas de roedores tiene como resultado adyacente un beneficio en la disminución en el control químico, lo que trae consigo mejoras en la comunidad de agricultores. Sin embargo, los beneficios económicos no son sólo a nivel local, a nivel nacional la pérdida económica por el ataque de plagas de roedores puede ser de hasta un 100% de la cosecha almacenada y de hasta un 60% del cultivo en pie (Sánchez-Cordero 1998). La implemen-

tación de un manejo integral de roedores plaga traería consigo un ahorro en insumos que se pueden dirigir a programas sociales.

Socialmente, el manejo integrado tiene dos vertientes. Por un lado, el beneficio directo que tiene la disminución en el uso de químicos para el control de los roedores, los cuales pueden contaminar diferentes alimentos y a la misma gente que prepara y dispersa los cebos envenenados. Por el otro, el manejo integrado de plagas ha sido, en general, poco aceptado (Brown *et al.* 1999; Grant *et al.* 2003; Anthony *et al.* 2007), esto se puede deber a que ha hecho falta la integración de los agricultores en la propuesta y en el desarrollo e implementación de campañas de manejo. En este caso, una opción es el establecimiento de un manejo participativo, el cual tiene como fin integrar a los dueños o usuarios del recurso en las estrategias de manejo, lo que les lleva a tener una participación activa y a hacer suya la iniciativa. Dado que esta integración implica que los pobladores aprendan y se apropien de las técnicas de manejo la obtención de conocimientos que eventualmente pasaran a otros agricultores puede servir como un incentivo más (Powers y Mcsorley 2001; Grant *et al.* 2003; Anthony *et al.* 2007; Bonecker *et al.* 2009; Huitu *et al.* 2009; Stuart *et al.* 2013)

Los habitantes de los países en desarrollo han generado una desconfianza hacia el establecimiento de programas nuevos (Leirs *et al.* 1999). La razón de esto es la mala implementación de los programas, lo que nos lleva a proponer que el manejo integrado de plagas no debe de ser la iniciativa de un solo sector. Este debería incluir a los tomadores de decisiones (desde nivel municipal hasta Federal), a los investigadores y a los dueños del recurso y a la iniciativa privada. Esto a la larga sentaría las bases para un adecuado manejo de los roedores plaga (Anthony *et al.* 2007; Bonecker *et al.* 2009).



A manera de corolario, se resumen los pasos que consideramos necesarios para el establecimiento de un manejo integral de plagas:

- 1.- Identificación de la(s) especie(s) plaga
- 2.- Recopilación de información disponible de la(s) especie(s) plaga
- 3.- Establecimiento de los programas de muestro de la(s) especie(s) plaga
- 4.- Cuantificación de la pérdida económica causada por la(s) especie(s) plaga
- 5.- Caracterización del uso previo de rodenticidas u otros tipos de control
- 6.- Establecimiento de los contactos para comenzar con un manejo participativo de la plaga
- 7.- Caracterización de elementos del hábitat y clima para establecer programas de predicción de explosiones demográficas.
- 8.- Reconocimiento y replanteamiento de las estrategias de manejo.

Dado que se propone un manejo integral el establecimiento de estos pasos no es lineal, en cada momento se puede detener el proceso y replantear la estrategia de manejo. Finalmente, la principal propuesta de este libro es la predicción del riesgo agrícola a través de modelos de distribución de especies lo que nos puede llevar al establecimiento de un programa nacional de largo plazo que permita redirigir los recursos económicos hacia un manejo más sustentable de los terrenos agrícolas.

Literatura consultada

- Adler, G. H. 1998. Impacts of resource abundance on populations of a tropical forest rodent. *Ecology*, 79: 242-254.
- Adler, G. H. y D. W. Kestell. 1996. Fates of Neotropical tree seeds influenced by spiny rats (*Proechimys semispinosus*). *Biotropica*, 30: 677-681.
- Advani, R. y R. P. Mathur. 1982. Experimental reduction of rodent damage to vegetable crops in Indian villages. *Agroecosystems*, 8: 39-45.
- Agrios, G. N. 2005. *Plant Pathology*. Academic Press. 922 p.
- Alberti, M. y J. M. Marzluff. 2004. Ecological resilience in urban ecosystems: linking urban patterns to human and ecological functions. *Urban Ecosystems*, 7: 241-265.
- Álvarez-Castañeda, S. T. 2010. Phylogenetic structure of the *Thomomys bottae-umbrinus* complex in North America. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54: 671-679.
- Anthony, D. A., R. P. Pech, J. Z. Yanming y L. Hui. 2007. Grassland degradation on the Tibetan Plateau: the role of small mammals and methods of control. *ACIAR Technical Reports*. 67 p.
- Aplin, K. P., P. R. Brown, J. Jacob, C. J. Krebs y G. R. Singleton. 2003. Field methods for rodent studies in Asia and the Indo-Pacific. Australian Center for International Agricultural Research, Canberra.
- Araujo, M. B. y A. Guisan. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 33: 1677-1688.
- Arnaud G, y A. Rodríguez. 1992. Rodent community associated to agricultural zone at Baja California, México. *Peromyscus Newsletter* 14: 21.
- Austin, M., A. Nichols y C. Margules. 1990. Measurement of the realized qualitative niche: environmental niches of five *Eucalyptus* species. *Ecological Monographs*, 60: 161-177.
- Bailey, C., P. Fisher y C.T. Eason. 2005. Assessing anticoagulant resistance in rats and coagulation effects in birds using small-volume blood samples



Published by Department of Conservation Wellington, New Zealand. Science for Conservation. 249 p.

- Baker, M. A. y B. D. Patterson. 2010. Patterns in the local assembly of Egyptian rodent faunas: Areography and species combinations. *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde*, 75:510-522.
- Barnett, S. A. y I. Prakash. 1976. Rodents of economic importance. Heinemann. London.
- Bentley, E. W. 1972. A review of anticoagulant rodenticides in current use. *Bulletin World Health Organization*, 47: 275-280.
- Best, T. L. 1995. *Xerospermophilus adocetus*. *Mammalian Species*, 504:1-4.
- Best, T. L., H. A. Ruiz-Piña y L. S. León-Paniagua. 1995. *Sciurus yucatanensis*. *Mammalian Species*, 506:1-4.
- Bonecker, S. T., L. G. Portugal, S. F. Costa-Neto y R. Gentile. 2009. A long term study of small mammal populations in a Brazilian agricultural landscape. *Mammalian Biology*, 74: 467-477.
- Boonaphl, O. y J. M. Schiller. 1996. Rodent problems and research priority in Laos. Paper for ACIAR project Planning Meeting on Management of rodent Pests in Southeast Asia. UPM Malaysia.
- Boonsong, P., S. Hongnark, K. Suasa-ard, Y. Khoprasert, P. Promkerd, G. Hamarit, P. Nookam y T. Jäkel. 1999. Rodent management in Thailand. *In Ecologically-based management of rodent pests*. G. R. Singleton, L. A. Hinds, H. Leirs y Z. Zhang. (eds.). Australian Centre for international Agricultural Research, Camberra. p. 338-357.
- Bozinovic, F., A. P. Cruz-Neto, A. Cortés, G. B. Diaz, R. A. Ojeda y S. M. Giannoni. 2007. Physiological diversity in tolerance to water deprivation among species of South American desert rodents. *Journal of Arid Environments*, 70:427-442.
- Brow, J. S., Kotler, B. P., Smith, R. J., y W. O. Wirtz. Wirtz. 1988. The effects of predation on the foraging behavior of heteromydi rodents. *Oecologia* 73: 408-515.

- Brown, J. S., B. P. Kotler y W. A. Mitchell. 1997. Competition between birds and mammals: a comparison of giving-up densities between crested larks and gerbils. *Evolutionary Ecology*, 11: 757-771.
- Brown, P. R. y G. R. Singleton. 1999. Rate of increase as a function of rainfall for house mouse *Mus domesticus* populations in a cereal-growing region in southern Australia. *Journal of Applied Ecology*, 36: 484-493.
- Brown, P. R. y G. R. Singleton. 2002. Impacts of house mice on crops in Australia—costs and damage. *In Human Conflicts with Wildlife: Economic Considerations*. L. Clark, J. Hone, J. A. Shivik, R. A. Watkins, K. C. VerCauteren y J. K. Yoder. (eds.). National Wildlife Research Center, Fort Collins, Colorado. p. 48-58.
- Brown, P. R. y N. P. Tuan. 2005. Compensation of rodent pests after removal: control of two rat species in an irrigated farming system in the Red River Delta, Vietnam. *Acta Oecologica* 28:267-279.
- Brown, P. R., A. McWilliam y K. Khamphoukeo. 2013. Post-harvest damage to stored grain by rodents in village environments in Laos. *International Biodeterioration & Biodegradation* 82:104-109.
- Brown, P. R., A. McWilliam y K. Khamphoukeo. 2013. Post-harvest damage to stored grain by rodents in village environments in Laos. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 82, 104-109.
- Brown, P. R., G. R. Singleton, S. C. Dunn y D. A. Jones. 1998. The management of house mice in agricultural landscapes using farm management practices: An Australian perspective. *In Proceeding of the 18th Vertebrate Pest Conference*. R. O. Baker y A. C. Crabb. (eds.). Costa Mesa, California, USA, 2-5 March 1998. Davis University of California. p. 156-159.
- Brown, P. R., L. K. Chambers y G. R. Singleton. 2002. Pre-sowing control of house mice (*Mus domesticus*) using zinc phosphide: efficacy and potential non-target effects. *Wildlife Research*, 29: 27-37.
- Brown, P. R., N. I. Huth, P. B. Banks y G. R. Singleton. 2007. Relationship between abundance of rodents and damage to agricultural crops. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 120: 405-415.



- Brown, P. R., N. Q Hung, N. Manh y M. Wensveen. 1999. Population ecology and management of rodent pests in the Mekong river, Vietnam. *In Ecologically-based management of rodent pests*. G. R. Singleton, L. A. Hinds, H. Leirs y Z. Zhang (eds.). Australian Centre for international Agricultural Research, Camberra. p. 319-337.
- Buckle, A. P. 1988. Integrated management of rice rats in Indonesia. FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Plant Protection Bulletin*, 36: 111-118.
- Buckle, A. P. 1994. Damage assessment and damage surveys. *In Rodent Pests and Their Control*. A. P. Buckle y R. H. Smith. (eds.). CAB International, Wallingford. p. 219-248.
- Buckle, A. P. y R. H. Smith. 1994. *Rodent Pests and their control*. CAB International, Wallingford, UK.
- Buckle, A. y Smith, R. 1994. *Rodent Pets and their control*. United Kingdom: CAB International, University Press, Cambridge. UK. 1994. Pp. 405.
- Cameron, G. N. y S. R. Spencer. 1981. *Sigmodon hispidus*. *Mammalian species*, 158:1-9.
- Castro, I. y M. Santos. 2005. *Oligoryzomys fulvescens* (Sassure, 1869). *In Los mamíferos silvestres de México*. G. Ceballos y G. Oliva. (eds.). FCE, CONABIO, México. P. 703-704.
- Caughley J.; V. Monamy y K. Heiden. 1994. Impact of the 1993 Mouse plague. GRDC Occasional Paper Series 7.
- Caughley, J., M. Bomford, B. Parker, R. Sinclair, J. Griffiths y D. Kelly. 1998. *Managing Vertebrate Pests: Rodents*. Bureau of Resource Sciences and Grains Research and Development Corporation, Canberra.
- Caughley, J., V. Monamy y K. Heiden. 1994. Impact of the 1993 mouse plague. Grains Research & Development Corporation.
- Cavia, R., G. R. Cuetoa y O. V. Suárez. 2009. Changes in rodent communities according to the landscape structure in an urban ecosystem. *Landscape and Urban Planning*, 90: 11-19.

- Ceballos G. G. y J. Arroyo-Cabrales. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México. Revista Mexicana de Mastozoología. Vol. 2 Num. 1.
- Ceballos, G. y C. Galindo. 1984. Mamíferos Silvestres de la Cuenca de México. Edit. Limusa, México.
- Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los Mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Consejo y Uso de la Biodiversidad.
- Ceballos, G., J. Arrollo-Cabrales y R. A. Medellín. 2002. Mamíferos de México. *In* Diversidad y Conservación de los mamíferos neotropicales, G. Ceballos y J. A. Simonetti (eds.). CONABIO-UNAM, México D.F.
- Chang G., y Z. Zhang. 2011. Differences in hoarding behaviors among six sympatric rodent species on seeds of oil tea (*Camellia oleifera*) in South-west China. *Acta Oecologica* 37:165-169.
- Chavéz, C. 2005. *Peromyscus truei* (Shufeldt 1885) Raton piñonero. *In* Los mamíferos silvestres de México. G. Ceballos y G. Oliva. (eds.). FCE, CONABIO, México. p. 773-774.
- Chávez, S. C; González-Romero, a., y C. Martínez. 1976. Estudio Comparativo Preliminar de la Efectividad de Dos Rodenticidas en el Campo. Cuarto Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. 6-9 Octubre. Veracruz, Ver.
- Choquenot, D. y W. A. Ruscoe. 2000. Mouse population eruptions in New Zealand Forests: The role of Population density and seedfall. *Journal of Animal Ecology*, 69: 1058-1070.
- Clapperton, K. B. 2006. A review of the current knowledge of rodent behavior in relation to control devices. Published by Department of Conservation Wellington, New Zealand. Science for conservation. 263 p.
- Davis, S. A., H. Leirs, R. Pech, Z. Zhang y N. C. Stenseth. 2004. On the economic benefit of predicting rodent outbreaks in agricultural systems. *Crop Protection*, 23: 305-314.
- Davis, S., E. Calvet y H. Leirs. 2005. Fluctuating rodent populations and risk to humans from rodent-borne zoonoses. *Vector-borne and Zoonotic Diseases*, 5: 305-314.



- Davis, S., M. Begon, L. De Bruyn, et al. 2004. Predictive thresholds for plague in Kazakhstan. *Science*, 287: 443-449.
- De Ita, R. 1992. Distribución y descripción de Roedores de importancia Agrícola en México. SAGAR. México D. F.
- Dickman, C. R. 1999. Rodent-ecosystem relationships: a review. *In Ecologically-based Rodent Management*. G. R. Singleton, L. A. Hinds, H. Leirs y Z. Zhang (eds.). Pp. 113-133.
- Dickman, C. y C. Doncaster. 1987. The ecology of small mammals in urban habitats. I. Populations in a patchy environment. *Journal of Animal Ecology*, 56, 629-640.
- Dowler, R. C. y H. H. Genoways. 1978. *Heteromys irroratus*. *Mammalian Species*, 82:1-6.
- Drummond, D. C. y K. D. Taylor. 1970. Practical rodent control. *In Part III, Food Storage Manual*. Tropical Stored Products Centre, Ministry of Overseas Development. Slough, England.
- Dubock, A. C. 1978. Rodent Control in crop stores. *Outlook on Agriculture*, 9: 220-224.
- Dubock, A. C. 1982. Pulsed baiting a new technique for high potency, slow acting 1982 rodenticides. *Proceedings of the Tenth Vertebrate Pest Conference*, 10: 123-136.
- Erb, J., M. S. Boyce y N. C. Stenseth. 2001. Population dynamics of large and small mammals. *Oecología*, 92: 3-12.
- Eshelman, B. D. y G. N. Cameron. 1897. *Baiomys taylori*. *Mammalian Species*, 285:1-7.
- Esher, R. J., J. L. Wolfe y J. N. Layne. 1978. Swimming behavior of rice rats (*Oryzomys palustris*) and cotton rats (*Sigmodon hispidus*). *Journal of Mammalogy*, 59: 551-558.
- Espinoza, L. A. y C. B. Chavéz. 2005. *Peromyscus boylii* (Baird, 1855). Ratón. *In Los mamíferos silvestres de México*. G. Ceballos y G. Oliva. (eds.). FCE, CONABIO, México. p. 723-724.

