
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Y AGROPECUARIAS**

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS



**LAS COMUNIDADES DE ROEDORES ASOCIADAS CON
CULTIVOS DE NOPAL (*Opuntia* spp) CON DIFERENTE
TIEMPO DE ESTABLECIMIENTO Y ESTRUCTURA
VEGETAL EN OJUELOS DE JALISCO, JALISCO**

Por

VERÓNICA CAROLINA ROSAS ESPINOZA

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(ÁREA DE ECOLOGÍA)**

**LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JALISCO
AGOSTO DEL 2003**



**LAS COMUNIDADES DE ROEDORES ASOCIADAS CON CULTIVOS DE
NOPAL (*Opuntia* spp) CON DIFERENTE TIEMPO DE ESTABLECIMIENTO Y
ESTRUCTURA VEGETAL EN OJUELOS DE JALISCO, JALISCO**

Por

VERONICA CAROLINA ROSAS ESPINOZA

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(ÁREA DE ECOLOGÍA)**

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
AGOSTO DEL 2003**

Aprobada por:

Dr. Eric Mellink Bijtel
Asesor del Comité Particular

01/08/03
Fecha

M. C. Sonia Navarro Pérez
Asesor del Comité Particular

01/08/03
Fecha

Dr. Martín Huerta Martínez
Sinodal del Comité Particular

01/08/03
Fecha

M. C. Jaime Luevano Esparza
Sinodal del Comité Particular

01/08/03
Fecha

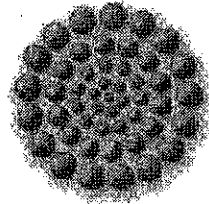
Dra. Mónica Elizabeth Riojas López
Presidente del Comité Particular

01/08/03
Fecha

Dr. Eugenio Pimierita Barrios
Presidente del Comité Académico del Posgrado

01/08/03
Fecha

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Ecología Terrestre del Departamento de Ecología, División de Ciencias Biológicas y Agropecuarias del CUCBA, Universidad de Guadalajara y formó parte del proyecto **POTENCIAL DE UN CULTIVO DIVERSIFICADO DE NOPAL (*Opuntia spp*) PARA LA RECUPERACIÓN DE HÁBITAT DEGRADADOS EN OJUELOS DE JALISCO, JALISCO CLAVE 20000306006**, financiado por CONACYT SIMORELOS, otorgado a la Dra. Mónica Elizabeth Riojas López.



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

M É X I C O



Le dedico este trabajo a mi padre Gilberto Rosas García y a mi abuelo Luciano Espinoza de la O, que donde quiera que estén no importa porque en realidad están conmigo.

Agradezco

A mi madre por todo su amor, comprensión y apoyo incondicional.

A mi tía Carmen por su cariño y paciencia.

A mi tío Roberto y Carmelu por confiar en mí y transmitirme su buena vibra.

A mis hermanos Ana, Gilberto, Carlos, Mónica y Judit así como a mi prima Margarita por quererme siempre, por ayudarme a levantarme en mis tropiezos y animarme a seguir mi camino.

A mis sobrinos Iván y Julián por ser una alegría en mi vida.

A Federico por su gran amor y por acompañarme en este viaje.

A Marijose, Mimí, Atala y Fernanda por ser mis amigas en todo momento.

A mis compañeros de posgrado y amigos Oscar Reyna, Paty Castro, Elisa Cabrera y Lety Maya por su apoyo para que pudiera terminar esta meta.

A la Dra. Mónica Elizabeth Riojas López por dirigirme la tesis, por su tiempo y aportaciones a mi trabajo.

A mis asesores Eric Mellink Bijtel y Sonia Navarro Pérez así como a mi sinodal Jaime Luevano Esparza por su gran disposición para revisar el trabajo y por sus valiosas opiniones.

A la M. C. Mollie Harker por su ayuda para determinar las especies vegetales que colecté, por proporcionarme el listado florístico del área de estudio y por corregir mis traducciones.

Al Dr. Francisco Martín Huerta Martínez, M. C. Sergio Guerrero Vázquez y M. C. Pablo Torres Morán por sus enseñanzas y por la amistad desinteresada que siempre me han brindado.

Al M. C. Luis Ignacio Iñiguez Dávalos por su apoyo para la determinación de las especies de roedores.

Al Dr. Eulogio Pimienta Barrios por confiar en mí y alentarme a continuar mi carrera académica.

A mis compañeros y amigos del Departamento de Ecología Maru, Guille, Luis y Julia.

A Nohemí, Adriana y Luz Adriana por todos esos ratos que compartimos en campo, por su gran ayuda y disponibilidad en todo momento.

A Don Fernando Torres Romo y su familia por haberme permitido trabajar en su propiedad y estar en su casa.

A Lalo y Lupillo por su compañía y por su interés hacia mi trabajo.

A todos los que me apoyaron para la realización de este trabajo GRACIAS.....

CONTENIDO

RESUMEN.....	xii
SUMMARY.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	4
Las comunidades de roedores.....	4
El cultivo del nopal.....	11
OBJETIVO GENERAL.....	15
OBJETIVOS PARTICULARES.....	15
HIPÓTESIS.....	15
ÁREA DE ESTUDIO.....	16
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
Vegetación.....	22
Comunidad de roedores y dinámica poblacional.....	22
Análisis estadístico.....	23
Vegetación.....	23
Comunidad de roedores y dinámica poblacional.....	24
RESULTADOS.....	27
Estructura de la vegetación.....	27
Comunidad de roedores.....	36
Dinámica poblacional de las especies dominantes de roedores.....	42
DISCUSIÓN.....	51
CONCLUSIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los sitios de trabajo en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal.....	21
Cuadro 2. Especies vegetales dominantes por estrato en los distintos sitios de trabajo en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal.....	28
Cuadro 3. Características estructurales de la vegetación en los sitios de trabajo durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal.....	30
Cuadro 4 . Cobertura vegetal promedio (m^2) por estrato por sitio ($n=2$ parcelas de 10 x 12 m), durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Valores en una misma columna y tipo de cobertura con letras distintas fueron significativamente diferentes ($P<0.05$).....	32
Cuadro 5. Cobertura vegetal promedio (m^2) por substratos por sitio ($n=2$ parcelas de 10 x 12 m), durante el período de muestreo (abril, julio 2000 a enero 2001) en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Valores en una misma columna y sitio por estrato con letras distintas fueron significativamente diferentes ($P<0.05$).....	34
Cuadro 6. Riqueza total y número total de individuos capturados por especie por sitio durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal.....	37

- Cuadro 7.** Riqueza mensual de roedores por sitio durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Valores con la misma letra por columna no difirieron significativamente ($P > 0.05$).....37
- Cuadro 8.** Comparación de la variación en la abundancia total de ratones entre sitios de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001) Valores con distinta letra por columna difirieron significativamente ($P < 0.05$).....37
- Cuadro 9.** Valor de diversidad de Hill N1 por sitio durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Las medias con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$)38
- Cuadro 10.** Similitud de los sitios de trabajo de acuerdo a los índices de Jaccard y Morisita, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal.....38
- Cuadro 11.** Coeficientes de correlación entre los dos ejes más importantes derivados del ordenamiento de Bray Curtis y las variables de la estructura de la vegetación por sitio durante el período de muestreo (abril, julio 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Las correlaciones en negritas fueron significativas ($P < 0.05$).....41
- Cuadro 12.** Coeficientes de correlación entre los dos ejes más importantes derivados de Bray Curtis y el tamaño poblacional de las especies de roedores por sitio durante el período de muestreo (abril, julio 2000 a

enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Las correlaciones en negritas fueron significativas ($P < 0.05$).....42

Cuadro 13. Variación en el tamaño poblacional de *Dipodomys phillipsii* entre los sitios de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por columna con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).....43

Cuadro 14. Comparación del número de hembras, hembras reproductivas, machos, machos reproductivos y juveniles de *D. phillipsii* entre los sitios de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por columna con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).....44

Cuadro 15. Comparación del número de hembras contra machos, hembras reproductivas contra no reproductivas, machos reproductivos contra no reproductivos y juveniles contra adultos de *D. phillipsii* por sitio de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por columna con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).....46

Cuadro 16. Variación en el tamaño poblacional de *Peromyscus difficilis* entre los sitios de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por columna con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).....48

- Cuadro 17.** Comparación del número de hembras, hembras reproductivas, machos, machos reproductivos y juveniles de *P. difficilis* entre los sitios de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por columna con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).....49
- Cuadro 18.** Comparación del número de hembras contra machos, hembras reproductivas contra no reproductivas, machos reproductivos contra no reproductivos y juveniles contra adultos de *P. difficilis* por sitio de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por columna con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).....50

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Localización del área de estudio.....17
- Figura 2.** Climogramas del municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., México, de acuerdo con la metodología de Walter (1985). Los datos fueron obtenidos del INIFAP campo experimental Vaquerías y la SAGARPA. A) comportamiento histórico (28 años), B) año de estudio.....18
- Figura 3.** Cobertura vegetal promedio (m^2) por estrato por sitio ($n=2$ parcelas de 10 x 12 m), durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Valores con distinta letra por sitio fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$).....33
- Figura 4.** Variación en la abundancia total de ratones por sitio de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores con distinta letra por sitio difirieron significativamente ($P < 0.05$).....39
- Figura 5 .** Ordenamiento de los datos de tamaño poblacional de cada una de las especies de roedores por sitio-mes con los dos primeros ejes por el método de Bray Curtis de los sitios de trabajo durante el tiempo de estudio (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal.....41
- Figura 6.** Variación en el tamaño poblacional de *Dipodomys phillipsii* por sitio de trabajo en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero

2001). Valores por sitio con distinta letra difirieron significativamente (P<0.05).....45

Figura 7. Variación en el tamaño poblacional de *Peromyscus difficilis* por sitio de trabajo en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por sitio con distinta letra difirieron significativamente (P<0.05).....48

RESUMEN

Los cambios en la estructura del hábitat y especialmente de la vegetación que conllevan las prácticas agrícolas afectan a las comunidades de roedores. Los efectos se traducen en cambios en la composición y abundancia de las especies de roedores. En el municipio de Ojuelos de Jalisco, uno de los cultivos perennes que ha sustituido a la vegetación nativa es el cultivar del nopal. En este cultivo se realizan pocas prácticas de manejo y se hace un uso mínimo de insumos y energía externos para obtener una producción mayor en comparación con cultivos anuales básicos como el maíz y el frijol. El objetivo de la presente investigación fue comparar la diversidad de la comunidad de roedores y la dinámica poblacional de las especies dominantes en tres cultivos de nopal con diferente tiempo de establecimiento y una nopalera silvestre, y relacionar estos parámetros con la estructura de la vegetación. Los cultivos de nopal donde las prácticas de manejo permitieron el establecimiento de una vegetación asociada, exhibieron un desarrollo que asemeja los cambios sucesionales que se suceden en una comunidad vegetal natural. Se encontró que las diferencias en composición y estructura de la vegetación durante el desarrollo de los cultivos de nopal causaron cambios en la composición, riqueza y abundancia de roedores. Los cultivos de nopal y la nopalera silvestre mantuvieron una riqueza similar de especies, en lo que variaron fue en la identidad de las especies y sus abundancias. Los cultivos estudiados en estadio de desarrollo intermedio promovieron una riqueza y diversidad alta de roedores. Los cultivos de nopal que reemplazan a las nopaleras silvestres podrían actuar como hábitat sustituto para la mayoría de roedores que se distribuyen en el área.

SUMMARY

The modification of habitat structure and specially of the vegetation due to agriculture practices affect rodent communities. In Ojuelos de Jalisco, Jalisco cultivated perennial platyopuntia communities have substituted much of the native vegetation. In contrast to the high energy requirements for improve the productivity of annuals crops (i. e. beans and corn), platyopuntia cultivated stands require less energy and external materials. The goal of this research was to compare rodent community diversity and population dynamics of the dominant rodents species in three platyopuntia cultivated stands with different time of establishment and a native community of platyopuntia, and to relate diversity and population dynamics with the vegetation structure. The platyopuntia cultivated areas where cultural practices allow colonization of associated vegetation exhibited a complex vegetation structure in comparison with annual crops. The changes in composition and structure of cultivated stands during their development affected the rodent community composition, richness and abundance. The richness was similar in the cultivated stands of platyopuntia and in the native stand although the actual species and the estimated population size were different. The cultivated areas of median age seem to encourage rodent richness and diversity. The cultivated platyopuntia stands may act as an alternative habitats for the majority of rodents species that are distributed in the area.

INTRODUCCIÓN

El 95% de los ecosistemas terrestres tienen algún grado de manipulación por el hombre (Pimentel *et al.*, 1986). Un factor importante de impacto son los cambios en la cobertura y ocupación de suelo para la introducción de sistemas productivos. Aproximadamente el 80% de los 20 millones de hectáreas deforestadas por año a nivel mundial se deben a la conversión de vegetación nativa para actividades agrícolas (Pimentel *et al.*, 1986).

En las zonas áridas y semiáridas de México la principal actividad productiva es la ganadería. En estas áreas se concentra entre el 70 y 75% de toda la superficie dedicada a ello en el país. Otra actividad es la agricultura, de riego o de temporal, la cual en los últimos decenios ha expandido sus fronteras. Estos usos productivos han eliminado o transformado enormes extensiones ocupadas por matorrales y zacatales. Además fuera de las zonas agrícolas la mayoría de matorrales y pastizales exhiben un alto grado de perturbación (Toledo *et al.*, 1985).

El municipio de Ojuelos de Jalisco forma parte de la región semiárida del estado de Jalisco. Para esta zona el último Inventario Forestal Mexicano (1994) reporta 0% por ciento de vegetación nativa de zonas semiáridas y un 26% de la superficie dedicada a la agricultura (PRODEFO, 1999). En esta región los matorrales xerófilos crasicaules o nopaleras solían distribuirse en amplias superficies de terreno (Rzedowski, 1978). En la actualidad se encuentran reducidos a pequeños parches, debido a desmontes para la producción ganadera y cultivos de temporal y perennes. Las nopaleras silvestres tiene una compleja asociación vegetal que ofrece una gran variedad de hábitats (Yeaton y Romero, 1986), que proveen de alimento y refugio a una considerable diversidad de vertebrados silvestres (Gonzalez-Espinosa, 1999; Mellink y Riojas-López, 2002).

Uno de los cultivos perennes que ha sustituido las nopaleras silvestres es el cultivar del nopal, en el que se utilizan especies nativas del género *Opuntia*. Esto se debe a su éxito de establecimiento dada su adaptación a las

condiciones climáticas que imperan en ambientes áridos y semiáridos, así como a su rentabilidad. En el cultivo del nopal se realizan pocas prácticas de manejo, y se hace un uso mínimo de insumos y energía externos para obtener una producción mayor que con cultivos anuales básicos como el maíz y el frijol (Pimienta-Barrios, 1990; Barbera, 1999).