- FAO 2010. <http://www.fao.org/>
- Ferguson J. W. H., A. S. Van Jaarsveld, R. Johnson, G. J. Bredenkamp, S. H. Foord, y M. Britz. 2003. Rodent-induced damage to pine plantations: a South African case study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 95: 379-386.
- Fischer, C. y B. Schröder. 2014. Predicting spatial and temporal habitat use of rodents in a highly intensive agricultural area. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 189:145-153.
- Flisser, A., A. Velasco-Villa, C. Martínez-Campos, F. González-Domínguez, et al. 2002 Infectious Diseases in Mexico. A Survey from 1995-2000. *Archives of Medical Research*, 33: 343–350.
- Flores, C. S. 1985. Principales plagas de la Caña de azúcar en México. Instituto para el mejoramiento de la producción de azúcar México.
- Fontúrbel F. E., E. A. Silva-Rodríguez, N. H. Cárdenas y J. E. Jiménez. 2010. Spatial ecology of monito the monte (*Dromiciops gliroides*) in a fragmented landscape of southern Chile. *Mammalian Biology* 75: 1–9.
- Franco-Paredes, J. D., A. J. Rodríguez-Morales y J. I. Santos-Preciado. 2007. Commentary: Improving the health of neglected population in Latin America. *BMC Public Health*. 7:11.
- Franke, C. F., M. Ziller, M. C. Staubach, et al. 2002. Impact of the El niño/Southern Oscillation on visceral leishmaniasis, Brasil. *Emerging Infectious Diseases*, 8: 914-917.
- Galindo, C. y Krebs C. J. 1987. Population regulation in deer mice: the role of females. *Journal of Animal Ecology*, 56: 11-23.
- Gómez, M. D., C. P. María y J. J. Polop. 2008. Effect of interspecific competition on *Mus musculus* in an urban area. *Journal of Pest Science*, 81: 235-240.
- González-Romero, A. 1980. Aspectos Generales Referentes a los Roedores Nocivos y su Control. 1er. Ciclo de Conferencias Sobre Fauna Silvestre. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila.



- González-Romero, A. 1981. Roedores Plaga en las Zonas Agrícolas del Distrito Federal. Instituto de Ecología, Museo de Historia Natural de la Ciudad de México. Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agropecuario del Distrito Federal, México. 83 p.
- González-Romero, A. 1993. Roedores de Importancia Económica en Veracruz y su Control. In A. González-Christen y A. González-Romero, Recursos Faunísticos “Problemática Ambiental en el Estado de Veracruz”. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Ver.
- González-Romero, A., Galina-Tessaro, P. y R. S. Alvares-Cárdenas. 1983. Estudio Comparativo de las comunidades de Roedores en zonas agrícolas del sur del Valle de México P.p. 136-154. In D. J. Elias (eds.), Symposium, zoología económica, Arequipa Peru.
- González-Salazar, C., C. R. Stephens y P. A. Marquet. 2013. Comparing the relative contributions of biotic and abiotic factors as mediators of species' distributions. *Ecological Modelling*, 248:57-70.
- González, R. M. y F. A. Cervantes. 2005. *Microtus mexicanus* Saussure, 1861. Meteorito. In G. Ceballos. y G. Oliva. (eds.). Los mamíferos silvestres de México. FCE, CONABIO, México. p. 659-660.
- Gosling, L. M. y S. J. Baker. 1989. The eradication of musk rats and coypu from Britain. *Biological Journal of the Linnean Society*, 38: 39-51.
- Grant, R. S., L. A. Hinds, C. J. Krebs y D. M. Spratt. 2003. Rats, mice and people: rodent biology and management. ACIAR Monograph, 96 p.
- Greaves, J. H. 1982. Rodent control in agriculture. FAO Plant Production and Protection Paper Food and Agric. Organ.of the United Nations. Rome, 40 p.
- Grenot, C. y V. Serrano, 1981. Ecological organization of small mammals communities of the Bolson de Mapimí, México. P.p. 89-100. In Ecology of the Chihuahuan desert (R. Barbault y G. Halffer, (eds.). Instituto de Ecología. México.

- Guiboileau, A., R. Sormani, C. Meyer y C. Masclaux-Daubresse. 2010. Senescence and death of plant organs: Nutrient recycling and developmental regulation. *Comptes Rendus Biologies* 333:382-391.
- Haines, C. P. 1982. Pest management in stored products. *Protection Ecology*, 4:321-330.
- Hall, E. R. 1981. *The mammals of North America*. Vols. I y II. 2a. ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 600+90, 1181+90 pp.
- Hansson, L. y B. Nilsson. 1975. Biocontrol of rodents. *Ecological bulletins*, 19: 306.
- Hansson, L. y H. Henttonen. 1988. Rodent dynamics as community processes. *Trends in Ecology and Evolution*, 3: 195-200.
- Helgen, K. M., F. R. Cole, L. E. Helgen, y D. E. Wilson 2009. Generic revision in the holarctic ground squirrel genus *Xerospermophilus*. *Journal of Mammalogy*, 90:270–305.
- Hernández, B. y G. Oliva. 2005. *Cratogeomys merriami* (Thomas, 1893). Tuza. *In Los mamíferos silvestres de México*. G. Ceballos. y G. Oliva. (eds.). FCE, CONABIO México. p. 590-591.
- Hone, J. 1994. *Analysis of Vertebrate Pest Control*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hortelano, M. Y. y F. A. Cervantes 1989. Variación del tamaño de camada del ratón meteorito (*Microtus mexicanus*). *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*, 60:211-222.
- <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Manejo%20integrado%20de%20plagas.pdf> Consultada: 3 de junio del 2014.
- Htwe N. M., G. R. Singletona y A. D. Nelsona. 2012. Can rodent outbreaks be driven by major climatic events? Evidence from cyclone Nargisin the Ayeyawady Delta, Myanmar. (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/ps.3292
- Huitu O., N. Kiljunen, E. Korpimäki, E. Koskela, T. Mappes, H. Pietiäinen, H.



- Pöysä y H. Henttonen. 2009. Density-dependent vole damage in silviculture and associated economic losses at a nationwide scale. *Forest Ecology and Management*, 258:1219-1224.
- Huntly, N. J. y O. J. Reichman. 1994. Effects of subterranean mammalian herbivores on vegetation. *Journal of Mammalogy*, 75: 852-859.
 - Hussain, I., A. M. Cheema y A. A. Khan. 2003. Small rodents in the crop ecosystem of pothwar plateau, Pakistan. *Wildlife Research*, 30: 269-274.
 - Ieradi, L. A., M. Cristaldi y R. De Angelis. 1996. Rodent pest management. Biological and anthropological aspects. *In Paper Presented at the Fifth International Conferenci Rodens and Spatium Biodiversity and Adaptation, Maroc.*
 - IGBP. 1990. Global Change Report 11 - Proceedings of the Workshops of the Co-Ordinating Panel on Effects of Global Change on Terrestrial Ecosystems. Stockholm: IGBP.
 - Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) .1991. VII Censo Agrícola Ganadero. INEGI, México. 213pp.
 - Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2014 Subsistema Nacional de Información Estadística, Encuesta Nacional Agropecuaria 2012 (ENA 2012) <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/ena.aspx?c=33620>
 - Jackson, C. R. y M. P. Robertson. 2011. Predicting the potential distribution of an endangered cryptic subterranean mammal from few occurrence records. *Journal for Nature Conservation*, 19:87-94.
 - Jackson, R., R. S. Morris y W. Boardman. 2000. Development of a method for evaluating the risk to New Zealands indigenous fauna from the introduction of exotic diseases and pests. Including a case study on native parrots. *Science for Conservation*, 138: 93.
 - Jacob, J., Manson, P., Barfknecht, R. y T. Fredricks. 2014. Common vole (*Microtus arvalis*) ecology and management: implications for risk assessment of plant protection products. *Pest Management Science*, 70: 869–878.

- Johnston, C. A. y R. J. Naiman. 1990. Browse selection by beaver: Effects on riparian forest composition. *Canadian Journal of Forest Research*, 20: 1036-1043.
- Julliard, R., H. Leirs, N. C. Stenseth, N. G. Yoccoz, A. C. Prévot-Julliard, R. Verhagen y W. Verheyen. 1999. Survival-variation within and between functional categories of the African multimammate rat. *Journal of animal ecology*, 68: 550-561.
- Kass D. E. y T. Outwater. 2003. The Lehman Village Houses Pest Control Program: Demonstration of Integrated Pest Management in New York City Public Housing. New York: New York City Department of Health and Mental Hygiene.
- Kaukeinen, D. 1989: Rodent bait stations. *Journal of Food Protection*, 52: 756-757.
- Kelt, D. A., P. L. Meserve, B. D. Patterson y B. K. Lang. 1999. Scale dependence and scale independence in habitat associations of small mammals in southern temperate rain forest. *Oikos*, 85: 320-334.
- Key, G. y C. Romero de La Piedra. 1992. The Field Rat Control Campaign, Chiapas, México. *Proc. 15th Vertebrate Pest Conf.* (J. E. Borrecco and R. E. Marsh, Editors) Published at University of Calif., Davis. 268-271 pp.
- Krebs, C. 2014. *Rodent Biology and Management. Integrative zoology.* En *prens.*
- Krebs, C. J. 1999a. Current paradigms of rodent populations dynamics – What are we missing? *In Ecologically-based management of rodent pests.* G. R. Singleton, L. A. Hinds, H. Leirs y Z. Zhang (eds.). Australian Centre for international Agricultural Research, Camberra. P. 33-48.
- Krebs, C. J. 1999b. *Ecological methodology.* Menlo Park, CA, Benjamin Cummins. 620 p.
- Krebs, C. J., A. J. Kenney, G. R. Singleton, G. Mutze, R. P. Pech, R. P. Brown y S. A. Davis. 2004. Can outbreaks of house mice in south-eastern Australia



- be predicted by weather models. *Wildlife Research*, 31: 465-474.
- Krebs, C. J., T. N. Zimmerling, C. Jardine, K. A. Trostel, A. J. Kenny, S. Gilbert y E. J. Hofer. 2002. Cyclic dynamics of snowshoe hares on a small island in the Yukon. *Canadian Journal of Zoology*, 80: 1442-1450.
 - Krebs, C. J., D. Chitty, G. R. Singleton y R. Boonstra. 1995. Can changes in social behavior help to explain house mouse plagues in Australia?. *Oikos*, 73: 429-434.
 - Kumar, N., Kumar, V., Singh, C., y V. Shukla. 2013. Studies on Association between Rodents Infestation in Different Stage of Rice Cultivation. *International Journal of Agricultural Science and Research (IJASR)*, 3: 117-126.
 - Lackey, J. A., D. G. Huckaby y B. G. Ormiston. 1985. *Peromyscus leucopus*. *Mammalian Species*, 247:1-10.
 - Lam, Y. M. 1990. Cultural control of rice field rats. *In* Rodents and rice. Report and proceeding of an expert panel meeting on rice rodent control. G. R. Quick. (eds.). p. 65-72.
 - Lamadrid, G. A. 1976. Características de los Daños de Roedores a la Agricultura. Cuarto Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. 6-9 Octubre, Veracruz, Ver.
 - Lavoie, C. 2013. Biological collections in an ever changing world: Herbaria as tools for biogeographical and environmental studies Perspectives in Plant Ecology. *Evolution and Systematics*, 15:68-76.
 - Law, A. M. y W. D. Kelton. 1982. Simulation models and analysis, New York. McGraw-Hill Book Company.
 - Leirs, H. G., R Singleton y L. A. Hinds. 1999. Ecologically-based rodent management in developing contries: Where to now?. *In* Ecologically-based management of rodent pests. G. R. Singleton, L. A. Hinds, H. Leirs y Z. Zhang. (eds.). Australian Centre for international Agricultural Research, Camberra. p. 447-484.
 - Leirs, H., R. Verhagen, W. Verheyen, P. Mwanabe y T. Mbise. 1996. Forecasting rodent outbreaks in Africa: An ecological basis for *Mastomys* control in Tanzania. *Journal of Applied Ecology*, 33: 937-943.

- Lenton, G. M. 1980. Biological control of rats by owls in oil palm and other plantations. *Biotrop. Special Publication*, 12: 87-94.
- López-Arévalo, H. F., S. Gallina, R. Landgrave, E. Martínez-Meyer y L. E. Muñoz-Villers. 2011. Local knowledge and species distribution models' contribution towards mammalian conservation. *Biological Conservation* 144:1451-1463.
- López, X. y R. A. Medellín. 2005. *Oryzomys couesi* (Alston, 1877). Rata arrocera. In *Los mamíferos silvestres de México*. G. Ceballos. y G. Oliva. (eds.). FCE, CONABIO, México. p. 709-710.
- Mandelik, Y., T. Dayan, V. Chikatunov, V. Kravchenko. 2012. The relative performance of taxonomic vs. environmental indicators for local biodiversity assessment: A comparative study. *Ecological Indicators*, 15:171-180.
- Manejo Integrado de Plagas en Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA 2014).
- McDonald, R. A. y S. Larivière. 2001. Review of international literature relevant to stoat control. *Science for conservation*, 170 p.
- Medway, L. 1983. *The wild mammals of Malaya and Singapore*. Oxford University Press, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Meij, S. E. T., van der Suharsono y B. W. Hoeksema. 2010. Long-term changes in coral assemblages under natural and anthropogenic stress in Jakarta Bay (1920–2005) *Marine Pollution Bulletin* 60:1442-1454.
- Mellink, E. 1985. Agricultural Disturbance and Rodents: Three Farming Systems in the Sonoran Desert. *Journal of Arid Environments*, 8: 207-222.
- Mellink, E. 1991a. Aves y Roedores en Agroecosistemas. Artículo de Revisión Bibliográfica. *Comunicaciones Académicas, Serie Ecología, CICESE*. 34 p.
- Mellink, E. 1991b. Rodent Communities Associated with Three Traditional Agroecosystems in the San Luis Potosí Plateau, México. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 33: 363-375.