Los cambios en la estructura del hábitat y especialmente de la vegetación que conllevan las prácticas agrícolas afectan la fauna local (Mellink, 1985; Mellink, 1991a; Mellink, 1991b; Mellink, 1995; Mitchell *et al.*, 1995; Waters y Zabel, 1998; Moguel y Toledo, 1999; Sullivan *et al.*, 1999). Es de esperarse que la transformación de nopaleras silvestres en nopaleras cultivadas afecte a la fauna silvestre. Dada una escala espacial, los efectos de dichos cambios posiblemente sean más evidentes sobre la comunidad de pequeños mamíferos, particularmente los roedores.

Se han documentado los efectos que tienen otros cultivos perennes (Gurnell *et al.*, 1992; Mitchell *et al.*, 1995; Waters y Zabel, 1998; Sullivan *et al.*, 1999) y anuales (LoBue y Darnell, 1959; Fleharty y Navo, 1983; Mellink, 1985; Mellink, 1991b) sobre las comunidades de roedores. Dichos efectos dependen del tipo de cultivo, prácticas de manejo y la estructura de la vegetación a través del tiempo. Estos efectos se traducen en cambios tanto en la composición como en la abundancia de las especies de roedores (LoBue y Darnell, 1959; Fleharty y Navo, 1983; Mellink, 1985; Gurnell *et al.*, 1992; Mitchell *et al.*, 1995; Waters y Zabel, 1998; Sullivan *et al.*, 1999).

Los agrosistemas en donde existe una alta riqueza y complejidad estructural vegetal favorecen la diversidad de la fauna silvestre (Toledo *et al.*, 1985; Altieri, 1999; Swift y Anderson, 1994; Moguel y Toledo, 1999). Para los roedores, una comunidad vegetal estructuralmente diversa ofrece un mayor número de hábitats disponibles (Rosenzweig y Winakur, 1969; Huston, 1994; Pollock *et al.*, 1998; Reice, 1997; Siemann, 1998; Fox y Fox, 2000). Dadas las características de los cultivos de nopal, estos podrían proveer hábitats adecuados para diferentes animales silvestres.

La presente investigación se enfocó a realizar una comparación de la diversidad y dinámica poblacional de roedores en cultivos de nopal con diferentes tiempos de establecimiento y estructura vegetal.

ANTECEDENTES

Las comunidades de roedores

La distribución y abundancia de las especies animales en los ecosistemas naturales son determinadas por factores bióticos y abióticos (Rosenzweig y Winakur, 1969; Barry Jr. y Francq, 1980, Christian, 1980; González-Romero, 1995). Los primeros incluyen los factores climáticos: temperatura, presión atmosférica, precipitación pluvial, humedad ambiental y disponibilidad de agua (Beatley, 1969; Withford, 1976; Christian, 1980; Meserve, 1981; Barry Jr., y Francq, 1980; Jaksic *et al.*, 1997; Madsen y Shine, 1999).

Por ejemplo, el aumento en la disponibilidad de agua en zonas áridas incrementa el traslape en el uso de hábitat por ciertas especies de roedores (Christian, 1980; Meserve, 1981). La estacionalidad, intensidad y duración de las lluvias determinan la productividad primaria y la germinación de ciertas especies vegetales en zonas áridas y semiáridas, lo que condiciona la aparición y duración de la estación reproductiva de los roedores (Beatley, 1969; Withford, 1976; Mellik, 1995; Jaksic *et al.*, 1997).

Otros de los factores abióticos importantes en la distribución de las poblaciones animales son la geomorfología y las propiedades físicas del suelo (Rosenzweig y Winakur, 1969; González-Romero, 1995). González-Romero (1995) encontró que los suelos firmes eran los más utilizados por las 16 especies de roedores registradas en el desierto Sonorense. En esta región la rata nopalera (*Neotoma albigula*) prefirió sitios con suelos rocosos y la rata canguro (*Dipodomys deserti*) sitios de dunas arenosas.

Entre los factores bióticos, la estructura y composición de la vegetación tienen un efecto importante sobre la presencia o ausencia, así como en la dinámica poblacional de roedores. Esto se debe a que dichos animales exhiben una alta especialización en cuanto al uso de hábitat, como ha sido ampliamente documentado en zonas áridas y semiáridas de Norteamérica (Rosenzweig y Winakur, 1969; Barry Jr. y Francq, 1980; Price, 1978; Price y Waser, 1984; Brown y Heske, 1990; Valone y Brown, 1995; McMurry *et al.*, 1996; Ellison y

van Riper III, 1998), en las zonas áridas y semiáridas de Argentina y Chile (Meserve, 1981; Gonnet y Ojeda, 1998) y en el desierto de Namibia en Africa (Christian, 1980).

En muchos hábitats áridos y semiáridos, las especies del género *Dipodomys* se asocian con sitios abiertos con un porcentaje alto de suelo desnudo, en tanto que las especies de los géneros *Perognathus* y *Peromyscus* se asocian con sitios donde existe una mayor cobertura vegetal (Price, 1978; Lemen y Rosenzweig, 1978; Price y Waser, 1985; Mellink, 1995; McMurry *et al.*, 1996; Ellison y van Riper III, 1998). También se ha documentado una relación entre la presencia y abundancia de nopales y chollas y la abundancia de individuos del género *Neotoma* (Vorhies y Taylor, 1940; Brown *et al.*, 1972; Rangel y Mellink, 1993; Mellink y Riojas-López, 2002).

Las especies de roedores difieren en los atributos que les permiten obtener alimentos (Vorhies y Taylor, 1940; Brown *et al.*, 1972; Lemen y Rosenzweig, 1978; Price, 1978; Rangel y Mellink, 1993), agua (Beatley, 1969; Withford, 1976; Christian, 1980; Rangel y Mellink, 1993), sitios para refugio, materiales para la construcción de nidos (Vorhies y Taylor, 1940; Brown *et al.*, 1972; Rangel y Mellink, 1993), protección contra depredadores y sobrevivir a las condiciones climáticas del ecosistema (Rangel y Mellink, 1993). Estas diferencias en sus habilidades condicionan sus preferencias de hábitat.

También las interacciones interespecíficas, como la competencia y la depredación, tienen influencia en la presencia y abundancia de las especies de roedores a escala local (Price, 1978; Holbrook, 1979; O'Farrell, 1980; Bowers y Brown, 1982). Existen mecanismos que permiten la coexistencia de las especies, como la selección de hábitat, la utilización diferencial de los recursos (Rosenzweig y Winakur, 1969; Mares y Williams, 1977; Holbrook, 1979; Price y Waser, 1984; Brown y Heske, 1990; Valone y Brown, 1995; Ellison y van Riper III, 1998), la variación de los recursos en tiempo y espacio y la variación estacional en la eficiencia de forrajeo (Smigel y Rosenzweig, 1974; Brown, 1989)

Mares y Williams (1977) encontraron que existía una repartición del recurso alimento (semillas) entre los roedores heterómidos desérticos coexistentes. En Arizona, Smigel y Rosenzweig (1974) observaron que dos especies de heterómidos se alimentaban del mismo tipo de semillas pero en diferentes cantidades. Las dietas de estos roedores se traslapaban más con densidades bajas de semillas de los distintos tipos, en tanto que con densidades altas, las dietas se traslapaban menos ya que las especies de roedores seleccionaban diferentes tipos de semillas. Ellos concluyeron que estas especies presentaban cierto grado de flexibilidad en la selección de recursos a través del tiempo.

La selección de hábitat se propone también como un mecanismo para evitar la depredación, suponiendo que los distintos hábitats varían en el riesgo de depredación o en las tácticas de escape que se pueden utilizar efectivamente (Rosenzweig, 1973; Lemen y Rosenzweig, 1978; Price, 1984). No obstante, Price (1984) analizó tres comunidades de roedores de Norteamérica y concluyó que la selección de hábitat estaba más ligada a la economía del forrajeo que a evitar la depredación.

Sí consideramos que la diversidad tiene dos componentes: la riqueza de especies y la equidad en sus abundancias, es de esperarse que al igual que la distribución y abundancia de una especie en particular, la diversidad y sus patrones se vean influenciados por, o correlacionados, con los factores físicos y biológicos del medio.

Se han detectado tres patrones diferentes entre la productividad y la diversidad de especies de distintos taxa: uno en el que la productividad está correlacionada negativamente con la diversidad (Rosenzweig, 1971; Tilman, 1993; Huston, 1994); otro en el que está correlacionada positivamente (Siemann, 1998; Huston, 1994) y un tercero, en el que es unimodal (Guo y Berry, 1998).

La productividad influencia la dinámica de colonización y extinción local de especies, por lo que tiene un efecto sobre la biodiversidad. El patrón positivo se puede atribuir a una mayor disponibilidad de recursos, lo que permite que las

especies colonicen el hábitat. Sin embargo, en los hábitats muy productivos existe tasas bajas de establecimiento y tasas altas de desplazamiento de especies, lo que produce una baja diversidad (Tilman, 1993; Siemann, 1998).

En el patrón unimodal la mayor diversidad de especies se presenta en los niveles intermedios de productividad (Abramsky y Rosenzweig, 1984; Huston, 1994; Guo y Berry, 1998; Wang *et al.*, 1999). Esto podría deberse a que en niveles intermedios de productividad la competencia entre las especies no es tan intensa y existe una tasa más baja de exclusión (Huston, 1994; Tilman, 1993). Este patrón unimodal se registró en los roedores en el desierto de Israel (Abramsky y Rosenzweig, 1984), en los Estados Unidos (Owen, 1988; Guo y Berry, 1998), y en los pastizales áridos y semiáridos del norte de China (Wang *et al.*, 1999).

Guo y Berry (1998) registraron en una zona de transición entre pastizal y matorral en el desierto Chihuahuense que dentro de los diferentes microhábitats donde el ambiente era relativamente homogéneo, la relación entre la riqueza de especies y la productividad (biomasa) podía ser positiva, negativa o no existir. Pero si consideraban los diferentes tipos de microhábitats se detectaba un patrón de tipo unimodal. Así también, Wang *et al.*, (1999) concluyeron que los patrones de productividad y riqueza de especies de pequeños mamíferos en los pastizales áridos y semiáridos del norte de China son dependientes de la escala. De esta forma según Guo y Berry (1998) y Wang *et al.* (1999) el patrón monotónico o unimodal de la diversidad parece depender de la escala de observación.

Otro factor que está correlacionado con la diversidad de especies es la heterogeneidad espacial. En la mayoría de los casos de estudio se encontró una correlación lineal positiva entre la heterogeneidad de especies y la diversidad, ya que una mayor heterogeneidad espacial determina una mayor disposición de recursos para las especies (Rosenzweig y Winakur, 1969; Huston, 1994; Pollock *et al.*, 1998; Reice, 1997; Siemann, 1998; Fox y Fox, 2000). Rosenzweig y Winakur (1969) registraron en el desierto Sonorense, que una mayor heterogeneidad espacial favorecía una mayor diversidad de

roedores debido a que existía un mayor número de microhábitats disponibles. Por su parte Fox y Fox (2000) observaron que la diversidad de hábitats era un buen indicador de la riqueza de especies de pequeños mamíferos en el sureste de Australia.

La heterogeneidad espacial es generada por los procesos geológicos que actúan en la roca madre y el suelo derivado. Dichos procesos geológicos junto con el clima determinan los patrones de la topografía, la cual a su vez influencia la distribución de agua, nutrientes del suelo, energía solar, etc. (Huston, 1994; Stewart *et al.*, 2000). Por su parte, los organismos alteran la configuración espacial de los ambientes por la simple ocupación del espacio o por la modificación activa de la estructura física o biológica del ambiente (Huston, 1994; Stewart *et al.*, 2000). Por ejemplo, las plantas afectan la composición química del suelo a través de su producción de biomasa o de exudados que se incorporan en él. La vegetación tiene patrones espaciales verticales y horizontales que contribuyen significativamente a la heterogeneidad espacial. Similarmente los animales generan y mantienen dicha heterogeneidad por medio de sus actividades tales como construcción de madrigueras, alimentación, patrones de movimientos, etc. También el disturbio de origen natural o antropogénico puede promoverla e impactar el ambiente y sus organismos (Stewart *et al.*, 2000).

El disturbio es un tercer factor que se correlaciona con la diversidad tanto de manera positiva como negativa. La diversidad mayor ocurre con frecuencias intermedias de disturbio, y las menores, con frecuencias muy altas o bajas de éste (Reice, 1997; Pollock *et al.*, 1998). Respecto a este último patrón, la hipótesis del disturbio intermedio sugiere que los niveles intermedios de éste maximizan la diversidad de especies, porque permite que especies dominantes y subordinadas coexistan. En tanto que con bajos niveles de disturbio, las especies competitivamente dominantes excluyen a las especies subordinadas y los niveles altos de disturbio llevan a la extinción local (Reice, 1997; Huston, 1994). Ferreira y van Aarde (2000) concluyeron que en los bosques de las

dunas costeras al sureste en Sudáfrica, la mayor riqueza de especies de roedores se mantenían con niveles intermedios de disturbio.

La productividad, heterogeneidad y disturbio se conjugan para determinar la diversidad y sus patrones. Se proponen varias hipótesis que los integran para tratar de explicar ésto. Tilman (1982 en Tilman, 1993) sugirió que la heterogeneidad espacial en la disponibilidad de recursos era el factor que permitía la coexistencia de especies y que la diversidad era máxima en hábitats moderadamente productivos. El modelo del equilibrio dinámico propuesto por Huston (1994), predice patrones de diversidad con base en la interacción entre la productividad y el disturbio. Este modelo sugiere que la mayor diversidad de especies es mantenida por disturbios periódicos con frecuencias y productividad bajas donde la tasa de exclusión competitiva también es baja.

Todos los factores mencionados operan en los ecosistemas manejados por el hombre, por lo que las modificaciones que se hacen al ambiente tienen un efecto en la distribución y abundancia de las especies animales (LoBue y Darnell, 1959; Fleharty y Navo, 1983; Mellink, 1985; Ferreira y Aarde, 2000; Utrera *et al.*, 2000). En las zonas de bosques templados en Norteamérica las prácticas silvícolas tienen un efecto en las comunidades de mamíferos pequeños. Dependiendo del tipo de prácticas de manejo que se realizan, es el grado de disturbio que se genera y sus consecuencias en dichas comunidades (Gurnell *et al.*, 1992; Mitchell *et al.*, 1995; Waters y Zabel, 1998; Sullivan *et al.*, 1999).