- Mellink, E. 1995. Uso del Hábitat, Dinámica Poblacional y Estacionalidad Reproductiva de Roedores en el Altiplano Potosino, México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 1:1-8.
- Meserve, P. L., W. B. Milstead, J. R. Gutiérrez y F. M. Jacsik. 1999. The interplay of biotic and abiotic factors in a semiarid Chilean mammal assemblage: results of a long-term experiment. *Oikos*, 85: 364-372.
- Mills, J. N., B. A. Ellis, K. T. Mckee, J. I. Maiztegui y J. E. Childs. 1991. Habitat associations and relative densities of rodent populations in cultivated areas of central Argentina. *Journal of Mammalogy*, 72: 470-479.
- Moffett, A., S. Strutz, N. Guda, C. González, M. C. Ferro, V. Sánchez-Cordero y S. Sarkar. 2009. A global public database of disease vector and reservoir distributions. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 3: e378.
- Morales, L. y I. Castro. 2005. *Thomomys umbrinus* (Richardson, 1829). Tuza. In *Los mamíferos silvestres de México*. G. Ceballos. y G. Oliva (eds.). FCE, CONABIO, México. p. 608-609.
- Morriss, G. A., C. E. O'Connor, A. T. Airey y P. Fisher. 2008. Factors influencing palatability and efficacy of toxic baits in ship rats, Norway rats and house mice. *Science for Conservation*, 282.
- O'Connor, C. E. y L. H. Booth. 2001. Palatability of rodent baits to wild house mice. *Science for Conservation*, 184 p.
- Ostfeld, R. S. 1985. Limiting resources and territoriality in microtine rodents. *American Naturalist*, 126: 1-15.
- Packard, R. L. y J. B. Montgomery. 1978. *Baiomys musculus*. *Mammalian Species*, 102:1-3.
- Panty-May, J. A., S. Hernández-Betancourt, H. Ruíz-Piña y S. Medina-Peralta. 2012. Abundance and population parameters of commensal rodents present in rural households in Yucatan, Mexico. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 66:77-81.
- Peterson, A. T, A. Navarro-Siguenza y H. Benitez-Diaz. 2008. The need for continued scientific collecting: a geographic analysis of Mexican bird specimens. *Diversity and Distributions*, 4: 288-294.

- Peterson, A. T. y N. Slade. 1998. Extrapolating inventory results into biodiversity estimates and the importance of stopping rules. *Diversity and distributions*, 4: 95-105.
- Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., y B. M. Araújo. 2011. *Ecological niches and geographic distributions (MPB-49)*. Princeton University Press.
- Peterson, A.T, J. Soberón y V. Sánchez-Cordero. 1999. Conservatism of ecological niches over evolutionary time. *Science*, 285: 1265-1267.
- Poindexter, C. J., G. D. Schnell, C. Sánchez-Hernández, M. Romero-Almaraz, M. L. Kennedy, T. L. Best, M. C. Wooten, y R. D. Owen. 2012. Variation in habitat use of coexisting rodent species in a tropical dry deciduous forest. *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde*, 77:249-257.
- Pollock, K. H., J. D. Nichols, C. Brownie y J. E. Hines. 1990. Statistical inference for capture–recapture experiments. *Wildlife Monographs*, 107: 1-97.
- Powers, L. y R. Mcorley. 2001. *Principios ecológicos en agricultura*. Internacional Thomson Learning (eds.). Madrid, España. 429 p.
- Prakash, I., 1988. *Rodent Pest Management*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Putman, R. J. y N. P. Moore. 1998. Impact of deer in lowland Britain on agriculture, forestry and conservation habitats. *Mammal Review*, 28: 141-164.
- Pyke, G. H. y P. R. Ehrlich. 2010. Biological collections and ecological/environmental research: a review, some observations and a look to the future. *Biological Reviews*, 85:247–266.
- Ramírez-Pulido, J. y W. López-Forment. 1976. Daños de la ardilla arborícola (*Sciurus aureogaster*) en los cocoteros de la costa grande de Guerrero, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 48: 67-74.
- Ramírez, J. y C. Chavéz. 2005. *Sigmodon mascotensis* (J. A. Allen 1897). Rata algodonera. *In Los mamíferos silvestres de México*. G. Ceballos. y G. Oliva.

- (eds.). FCE, CONABIO, México. p. 803-804.
- Ramírez, J., J. C. Chávez Tovar y G. 2005. *Sigmodon hispidus*. In Mamíferos silvestres de México. (Ceballos y Oliva Cord.) CFE – CONABIO. p 799-801.
 - Ramírez, O. A. y J. L. Saunders. 1999. Estimating economic thresholds for pest control: an alternative procedure. *Journal of Economic Entomology*, 92: 391-401.
 - Redhead, T. D. y G. R. Singleton. 1988. The PICA Strategy for the prevention of losses caused by plagues of *Mus domesticus* in rural Australia. *EPPO (European Plant Protection Organization) Bulletin*, 18: 237-248.
 - Rubino, F. M., A. Martinoli, M. Pitton, D. Di Fabio, E. Caruso, S. Banfi, G. Tosi, L. A. Wauters y A. Martinoli. 2012. Food choice of Eurasian red squirrels and concentrations of anti-predatory secondary compounds. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 77:332-338.
 - Ruiz-Ramírez, J., G. E. Hernández-Rodríguez, R. Zulueta-Rodríguez. 2011. Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la producción de caña de azúcar Terra Latinoamericana. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*, A.C. México 29: 103-109.
 - Ruiz, G. M. y J. T. Carlton. 2003. *Invasive species: vectors and management strategies*. Island Press, Washington, D. C, USA.
 - SAGARPA 2003. *Informe de actividades 2003*. SAGARPA, México. 247pp.
 - Sánchez-Cordero, V. 1998. Cotton rats: Conflict and consequences. *World Conservation*, 1: 27
 - Sánchez-Cordero, V., & S. García Zepeda. 2003. Modeling rodent pest distribution in Mexico. Pp. 526-528. In: *Rats, Mice, and People: Rodent Biology and Management*. G.R. Singleton, L. A. Hinds, C. J. Krebs, & D. M. Spratt (eds.). Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra. Australia.

- Sánchez-Cordero, V. F. Botello, J. J. Flores-Martínez, R. A. Gómez-Rodríguez, L. Guevara G. Gutiérrez-Granados y A. Rodríguez-Moreno. 2013. Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 495-504.
- Sánchez-Cordero, V. y E. Martínez-Meyer. 2000. Museum specimen data predict crop damage by tropical rodents. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 97: 7074-7077.
- Sánchez-Cordero, V. y Valadez-Azúa 1996. Hábitat y distribución del Género *Oryzomys* (Rodentia: Cricetidae). *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*, 59: 99 -112.
- Sánchez-Cordero, V., A. T. Peterson y P. Pliego-Escalante. 2001. Modelado de la distribución de especies y conservación de la diversidad biológica. *In Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. Instituto de Biología. H. M. Hernández, A. N. García Aldrete, F. Álvarez y M. Ulloa (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica, México, D. F. p. 359-379.*
- Sánchez-Navarrete, F. 1976. Campaña Nacional Contra Roedores-Rata-Campo. Simposio de Porcicultura. UNAM, Fac. de Medicina Vet. y Zootecnia. 17-19 Dic.
- Sánchez-Navarrete, F. 1978. Rodents as Agricultural Pests in Mexico. National Rodent Campaign. *Proceedings Eighth Vertebrate Pest Conference. March 7-9. Sacramento, Calif.*
- Sánchez-Navarrete, F. 1981. Roedores y Lagomorfos. *Colegio de Ingenieros Agrónomos de México*, 247 p
- Santini, L. 1994. Knowledge of feeding strategies as the basis for integrated control of wild rodents in agriculture and forestry. *In Galef, B.G., Mainardi, M. and Valsecchi, P., ed., Behavioural aspects of feeding: basic and applied research in mammals. Switzerland, Harwood Academic Publishers, 357-368.*



- Saunders, G., B. Cooke, K. McColl, R. Shine y T. Peacock. 2010. Modern approaches for the biological control of vertebrate pests: An Australian perspective. *Biological Control*, 52:288-295.
- Schmidt, K. A. y R. S. Ostfeld. 2001. Biodiversity and the dilution effect in disease ecology. *Ecology*, 82: 609–619
- Schoener, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185: 1046-1042.
- Seamon, J. O. y G. H. Adler. 1999. Short-term use of a space by a Neotropical forest rodent, *Proechimys semispinosus*. *Journal of Mammalogy*, 80: 899-904.
- Seber, G. A. F. 1986. A review of estimating animal abundance. *Biometrics*, 42: 267-292.
- Shump, K. A. y R. H. Baker. 1978. *Sigmodon alleni*. *Mammalian Species*, 95:1-2.
- Singla, N., B. K. Babbar y J. Kaur. 2012. Farmers' participatory research on rodent control in Punjab state: Survey, education, impact assessment and sustainability. *Crop Protection*, 34:25-31.
- Singleton, G. R. y D. A. Petch. 1994. A review of the biology and management of rodent pests in southern Asia. Australian center for International Agricultural Research, Canberra.
- Singleton, G. R., L. A. Hinds, H. Leirs y Z. Zhibin. 1999. Ecologically-based rodent management. ACIAR Monograph MN59. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- Singleton, G. R., S. Belmain, P. R. Brown, K. Aplin y N. M. Htwe. 2010. Impacts of rodent outbreaks on food security in Asia *Wildlife Research* 37:355-359
- Singleton, G. R., Sudarmaji, N. P. Tuan, P. M. Sang, N. H. Huan, P. R. Brown, J. Jacob, K. L. Heong y M. M. Escalada. 2003. Reduction in chemical use following integrated ecologically-based rodent management. *International Rice Research Notes*, 28: 33–35.

- Slade, N. A. y S. Crain. 2006. Impact on rodents of mowing strips in old fields of eastern Kansas. *Journal of Mammalogy*, 87: 97-101.
- Smith, M. F. 1998. Phylogenetic relationships and geographic structure in pocket gophers in the genus *Thomomys*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 9: 1-14.
- Smith, M. H., R. M. Chew y J. B. Gentry. 1969. New technique for baiting snap traps. *Acta Theriologica*, 14: 271.
- Sobek-Swant, S., D. A. Kluza, K. Cuddington y D. B. Lyons. 2012. Potential distribution of emerald ash borer: What can we learn from ecological niche models using Maxent and GARP?. *Forest Ecology and Management* 281:23-31
- Soberón, J. y A. T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2: 1-10.
- Soberón, J., y M. Nakamura. 2009. Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 19644-19650.
- Sosa, V. J. 1981 Contribución al conocimiento de la Historia Natural de la tuza *Pappogeomys tylorhinus tylorhinus* (Rodentia; Geomyidae); en una zona semiárida Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México
- Spencer, S. R. y G. N. Cameron. 1982. *Reithrodontomys fulvescens*. *Mammalian Species*, 174:1-7.
- Spurr, E. B. y P. G. McGregor. 2003. Potential invertebrate antifeedants for toxic baits used for vertebrate pest control. Published by Department of Conservation Wellington, New Zealand. *Science for conservation*, 232 p.
- Stenseth, N. C., H. Leirs, A. Skonhøft, et al. 2004. Mice, rats and people: the bio-economics of agricultural rodent pest. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1: 367-375.



- Stenseth, N. C., H. Leirs, A. Skonhoft, S. A. Davis, R. P. Pech, H. P. Andreasen, G. R. Singleton, M. Lima, R. M. Machangu, R. H. Makundi, Z. Zhang, P. R. Brown, D. Shi y X. Wan. 2003. Mice, rats and people: the bio-economics of agricultural rodent pests. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1: 367-375.
- Stockwell, D. 1997. Generic Predictive Systems: An Empirical Evaluation Using the Learning Base System (LBS). *Expert systems Wirh Applications*, 12: 301-310.
- Stockwell, D. y D, Peters. 1999. The GARP Modelling System: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographic information Science*, 13: 143-158.
- Streubel, D. P. y J. P. Fitzgerald. 1978. *Xerospermophilus spilosoma*. *Mammalian Species*, 101:1-4.
- Stuart, A. M., C. V. Prescott, G. R. Singleton y R. C. Joshi. 2011. Knowledge, attitudes and practices of farmers on rodent pests and their management in the lowlands of the Sierra Madre Biodiversity Corridor, Philippines. *Crop Protection* 30:147-154.
- Stuart, A. M., Prescott, C. V., y R. G. Singleton. 2013. Habitat manipulation in lowland rice-coconut cropping systems of the Philippines—an effective rodent pest management strategy?. *Pest management science. Symposium on Crop Losse*. Rome 265-274.
- Sumangil, J. P. 1990. Control of ricefield rats in the Philippines. *In Reports and proceedings of an expert panel meeting on rice rodent control*. G. R. Quick (eds.). *Rodents and rice*. p. 35-47.
- Takele, S., Bekele, A., Belay, G., y M. Balakrishnan. 2011. A comparison of rodent and insectivore communities between sugarcane plantation and natural habitat in Ethiopia. *Tropical Ecology*, 52:61-68
- Téllez, G. y R. A. Medellín. 2005. *Oryzomys melanotis* (Thomas, 1893). Rata arrocera. *In Los mamíferos silvestres de México*. G. Ceballos. y G. Oliva (eds.). FCE, CONABIO, México. p. 711-712.

- Tello, S. G. 1976. Aspectos Generales de los Roedores Nocivos a la Agricultura de México. Cuarto Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. 6-9 Octubre. Veracruz. Ver.
- Thomas, M. D., D. A. Wright, J. Mason y K.W. Briden. 1998. Use of bait stations for possum and feral cat control. Published by Department of Conservation Wellington, New Zealand. Science for Conservation. 86 p.
- Toledo, V., J. Carabias, C. Toledo y C. González-Pacheco. 1989. La Producción Rural en México: Alternativas Ecológicas. Editorial Universo 21, México, D. F. México.
- Troyo-Diéguéz, E., R Servín-Villegas, J. G. Loya-Ramírez, J. L. García-Hernández, B Murillo-Amador, A Nieto-Garibay, A. Beltrán, L Fenech y G. Arnaud-Franco. 2006. Sampling planning and organization, and integrated pest management in agroecosystems with a view towards sustainable agriculture www.ujat.mx/publicaciones/uciencia 22:191-203.
- Valdéz, M. y G. Ceballos 1991. Historia natural, alimentación y reproducción de la ardilla terrestre (*Xerospermophilus mexicanus*) en una pradera intermontana. Acta Zoológica Mexicana Nueva serie, 43:1-31.
- Valdéz, M. y G. Téllez-Girón. 2005. *Sciurus aeurogaster* F. Cuvier. 1829. Ardilla gris. In Los mamíferos silvestres de México. G. Ceballos. y G. Oliva. (eds.). FCE, CONABIO, México. P. 547.
- Valencia G. D. y E. O. De Finke. 1981. Guía para el control de ratas y ratones. Boletín Didáctico N° 10, Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá. 30 p.
- Valencia, G. D. y D. J. Elías. 1975. Control de ratas y ratones domésticos. ICA Infor mu. Bogotá. Hoja Divulgatoria.
- Villa-Cornejo, .B. 2000 Evaluación del daño ocasionado por la tuza *Pappogeomys merriami* en cultivos de maíz en Mixquic, D.F. Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología, vol. 71:185-191.
- Villa, B. 2005. *Orthogeomys hispidus* (Le Conte, 1852). Tuza. In Los mamíferos silvestres de México. G. Ceballos. y G. Oliva. (eds.). FCE, CONABIO, México. p. 602-603.