En los sitios donde se cortan todos los árboles y se remueve casi por completo el sotobosque, para después aplicar fuego, se eliminan temporalmente las especies animales (Gurnell *et al.*, 1992). Si son plantaciones comerciales, se siembra la especie de interés y se pueden llevar a cabo o no prácticas de manejo que eviten el crecimiento de otras especies vegetales. Si no son plantaciones comerciales generalmente ya no se hace ningún manejo. En los dos últimos casos tiene lugar un proceso de sucesión secundaria en la vegetación (Gurnell *et al.*, 1992; Mitchell *et al.*, 1995; Cole *et al.*, 1998; Sullivan *et al.*, 1999).

La diversidad de especies vegetales tiende a incrementarse durante los primeros estadios de la sucesión y a decrecer durante los estadios serales avanzados, con un máximo en los estadios intermedios (Huston, 1994). Este proceso de sucesión vegetal va acompañado de un cambio en la composición y abundancia de las especies de roedores asociadas con los distintos estadios serales de la comunidad vegetal (Gurnell *et al.*, 1992; Mitchell *et al.*, 1995; Sullivan *et al.*, 1999).

Por otra parte, Waters y Zabel (1998) registraron que cuando se perturbaba el sotobosque y se abría parcialmente el dosel del bosque de abetos en California se provocaban cambios en la comunidad de roedores. Tres de las siete especies observadas incrementaron sus abundancias, mientras que otra la disminuyó. Estas variaciones en las abundancias posiblemente se asocian con la disponibilidad de alimento y hábitat.

Cuando se establecen cultivos no perennes o de ciclo de vida corto, generalmente se desmonta la vegetación existente, con lo cual las especies animales pueden extinguirse localmente. Estos sitios pueden actuar durante un tiempo como una barrera para la dispersión de animales, además de ser inviables para su recolonización (LoBue y Darnell, 1959; Fleharty y Navo, 1983). No obstante, dadas las condiciones ambientales y estructurales del hábitat requeridas, pueden recolonizarse por las especies existentes en las áreas naturales remanentes. Estas áreas naturales son importantes refugios para los pequeños mamíferos y pueden ser el hábitat primario en áreas de agricultura moderna para la reproducción. Así, también, pueden ser fuentes para la recolonización (LoBue y Darnell, 1959; Fleharty y Navo, 1983).

Dependiendo de las prácticas de manejo que se realizan, puede presentarse una comunidad vegetal asociada con el cultivo. Sin embargo, dicha comunidad vegetal solamente alcanza un estadio seral inicial de sucesión vegetal. La composición y estructura de ésta determina en gran medida qué especies de roedores se establecen y sus abundancias a través del tiempo de permanencia del cultivo (LoBue y Darnell, 1959; Fleharty y Navo, 1983). Mellink (1985) encontró que una alta diversidad y abundancia de las

comunidades de roedores asociadas a dos agroecosistemas de temporal en el desierto de Sonora estaban relacionadas con la presencia de plantas colonizadoras y con la producción de alimento de la comunidad vegetal. Este mismo autor (Mellink, 1991b; Mellink, 1995) observó que las poblaciones de roedores en tres sistemas agrícolas tradicionales (maíz, frijol, calabaza) en San Luís Potosí también se correlacionaban con la cubierta vegetal, como la característica más importante del hábitat.

El cultivo del nopal

Un sistema agrícola difiere en su estructura y función de uno natural. Sin embargo, los cultivos son ecosistemas en los cuales también ocurren los procesos ecológicos encontrados en los sistemas naturales, tales como el ciclo de nutrimentos, interacciones predador-presa, competencia, comensalismo y cambios sucesionales. La magnitud de las diferencias en la estructura y función ecológica entre los ecosistemas naturales y agrícolas depende de la intensidad y frecuencia de las perturbaciones naturales y humanas a las que están sujetos (Hecht, 1987).

En general, existe una gran variedad de tipos de agroecosistema. Estos caen en un gradiente entre sistemas que experimentan impacto humano mínimo y aquellos sujetos a un control máximo (Hecht, 1987; Swift y Anderson, 1994). Los sistemas de agricultura moderna, como el monocultivo anual, requieren la intervención continua del hombre. Estos sistemas incluyen una utilización alta de energía e insumos externos para mantener la productividad. Además, se caracterizan por ser mantenidos artificialmente en estadios sucesionales tempranos por medio de disturbios anuales (Díaz del Cañizo *et al.*, 1999). El monocultivo anual implica la simplificación de la estructura ambiental sobre grandes extensiones de tierra y causa pérdida de biodiversidad y la modificación de los procesos ecológicos y evolutivos (Toledo *et al.*, 1985; Swift y Anderson, 1994; Altieri, 1999).

En contraste, los sistemas de agricultura tradicionales, como por ejemplo los agroforestales y los policultivos, promueven una alta biodiversidad en comparación con el monocultivo anual. Se ha reportado que en algunos de

estos sistemas la riqueza de especies es comparable con su contraparte natural (Toledo *et al.*, 1985; Altieri, 1999; Swift y Anderson, 1994; Moguel y Toledo, 1999). Asimismo, estos agroecosistemas promueven la estabilidad de producción, eficientizan las entradas de energía, intensifican la producción con recursos limitados y maximizan las salidas del sistema con bajos niveles de tecnología, además de reducir la incidencia de plagas y enfermedades (Swift y Anderson, 1994; Altieri, 1999).

Un ejemplo de este tipo de sistemas en México es el cultivo de café de sombra. Este es un sistema tradicional con bajas entradas de energía que genera una alta complejidad estructural y vegetal. La riqueza de especies de herbáceas y arbóreas parecen ser componentes claves en determinar la diversidad biológica en estos sistemas. Las especies arbóreas no solo mantienen una flora epífita, sino que atraen y sustentan aves y mamíferos a los que proveen de alimento y refugio (Perfecto *et al.*, 1996; Moguel y Toledo, 1999).

En México se desarrollan ambos tipos de sistemas en más de 27 millones de hectáreas (14% de la superficie nacional). Dadas las condiciones orográficas, climáticas, sociales y económicas del país, en la mayor parte de la superficie se desarrollan sistemas agrícolas de tipo tradicional (Toledo *et al.*, 1985).

En los sistemas tradicionales de cultivo en las planicies altas de México, los nopales (*Opuntia spp*) junto con los agaves (*Agave spp*) son las especies perennes predominantes. Los nopales son importantes para la protección del suelo además de su función básica como planta que puede producir material para alimento y materia prima. El éxito del cultivo de nopal se debe a su resistencia a la sequía y altas temperaturas, a su adaptabilidad a suelos poco fértiles, y a su productividad alta con un uso del agua eficiente (Barbera, 1999).

En nuestro país, para el año de 1993, el cultivo del nopal cubría cerca de 50,000 ha localizadas principalmente en los estados centro norte: Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco y Guanajuato (25,000 ha) y en los estados del centro sur: Hidalgo, México, Tlaxcala y Puebla (18,750 ha;

Flores-Valdez y Gallegos-Vázquez, 1993). En el estado de Jalisco, en la zona semiárida de los Llanos de Ojuelos, se ha incrementado la superficie cultivada de nopal de 10,000 ha en el año de 1990 a 65,000 en el año 2000 (F. Torres-Romo com. pers.).

En el cultivo del nopal se utilizan especies nativas del subgénero *Opuntia*. Para establecer las plantaciones se desmonta la vegetación nativa del área o también se pueden establecer en terrenos de cultivo abandonados. Las actividades iniciales de labranza alteran aspectos del ambiente físico del suelo, como contenido de humedad, aireación, compactación, porosidad y temperatura, además de hacer al suelo más susceptible a la erosión (Guzmán-Casado *et al.*, 1999). Generalmente se plantan 500 plantas por hectárea con una separación de 4 metros entre líneas y 5 metros entre plantas (Pimienta-Barrios, 1990), lo que produce una distribución espacial regular de las plantas de nopal, con grandes espacios de terreno abierto.

Posteriormente, el suelo es colonizado por especies vegetales pioneras, características de estadios sucesionales tempranos en la sucesión secundaria. Estas plantas son en su mayoría "malezas" (Díaz del Cañizo, 1999), y durante los estadios tempranos del desarrollo de los cultivos es indispensable su control ya que compiten eficientemente por el agua y nutrientes con el sistema radical superficial del nopal. Dado que el sistema radical del nopal es superficial, el manejo del suelo debe limitarse al mínimo por lo cual las malezas pueden cortarse y dejarse como cobertura en el suelo para evitar el daño a las raíces de la planta, además de mantener la humedad y reducir el recrecimiento de maleza (Pimienta-Barrios, 1990; Inglese, 1999). En la mayoría de las plantaciones del estado de Jalisco el control de malezas no se realiza después de que la planta pasa el periodo crítico de competencia (dos años).

El que se desarrolle vegetación asociada dentro del cultivo promueve la retención de suelo y de humedad en éste, una mayor diversidad estructural y riqueza de especies vegetales. Esto a su vez, permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes, una mayor diversidad de especies

animales asociadas, incluyendo depredadores naturales de las posibles plagas y una incidencia menor de enfermedades en el cultivo (Díaz del Cañizo, 1999).

El cultivo del nopal incluye varios tipos de poda, en las cuales se eliminan cladodios para formar, hacer producir y rejuvenecer a las plantas. Las podas se realizan cada año y por medio de ellas se mantiene a la planta a una altura máxima de 2.5 metros (Pimienta-Barrios, 1990; Inglese, 1999). Este cultivo se fertiliza generalmente con productos orgánicos (Pimienta-Barrios, 1990). El nopal es atacado por un reducido número de plagas. Las cuales se pueden controlar, en la mayoría de los casos, por medio de prácticas culturales. La aplicación de agroquímicos no es siempre recomendable para el control de plagas del nopal debido a su costo directo e indirecto (Longo y Rapisarda, 1999). Los cultivos de nopal de fruta empiezan a producir productos de manera rentable entre los 6 y 8 años (Pimienta-Barrios, 1990).

OBJETIVOS GENERALES

-Comparar la diversidad de la comunidad de roedores y la dinámica poblacional de las especies dominantes de roedores en tres cultivos de nopal con diferente tiempo de establecimiento y una nopalera silvestre.

-Relacionar la diversidad de la comunidad de roedores con la estructura de la vegetación en tres cultivos de nopal con diferente tiempo de establecimiento y una nopalera silvestre.

OBJETIVOS PARTICULARES

-Determinar las diferencias mensuales en la composición, riqueza, abundancia y diversidad de la comunidad de roedores en tres cultivos de nopal con diferente tiempo de establecimiento y en una nopalera silvestre.

-Determinar la semejanza de las comunidades de roedores en tres cultivos de nopal con diferente tiempo de establecimiento y en una nopalera silvestre.

-Comparar el tamaño poblacional, proporción de sexos, proporción de estados reproductivos, así como la proporción de edades de las especies dominantes de roedores de manera mensual en tres cultivos de nopal con diferente tiempo de establecimiento y en una nopalera silvestre.

-Caracterizar la estructura vegetal en tres cultivos de nopal con diferente tiempo de establecimiento y en una nopalera silvestre.

HIPÓTESIS

Las diferencias en la estructura de la vegetación durante el desarrollo de los cultivos de nopal, donde se permite el establecimiento de una comunidad vegetal asociada, causan cambios en la composición, riqueza y abundancia de roedores.

AREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jalisco, México, de febrero del 2000 a enero del 2001. El área de estudio se localiza a $21^{\circ} 43.84'$ latitud norte y $101^{\circ} 39.84'$ longitud oeste, a una altura media de 2260 m s.n.m. (Fig.1). Este rancho cuenta con una extensión aproximada de 200 ha., de las cuales el 50% son nopaleras cultivadas. La superficie restante está ocupada por manchones de vegetación nativa y zacatales de porte bajo sujetos a apacentamiento intensivo.

El municipio de Ojuelos de Jalisco se ubica en el noreste del estado de Jalisco, forma parte de la provincia fisiográfica de la Mesa del Centro y subprovincia de los Llanos de Ojuelos (Fig.1). El clima de este municipio de acuerdo con la clasificación de Köppen, es semiárido. La precipitación media anual es de 300 a 500 mm. La mayor parte de las lluvias ocurren de junio a septiembre, con algunas lluvias de diciembre a febrero. La temperatura media anual varía entre 16 y 18° C, con las temperaturas más altas en mayo y agosto, y las más bajas en diciembre y enero (Fig. 2 A). Los vientos dominantes son en dirección noreste a suroeste (SPP, 1981).

Los sistemas de topoformas más representados en el área son llanuras con piso rocoso, cubiertas por suelos someros de aluvión y las mesetas con cañadas entre llanuras. Las sierras bajas y lomeríos se derivaron de la erosión de mesetas similares. Sus laderas son casi rectas y su elevación es de 2300 m s.n.m. aproximadamente. La litología de estos sistemas de topoformas está constituida por rocas de origen volcánico, ricas en sílice (SPP, 1981).

En la provincia de la Mesa del Centro los afloramientos de rocas más antiguos son esquistos del Triásico. Del Cretácico superior afloran rocas sedimentarias (calizas y lutitas) de origen marino. El Terciario está representado por rocas ígneas extrusivas (riolitas y tobas riolíticas), rocas ígneas intrusivas y rocas sedimentarias (areniscas y conglomerados) de origen continental. El depósito del cuaternario está constituido por suelos aluviales que se encuentran rellenando los valles de esta provincia (SPP, 1981).

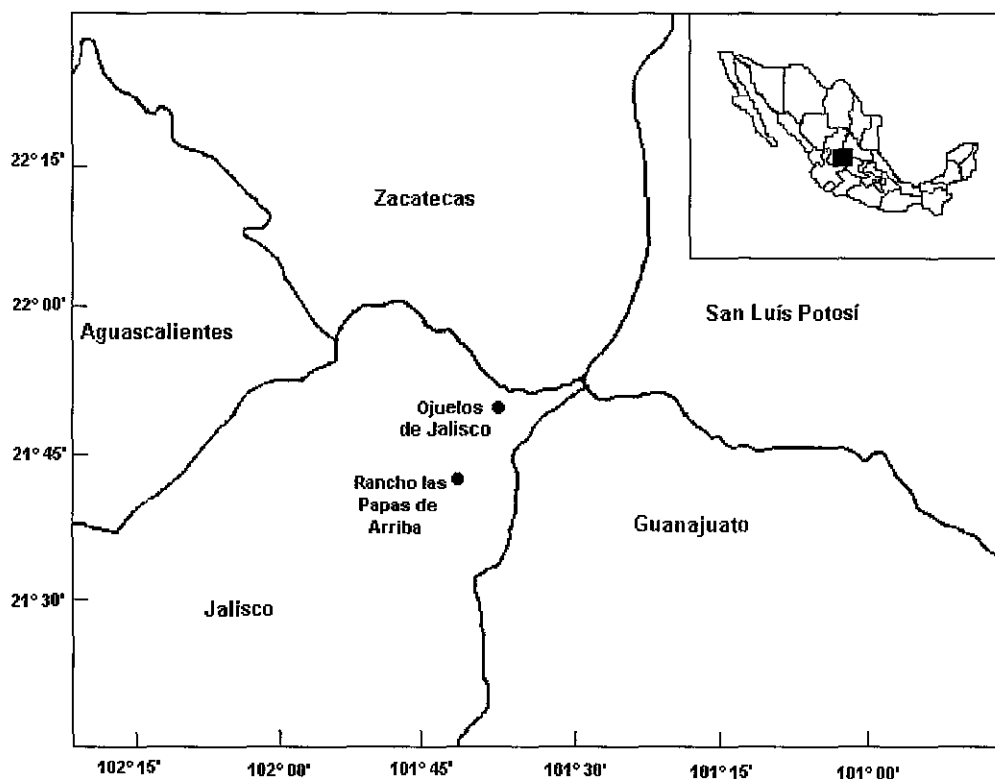


Figura 1. Localización del área de estudio.

La topografía, litología y clima de la zona ocasionan la presencia de diferentes tipos de suelo. El principal tipo de suelo en el municipio de Ojuelos es el xerosol háplico. Estos suelos son poco profundos (40 cm en promedio), tienen una textura areno-arcillosa, un pH que va de 5 a 7 y un bajo contenido de materia orgánica (2 a 3%) (SPP, 1981).

Este municipio pertenece a la cuenca hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, subcuenca Santiago-Río Verde-Grande de Belén y Santiago-Atotonilco. Sus principales cauces son arroyos de temporal (SPP, 1981).

En el área que comprende el municipio de Ojuelos, predominan los matorrales xerófilos crasicales ó nopaleras y los zacatales. El matorral xerófilo crasicale está caracterizado por la dominancia de cactáceas grandes. Este matorral tiene una altura de 1.5 a 5 m y en él se distinguen varios

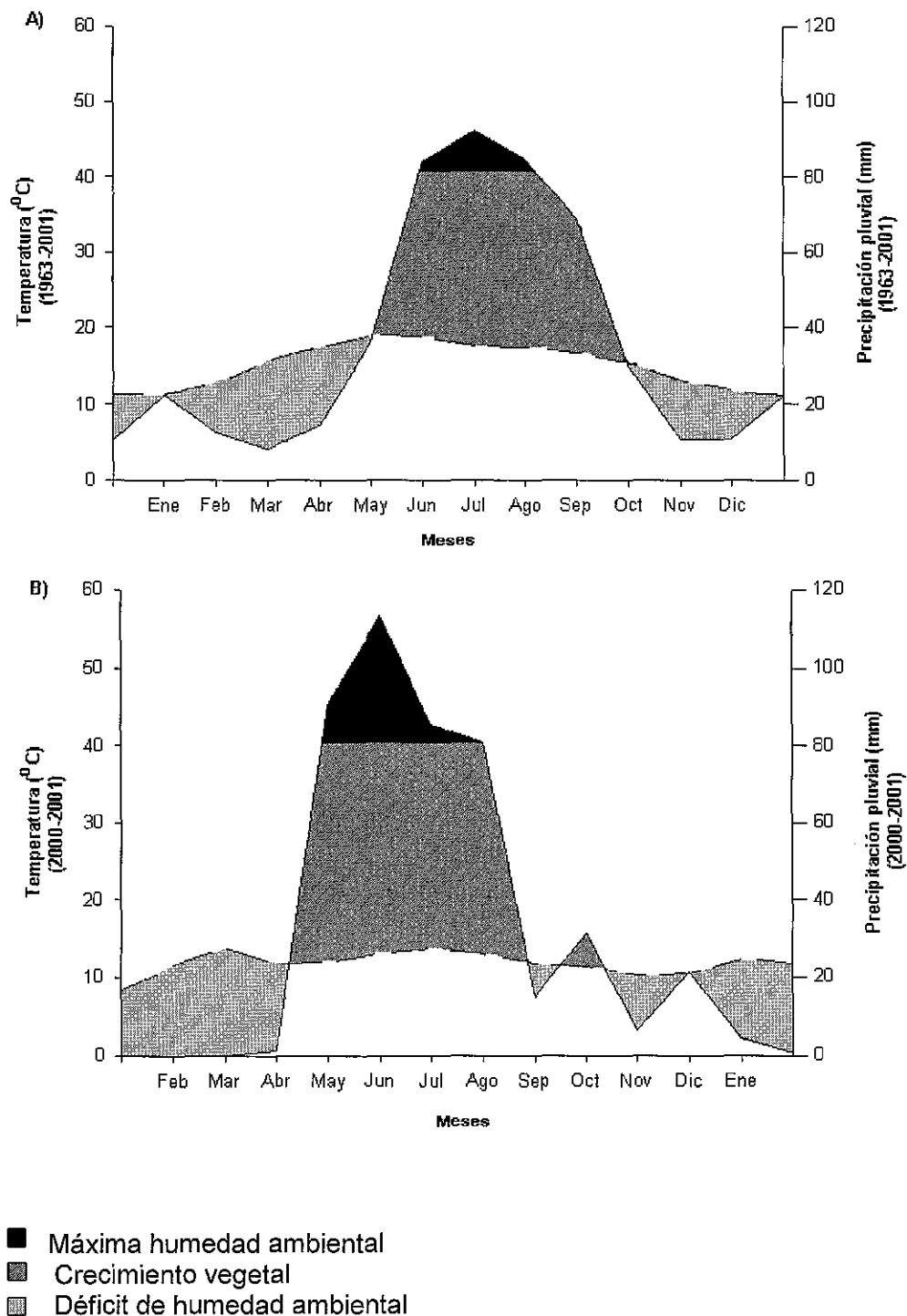


Figura 2. Climogramas del municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., México, de acuerdo con la metodología de Walter (1985). Los datos fueron obtenidos del INIFAP campo experimental Vaquerías y la SAGARPA. A) comportamiento histórico (28 años), B) año de estudio.

estratos. El más alto, de 4 a 5 m, está generalmente constituido por elementos arbóreos aislados, incluyendo especies del género *Yucca*. Este estrato nunca cubre más del 10% de la superficie terrestre. El estrato principal, el que le confiere su fisonomía tiene una altura de 1.5 a 3 m y cubre entre el 10 y 60% de la superficie. Las especies arbóreas dominantes son del género *Opuntia*, generalmente en compañía de especies de los géneros *Prosopis* y *Acacia*. Existen plantas epifitas que crecen en las ramas de especies arbóreas y arbustivas (Rzedowski, 1965; Rzedowski, 1978).

En el siguiente estrato arbustivo, que mide de .4 a 1 m y cubre de un 20 a 40% de la superficie, dominan especies de los géneros *Opuntia* y *Mimosa*. Otras especies frecuentes en este estrato pertenecen a los géneros *Jathropa*, *Baccharis*, *Dalea* e *Iresine*. El estrato herbáceo en general es muy conspicuo y exhibe cambios fenológicos muy acentuados. Entre las especies más frecuentes en este estrato se encuentran *Aristida divaricata*, *Bahia schaffneri*, *Bouteloua curtispindula*, *Bouteloua gracilis* y *Heterosperma pinnatum* (Rzedowski, 1965; Rzedowski, 1978).

En los zacatales las especies dominantes son las plantas herbáceas graminiformes, pero la composición florística y las abundancias cambian de un lugar a otro. En los terrenos aluviales suelen prevalecer las especies del género *Bouteloua*, especialmente *Bouteloua scorpioides* y *B. gracilis*. La cobertura de éstos alcanza valores de 30 a 80% y su altura, de 20 a 50 cm (Rzedowski, 1965; Rzedowski, 1978).

Los suelos someros de las laderas riolíticas sostienen zacatales que pueden cubrir el 20% o menos de la superficie pero tienen alturas de 40 a 80 cm. Algunas de las especies en ellos son *A. divaricata*, *B. curtispindula*, *B. gracilis*, *Bouteloua hirsuta*, *Muhlenbergia repens* y *Muhlenbergia rigida*. Sobre laderas calizas la cobertura es baja (10 a 30%) y las especies frecuentes son *B. curtispindula*, *B. gracilis*, *B. scorpioides* y *M. rigida*. En los zacatales pueden encontrarse algunas plantas leñosas, por ejemplo especies de los géneros *Acacia*, *Yucca*, *Mimosa* y *Opuntia*. Su presencia puede ser en forma de

individuos aislados o como manchones o colonias que a menudo son el resultado de reproducción vegetativa (Rzedowski, 1965; Rzedowski, 1978).

El principal uso de suelo en el municipio de Ojuelos es ganadero y agrícola. Entre las actividades agrícolas, el cultivo del nopal para verdura y fruta es uno de los cultivos más importantes, por la extensión que ocupa así como por su rentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente trabajo se seleccionaron tres parcelas de cultivo de nopal de diferente edad y una nopalera silvestre (Cuadro 1). El área de trabajo donde se colocó la rejilla de trampeo para roedores en cada uno de los sitios fue de aproximadamente una hectárea, dentro de esa misma superficie se midió la cobertura vegetal.

Cuadro 1. Descripción de los sitios de trabajo en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal.

Sitio	Hábitat	Antigüedad	Límites
Cultivo 1	Policultivo de nopal (<i>Opuntia</i> spp) 3 variedades cultivadas 2 especies silvestres	1 año	1 lado con cultivo de nopal de 10 años 3 lados con zacatales
Cultivo 2	Policultivo de nopal (<i>Opuntia</i> spp) 5 variedades cultivadas 2 especies silvestres	3 años	Todos los lados con zacatales
Cultivo 3	Monocultivo de nopal (nopal var. torreoja)	10 años	2 lados con cultivos de nopal de 15 años 2 lados con zacatales
Nopalera silvestre	Matorral xerófilo crasicaule	>50 años Estadio seral avanzado	2 lados con nopaleras silvestres 2 lados con zacatales

Con los datos de precipitación pluvial y temperatura promedio históricos (28 años) (Fig. 2A) y los del año de trabajo (febrero 2000 a enero 2001) (Fig. 2B) obtenidos del INIFAP campo experimental Vaquerías y la SAGARPA, se construyeron diagramas climáticos ecológicos. Estos diagramas permiten leer la intensidad y duración de la aridez y humedad a lo largo del año desde el punto de vista ecológico. Una curva de evapotranspiración potencial toma el lugar de la curva de temperatura y al compararla con la curva de precipitación se obtiene una idea del balance hídrico (Walter, 1985).

Vegetación

Para caracterizar la estructura de la vegetación en cada sitio se describió su estratificación, formas de vida y composición. Durante ocho meses (abril y de julio a enero) se cuantificó la cobertura vegetal en ocho subparcelas de 3X10 m, agrupadas en dos parcelas de 10 X12 m. El tamaño de las parcelas fue con base en el área mínima de muestreo obtenida por medio de una curva especies-área y lo recomendado en la literatura para comunidades de matorral (Kent y Coker, 1992). Se consideró el tamaño superficial más grande de parcela para incluir a todas las especies vegetales presentes.

La cobertura se obtuvo por estratos y subestratos de acuerdo a la altura de las plantas. En el estrato herbáceo se consideraron tres subestratos: herbáceas < 10 cm, herbáceas de 10 a 50 cm y herbáceas > 50 cm de alto. En el estrato arbustivo se diferenciaron: un estrato < 60 cm, uno de 60 a 120 cm y uno > 120 cm. En el estrato arbóreo se consideraron: un estrato < 120 cm y uno > 120 cm de alto. Se diferenciaron como otro estrato las especies con formas especiales de crecimiento (cactáceas globosas) (Küchler en Kent y Coker, 1992). Adicionalmente, se registró el estado fenológico de las especies dominantes.

Comunidad de roedores y dinámica poblacional

Para el muestreo de roedores se colocaron 40 trampas Sherman plegables (7.5 X 9 X 30 cm) cebadas con una mezcla de avena y vainilla, dispuestas en una rejilla de 4 X 10 con una separación de 20 m entre líneas y 10 m entre trampas por línea. Dentro de la rejilla de muestreo, los puntos ubicados cada 10 m por línea se les denominó estaciones; en total se tuvo 40 estaciones en cada rejilla. Se ubicó una trampa por estación durante dos noches consecutivas, por sitio (Cultivo 1, Cultivo 2, Cultivo 3 y Nopalera silvestre) en muestreos mensuales durante un año, de febrero de 2000 a enero de 2001.

Para estimar el tamaño poblacional, se empleó la técnica de captura, marca y recaptura. Los individuos capturados se determinaron a nivel de

especie y se marcaron por ectomización de falanges. En los casos en que fue necesario para determinar las especies, se colectaron ejemplares, que se prepararon en piel y cráneo, los cuales se depositaron en el Departamento Manantlán para el Estudio y Conservación de la Biodiversidad, de la Universidad de Guadalajara.

Los individuos capturados se pesaron, midieron, sexaron y se les determinó su estado reproductivo. Se clasificaron como hembras reproductivas: las receptivas, gestantes o lactantes; como no reproductivas: las inactivas y poslactantes. En cuanto a los machos, se consideraron como reproductivos a los que presentaron los testículos escrotados, y como no reproductivos a los que los tenían abdominales o inguinales. Los roedores se categorizaron como juveniles, subadultos y adultos dependiendo de su peso, estado reproductivo y coloración del pelaje.

Análisis estadístico

Vegetación

Para probar si existían diferencias mensuales en la cobertura total y de los estratos herbáceo y arbustivo entre sitios, se utilizaron Análisis de Varianza (ANDVA) de dos vías, modelo I, con dos réplicas (Zar, 1999), con los siguientes factores y niveles: sitio (Cultivo 1, Cultivo 2, Cultivo 3 y Nopalera silvestre) y meses (abril, julio a enero). Cuando se encontraron diferencias significativas entre las medias, se realizaron pruebas de Student Newman Keuls (SNK) (Zar, 1999).

Para ver si existían diferencias mensuales en la cobertura que aportaron los distintos estratos por sitio, se emplearon ANDVA de dos vías, modelo I, con dos réplicas (Zar, 1999), con los siguientes factores y niveles: estrato (herbáceo, arbustivo, arbóreo y formas especiales) y meses (abril, julio a enero). Para probar diferencias mensuales en la cobertura que aportaron los distintos subestratos al estrato por sitio, se emplearon ANDVA de dos vías, modelo I, con dos réplicas (Zar, 1999), con los siguientes factores y niveles: subestrato (bajo, medio y alto) y meses (abril, julio a enero). Cuando se

encontraron diferencias significativas entre las medias, se realizaron pruebas de SNK (Zar, 1999).