- Villa, B. y D. Whisson. 1995. Los Roedores Plaga. Ciencia y Desarrollo No. 124, septiembre/Octubre, 62-68 pp.
- Villalobos F. y G. Espeleta. G. 2014. Mesoamerican tree squirrels evolution (Rodentia: Sciuridae): a molecular phylogenetic analysis. Revista de Biología Tropical, 62: 649-657.
- Villar-González D. 2000. Principales vertebrados plaga en México: situación actual y alternativas para su manejo. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 6: 41-5.
- Webster, W. D. y J. K. Jones. 1982. *Reithrodontomys megalotis*. Mammalian Species, 167:1-5.
- Whisson, D. 1996. The effect of two agricultural techniques on populations of the canefield rat (*Rattus sordidus*) in sugarcane crops of north Queensland. Wildlife Research, 23: 589-604.
- White, G. C. y K. P. Burnham. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. Bird Study, 46(Supplement), 120-138. Also available on the Internet: <<http://www.cnr.colostate.edu/~g-white/mark/mark.htm>>. This website provides software for analysis of capture-mark-release data.
- White, J., K. Horskins y J. Wilson. 1998. The control of rodent damage in Australian macadamia orchards by manipulation of adjacent non-crop habitats. Crop Protection, 17: 353-357.
- Williams, C. K. y L. E. Twigg. 1996. Responses of wild rabbit populations to imposed sterility. *In* Frontiers of Population Ecology. R. B. Floyd, A.W. Sheppard y P. J. De Barro (eds.). CSIRO Publishing, Melbourne, Australia. p. 547-560.
- Wilson, D. B., F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Rudran y M. S. Foster. 1996. Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Mammals. Smithsonian Publisher. EUA. 440 p.
- Wilson, D. J., M. G. Efford, S. J. Brown, J. F. Williamson y G. J. McElrea. 2007. Estimating density of ship rats in New Zealand forests by capture mark-recapture trapping. New Zealand Journal of Ecology, 31: 47-59.

- Witmer, G.; Eisemann, J. y G. Howald. 2007. The use of rodenticides for conservation efforts. *In* Nolte, D.; Arjo, W. and Stalman, D. (eds.). Proceedings of the Twelfth Wildlife Damage Management Conference, p. 160-166. Corpus Christy, Texas.
- Worldclim - Global Climate Data *Free climate data for ecological modeling 2014* (<http://www.worldclim.org>) Consultada: 3 de junio del 2014.
- Ylönen, H., J. Jacob, M. Davies y G. Singleton. 2002. Predation risk and habitat selection of Australian house mice *Mus domesticus* during an incipient plague: desperate behavior due to food depletion. *Oikos*, 99: 284-289.
- Yonas, M., K. Welegerima, S. Deckers, D. Raes, R. Makundi, y H. Leirs. 2010. Farmers' perspectives of rodent damage and management from the highlands of Tigray, Northern Ethiopian. *Crop Protection*, 29:532-539.
- Young, C. J. y J. K. Jones. 1982. *Xerospermophilus mexicanus*. *Mammalian Species*, 164:1-4.
- Young, C. J. y J. K. Jones. 1983. *Peromyscus yucatanicus*. *Mammalian Species*, 196:1-3.
- Zhang, Z. B., Z. S. Xiao y H. J. Li. 2005. Impact of small rodents on tree seeds in temperate and subtropical forests, China. *In* Seed fates: seed predation, seed dispersal and seedling establishment. P. M. Forget, J. Lambert, P. E. Hulme, S. B. Vander Wall. (eds.). CABI Publishing, Wallingford. Pp. 269-282.



Anexo 1

Clasificación de los roedores plaga de México seleccionados

En México existen 254 especies de roedores de los cuales agrupados en seis familias: *Castoridae*, *Dasyproctidae*, *Erethizontidae*, *Geomyidae*, *Heteromyidae*, *Muridae* y *Sciuridae* (Sánchez-Cordero *et al.* 2013). Prácticamente en todas, excepto *Erethizontidae*, se han reportado especies plaga. De las especies analizadas en este libro, 4 pertenecen a la familia *Geomyidae* (Tuzas). En este caso *Thomomys umbrinus* pertenece al grupo mexicano del complejo *Thomomys bottae-umbrinus* en la tribu *Thomomyini* (Álvarez-Castañeda 2010, Smith *et al.* 1998). Por otro lado los géneros *Chrotogeomys* y *Orthogeomys* son agrupados en la tribu *Geomyini* (Smith *et al.* 1998).

Quince especies están dentro de la familia *Muridae*, la cual es la familia de mamíferos que más especies agrupa. De estos el género *Peromyscus* es el más diverso en México (Engel *et al.* 1998, Castañeda-Rico *et al.* 2013). Sólo dos especies de la familia *Heteromyidae* y 5 de la familia *Sciuridae* fueron analizadas de las ardillas dos son consideradas arborícolas neotropicales y

las tres restantes neárticas terrestres (Helgen *et al.* 2009, Villalobos y Gutiérrez-Espeleta 2014, Ceballos y Arrollo-Cabrales 2012).

ORDEN RODENTIA
FAMILIA SCIURIDAE
SUBFAMILIA SCIURINAE

Ictidomys mexicanus (Erxleben, 1777)
Notocitellus adocetus (Merriam, 1903)
Sciurus aureogaster F. Cuvier, 1829
Sciurus yucatanensis J. A. Allen, 1877
Xerospermophilus spilosoma (Bennett, 1833)

FAMILIA HETEROMYIDAE
SUBFAMILIA HETEROMYINAE

Heteromys irroratus (Gray, 1868)
Heteromys pictus (Thomas, 1893)

FAMILIA GEOMYIDAE

Cratogeomys fumosus (Merriam, 1892)
Cratogeomys merriami (Thomas, 1893)
Pappogeomys bulleri (Thomas, 1892)
Thomomys umbrinus (Richardson, 1829)

FAMILIA MURIDAE

SUBFAMILIA ARVICOLINAE

Microtus mexicanus (Saussure, 1861)

SUBFAMILIA NEOTOMINAE

Baiomys musculus (Merriam, 1892)

Baiomys taylori (Thomas, 1887)

Oligoryzomys fulvescens (Saussure, 1860)

Oryzomys couesi (Alston, 1877)

Oryzomys melanotis Thomas, 1893

Peromyscus boylii (Baird, 1855)

Peromyscus leucopus (Rafinesque, 1818)

Peromyscus truei (Shufeldt, 1885)

Peromyscus yucatanicus J. A. Allen & Chapman, 1897

Reithrodontomys fulvescens J. A. Allen, 1894

Reithrodontomys megalotis (Baird, 1858)

Sigmodon alleni Bailey, 1902

Sigmodon hispidus Say & Ord, 1825

Anexo 2

Mapas de distribución potencial de las 26 especies de roedores plaga analizados. Los modelos fueron generados con MaxEnt.

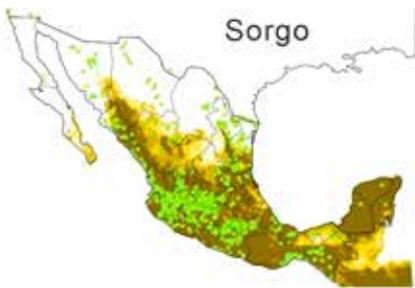
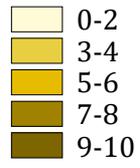
En breve, la metodología consistió en producir modelos de distribución de las especies de roedores plaga (MDSE, sobre los mapas de los inventarios agrícolas, de acuerdo a SAGARPA. Los MDE usan dos fuentes de datos: presencia de especies en localidades de colecta, con referencia geográfica (latitud y longitud) obtenidos de colecciones científicas (e.g., Colección Nacional de mamíferos del IBUNAM) y de portales de datos abiertos de bases de datos de mamíferos (e.g., GBIF (www.gbif.org), CONABIO (HYPERLINK “<http://www.gob.mx/conabio>” www.gob.mx/conabio), etc.). La segunda fuente de datos son las coberturas ambientales obtenidas por el portal de Worldclim (HYPERLINK “<http://www.worldclim.org/>” www.worldclim.org/). Los mapas resultantes consisten en la presencia relativa de la especie en cada una de las celdas de un grado en que se dividió al país. Los detalles metodológicos se pueden obtener de Phillips et al., (2006) y Phillips y Dudík (2008).

Phillips, S.J., Anderson, R.P., and Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*. 190, 231-259. HYPERLINK “<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>” doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

Phillips, S. J. and Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*. 31,161-175. HYPERLINK “<https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>” doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x

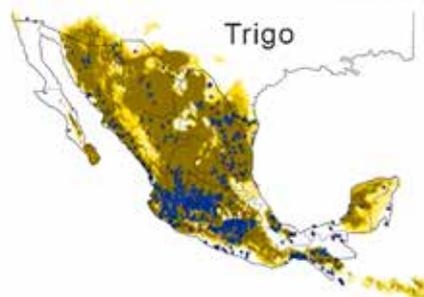
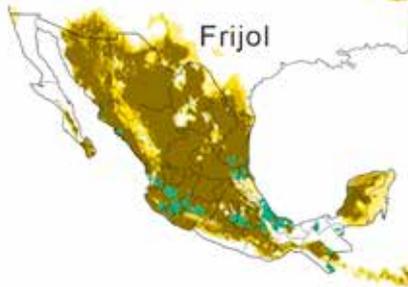
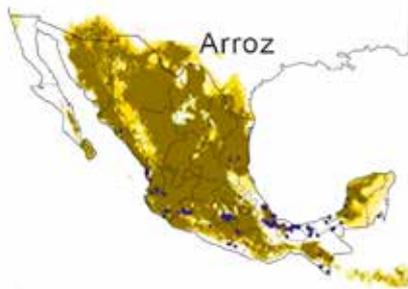
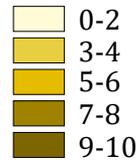
Baiomys musculus

Grados de incidencia



Baiomys taylori

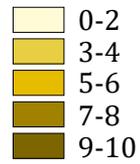
Grados de incidencia

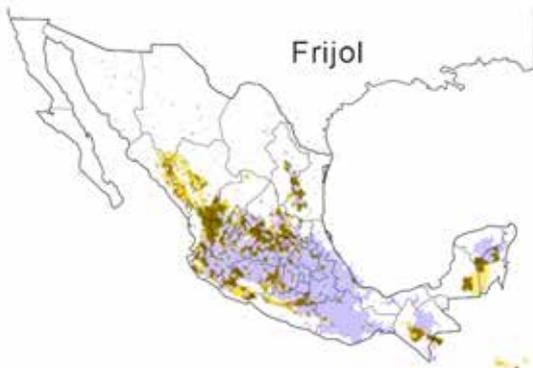
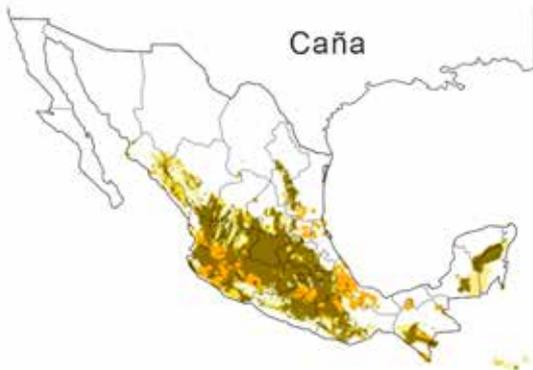




Cratogeomys merriami

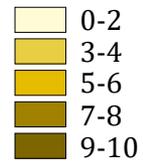
Grados de incidencia





Cratogeomys thylorinus

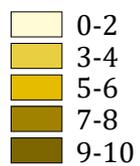
Grados de incidencia





Heteromys irroratus

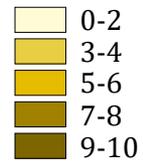
Grados de incidencia





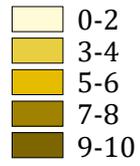
Heteromys pictus

Grados de incidencia



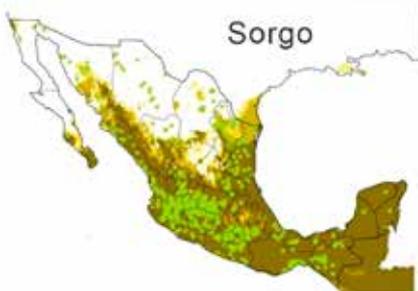
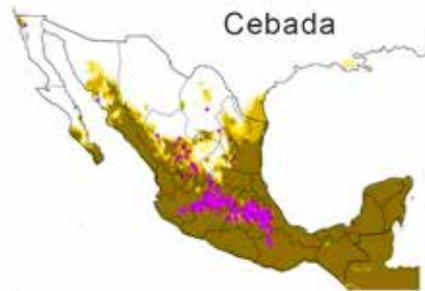
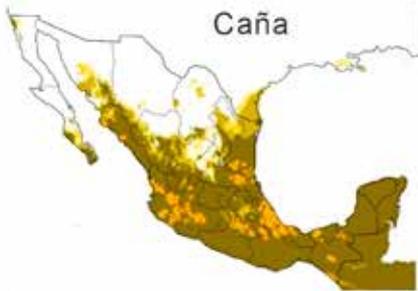
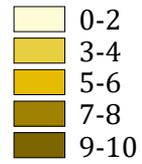
Microtus mexicanus

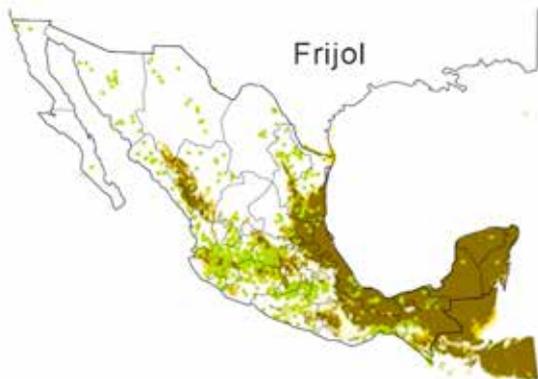
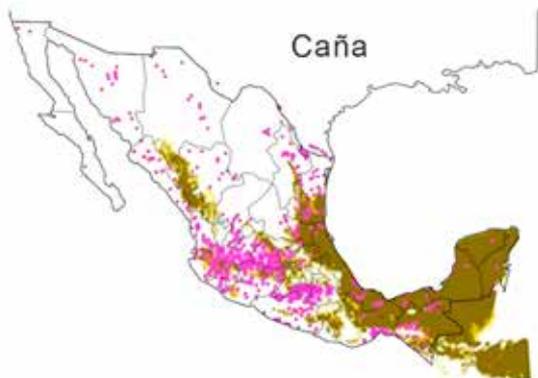
Grados de incidencia



Oryzomys couesi

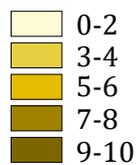
Grados de incidencia





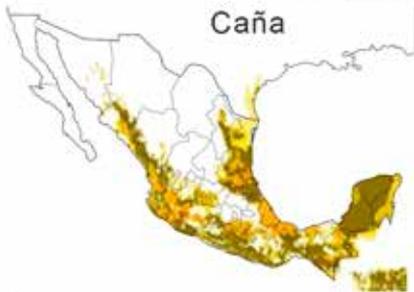
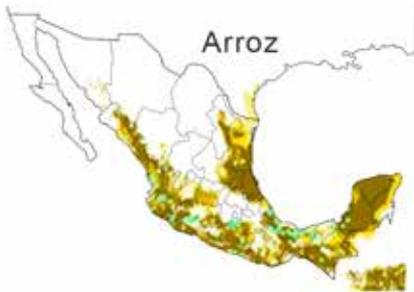
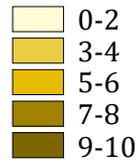
Orthogeomys hispidus

Grados de incidencia



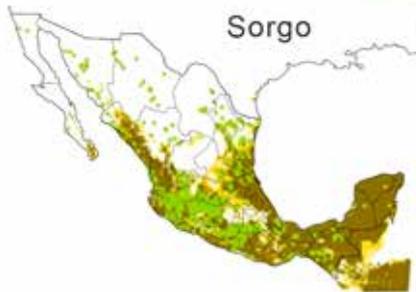
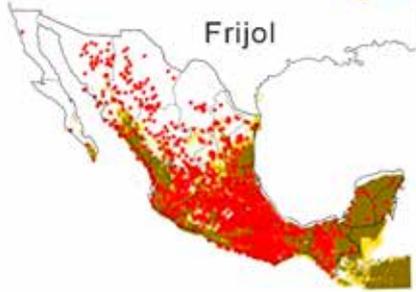
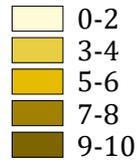
Oligoryzomys fulvescens

Grados de incidencia



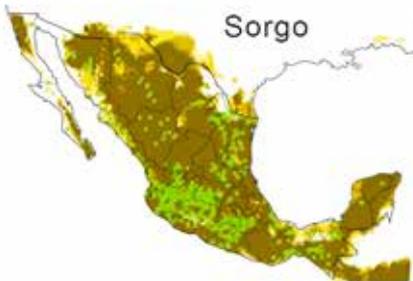
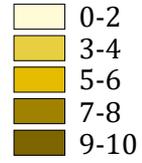
Oryzomys melanotis

Grados de incidencia



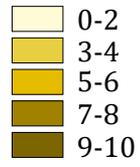
Peromyscus boylii

Grados de incidencia



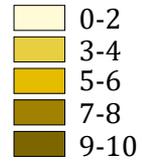
Peromyscus leucopus

Grados de incidencia



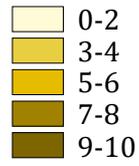
Peromyscus truei

Grados de incidencia



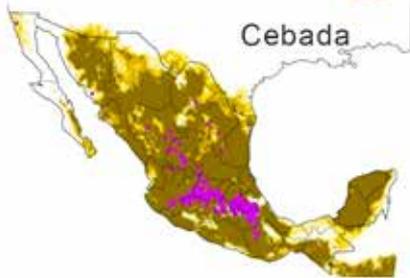
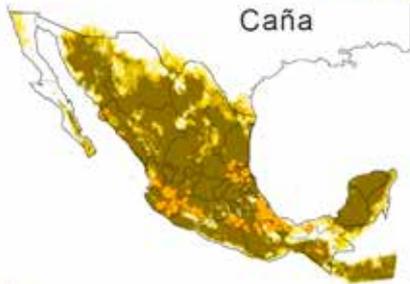
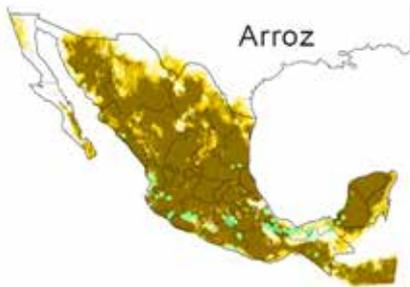
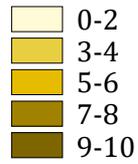
Peromyscus yucatanicus

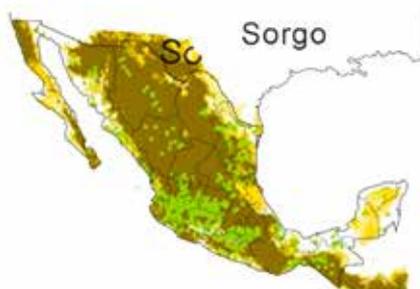
Grados de incidencia



Reithrodontomys fulvescens

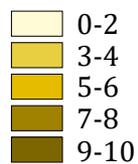
Grados de incidencia





Reithrodontomys megalotis

Grados de incidencia





Frijol



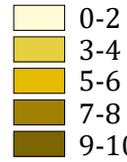
Maiz



Trigo

Spermophilus adocetus

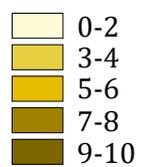
Grados de incidencia





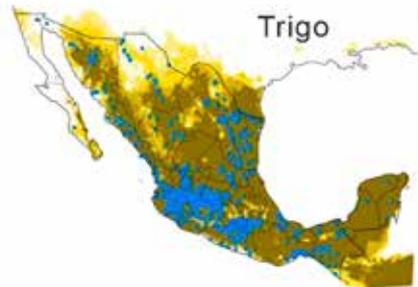
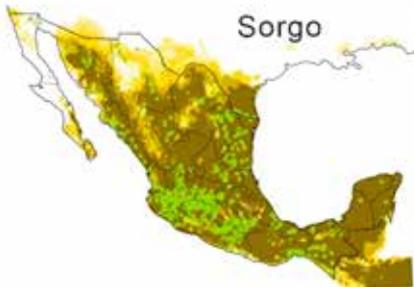
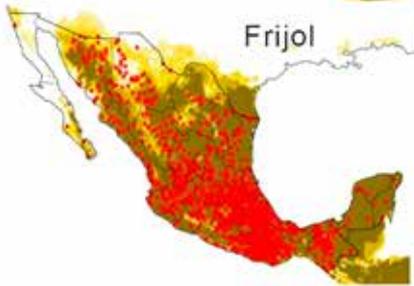
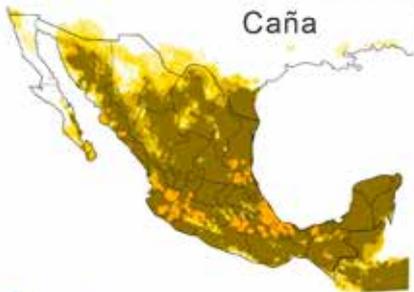
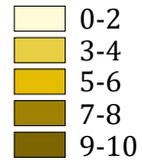
Sciurus aureogaster

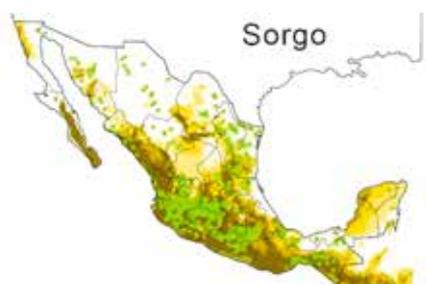
Grados de incidencia



Sigmodon hispidus

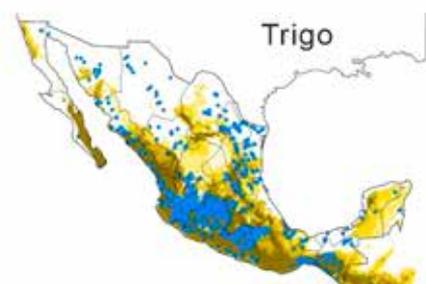
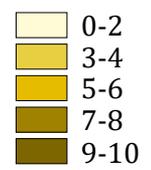
Grados de incidencia





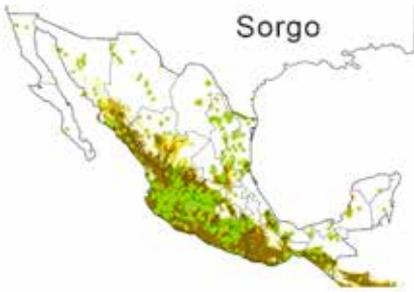
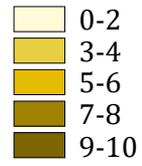
Sigmodon alleni

Grados de incidencia



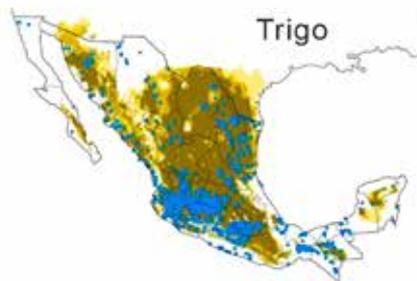
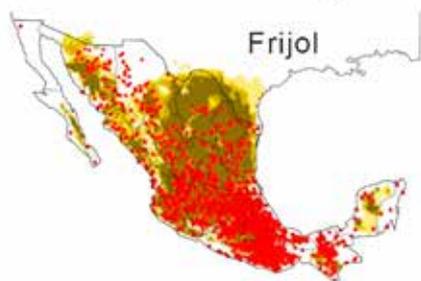
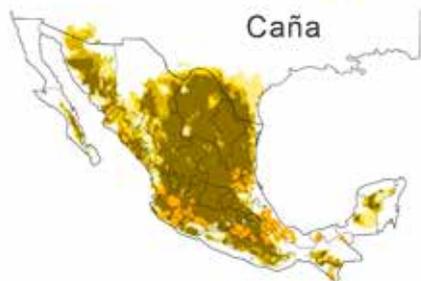
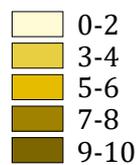
Sigmodon mascotensis

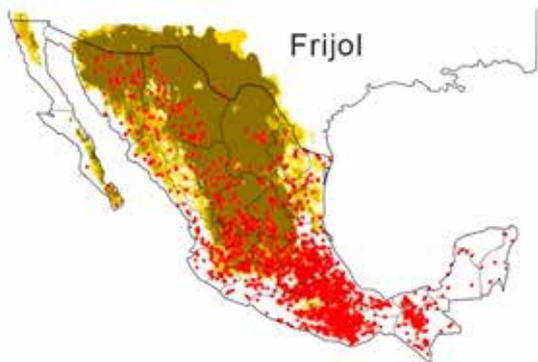
Grados de indicencia



Ictidomys mexicanus

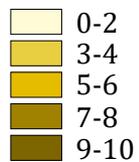
Grados de incidencia

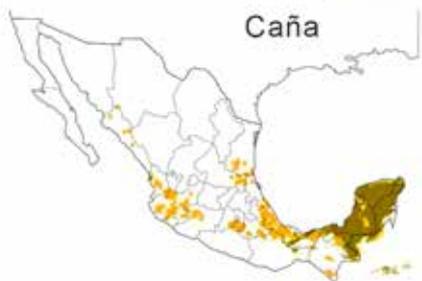




*Xerospermophilus
spilosoma*

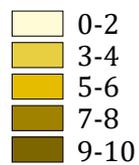
Grados de indicencia

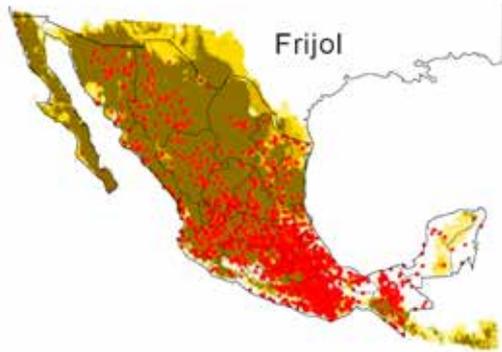




Sciurus yucatanenses

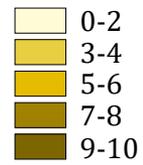
Grados de incidencia





Thomomys umbrinus

Grados de incidencia





Frijol



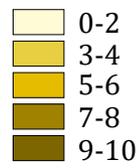
Maiz



Trigo

Notocitellus adocetus

Grados de incidencia



Anexo 3

En este anexo se describen, brevemente, las 26 especies de roedores que potencialmente pueden llegar a constituir una plaga.

a) *Sigmodon hispidus* Say y Ord. 1825

Esta especie es una rata con un pelaje rígido en la espalda de color gris con pelos entremezclados blancos y negros. El abdomen es usualmente más pálido que el resto del cuerpo. Una característica que separa esta especie de las demás del mismo género es la presencia de escamas grandes en la cola (75 mm) y poco pelo en ésta. El tamaño total en los machos, contando la cola, puede llegar hasta 365 mm y pesar hasta 225 g en el caso, las hembras generalmente son más pequeñas. Se distribuye prácticamente en todo el país excepto en el Noroeste (Cameron y Spencer 1981).



b) *Sigmodon alleni* Baylei, 1902

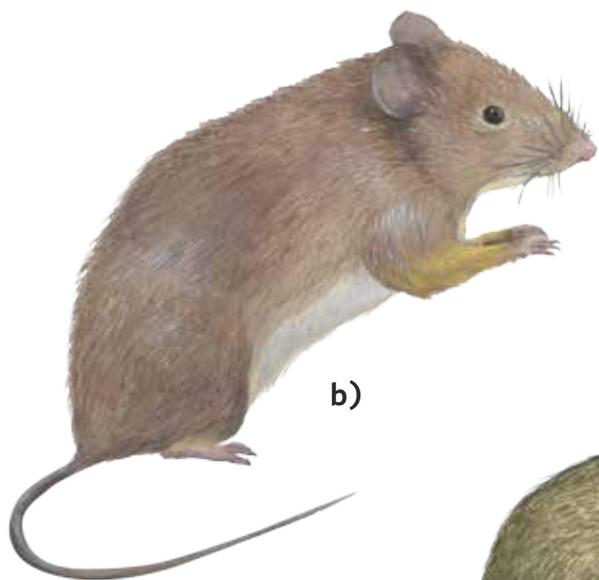
Esta especie es una rata con tres tipos de pelo. El dorso es café, el vientre blanco y las patas tienen pelaje amarillo. La cola es bicolor, negra en la parte de arriba y café por abajo. En este roedor no existe dimorfismo sexual y puede llegar a medir hasta 152 mm. Esta especie de rata se distribuye sólo en el sur de Sinaloa hasta Oaxaca (Shump y Baker 1978).

c) *Sigmodon mascotensis* J. A. Allen, 1897

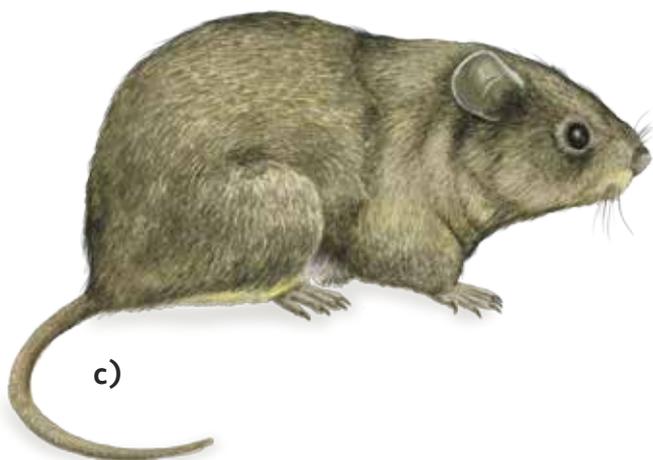
Esta especie presenta en el dorso una coloración amarillenta producto de la mezcla de pelos largos y finos de color negro y otros cortos y gruesos de color café hacia los costados esta coloración se hace más pálida. En la parte ventral el pelaje es grisáceo a blanco. Esta rata llega a medir hasta 345 mm y pesar hasta 135 g. Es una especie endémica de México y se distribuye desde Nayarit hasta Oaxaca (Ramírez y Chavéz 2005).