Previo a los ANDVA de dos vías, se determinó si la variable de respuesta (cobertura vegetal) y los residuales presentaron normalidad y homogeneidad de varianzas así como distribución aleatoria del error. En los casos necesarios se aplicó la transformación $X' = \sqrt{x + 0.5}$. Esta transformación es útil para normalizar datos con eventos raros y con altas frecuencias de ceros (Zar, 1999). Cuando la transformación no fue exitosa, no se realizó ninguna prueba no paramétrica; debido a que estos métodos no son recomendables, sólo se hizo referencia a diferencias numéricas (Zar, 1999). Para todas las pruebas se consideró un alfa ≤ 0.05 .

Comunidad de roedores y dinámica poblacional

Debido a que en cada sitio se capturaron pocos individuos de la mayoría de las especies, se consideró al número mínimo de individuos vivos (NMIV; Krebs, 1966) como el mejor estimador del tamaño poblacional. Para ver si existían diferencias mensuales en la riqueza y abundancia total de roedores entre sitios, se empleó pruebas de χ^2 de bondad y ajuste. En estas pruebas se consideró un modelo nulo de igualdad. En cada prueba mensual las categorías eran los sitios. En los casos que se rechazó la hipótesis nula, se subdividió el análisis para ir probando las categorías y saber cuáles de ellas eran diferentes. Se utilizó la corrección de Yates cuando se compararon solo dos categorías. Para probar las diferencias mensuales por sitio se emplearon pruebas de χ^2 de bondad y ajuste, se consideró un modelo nulo de igualdad y las categorías fueron los meses. Cuando se rechazó la hipótesis, se subdividió el análisis y se utilizó la corrección de Yates cuando los grados de libertad fueron igual a 1 (Zar, 1999).

Se calculó el número de diversidad de Hill N_1 ($N_1 = e^H$), para obtener los valores de diversidad mensuales por sitio. Se eligió este índice sobre otros debido a su fácil interpretación ya que sus unidades de medida son especies. N_1 nos da el número de especies que producirían el mismo valor de diversidad

del Índice de Shannon (H') si cada una fuera igual de equitativa o $N1$ es el número de especies abundantes (Ludwing y Reynolds, 1988). Se compararon los valores de diversidad por medio de un ANDVA de dos vías, modelo I, sin réplicas (Zar, 1999), con los siguientes factores y niveles: sitio (Cultivo 1, Cultivo 2, Cultivo 3 y Nopalera silvestre) y meses (febrero a enero). Se determinaron las medias diferentes empleando la prueba de SNK (Zar, 1999). Previo al ANDVA, se probó que la variable de respuesta y los residuales exhibieran normalidad y homogeneidad de varianzas así como distribución aleatoria del error. Para comparar la similitud en la comunidad de roedores entre sitios se utilizaron los índices de similitud de Jaccard y Morisita. El primero de ellos solo considera la presencia-ausencia de especies en tanto que el segundo considera la abundancia de las especies.

Se concentraron los datos de tamaño poblacional de cada una de las especies de roedores por sitio-mes en una matriz de doble entrada. La cual se utilizó para la ordenación mediante la técnica de Bray y Curtis. Se empleó como medida de distancia la de Sorensen (Bray y Curtis), y para la selección de los puntos terminales varianza regresión. Este análisis multivarido fue realizado por medio del paquete de cálculo electrónico PC-ORD 4.10 (McCune y Mefford, 1999).

Posteriormente, para determinar las variables estructurales de la vegetación y especies de roedores relacionadas con los ejes obtenidos en el análisis de Bray y Curtis se realizó un análisis de correlaciones entre los valores de los ejes y los valores mensuales por sitio de las variables de la vegetación, así como de los valores de los ejes y los tamaños poblacionales mensuales por sitio de los roedores (Ludwing y Reynolds, 1988). Se utilizó la correlación de Pearson o la de Kendall Tau, dependiendo si los datos cumplían con los supuestos de estos análisis. Se puso a prueba la hipótesis de no correlación para ver si las correlaciones eran significativas.

Para determinar las diferencias en el tamaño poblacional, sexos, estado reproductivo y edad de *Dipodomys phillipsii* y *Peromyscus difficilis* entre sitios, se utilizaron pruebas de χ^2 de bondad y ajuste o la prueba G. Ésta última se

utilizó cuando la diferencia entre el valor observado menos el esperado era mayor o igual al esperado (Zar, 1999). En estas pruebas se consideró un modelo nulo de igualdad. En cada prueba mensual las categorías eran los sitios. Cuando hubo diferencias significativas se subdividió el análisis para saber cuáles categorías eran diferentes y se utilizó la corrección de Yates en los casos necesarios. Para probar las diferencias mensuales en tamaño poblacional, sexos, estado reproductivo y edad por sitio de las dos especies dominantes se emplearon pruebas de χ^2 de bondad y ajuste, con un modelo nulo de igualdad y las categorías fueron los meses. Cuando se rechazó la hipótesis se subdividió el análisis y se empleó la corrección de Yates en los casos necesarios. Para realizar las pruebas de χ^2 de bondad y ajuste se considero que si había más de tres categorías, la sumatoria de estas debían ser mayor que 10; y cuando había dos categorías, los esperados debían ser igual a 5. Debido a esto, en algunos casos no se pudieron realizar las pruebas por falta de datos. Para todas las pruebas se considero un alfa ≤ 0.05 .

RESULTADOS

Respecto al clima, en el área de estudio se identificaron tres épocas diferenciadas (Fig. 2A): una época seca fría de noviembre a febrero, donde se registran las menores temperaturas promedio y pocas lluvias; una época seca caliente de marzo a mayo, en la cual se observan las más altas temperaturas promedio así como algunas lluvias; y una época húmeda de junio a octubre, que concentra la mayor parte de la precipitación pluvial y tiene temperaturas intermedias. El mes de octubre puede considerarse dentro de esta época debido a la humedad remanente en suelo.

Estructura de la vegetación

La estructura de la vegetación fue distinta en los cuatro sitios de estudio. Existieron diferencias en la composición y abundancia de las especies vegetales por estrato entre sitios (Cuadro 2). Los cultivos de nopal se caracterizaron por presentar un gradiente de complejidad respecto de la estratificación vertical de la vegetación. El Cultivo 1 fue el menos complejo en tanto que el Cultivo 3 el más complejo. La Nopalera silvestre presentó la mayor diversidad estructural (Cuadro 3).

En los cultivos 1 y 2, la cobertura herbácea media y alta se distribuyó de manera homogénea durante la época húmeda. En las épocas secas dichas coberturas se registraron a los lados de los surcos en tanto que el mayor porcentaje de suelo desnudo y cobertura de herbáceas rasantes se concentró entre los surcos. En el Cultivo 3 y la Nopalera silvestre, la mayoría de las especies que conformaron el estrato herbáceo medio y alto crecieron principalmente alrededor de los arbustos durante todos los meses de estudio y el mayor porcentaje de suelo desnudo y herbáceas rasantes se encontró fuera del dosel arbustivo.

Comparando los sitios, la Nopalera silvestre tuvo la mayor cobertura vegetal total a lo largo del estudio ($F=2.92$, g.l.=21, $P<0.01$); los cultivos 1 y 2 exhibieron la mayor cobertura herbácea en la mayoría de los meses ($F=2.59$, g.l.=21, $P<0.01$), y numéricamente, el Cultivo 3 y la Nopalera

Cuadro 2. Especies vegetales dominantes por estrato en los distintos sitios de trabajo en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal.

Sitio / Estrato	Herbáceo	Arbustivo	Arbóreo	Formas especiales
Cultivo 1	<i>Bidens ferulifolia</i> *		Nopal var. V1	
	<i>Dyssodia papposa</i> *		Nopal var. blanca	
	<i>Heterosperma pinnatum</i> *		Nopal var. roja	
	<i>Laennecia sophiifolia</i> *		<i>Opuntia cochinera</i>	
	<i>Schkuhria pinnata</i> *		<i>Opuntia streptacantha</i>	
	<i>Tagetes filifolia</i> *			
	<i>Aristida divaricata</i> **			
	<i>Bouteloua gracilis</i> **			
Cultivo 2	<i>Bidens ferulifolia</i> *		Nopal var. F1	
	<i>Aphanostephus ramosissimus</i> *		Nopal var. milpaalta	
	<i>Heterosperma pinnatum</i> *		Nopal var. atlixco	
	<i>Schkuhria pinnata</i> *		Nopal var. copena V1	
	<i>Schkuhria schkuhrioides</i> *		Nopal var. copena F1	
	<i>Tagetes filifolia</i> *		<i>Opuntia robusta</i>	
	<i>Bouteloua gracilis</i> **		<i>Opuntia cochinera</i>	
	<i>Lycurus phleoides</i> **			
	<i>Eragrostis mexicana</i> **			
<i>Muhlenbergia rigida</i> **				

* especie perteneciente a la familia Asteraceae,

** especie perteneciente a la familia Poaceae.

Cuadro 2. ...continuación.

Sitio / Estrato	Herbáceo	Arbustivo	Arbóreo	Formas especiales
Cultivo 3	<i>Heterosperma pinnatum</i> *	Nopal var. torreoja		
	<i>Laennecia sophiifolia</i> *			
	<i>Piqueria trinervia</i> *			
	<i>Aristida divaricata</i> **			
	<i>Bouteloua gracilis</i> **			
	<i>Bouteloua simplex</i> **			
	<i>Eragrostis intermedia</i> **			
	<i>Eragrostis mexicana</i> **			
	<i>Lycurus phleoides</i> **			
Nopalera silvestre	<i>Bahia schaffneri</i> *	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	<i>Opuntia chavena</i>	<i>Ferocactus latispinus</i>
	<i>Dyssodia papposa</i> *	<i>Opuntia cochineria</i>	<i>Opuntia lasiacantha</i>	<i>Ferocactus histrix</i>
	<i>Galinsoga quadriradiata</i> *	<i>Opuntia joconostle</i>	<i>Opuntia cochineria</i>	<i>Mammillaria uncinata</i>
	<i>Heterosperma pinnatum</i> *	<i>Opuntia robusta</i>	<i>Opuntia streptacantha</i>	
	<i>Tagetes micrantha</i> *			
	<i>Aristida divaricata</i> **			
	<i>Bouteloua gracilis</i> **			
	<i>Bouteloua simplex</i> **			
	<i>Chloris virgata</i> **			
	<i>Eragrostis intermedia</i> **			

*especie perteneciente a la familia Asteraceae,

** especie perteneciente a la familia Poaceae.

Cuadro 3. Características estructurales de la vegetación en los sitios de trabajo durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal.

Sitio	Estratos	Substratos	Altura de la vegetación	Porcentaje de suelo desnudo
Cultivo 1	Herbáceo	Bajo, medio y alto	50 a 55 cm épocas secas	58% época seca caliente
	Arbustivo	Bajo	70 a 85 cm época húmeda	26% época húmeda 58% época seca fría
Cultivo 2	Herbáceo	Bajo, medio y alto	60 a 80 cm épocas secas	52% época seca caliente
	Arbustivo	Bajo y medio	70 a 85 cm época húmeda	24% época húmeda 49% época seca fría
Cultivo 3	Herbáceo	Bajo, medio y alto	130 a 140 cm épocas secas	47% época seca caliente
	Arbustivo	Bajo, medio y alto	160 a 170 cm época húmeda	29% época húmeda 40% época seca fría
Nopalera silvestre	Herbáceo	Bajo, medio y alto	160 a 200 cm épocas secas	36% época seca caliente
	Arbustivo	Bajo, medio y alto	170 a 220 cm época húmeda	19% época húmeda
	Arbóreo	Bajo y alto		29% época seca fría
Formas especiales				

silvestre tuvieron la mayor cobertura arbustiva a lo largo del estudio (Cuadro 4). La Nopalera silvestre fue el único sitio que tuvo un estrato arbóreo y un estrato con formas especiales de crecimiento bien definidos.

Por sitio, en el Cultivo 1, el estrato herbáceo fue el de mayor cobertura durante todos los meses de estudio (Fig. 3A). Existieron diferencias en el aporte de cobertura que hicieron los substratos herbáceos al estrato herbáceo a lo largo del estudio ($F=10.4$, g.l.=14, $P < 0.0001$) (Cuadro 5). Esta parcela tuvo pocos individuos de la cactáceas globosas *Mammillaria fuscohamata* y *Mammillaria uncinata*.

En el Cultivo 2, el estrato herbáceo tuvo la mayor cobertura durante todos los meses de estudio (Fig. 3B). No existieron diferencias en la cobertura que aportaron los substratos arbustivos al estrato arbustivo mensualmente. Hubo diferencias en la cobertura con que contribuyeron los substratos herbáceos al estrato herbáceo mensualmente ($F=2.62$, g.l.=14, $P < 0.05$) (Cuadro 5).

En el Cultivo 3, no hubo diferencias significativas en el aporte de cobertura mensual por estrato ($F=3.49$, g.l.=7, $P > 0.05$) (Fig. 3C). Existieron diferencias en la cobertura con que los substratos arbustivos contribuyeron al estrato arbustivo mensualmente (Cuadro 5). Hubo diferencias en la cobertura mensual aportada por los substratos herbáceos al estrato herbáceo ($F=8.17$, g.l.=14, $P < 0.0001$) (Cuadro 1). En este sitio hubo algunos elementos arbóreos aislados de *Acacia schaffneri* y *Buddleia cordata*.

En la Nopalera silvestre, el estrato arbustivo fue el de mayor cobertura durante abril y la época seca fría (noviembre a enero). Este estrato junto con el herbáceo aportaron la mayor cobertura en la época húmeda (julio a octubre) (Fig. 3D). En el estrato arbóreo se registraron individuos aislados de *Y. decipiens*. No existieron diferencias en la cobertura que los substratos arbóreos aportaron al estrato arbóreo mensualmente. Hubo diferencias en la cobertura con que contribuyeron los substratos arbustivos al estrato arbustivo mensualmente. En este sitio se registraron pocos individuos de cuatro

Cuadro 4 . Cobertura vegetal promedio (m²) por estrato por sitio (n=2 parcelas de 10 x 12 m), durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Valores en una misma columna y tipo de cobertura con letras distintas fueron significativamente diferentes (P< 0.05).