d) *Baiomys taylori* Thomas 1887

Esta especie es conocida como ratón pigmeo y puede llegar a medir hasta 123 mm de longitud total y llegar a pesar hasta 9.5 g el pelaje dorsal varía desde color café rojizo hasta gris oscuro. La cola está cubierta por pelaje corto gris y en algunos casos bicolor. Se distribuye desde el norte hasta el centro del país (Eshelman y Cameron 1987).



b)



c)



d)

e) *Baiomys musculus* Merriam 1892

Esta especie es parecida a *B. taylori*, solo que es en promedio más grande llegando a medir hasta 191 mm. El pelaje dorsal varía desde ocre hasta negro y en el abdomen generalmente es blanco. Esta especie se distribuye desde el sur de Nayarit a través del centro del país hasta Veracruz y hacia el sur hasta Centro América (Packard y Montgomery 1978).

f) *Reithrodontomys fulvescens* J. A. Allen, 1894

Esta especie puede llegar a medir hasta 189 mm de longitud total. El pelaje dorsal varía desde café hasta color salmón, mientras que en el vientre el color del pelaje varía desde blanco a gris oscuro. La cola presenta pelo café en la parte superior y en la inferior es más clara llegando gris claro. Esta especie de ratón se distribuye en todo el país excepto la Península de Yucatán (Spencer y Cameron 1982).

g) *Reithrodontomys megalotis* Baird, 1858

Esta especie puede llegar a medir hasta 154 mm de longitud total. En cuanto al pelaje esta especie es parecida a *R. fulvescens*, siendo las principales diferencias que esta especie tiene un pelaje dorsal corto y el pelaje que cubre las orejas es rojizo y no negro como en otras especies del genero. Además de que la cola es claramente bicolor. Esta especie se distribuye desde Canadá hasta el centro de México (Webster y Jones 1982).



h) *Sciurus yucatanenses* J. A. Allen, 1877

Esta especie de ardilla presenta un pelaje que va de gris en la parte superior a blanco grisáceo en la inferior. La cola tiene la parte dorsal negra con algunos pelos blancos, ventralmente la cola es gris con los bordes negros o blancos. Las orejas presentan mechones de pelo blanco en las puntas. Esta especie habita solamente en la Península de Yucatán (Best *et al.* 1995).

i) *Sciurus aureogaster* F. Cuvier, 1829

Esta especie es conocida como ardilla gris mexicana, esta especie presenta en el dorso pelaje gris y blanco y en la parte ventral el pelaje es rojizo. Aunque llegan a existir individuos negros y albinos. La cola es larga y esponjada con una coloración entre blanco y gris. Esta especie llega a tener una longitud total de hasta 573 mm y de cola hasta 300 mm y pesar hasta 690 g. Se distribuye desde Nuevo León y el norte de Jalisco hasta Chiapas, no esta presente en la Península de Yucatán (Valdéz y Téllez-Girón 2005).

j) *Notocitellus adocetus* Merriam, 1903

El pelaje de esta ardilla es gris de manera uniforme por todo el cuerpo, la cabeza es generalmente más oscura que el resto del cuerpo y presenta una banda de pelo más clara alrededor del ojo. Asimismo, las patas traseras son un poco más claras que el resto del cuerpo. La cola presenta una coloración gris compacta, en la última mitad de ésta presenta una división siendo la parte dorsal rojiza. Esta especie habita en sólo es los estados de Michoacán y Jalisco (Best 1995).



k) *Xerospermophilus spilosoma* Bennett, 1853

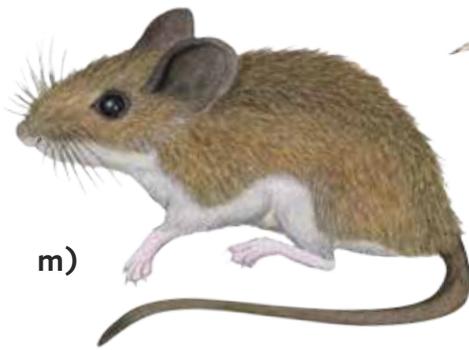
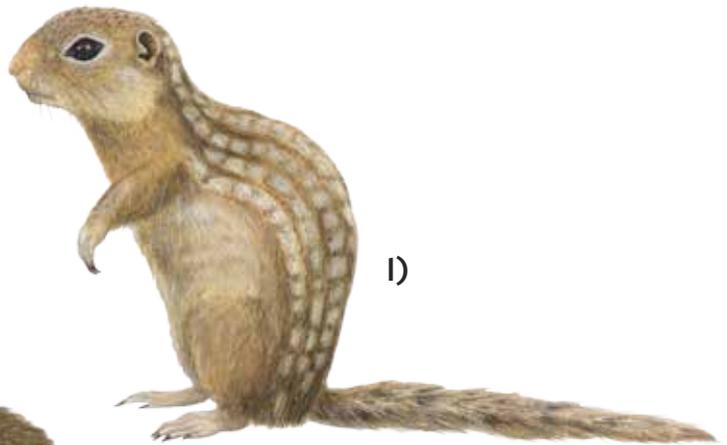
En esta especie el pelaje del dorso puede variar desde color canela hasta café oscuro con algunos puntos blancos no alineados, la parte ventral es generalmente más clara. La cola es generalmente color canela pero presenta una amplia variación. Esta especie puede llegar a medir hasta 253 mm de longitud total y la cola hasta 92 mm. Esta ardilla se distribuye en los estados del centro-norte del país (Streubel y Fitzgerald 1978).

l) *Ictidomys mexicanus* Erxleben, 1777

El pelaje de esta ardilla es denso y moderadamente largo. En el dorso la coloración varía desde un gris oliváceo hasta café intenso, presenta nueve bandas más claras que el resto del dorso e incluso llegan a presentar motas blancas. La cabeza es del mismo color que el dorso excepto por la nariz la cual puede ser color canela o amarilla. Presenta una banda bien marcada alrededor del ojo. La cola en su base es cilíndrica y de color blanco a grisácea, presenta pelos con una doble banda negra. Los individuos de esta especie pueden llegar a medir hasta 380 mm de longitud total y la cola tener hasta 166 mm de largo. Esta especie se distribuye en los estados del centro y noreste del país (Young y Jones 1982).

m) *Peromyscus yucatanicus* J. A. Allen y Chapman 1897

Esta especie presenta una variación de color en el pelaje conforme el roedor se vuelve adulto, ya como adulto el pelaje es ocre brillante el cual también se extiende a los costados. La parte ventral es blanca amarillenta. Esta especie se distribuye en la Península de Yucatán, en el estado de Yucatán, Quintana Roo y norte de Campeche (Ypung y Jones 1983).



n) *Peromyscus truei* Shufeldt, 1885

Esta especie presenta el pelaje del dorso de color gris pardo y con manchones amarillos. El vientre es blanco grisáceo producto de pelos blancos con la base oscura. Presenta una línea lateral color ocre. La cola presenta gran cantidad de pelo en el dorso es parda y en la parte ventral blanca. Esta especie llega a medir hasta 221 mm y pesar hasta 35 g. En México se distribuye exclusivamente en la Península de Baja California (Chavéz 2005).

ñ) *Peromyscus leucopus*, Rafinesque 1818

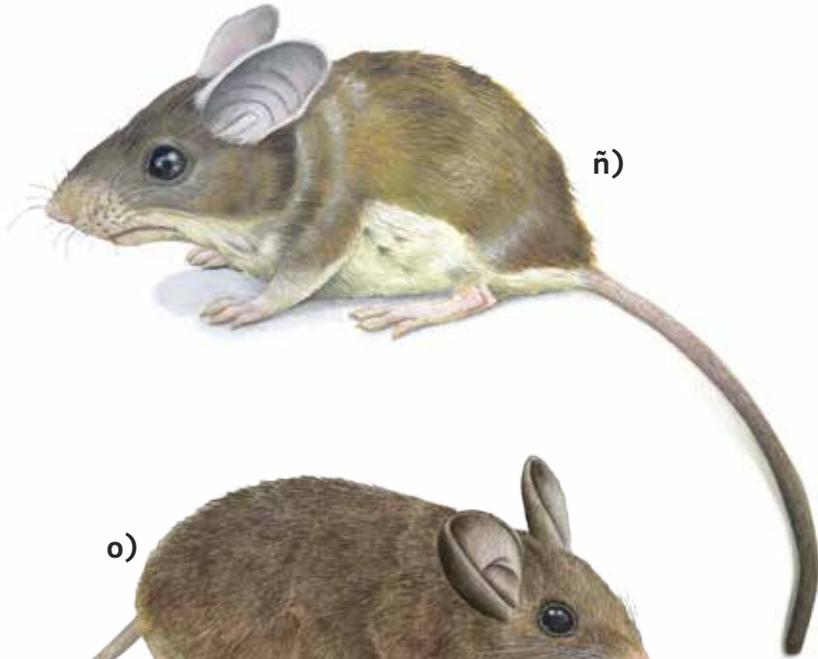
Esta es una especie que presenta el pelaje dorsal de color café a gris. Tiene una línea dorsal más oscura. El vientre generalmente es blanco con manchas pectorales cafés, los pelos en esta parte del cuerpo presentan la base oscura. Este roedor puede llegar a medir hasta 230 mm de longitud total y la cola hasta 100 mm. Esta especie se distribuye desde el noreste del país hasta la Península de Yucatán bordeando por la planicie costera del Golfo de México (Lackey *et al.* 1985).

o) *Peromyscus boylii* Baird, 1855

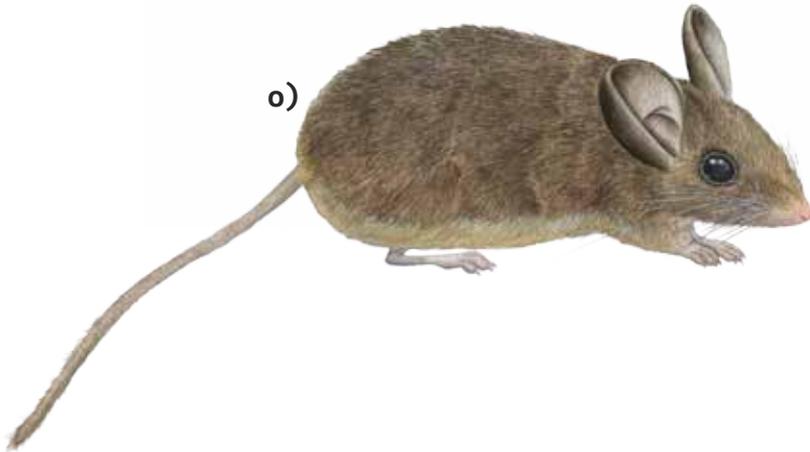
Esta especie de ratón en el dorso presenta una coloración rojiza oliva la cual se va atenuando hacia los costados terminando en una línea ocre-naranja, la parte ventral es de color blanco. La cola es bicolor, café en el dorso y blanca en la parte ventral. Esta especie llega a medir hasta 220 mm y pesar hasta 30 g. Se distribuye en el norte de Baja California Norte y Sonora hasta Querétaro y el oeste de Hidalgo (Espinosa y Chavéz 2005).



n)



ñ)



o)

p) *Heteromys pictus* Thomas, 1893

El pelaje en esta especie es rígido en el dorso y con una coloración café-rojiza los costados son por lo general color ocre o pálidos en comparación con el dorso, la parte ventral es blanca. El macho es marcadamente más grande que la hembra llegando a medir hasta 264 mm de longitud total y de cola hasta 138 mm. Esta especie se distribuye a lo largo de la costa oeste de México, el Istmo de Tehuantepec y el Sur de Veracruz (McGhee y Genoways 1978).

q) *Heteromys irroratus* Gray, 1868

Esta especie presenta un pelaje rígido en el dorso de color café grisáceo, en los costados generalmente se encuentra presente una línea que puede ser color rosa o café claro. El vientre es color blanco. En estado adulto el macho es más grande que la hembra llegando a medir hasta 262 mm de longitud total y de cola hasta 138 mm. Esta especie de roedor se distribuye en la denominada Meseta Central del país y hasta Oaxaca (Dowler y Genoways 1978).

r) *Microtus mexicanus* Saussure, 1861

Esta especie de ratón presenta en el dorso una coloración pardo oscuro el cual se va aclarando hacia los costados, el vientre es de color gris, la cola es color café oscuro pero tiende a ser más clara en la parte ventral. Esta especie se caracteriza por tener las orejas pequeñas y casi cubiertas por pelo. Se distribuye a lo largo de la Sierra Madre Oriental y Occidental hasta el Eje Neovolcánico y la Sierra de Oaxaca (González y Cervantes 2005).



s) *Oryzomys couesi* Alston, 1877

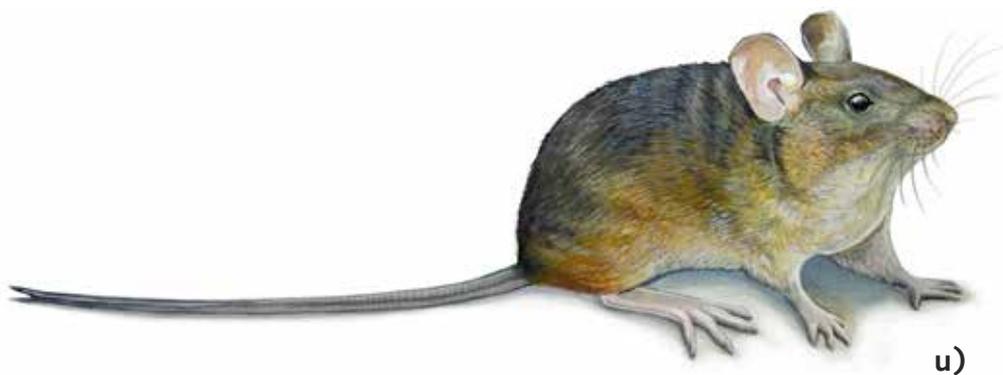
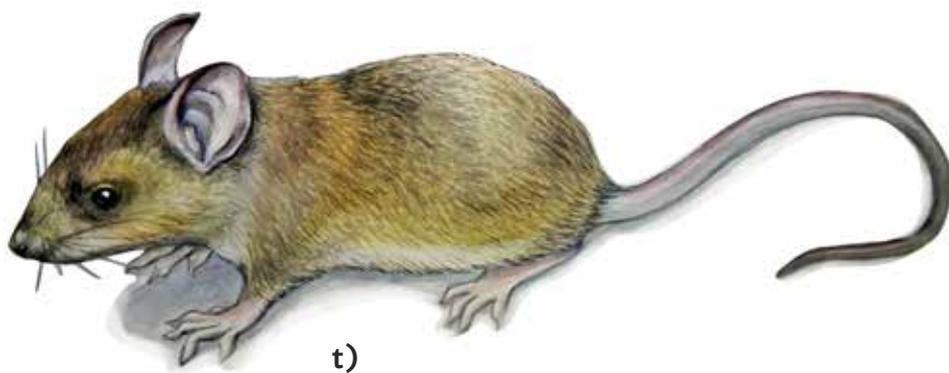
Esta especie de rata presenta en el dorso pelo de color grisáceo-café y en algunas partes negro, hacia los costados va palideciendo la coloración y en el vientre el pelaje es blanco o amarillo. La cola no presenta pelo y es escamosa. Esta especie llega a medir hasta 294 mm y pesar hasta 80 g. Se distribuye desde Tamaulipas hasta la Península de Yucatán y desde el sur de Sonora hasta Chiapas (López y Medellín 2005).

t) *Oligoryzomys fulvescens* Saussure, 1860

Esta especie presenta el dorso color ocre, la cara y dorso son ligeramente más oscuros. El vientre puede llegar a ser de color blanco hasta ocre claro, la cola es semidesnuda parcialmente bicolor. Esta especie es pequeña y llega a medir hasta 253 mm y pesar hasta 15g. Es de distribución Neotropical, y se ha colectado desde Colima hasta Chiapas, la vertiente del Golfo y la Península de Yucatán (Castro y Santos 2005).

u) *Oryzomys melanotis* Thomas, 1893

Esta especie presenta el dorso de color marrón amarillento con la base de los pelos obscura con una mancha de color blanco, el vientre es blanco grisáceo. La cola es bicolor con el mismo patrón de coloración que el cuerpo. Esta especie llega a medir hasta 253 mm y pesar hasta 25 g. Se distribuye desde el sur de Sinaloa hasta el Suroeste de Oaxaca (Téllez y Medellín 2005).