Cobertura / Mes	Abr	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Herbácea								
Cultivo 1	40.287 ^a	113.863 ^a	82.736 ^a	79.003 ^a	65.674 ^{ab}	54.684 ^a	48.942 ^a	44.740 ^a
Cultivo 2	39.310 ^a	92.928 ^a	98.591 ^a	80.318 ^a	76.009 ^a	67.312 ^a	56.089 ^a	52.329 ^a
Cultivo 3	28.459 ^a	55.269 ^b	38.189 ^b	57.330 ^a	43.884 ^b	45.894 ^{ab}	44.774 ^a	24.639 ^{ab}
Nopalera silvestre	22.188 ^a	55.186 ^b	60.769 ^b	52.469 ^a	51.110 ^{ab}	24.918 ^b	22.844 ^b	21.920 ^b
Arbustiva								
Cultivo1	0.087	0.082	0.087	0.089	0.088	0.077	0.080	0.054
Cultivo 2	1.011	1.253	1.374	1.464	1.508	1.500	1.520	1.499
Cultivo 3	33.694	33.311	36.414	33.000	37.564	29.848	30.923	35.735
Nopalera silvestre	53.811	55.809	68.885	58.685	58.642	64.741	61.308	61.073
Total								
Cultivo1	40.374 ^b	113.945 ^{ab}	82.823 ^b	79.092 ^b	65.762 ^b	54.761 ^b	49.022 ^c	44.794 ^b
Cultivo 2	40.321 ^b	94.181 ^b	99.965 ^b	81.782 ^b	77.517 ^b	68.812 ^b	57.609 ^{bc}	53.828 ^b
Cultivo 3	62.153 ^b	88.579 ^b	74.602 ^b	90.330 ^b	81.448 ^b	75.742 ^b	75.699 ^b	60.375 ^b
Nopalera silvestre	106.715 ^a	142.593 ^a	161.541 ^a	143.236 ^a	141.784 ^a	121.791 ^a	116.278 ^a	115.083 ^a

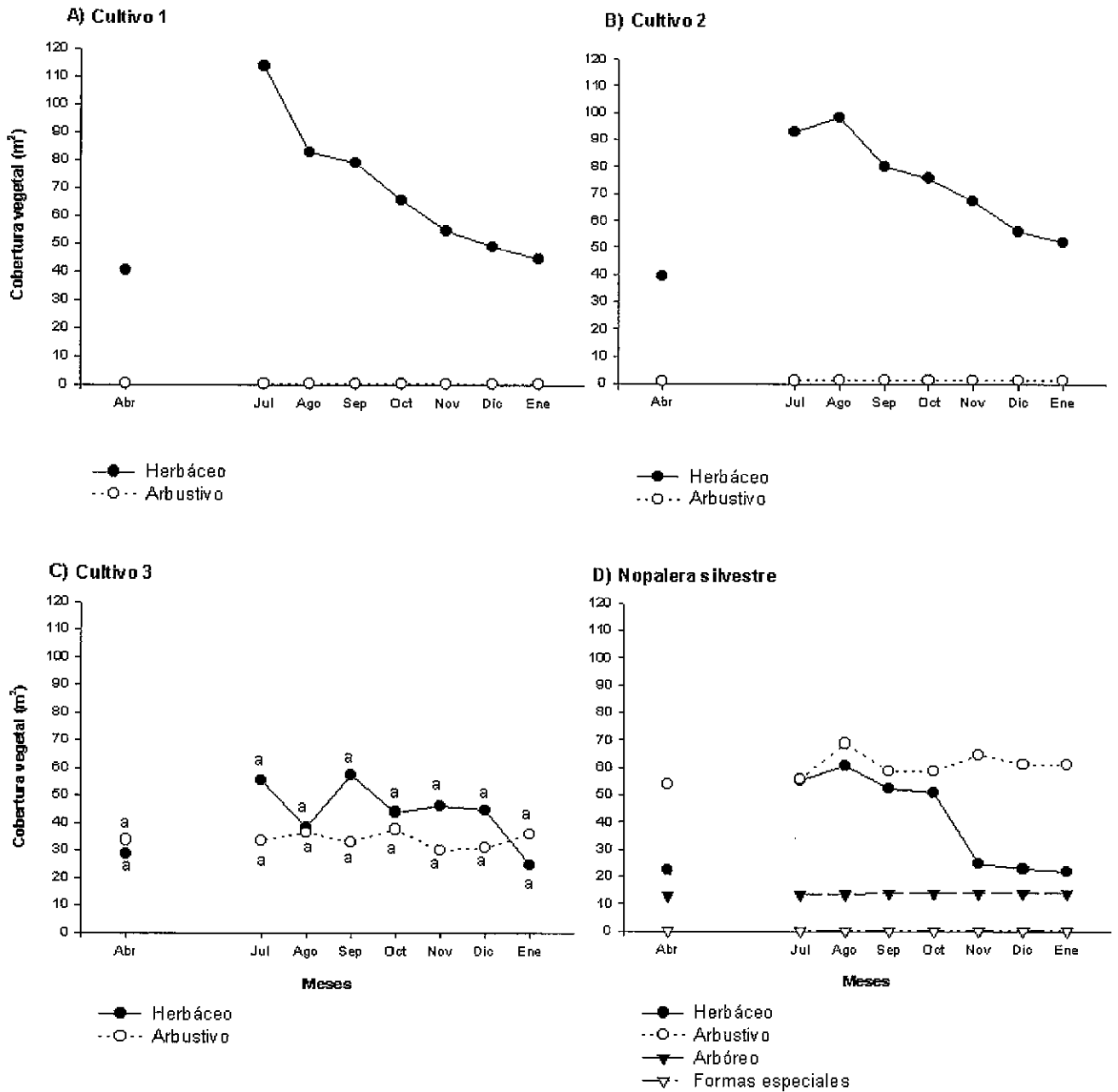


Figura 3. Cobertura vegetal promedio (m²) por estrato por sitio (n=2 parcelas de 10 x 12 m), durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Valores con distinta letra por sitio fueron significativamente diferentes (P < 0.05).

Cuadro 5. Cobertura vegetal promedio (m²) por subestratos por sitio (n=2 parcelas de 10 x 12 m), durante el periodo de muestreo (abril, julio 2000 a enero 2001) en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Valores en una misma columna y sitio por estrato con letras distintas fueron significativamente diferentes (P< 0.05).

Sitio-estrato-subestrato / Mes			Abr	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Cultivo 1	Herbáceo	bajo	11.176 ^a	10.374 ^b	10.857 ^b	10.276 ^b	9.837 ^b	9.523 ^b	9.227 ^b	8.649 ^b
		medio	20.299 ^a	74.185 ^a	51.014 ^a	49.209 ^a	40.486 ^a	32.112 ^a	30.382 ^a	28.494 ^a
		alto	8.811 ^a	29.304 ^b	20.864 ^b	19.517 ^b	15.351 ^b	13.049 ^b	9.332 ^b	7.596 ^b
	Arbustivo	bajo	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.05
		medio								
		alto								
Cultivo 2	Herbáceo	Bajo	8.072 ^b	17.113 ^b	16.997 ^c	14.837 ^b	12.657 ^b	12.3176 ^b	9.682 ^b	9.460 ^b
		medio	25.780 ^a	46.454 ^a	48.105 ^a	35.243 ^a	35.222 ^a	27.807 ^a	25.298 ^a	24.721 ^a
		Alto	5.456 ^b	29.360 ^b	33.488 ^b	30.237 ^a	28.128 ^a	27.186 ^a	21.107 ^a	18.146 ^a
	Arbustivo	Bajo	0.482 ^a	0.622 ^a	0.6715 ^a	0.727 ^a	0.731 ^a	0.7128 ^a	0.721 ^a	0.698 ^a
		medio	0.529 ^a	0.629 ^a	0.702 ^a	0.735 ^a	0.776 ^a	0.787 ^a	0.798 ^a	0.800 ^a
		alto								

Cuadro 5. ...continuación.

Sitio-estrato-subestrato / Mes			Abr	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	
Cultivo 3	Herbáceo	Bajo	28.140 a	25.480 a	6.437 b	6.652 b	4.862 b	26.148 a	18.024 a	11.814 a	
		Medio	0.288 b	29.788 a	29.297 a	46.768 a	38.447 a	18.887 a	26.286 a	12.825 a	
		Alto	0.03 c	0.01 b	2.453 b	3.908 b	0.574 c	0.858 b	0.463 b	0.01 b	
	Arbustivo	Bajo	0.00	2.22	2.22	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Medio	25.21	16.50	14.66	10.13	9.97	5.65	7.19	2.22	
		Alto	8.49	14.59	19.53	22.86	27.59	26.71	23.73	33.51	
	Nopalera silvestre	Herbáceo	Bajo	20.608 a	30.297 a	28.694 a	23.797 a	28.922 a	19.766 a	20.026 a	18.866 a
			Medio	1.581 b	23.630 a	31.156 a	28.018 a	21.820 a	4.852 a	2.776 b	3.054 b
			Alto	0.01 c	1.257 b	0.918 b	0.653 b	0.368 b	0.299 b	0.0424 c	0.01 c
Arbustivo		Bajo	11.27	4.76	4.30	5.99	4.92	5.61	5.79	5.60	
		Medio	25.19	25.20	25.98	29.39	25.57	25.44	24.98	21.65	
		Alto	17.35	25.85	38.61	23.31	28.16	33.69	30.55	33.83	
Arbóreo		Bajo	3.58	3.79	3.79	3.85	3.85	3.85	3.85	3.84	
		Alto	9.35	9.57	9.86	9.99	9.94	10.04	10.04	10.03	
Formas especiales		0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18		

cactáceas globosas: *Coryphantha cornifera*, *Ferocactus latispinus*, *M. fuscohamata* y *M. uncinata*. Existieron diferencias en el aporte de cobertura que hicieron los substratos herbáceos al estrato herbáceo mensualmente ($F=5.15$, g.l.= 14, $P < 0.001$) (Cuadro 5).

Comunidad de roedores

El trabajo comprendió 3,840 noches-trampa (960 noches/trampa en cada sitio). Se capturaron un total de 369 individuos diferentes de 10 especies de roedores. Ningún individuo se capturó en más de una parcela de estudio. Las especies dominantes fueron: *Dipodomys phillipsii* en el Cultivo 1, *D. phillipsii* y *Peromyscus maniculatus* en el Cultivo 2; *D. phillipsii*, *Peromyscus difficilis* y *P. maniculatus* en el Cultivo 3, y *P. difficilis* y *D. phillipsii* en la Nopalera silvestre (Cuadro 6).

Comparando entre sitios, no hubo diferencias en la riqueza de especies a lo largo del estudio (Cuadro 7). El Cultivo 1 exhibió la mayor abundancia total de roedores a principios de la época seca caliente; en tanto que el Cultivo 3 la exhibió en la época húmeda. La Nopalera silvestre tuvo la mayor abundancia a principios de la época seca fría (en todos los casos $p < 0.05$) (Cuadro 8). El Cultivo 2 registró la mayor diversidad promedio ($F=8.234$, g.l.=3, $P < 0.001$) (Cuadro 9).

Sí se considera solamente la composición de especies, la Nopalera silvestre fue más similar al Cultivo 3 y menos similar al Cultivo 1 y al Cultivo 2; pero sí se toma en cuenta tanto la composición como la abundancia de especies, los tres cultivos fueron más similares entre sí que cualquiera de ellos a la Nopalera silvestre (Cuadro 10).

Por sitio, ninguno de ellos tuvo diferencias mensuales en la riqueza de especies de roedores. En el Cultivo 1, la mayor abundancia total se registró durante la época seca caliente (marzo a mayo) ($\chi^2 = 28.421$, g.l. = 11, $P < 0.01$) (Fig. 4A). Este sitio presentó valores de diversidad numéricamente similares durante todo el periodo de muestreo excepto en enero, cuando tuvo un valor mayor (Cuadro 9).

Cuadro 6. Riqueza total y número total de individuos capturados por especie por sitio durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal.

Especies	Cultivo 1	Cultivo 2	Cultivo 3	Nopalera silvestre
Heteromyidae				
<i>Chaetodipus nelsoni</i>				4
<i>Dipodomys phillipsii</i>	58	31	47	18
<i>Liomys irroratus</i>				1
<i>Perognathus flavus</i>	7	10		
Muridae				
<i>Onychomys torridus</i>	2			
<i>Peromyscus maniculatus</i>	4	22	16	3
<i>Peromyscus difficilis</i>			24	51
<i>Neotoma albigula</i>	4	7	9	1
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	9	13	5	11
<i>Sigmodon fulviventor</i>		9	3	
Total individuos/sitio	84	92	104	89
Total especies/sitio	6	6	6	7

Cuadro 7. Riqueza mensual de roedores por sitio durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Valores con la misma letra por columna no difirieron significativamente ($P > 0.05$).

Sitio / Mes	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Cultivo 1	3 ^a	4 ^a	5 ^a	5 ^a	4 ^a	4 ^a	4 ^a	3 ^a	3 ^a	4 ^a	3 ^a	4 ^a
Cultivo 2	4 ^a	4 ^a	5 ^a	5 ^a	4 ^a	4 ^a	2 ^a	4 ^a	2 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
Cultivo 3	6 ^a	3 ^a	3 ^a	4 ^a	6 ^a	4 ^a	4 ^a	5 ^a	4 ^a	5 ^a	5 ^a	4 ^a
Nopalera silvestre	2 ^a	2 ^a	3 ^a	3 ^a	5 ^a	3 ^a	5 ^a	3 ^a	5 ^a	3 ^a	3 ^a	2 ^a

Cuadro 8. Comparación de la variación en la abundancia total de ratones entre sitios de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores con distinta letra por columna difirieron significativamente ($P < 0.05$).

Sitio / Mes	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Cultivo 1	25 ^a	38 ^a	42 ^a	38 ^a	31 ^a	24 ^{ab}	22 ^a	21 ^a	18 ^a	20 ^{ab}	20 ^b	22 ^a
Cultivo 2	21 ^a	17 ^b	23 ^b	24 ^a	24 ^a	11 ^b	5 ^b	7 ^b	15 ^a	13 ^b	18 ^b	20 ^a
Cultivo 3	20 ^a	24 ^{ab}	29 ^{ab}	28 ^a	39 ^a	35 ^a	36 ^a	27 ^a	23 ^a	31 ^a	32 ^{ab}	27 ^a
Nopalera silvestre	18 ^a	20 ^b	20 ^b	20 ^a	30 ^a	19 ^b	24 ^a	19 ^a	27 ^a	35 ^a	36 ^a	29 ^a

Cuadro 9. Valor de diversidad de Hill N1 por sitio durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Las medias con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).

Sitio / Mes	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Media
Cultivo 1	1.4	1.95	2.08	2.18	1.53	1.67	1.72	1.46	1.53	1.8	1.68	2.37	1.78 ^c
Cultivo 2	3.43	3.42	3.67	3.8	3.17	2.81	1.65	3.17	1.48	2.8	4.22	4.46	3.17 ^a
Cultivo 3	3.95	2.06	2.16	2.35	3.18	2.58	2.74	2.98	2.47	3.42	3.17	2.81	2.82 ^{ab}
Nopalera silvestre	1.57	1.91	2.3	2.33	3.52	2.75	3.94	2.5	2.52	2.08	1.85	1.39	2.38 ^b

Cuadro 10. Similitud de los sitios de trabajo de acuerdo a los índices de Jaccard y Morisita, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal.