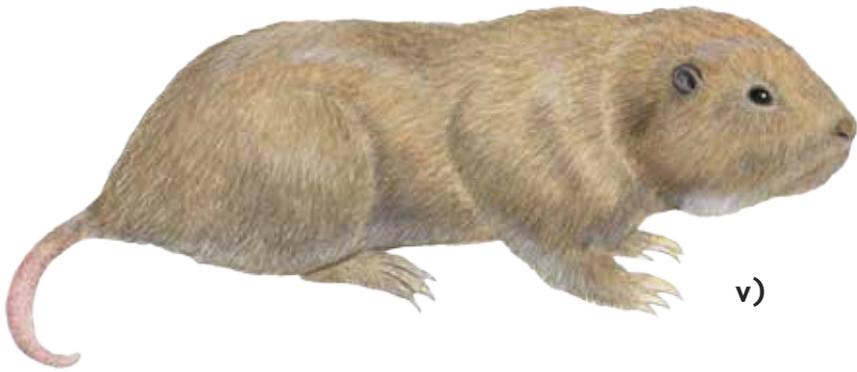
v) *Pappogeomys bulleri*

La tuza de Jalisco es un roedor de tamaño grande endémico del occidente de México.

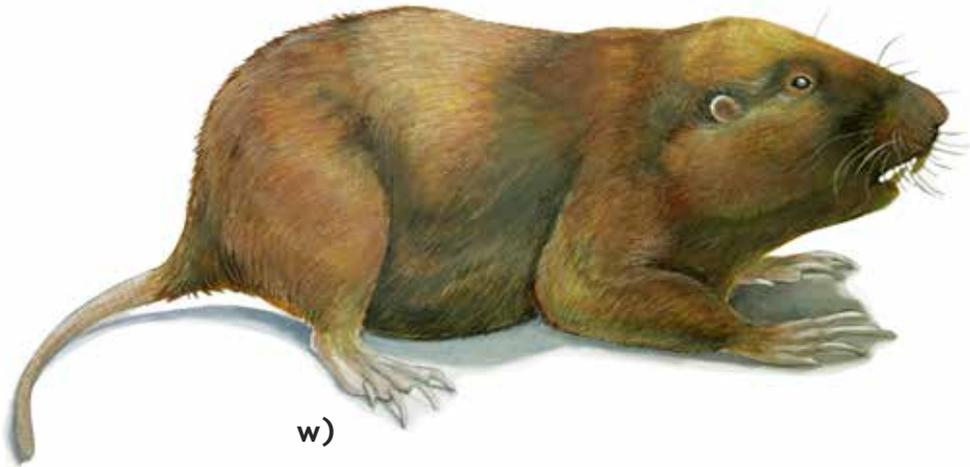
Es una especie de cuerpo corto y robusto de pelaje gris (aunque hay ejemplares melánicos) en las partes superiores, y dependiendo de la especie, negro, pardo o rojizo en la región ventral, además posee un par de abazones en los que almacena alimento. La cola es corta y es totalmente desnuda, lo mismo que el cojinete de la nariz y parcialmente el vientre. Las patas están muy desarrolladas.

w) *Cratogeomys fumosus*

Es una tuza de tamaño mediano, el cuerpo es robusto con las patas cortas y sólidas, el pelaje es suave con pelos largos que sobresalen del cuerpo, su color es variable, el dorso es de café pálido a rojizo hasta café muy oscuro, lo que le da una apariencia negra, la cola es desnuda. Esta especie es el único miembro que habita en zona tropical y es endémica al estado de Colima.



v)



w)

x) *Thomomys umbrinus* Richardson, 1829

Esta es una especie de tuza de tamaño pequeño. En el dorso presenta el pelaje de color café oscuro, presenta una línea dorsal café oscuro que va desde la nariz hasta la cola. Los costados son más claros y en algunas ocasiones llegan a ser iridiscentes. La cola es amarilla y no presenta pelo. Esta especie llega a medir hasta 272 mm y pesar hasta 200 g. Se distribuye desde el sur de Nayarit y norte de Sonora hasta el sur de Puebla y Veracruz (Morales y Castro 2005).

y) *Cratogeomys merriami* Thomas, 1893

Esta es una especie de tuza de tamaño grande. En el dorso presenta pelaje de color café amarillento – a café rojizo aclarándose hacia el vientre. La cola carece de pelo y las patas son cortas y con grandes garras. Esta especie llega a medir hasta 285 mm y pesar hasta 600 g. Es una especie endémica de México y se distribuye en el estado de México, Ciudad de México y Veracruz (Hernández y Oliva 2005).

z) *Orthogeomys hispidus* Le Conte, 1852

Esta es una especie de tamaño grande. El pelaje dorsal va desde color amarillo ocre hasta pardo oscuro. La parte ventral es de color canela. La cola no presenta pelaje. Puede o no presentar un cojinete desnudo en la nariz. Esta especie puede llegar a medir hasta 345 mm y pesar hasta 524 g. Se distribuye en el Golfo de México desde el sur de Tamaulipas hasta la parte este del estado de Yucatán (Villa 2005).



x)



y)



z)

Anexo 4

Muestreo mamíferos pequeños

El método de muestreo utilizado varía dependiendo de la especie y los objetivos del trabajo; los métodos más utilizados son los transectos y cuadrantes. En general, en ambos se puede poner a prueba una hipótesis y diseño experimental definidos.

Transecto

Se establecen por una línea recta de trampas, colocadas de manera uniforme. Pueden ser tan largos como se quiera, aunque en general se colocan varios transectos de 50 a 100 trampas, separadas una de la otra cada 10 a 15 m. Tienen la ventaja de que con un número reducido de transectos, se pueden cubrir diferentes condiciones topográficas o de vegetación, y permite hacer un reconocimiento de la diversidad de los mamíferos en un área de manera rápida. Este método es el más utilizado para realizar inventarios.

Cuadrante

Es el método más utilizado para obtener registros sistemáticos de los animales con los que se trabaja. Se emplea para obtener parámetros poblacionales como son densidad, proporción de sexos, estructura de edades, ámbito hogareño y desplazamientos, entre otros. Las dimensiones del cuadrante, el número y la distancia entre las trampas dependerán del tamaño y el comportamiento de las especies con las que se trabaje y el tipo de estudio. Una vez que se ha decidido qué técnica utilizar para el muestreo de mamíferos, es importante conocer los métodos para su captura. A continuación se presentan los más comúnmente utilizados.

Capturas

Captura manual

Algunos mamíferos que tienen hábitos nocturnos, pueden ser capturados con las manos, deslumbrándolos con una lámpara o rodeándolos entre varias personas; en estos casos, es conveniente usar guantes para evitar mordeduras. Los animales capturados mediante esta técnica pueden meterse en un saco de manta para seguridad de las personas y el manejo posterior de los especímenes, o bien meterlos en una jaula segura.

Pitffall

Es el tipo de trampa más adecuado para la captura de mamíferos pequeños (< 10 g), tales como las musarañas. Consiste en un contenedor con uno de los extremos abierto, que puede ser cilíndrico o cónico, de plástico, polivinil (PVC), aluminio o metal, de 40 a 50 cm de alto o profundidad y de 20 a 40 cm de diámetro. La trampa es colocada dentro del sustrato, de tal manera que el extremo abierto se encuentre al nivel de la superficie de éste. Los animales son capturados cuando caen al contenedor a través del extremo superior abierto, el cual puede contener agua o alcohol, si el sacrificio del animal es necesario. Estas trampas pueden ir acompañadas de un dispositivo de conducción, fabricado de malla u otro material.

Trampas Sherman

Tienen forma rectangular y pueden ser plegadizas; son de aluminio o lámina galvanizada. En el centro de la base del piso tienen una plataforma que al pisarse acciona un sistema de resorte que cierra la puerta de entrada de la trampa, de manera que el animal queda atrapado sin sufrir daños. Se utilizan para capturar roedores, musarañas y algunos conejos y carnívoros pequeños.

Trampas Tomahawk

Son rectangulares, de reja de alambre y pueden ser plegadizas. Su sistema es parecido al de las trampas Sherman y se utilizan generalmente para capturar mamíferos de tamaño menor a 1 o 2 kg, como cacomixtles, zorrillos, tlacuaches, etc. Se utilizan con cebos de olores fuertes como sardina, atún o tocino, o bien una mezcla de estos para atraer al animal.

Fototrampeo

Son cámaras sensibles al movimiento que pueden programarse para dispararse de forma automática cuando detectan la presencia de un animal. Son especialmente útiles para la detección e identificación de especies raras o crípticas. Se colocan sobre senderos que utilizan los mamíferos, se sujetan sobre el tronco de los árboles a unos 30 cm del suelo y se ceban con atún o sardina.

Este procedimiento puede tener una extensión en caso de que el espécimen capturado no tenga que ser sacrificado y se pueda identificar fácilmente en campo, se recomienda tomar fotografías del animal tomando el cuerpo completo y si es posible, características que puedan ayudar a su identificación, así como los datos necesarios para crear una foto-ficha (localidad, latitud, longitud, especie, tipo de vegetación, colector, etc.). Estos datos pueden ser enviados a la Colección de Fotocolectas Biológicas para su inclusión en la misma (<http://unibio.unam.mx>).

Huellas y rastros

Son cualquier rastro o vestigio que indique la presencia de los mamíferos, tales como:

Madrigueras y nidos

La localización del refugio puede utilizarse para confirmar la presencia de un animal; la forma y tamaño de la madriguera da una idea de la especie que potencialmente habita la madriguera y el diámetro de los túneles evidencia el tamaño del animal que la ocupa.

Residuos de comida

Los mamíferos tienen diferentes tipos de hábitos que evidencian su presencia; algunos ramonean sobre las ramas y retoños de las plantas, o consumen y tiran parte de la corteza de los árboles, roen las cáscaras de los frutos o partes de las semillas como bellotas o higos (Romero-Almaraz, et al., 2000).

Huellas

Son impresiones de las patas o la cola de los individuos que se marcan sobre el sustrato. Se encuentran principalmente en suelos lodosos o arcillosos, pueden utilizarse para reconocer la presencia algunos marsupiales, carnívoros pequeños, edentados y lagomorfos. Los lugares más apropiados para buscarlas son las veredas, caminos, charcos, orillas de ríos de arroyos y lagos.

Excretas

En cada especie varía la forma y el tamaño; en algunos casos, puede identificarse a nivel de género al que pertenece. Las excretas son indicadores del comportamiento de los animales. Con ayuda del microscopio se pueden analizar y determinar las partículas alimentarias y la proporción de materia animal y vegetal que integra la excreta (Tamayo, 2008).

Pelo

Es una de las características exclusiva de los mamíferos, y puede utilizarse como una evidencia dejada por el organismo, ya sea de manera directa en madriguera y corteza de árboles, o de manera indirecta a través de los rastros de sus depredadores, siendo así de gran utilidad para el conocimiento de la existencia de ciertas especies en una región.

Egagrópilas

Algunas especies de aves se alimentan de mamíferos pequeños, como tecolotes y lechuzas. Después de la digestión regurgitan en forma de bolitas o paquetes (egagrópilas) algunos tegumentos (plumas y pelos) y huesos, destacando la presencia de mandíbulas y cráneos que pueden ser colectados e identificados.

Tipos de cebos

El cebo más utilizado para la captura de roedores es la avena en hojuelas, aunque con frecuencia se utiliza una mezcla de avena y plátano, avena y crema de cacahuete, u hojuelas de avena, plátano, cacahuete, esencia de vainilla y semillas de trigo, girasol o maíz molido, entre otros. Para mamíferos insectívoros, se recomienda utilizar una mezcla de avena con un poco de pescado, sardina o atún. Sin embargo, es importante notar que independientemente del cebo que se coloque este debe estar constituido por un atrayente p.ej. vainilla; y fuentes de energía p.ej. avena y crema de cacahuete.

Hora de colocación y revisión de trampas

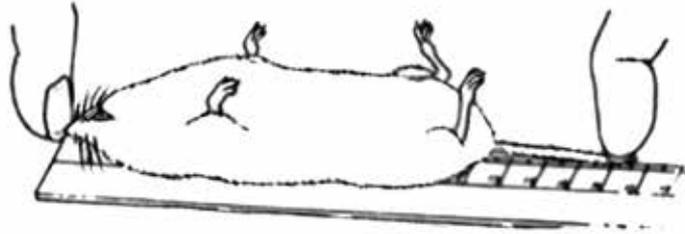
Esto depende de la especie que se desee estudiar. Para mamíferos de hábitos crepusculares o nocturnos, las trampas se colocan durante la tarde; su

revisión dependerá de los objetivos del proyecto, pero es necesario en todo caso recebarlas diariamente si se dejaran varios días. Asimismo, es conveniente recoger los especímenes capturados por la mañana, para evitar que se lastimen por la acción de insectos, del sol, lluvia, frío o depredadores; de ser posible, se deben revisar por lo menos una vez durante la noche. Para capturar mamíferos de hábitos diurnos las trampas se colocan por la mañana y se revisan varias veces al día. Si se quisieran dejar varios días y no se requiere capturar mamíferos nocturnos, deberán levantarse o cerrarse por la tarde y volver a activarlas y recebarlas por la mañana.

Medidas somáticas

Los especímenes colectados se deben medir antes de su preparación, ya que el proceso de preparación y el secado de la piel pueden modificar las medidas. Es recomendable tomar estas medidas en milímetros y el peso en gramos. Las medidas que deben obtenerse de los ejemplares son las siguientes: -Longitud total (LT). El espécimen se coloca de espalda sobre la regla o vernier, estirándolo suavemente, y se mide desde la punta del rostro hasta la punta de la cola.

- Longitud de la cola vertebral (CV). La base del dorso de la cola se dobla suavemente sobre la regla, formando un ángulo recto con relación al cuerpo, se mide desde la base hasta la punta de la cola (sin incluir los pelos de la punta).

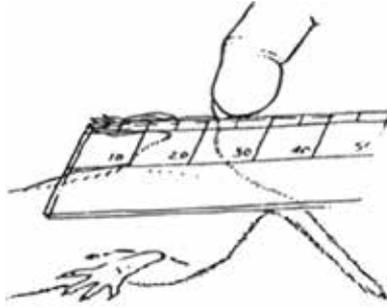


Medición de longitud total en ratones

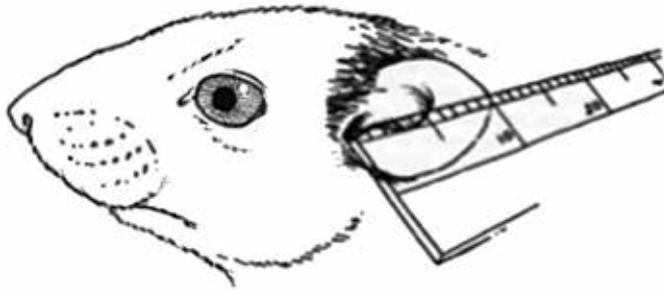
- Longitud de pata trasera (PT). Se mide la pata derecha desde el borde del talón hasta el extremo de la uña del dedo más largo.



- Longitud de la oreja (O). Se toma la medida desde la muesca de la base de la oreja derecha hasta el punto más alejado de la misma.



- Peso (P). El peso se debe registrar en gramos y tan pronto como el espécimen se haya sacrificado. Las medidas se deben enlistar de la siguiente manera: LT, CV, PT, O y P. El orden que se sigue para anotar las medidas es constante, por lo que no son necesarias las abreviaturas, y solo se escriben en esta secuencia separándolas por un guión, así las medidas de un roedor podrían ser: 310-150-35-18-250g,



Medición de la longitud de la oreja en ratones

Localidad de captura

Es el registro exacto del sitio de trabajo. La localidad se expresa con base en la entidad federativa, la dirección cardinal (norte: N; sur: S; este: E; oeste: O), la distancia en kilómetros (km) y la altitud en metros (m.s.n.m.) sobre el nivel del mar. Es rutinario escribir primero las distancias relacionadas con el norte o con el sur que las relacionadas con el este o el oeste. Para este efecto es altamente recomendable usar un geoposicionador satelital (GPS). En México se recomienda hacer uso de las coordenadas en grados decimal y DATUM WGS-84.

Fecha de captura

Debe escribirse la fecha completa sin abreviaturas, porque el tiempo de resguardo en las colecciones puede incluir cientos de años y las fechas abreviadas podrían en un futuro interpretarse erróneamente. Cuando los especímenes se capturen vivos pero no se preparen sino tiempo después, se debe anotar la fecha de colecta y la fecha de la muerte en el diario de campo, en el catálogo y en los rótulos de los especímenes.

Sexo

Se usan los símbolos tradicionales para cada sexo, ♂ para machos y ♀ para las hembras, y un signo de interrogación (?) o las letras SD (Sin Datos) cuando no sea posible o no se haya determinado el sexo.

Nombre científico

Su registro se anota con lápiz para poder borrarlo si hubiese cambios taxonómicos o de nomenclatura, como resultado de una mejor revisión.

Taxidermia

1. Con una navaja o bisturí haga una incisión media en la piel del abdomen, desde cerca del esternón hasta cerca de los órganos genitourinarios.
2. Con unas pinzas pequeñas separe la piel a lo largo de la incisión. Continúe el proceso hasta que uno de los lados deje al descubierto una de las piernas.
3. Corte con las tijeras la articulación tibiofemoral (rodilla) de modo que la pierna se quede en el cuerpo y el resto, suspendido de la piel.
4. Con un impulso suave hacia dentro saque la porción de la pata que ha quedado en la piel. Separe con cuidado la piel que se adhiere a la pata y desprenda y corte los músculos que cubren los huesos hasta llegar a la articulación del pie (tibio-tarsal). La tibia puede dejarse o cortarse, ya que un alambre substituirá la consistencia de la pierna. Los huesos tarsales no necesitan limpiarse en los mamíferos pequeños ya que en este sitio los músculos son escasos y además la piel puede romperse fácilmente.
5. Regrese la pata y la piel de la pierna a su posición original y proceda en igual forma con la otra pierna.
6. Una vez limpias las piernas, continúe desprendiendo la piel por debajo y detrás de éstas hasta llegar a la cola. En esta región la piel se adhiere ventralmente al ano y a los órganos genitourinarios. Corte con cuidado por debajo de la piel.
7. Separada toda la piel de las caderas, deje al descubierto la base vertebral de la cola. Sujete con unas pinzas en la mano derecha, la base desnuda de la cola y jale con la otra mano tratando de sacar la cola vertebral de un solo tirón, pero con cierto cuidado. La piel de la cola quedará como una funda y la cola vertebral permanecerá desnuda y adherida al cuerpo.
8. Una vez hecho esto, siga desprendiendo la piel del dorso y luego alrededor del cuerpo, y vaya doblándola hasta que asomen los codos de las patas anteriores y puedan verse los hombros. Actúe igual que con los miembros posteriores. Recuerde que a lo largo de todo el proceso debe usarse harina

de maíz para evitar que la grasa, sangre y la piel se peguen a los dedos y para facilitar el desprendimiento.

9. Al llegar a las orejas corte en ambos lados el cartílago que se adhiere al cráneo. En los ojos, corte, usando la navaja o el bisturí, lo más pegado posible al cráneo. Siga desprendiendo la piel hacia adelante.
10. En el hocico, junto a la boca y cerca de los dientes, la piel se une con numerosas fibras nerviosas que deben cortarse pegando la navaja a los huesos. El cartílago de la nariz también se corta, finalizando así el desollado del ejemplar.
11. Desprenda el exceso de grasa y carne de la piel y rellénela con algodón de fibra larga.
12. Antes de voltear la piel de la cabeza es preferible cerrar el hocico mediante dos puntadas de un hilo fuerte y bien amarrado. Enrolle un pedazo de algodón de aproximadamente el tamaño del cuerpo. Uno de los extremos se comprime con unas pinzas medianas hasta que se forme una proyección compacta que ocupará la punta del hocico. Inserte el cuerpo de algodón con las pinzas y asegúrese de mantenerlo firme dentro de la cabeza y acomode el resto formando el cuerpo del animal.
13. Si dejó los huesos de las extremidades, enrolle en éstos un pedazo de algodón hasta darles el grosor original de las piernas y vuelva éstas a su lugar. Si cortó los huesos, corte poco más del tamaño original de las patas (hasta los dedos) dos alambres para las extremidades anteriores y dos para las posteriores. Estire bien los alambres. El alambre de acero, al ser jalado firmemente con unas pinzas, queda perfectamente bien derecho y estirado. Envuelva en algodón cada alambre, de modo que tengan el espesor adecuado de las piernas y en seguida, introdúzcalo metiendo la punta hasta la base de la pata, entre los dedos. Haga lo mismo con las cuatro patas.
14. En la cola se introduce también otro alambre envuelto uniformemente con una delgada capa de algodón. Corte un pedazo de alambre de

longitud mayor que el de la cola para que ésta se mantenga recta junto con el cuerpo, e introduzca el alambre dándole pequeños giros a medida que entre en la funda de piel.

15. Dé los últimos toques al relleno y cosa la incisión ventral. Cepille el pelo del espécimen. Colóquelo ventralmente sobre una tabla de madera blanda, un corcho, etc. Amarre a la pata derecha el rótulo correspondiente y fije al espécimen mediante alfileres en esta posición: las patas delanteras por debajo y a los lados de la cabeza, las posteriores hacia atrás y junto a la cola, que se estira siguiendo el eje del cuerpo. Mantenga erectas las orejas usando alfileres y deje secar la piel en un sitio oscuro, cerrado y seco.

Ingreso a Colecciones Científicas

Para que un ejemplar sea incluido en alguna colección científica debe cumplir con los requisitos indispensables que pide cada colección. Los requisitos que deben reunir los ejemplares, así como los trámites para incluirlos en la colección indicada, se pueden consultar en el siguiente link:

http://www.ibiologia.unam.mx/zoologia/html_09/index.html

Índice de temático

Especie	Pag.
a) <i>Sigmodon hispidus</i>	25, 27, 29, 36, 44, 45, 67, 69, 79, 89, 110, 118
b) <i>Sigmodon alleni</i>	27, 29, 36, 81, 89, 111, 119
c) <i>Sigmodon mascotensis</i>	29, 36, 79, 112, 119
d) <i>Baiomys taylori</i>	29, 3689, 119
e) <i>Baiomys musculus</i>	36, 77, 89, 91, 121
f) <i>Reithrodontomys fulvescens</i>	29, 36, 82, 89, 106, 121
g) <i>Reithrodontomys megalotis</i>	25, 29, 36, 85, 89, 107, 121
h) <i>Sciurus yucatanenses</i>	29, 115, 123
i) <i>Sciurus aureogaster</i>	27, 29, 36, 45, 78, 88, 109, 123
j) <i>Notocitellus adocetus</i>	29, 36, 88, 117, 123
k) <i>Xerospermophilus spilosoma</i>	25, 27, 29, 36, 46, 83, 88, 125
l) <i>Ictidomys mexicanus</i>	29, 36, 46, 88, 113, 125
m) <i>Peromyscus yucatanicus</i>	29, 36, 89, 125
n) <i>Peromyscus truei</i>	29, 36, 68, 89, 104, 127
ñ) <i>Peromyscus leucopus</i>	25, 29, 36, 75, 89, 103, 127
o) <i>Peromyscus boylii</i>	29, 69, 89, 102, 127
p) <i>Heteromys pictus</i>	29, 36, 88, 96, 129
q) <i>Heteromys irroratus</i>	25, 29, 36, 69, 88, 95, 129
r) <i>Microtus mexicanus</i>	25, 29, 36, 44, 46, 71, 72, 89, 97, 129
s) <i>Oryzomys couesi</i>	27, 29, 36, 76, 89, 98, 131
t) <i>Oligoryzomys fulvescens</i>	29, 67, 89, 100, 131
u) <i>Oryzomys melanotis</i>	29, 83, 89, 101, 131
v) <i>Pappogeomys bulleri</i>	29, 88, 133
w) <i>Cratogeomys fumosus</i>	29, 88, 133
x) <i>Thomomys umbrinus</i>	25, 29, 36, 44, 77, 87, 88, 116, 135
y) <i>Cratogeomys merriami</i>	29, 32, 36, 44, 46, 72, 88, 93, 135
z) <i>Orthogeomys hispidus</i>	27, 36, 44, 46, 85, 99, 135



2022

Roedores y riesgo agrícola. El modelado del nicho ecológico como herramienta de predicción

Víctor Sánchez-Cordero

Investigador Titular "C" de T.C. Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM. Apto. Postal 70-153, CDMX 04510. Correo: victor@i.b.unam.mx

Estudió licenciatura en la Facultad de Ciencias, UNAM, y maestría y doctorado en la University of Michigan, EU. Su investigación parte del modelado del nicho ecológico de especies, proyectado como su distribución potencial, enfocado a cuantificar el impacto de la deforestación y cambio climático sobre su distribución actual y a futuro, proponiendo redes de áreas de conservación, e identificar zonas geográficas de riesgo de zoonosis emergentes. Ha publicado 7 libros, 152 artículos en revistas indexadas, 45 capítulos en libros, y 21 informes técnicos. Recibió los premios Reconocimiento a la Conservación (2009), "Por Amor al Planeta VW" (2011), y "Natural Resources Conservation Achievement Award" (2020 y 2021). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, fue Director del Instituto de Biología, UNAM (2011-2019), pertenece al Consejo Nacional de ANP, y actualmente es Presidente del Comité Científico Mariposa Monarca y Presidente del grupo EAGL-México de la lista verde de ANP de la UICN.

Gabriel Gutiérrez-Granados

Profesor de la Licenciatura en Biología en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. Batalla 5 de mayo s/n esquina Fuerte de Loreto, Colonia Ejército de Oriente, Iztapalapa C.P. 09230, CDMX.

Estudió la Licenciatura en Biología en la FES-Iztapalapa, UNAM, la maestría en el Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM y el doctorado en el Instituto de Ecología de la UNAM. Su investigación la realiza sobre las interacciones ecológicas que establecen los mamíferos con otras especies, incluyendo la dinámica con patógenos de importancia médica. Ha publicado 20 artículos científicos, tres capítulos en libros sobre conservación de fauna. Es miembro del Sistema Nacional de Investigación y de la Asociación Mexicana de Mastozoología AMMAC.

Ángel Rodríguez-Moreno

Investigador Asociado. Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM. Apto. Postal 70-153, CDMX 04510. Correo: tanicandil@hotmail.com

Estudió la licenciatura en Biología en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), y maestría y doctorado en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Su línea de investigación es el estudio de la fauna silvestre con énfasis en roedores y quirópteros y su relación con el riesgo de zoonosis emergentes, así como en estudios de biología, ecología y conservación de los mamíferos silvestres. Ha publicado 1 libro, 18 artículos en revistas indexadas, 2 capítulos en libros, y diversos artículos de divulgación científica. Es miembro de la Asociación Mexicana de Mastozoología (AMMAC). Actualmente es Subdirector de Inteligencia Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT.

José Juan Flores-Martínez

Académico del Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM. Apto. Postal 70-153, CDMX 04510.

Estudió la licenciatura en la Facultad de Ciencias de la UNAM, y la maestría y doctorado en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. Su línea de investigación se relaciona con la conservación de mamíferos medianos y el estudio del impacto de especies exóticas invasoras en Áreas Naturales Protegidas. Ha publicado 33 artículos en revistas indexadas, 4 capítulos de libros, coautor de un libro y 6 artículos en revistas no indexadas, así como algunos artículos de divulgación científica. Es miembro del Sistema Nacional de Investigación y de la Asociación Mexicana de Mastozoología AMMAC.



Facultad de Estudios Superiores Zaragoza,
Campus I. Av. Guelatao No. 66 Col. Ejército de Oriente,
Campus II. Batalla 5 de Mayo s/n Esq. Fuerte de Loreto,
Col. Ejército de Oriente,
Iztapalapa, C.P. 09230 Ciudad de México.
Campus III. Ex fábrica de San Manuel s/n,
Col. San Manuel entre Corregidora y Camino a Zautla,
San Miguel Contla, Santa Cruz Tlaxcala.

<http://www.zaragoza.unam.mx>