		Índice de Morisita			
		Cultivo 1	Cultivo 2	Cultivo 3	Nopalera silvestre
Índice de Jaccard	Cultivo 1		0.757	0.83	0.349
	Cultivo 2	0.71		0.806	0.312
	Cultivo 3	0.5	0.71		0.694
	Nopalera silvestre	0.44	0.44	0.625	

El Cultivo 2 registró un pico en la abundancia total de roedores durante la época seca caliente (marzo a mayo) y principios de la época húmeda (junio) seguido de otro a finales de la época seca fría (diciembre a enero) ($\chi^2 = 27.7$, g.l. = 11, $P < 0.01$) (Fig. 4B). Los valores de diversidad mensual fueron similares numéricamente excepto en agosto y octubre que registraron valores mínimos (Cuadro 9).

El Cultivo 3, no exhibió diferencias en la abundancia total de roedores entre meses ($\chi^2 = 11.906$, g.l. = 11, $P > 0.05$) (Fig. 4C). Este sitio tuvo sus mayores índices de diversidad durante los meses febrero y noviembre (Cuadro 9).

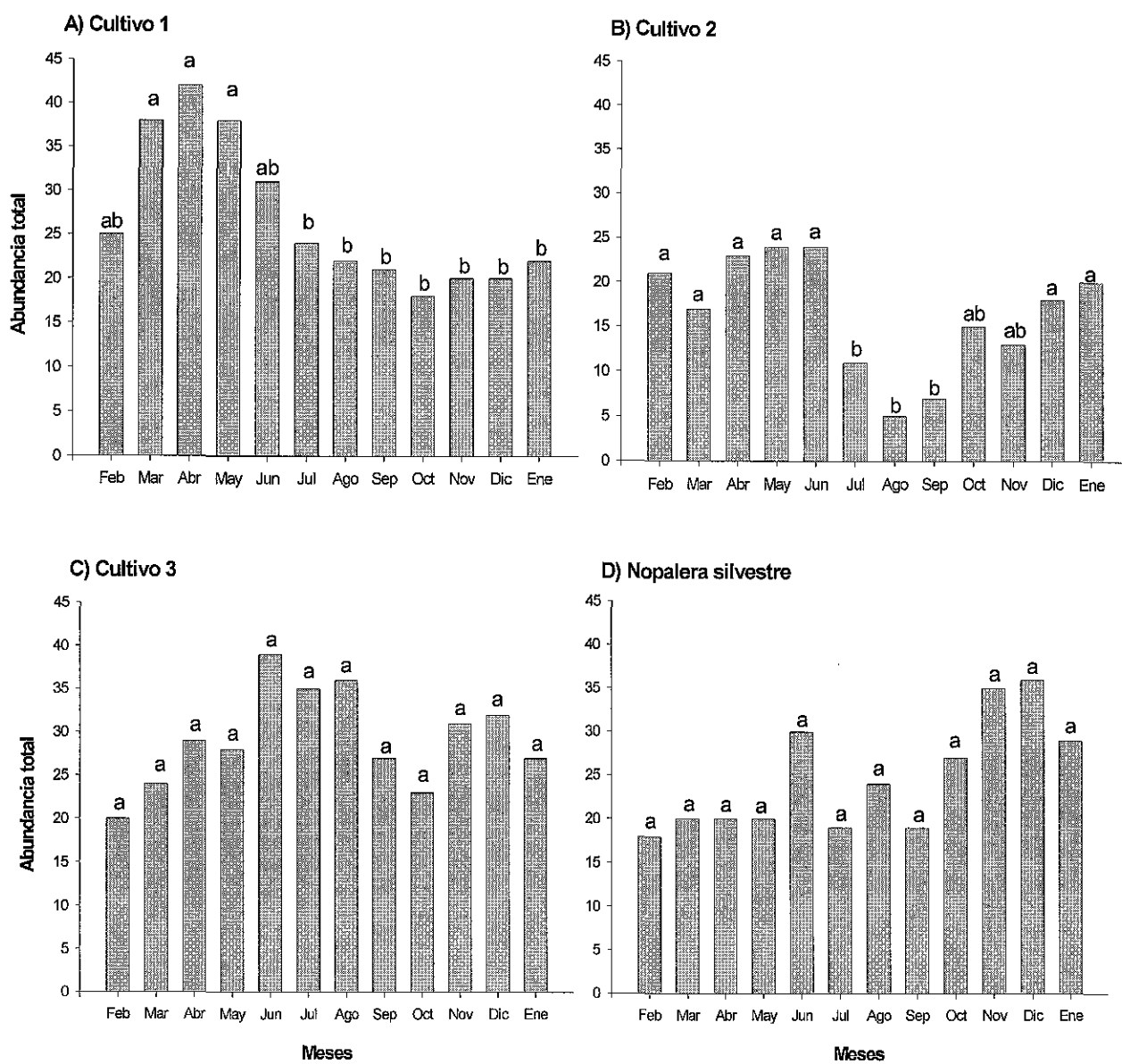


Figura 4. Variación en la abundancia total de ratones por sitio de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores con distinta letra por sitio difirieron significativamente ($P < 0.05$).

La Nopalera silvestre, no registró diferencias en la abundancia total de roedores entre meses ($\chi^2=18.677$, g.l.=11, $P > 0.05$) (Fig. 4D). Este sitio presentó la mayor diversidad durante los meses de la época húmeda (Cuadro 9).

En ordenamiento de los datos (tamaño poblacional por especie por sitio-mes) por el método de Bray Curtis mostró que el primer eje explica un 68.71 % de la variación de éstos, el segundo eje un 23.20%, el tercer eje un 3.66% obteniendo un porcentaje acumulado de variación de 95.57%.

El primer eje se correlacionó positivamente con la cobertura arbórea alta ($r=0.634$), la cobertura arbórea baja ($r=0.629$), la cobertura de formas especiales ($r=0.599$), la cobertura arbustiva alta ($r=0.565$), la cobertura arbustiva media ($r=0.560$), la cobertura arbustiva baja ($r=0.405$) y la cobertura herbácea baja ($r=0.367$), así como negativamente con la cobertura herbácea media ($r=-0.640$), la cobertura herbácea alta ($r=-0.373$) y con el porcentaje de suelo desnudo ($r=-0.333$) (Cuadro 11). El segundo eje se correlacionó de manera positiva con la cobertura herbácea alta ($r=0.470$) y negativa con la cobertura arbustiva alta ($r=-0.478$), la cobertura de formas especiales de crecimiento ($r=-0.415$), la cobertura arbórea baja ($r=-0.408$), la cobertura arbórea alta ($r=-0.396$), la cobertura arbustiva media ($r=-0.266$), y la cobertura herbácea media ($r=-0.285$) (Cuadro 11).

En la ordenación con los ejes 1 y 2, existió un gradiente que iba del grupo formado por los sitio-mes del Cultivo 1 en el extremo negativo del eje 1 a los de la Nopalera silvestre en el extremo positivo. En tanto que los sitio-mes de los Cultivos 2 y 3 se ubicaron en una posición intermedia entre estos. Respecto al eje 2 existió otro gradiente, el Cultivo 2 se localizó en su extremo positivo y se separó de la Nopalera silvestre ubicada en el extremo negativo, en tanto que los sitio-mes del Cultivo 1 y el Cultivo 3 tuvieron una posición intermedia entre estos (Fig. 5).

Las abundancias de *P. difficilis* ($r=0.585$) y *C. nelsoni* ($r=0.288$) se correlacionaron positivamente con el eje 1 en tanto que la de *D. phillipsii* ($r=-0.732$), *Onychomys torridus* ($r=-0.483$), *N. albigula* ($r=-0.292$) y

Cuadro 11. Coeficientes de correlación entre los dos ejes más importantes derivados del ordenamiento de Bray Curtis y las variables de la estructura de la vegetación por sitio durante el período de muestreo (abril, julio 2000 a enero 20001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Las correlaciones en negritas fueron significativas ($P < 0.05$).

Variables vegetales	Eje 1	Eje 2
Herbáceo bajo	0.367	-0.285
Herbáceo medio	-0.640	0.208
Herbáceo alto	-0.373	0.470
Arbustivo bajo	0.405	-0.026
Arbustivo medio	0.560	-0.266
Arbustivo alto	0.565	-0.478
Arbóreo bajo	0.629	-0.408
Arbóreo alto	0.634	-0.396
Formas especiales	0.599	-0.415
Suelo desnudo	-0.333	0.158

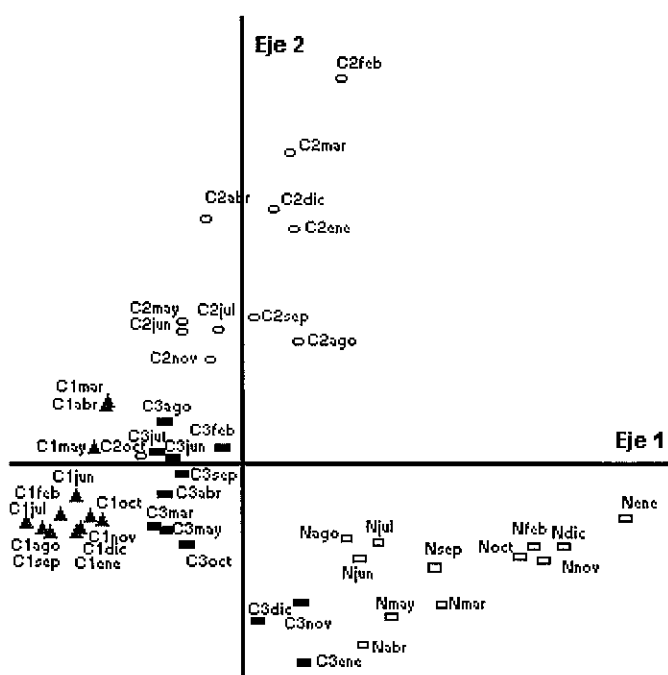


Figura 5 . Ordenamiento de los datos de tamaño poblacional de cada una de las especies de roedores por sitio-mes con los dos primeros ejes por el método de Bray Curtis de los sitios de trabajo durante el tiempo de estudio (febrero 2000 a enero 2001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal.

Cuadro 12. Coeficientes de correlación entre los dos ejes más importantes derivados de Bray Curtis y el tamaño poblacional de las especies de roedores por sitio durante el período de muestreo (abril, julio 2000 a enero 20001), en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. Las correlaciones en negritas fueron significativas ($P < 0.05$).

Especies	Eje 1	Eje 2
<i>Peromyscus maniculatus</i>	0.026	0.320
<i>Peromyscus difficilis</i>	0.585	-0.567
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	0.054	0.229
<i>Sigmodon fulviventor</i>	0.003	0.418
<i>Dipodomys phillipsii</i>	-0.732	0.022
<i>Neotoma albigula</i>	-0.292	0.079
<i>Cheatodipus nelsoni</i>	0.288	-0.216
<i>Liomys irroratus</i>	0.169	-0.126
<i>Perognathus flavus</i>	-0.270	0.373
<i>Onychomys torridus</i>	-0.483	0.057

P. flavus ($r = -0.270$) negativamente. Las abundancias de *S. fulviventor* ($r = 0.418$), *P. flavus* ($r = 0.373$), *P. maniculatus* ($r = 0.320$) y *R. megalotis* ($r = 0.229$) se correlacionaron positivamente con el segundo eje; *P. difficilis* ($r = -0.567$) y *C. nelsoni* ($r = -0.216$) se correlacionaron negativamente (Cuadro 12).

Dinámica poblacional de las especies dominantes de roedores

Dipodomys phillipsii se capturó en todos los sitios, pero el Cultivo 1 y el Cultivo 3 exhibieron los tamaños poblacionales mayores en la mayoría de los meses (en todos los casos $P < 0.05$) (Cuadro 13). El Cultivo 1 tuvo un mayor número de hembras de febrero a abril y numéricamente un mayor número de hembras reproductivas en febrero y marzo. Se capturaron muy pocos juveniles en todos los sitios (Cuadro 14).

Por sitio, el Cultivo 1, el Cultivo 3 y la Nopalera silvestre siguieron un patrón similar en la variación del tamaño poblacional de *D. phillipsii*, con los máximos valores durante los meses de la época seca caliente (marzo a mayo) y principios de la época húmeda (junio). Sin embargo, estas diferencias numéricas no fueron significativas. En el Cultivo 2 el tamaño poblacional fue similar durante todos los meses, excepto en enero y febrero, cuando se registraron valores mínimos ($\chi^2 = 25.87$, g.l. = 11, $P < 0.05$) (Fig. 6).

Cuadro 13. Variación en el tamaño poblacional de *Dipodomys phillipsii* entre los sitios de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por columna con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).

Sitio-Mes	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Cultivo 1	23 ^a	30 ^a	33 ^a	30 ^a	28 ^a	21 ^a	19 ^{ab}	19 ^a	16 ^a	17 ^a	17 ^a	16 ^a
Cultivo 2	3 ^b	5 ^b	10 ^b	12 ^b	12 ^b	7 ^b	4 ^b	4 ^b	13 ^a	8 ^a	4 ^b	1 ^b
Cultivo 3	11 ^{ab}	18 ^a	21 ^a	20 ^a	24 ^a	24 ^a	23 ^a	17 ^b	16 ^a	15 ^a	17 ^a	13 ^a
Nopalera silvestre	3 ^b	7 ^b	9 ^b	8 ^b	11 ^b	7 ^b	8 ^b	6 ^b	5 ^a	6 ^a	7 ^a	3 ^b

No hubo diferencias en el número mensual de machos y hembras en ninguno de los sitios. No se registró un número mayor de hembras en estado reproductivo o de juveniles que se incorporan a la población en algún mes en específico, excepto en el Cultivo 1. En este sitio se observó un número mayor de hembras en estado reproductivo en febrero ($\chi^2=4.08$, g.l.=1, $P < 0.05$) (Cuadro 15).

Peromyscus difficilis se encontró en el Cultivo 3 y en la Nopalera silvestre. Este último sitio exhibió una mayor población que el Cultivo 3 durante la época seca fría (en todos los casos $P < 0.05$) (Cuadro 16). El número de hembras, hembras reproductivas, y juveniles fue muy similar entre sitios (Cuadro 17).

Por sitio, la variación en la abundancia de *P. difficilis* en los diferentes sitios pareció seguir el mismo patrón, con el máximo tamaño poblacional durante la época seca fría del año y manteniendo sus poblaciones relativamente bajas en las demás épocas del año en ambos sitios (Fig. 7). Sin embargo estas diferencias mensuales en el tamaño poblacional fueron significativas sólo en la Nopalera silvestre (Nopalera, $\chi^2= 35.698$, g.l.=11, $P < 0.001$). No hubo diferencias significativas mensuales entre el número de machos y hembras, hembras en estado reproductivo, ni juveniles en ninguno de los sitios. No obstante durante la época seca fría se incrementó el número de juveniles en la Nopalera silvestre (Cuadro 18).

Cuadro 14. Comparación del número de hembras, hembras reproductivas, machos, machos reproductivos y juveniles de *D. phillipsii* entre los sitios de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por columna con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).

Sitio-Mes	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Hembras												
Cultivo 1	12 ^a	14 ^a	15 ^a	7 ^a	9 ^a	7 ^a	4 ^a	6	5 ^a	7 ^a	6 ^a	7 ^a
Cultivo 2	2 ^b	4 ^b	5 ^b	5 ^a	3 ^a	2 ^a	0	0	5 ^a	3 ^a	1 ^a	1
Cultivo 3	5 ^a	6 ^{ab}	6 ^{ab}	7 ^a	6 ^a	6 ^a	6 ^a	2	4 ^a	2 ^a	8 ^a	7 ^a
Nopalera silvestre	1 ^b	4 ^b	3 ^b	2 ^a	5 ^a	1 ^a	2	2	3 ^a	3 ^a	4 ^a	1
Hembras reproductivas												
Cultivo 1	10 ^a	10 ^a	1 ^a	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Cultivo 2	2 ^a	3 ^a	3 ^a	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cultivo 3	3 ^a	1 ^a	1 ^a	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Nopalera silvestre	0 ^b	1 ^a	2 ^a	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Machos												
Cultivo 1	11 ^a	7 ^a	11 ^a	10 ^a	12 ^a	7 ^a	6 ^a	4 ^a	4 ^a	5 ^a	7 ^a	9 ^a
Cultivo 2	1 ^b	0 ^b	2 ^b	3 ^a	0 ^b	0	0	0 ^a	2 ^a	3 ^a	2 ^a	0
Cultivo 3	6 ^a	10 ^a	8 ^{ab}	7 ^a	3 ^b	8 ^a	14 ^a	4 ^a	6 ^a	4 ^a	6 ^a	6 ^a
Nopalera silvestre	2 ^a	2 ^a	2 ^b	1 ^b	3 ^b	2	3	2 ^a	0 ^a	1 ^a	3 ^a	2 ^a
Machos reproductivos												
Cultivo 1	8 ^a	7 ^a	8 ^a	8 ^a	1	5	4 ^a	4	2	1	1	1
Cultivo 2	1	0 ^b	2 ^a	3 ^a	0	0	0 ^a	0	2	3	2	0
Cultivo 3	2 ^a	10 ^a	5 ^a	6 ^a	0	2	5 ^a	4	0	3	1	1
Nopalera silvestre	2 ^a	2 ^b	0	1 ^a	0	0	3 ^a	2	0	0	0	0
Juveniles												
Cultivo 1	1	0	5 ^a	1	1	0	0	0	0	1	0	3
Cultivo 2	0	1	2 ^a	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Cultivo 3	1	1	3 ^a	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Nopalera silvestre	1	1	0 ^a	0	3	0	0	0	0	1	3	0

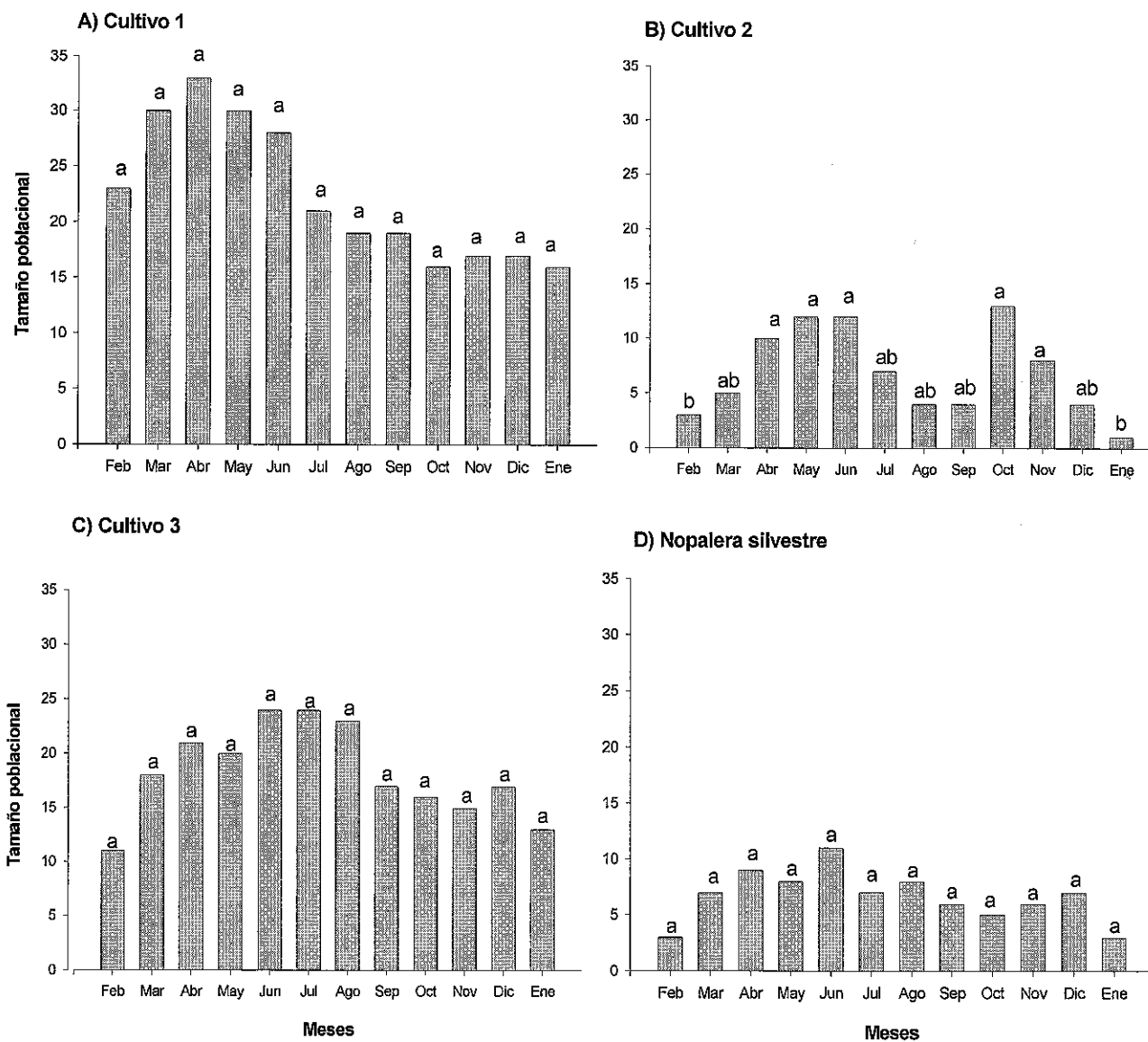


Figura 6. Variación en el tamaño poblacional de *Dipodomys phillipsii* por sitio de trabajo en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por sitio con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).

Cuadro 15. Comparación del número de hembras contra machos, hembras reproductivas contra no reproductivas, machos reproductivos contra no reproductivos y juveniles contra adultos de *D. phillipsii* por sitio de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por columna con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).

Sitio-Mes	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Cultivo 1												
Hembras	12 ^a	14 ^a	15 ^a	7 ^a	9 ^a	7 ^a	4 ^a	6 ^a	5 ^a	7 ^a	6 ^a	7 ^a
Machos	11 ^a	7 ^a	11 ^a	10 ^a	12 ^a	7 ^a	6 ^a	4 ^a	4 ^a	5 ^a	7 ^a	9 ^a
Hembras reproductivas	10 ^a	10 ^a	1 ^a	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Hembras no reproductivas	2 ^b	4 ^a	14 ^b	5	9	7	4	6	5	7	6	7
Machos reproductivos	8 ^a	7	8 ^a	8 ^a	1 ^b	5	4	4	2	1	1	1
Machos no reproductivos	3 ^a	0	3 ^a	2 ^a	11 ^a	2	2	0	2	4	6	8
Juveniles	1 ^b	0 ^b	5 ^b	1 ^b	1 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0	1 ^b	0 ^b	3 ^a
Adultos	22 ^a	21 ^a	21 ^a	16 ^a	20 ^a	14 ^a	10 ^a	10 ^a	8	11 ^a	13 ^a	10 ^a
Cultivo 2												
Hembras	2	4	5	5	3	2	0	0	5 ^a	3	1	1
Machos	1	0	3	4	6	2	0	0	5 ^a	3	2	0
Hembras reproductivas	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hembras no reproductivas	0	1	2	5	3	2	0	0	5	3	1	1
Machos reproductivos	1	0	2	3	0	0	0	0	2	3	2	0
Machos no reproductivos	0	0	1	1	6	2	0	0	3	0	0	0
Juveniles	0	1	2	1	0	0	0	0	0 ^b	0	1	0
Adultos	3	4	7	7	8	4	0	0	10 ^a	6	2	4

Cuadro 15. ...Continuación.

Sitio-Mes	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Cultivo 3												
Hembras	5 ^a	6 ^a	6 ^a	7 ^a	6	6 ^a	6 ^a	2	4 ^a	2	8 ^a	7 ^a
Machos	6 ^a	10 ^a	8 ^a	7 ^a	3	8 ^a	14 ^a	4	6 ^a	4	6 ^a	6 ^a
Hembras reproductivas	3	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Hembras no reproductivas	2	5	5	6	6	6	6	1	4	2	8	7
Machos reproductivos	2	10 ^a	5	6	0 ^b	2	5 ^a	4	0	3	1	1
Machos no reproductivos	4	0 ^b	3	1	13 ^a	6	9 ^a	0	6	1	5	5
Juveniles	1 ^b	1 ^b	3 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0	0 ^b	0	1 ^b	2 ^b
Adultos	10 ^a	15 ^a	11 ^a	14 ^a	19 ^a	14 ^a	20 ^a	6	10 ^a	6	15 ^a	11 ^a
Nopalera silvestre												
Hembras	1	4	3	2	5	1	2	2	3	3	4	1
Machos	2	2	2	1	3	2	3	2	0	1	3	2
Hembras reproductivas	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Hembras no reproductivas	1	3	1	2	5	1	2	2	2	3	4	1
Machos reproductivos	2	2	0	1	0	0	3	2	0	0	0	0
Machos no reproductivos	0	0	2	0	3	2	0	0	0	1	3	2
Juveniles	1	1	0	0	3	0	0	0	0	1	3	0
Adultos	2	5	5	3	5	3	5	4	3	3	4	3

Cuadro 16. Variación en el tamaño poblacional de *Peromyscus difficilis* entre los sitios de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por columna con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).

Sitio-Mes	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Cultivo 3	3 ^b	4 ^a	5 ^a	5 ^a	6 ^a	4 ^a	4 ^a	3 ^a	4 ^b	10 ^b	10 ^b	11 ^b
Nopalera silvestre	15 ^a	13 ^a	10 ^a	11 ^a	12 ^a	9 ^a	9 ^a	11 ^a	19 ^a	26 ^a	28 ^a	26 ^a

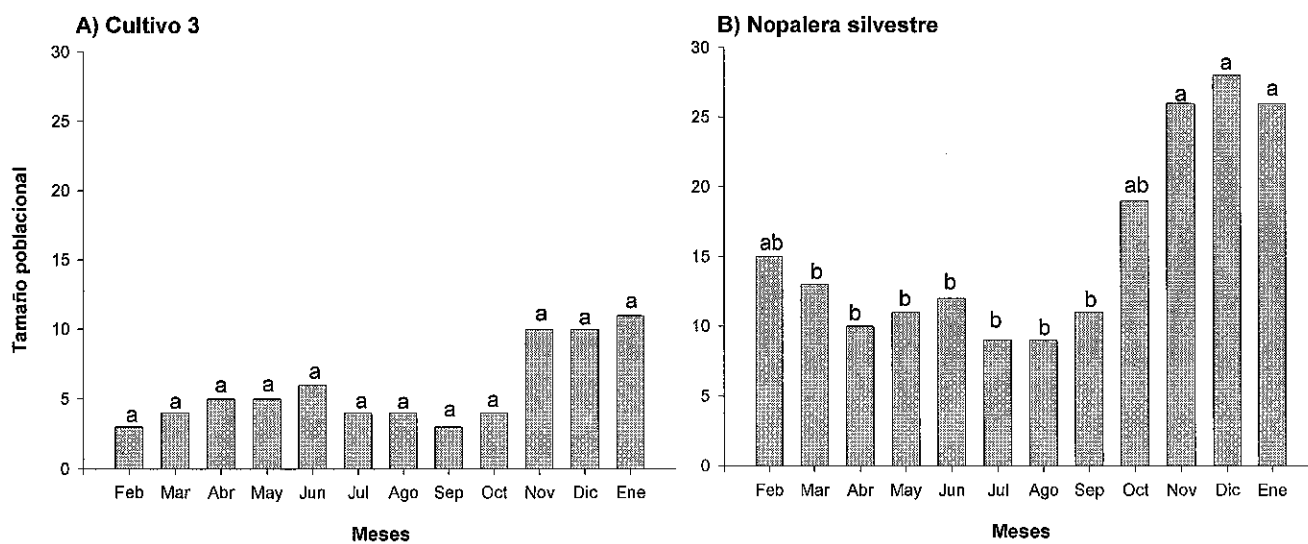


Figura 7. Variación en el tamaño poblacional de *Peromyscus difficilis* por sitio de trabajo en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por sitio con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).

Cuadro 17. Comparación del número de hembras, hembras reproductivas, machos, machos reproductivos y juveniles de *P. difficilis* entre los sitios de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por columna con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).

Sitio-Mes	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Hembras												
Cultivo 3	1	1	1	1	2	1	1	0	2	7 ^a	6 ^a	7 ^a
Nopalera silvestre	8	5	3	4	5	3	2	1	5	11 ^a	11 ^a	10 ^a
Hembras reproductivas												
Cultivo 3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nopalera silvestre	2	2	2	2	0	0	0	1	2	0	0	0
Machos												
Cultivo 3	2	3	4	4 ^a	2	1	0	0	1	2 ^b	2 ^b	4 ^b
Nopalera silvestre	7	6	3	6 ^a	4	0	0	2	6	9 ^a	13 ^a	16 ^a
Machos reproductivos												
Cultivo 3	2	0	2	3	2	1	0	0	0	2	0	1
Nopalera silvestre	4	6	3	6	4	0	0	1	0	3	4	2
Juveniles												
Cultivo 3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4 ^a	2	0
Nopalera silvestre	5	1	0	0	0	0	0	1	9	7 ^a	5	6

Cuadro 18. Comparación del número de hembras contra machos, hembras reproductivas contra no reproductivas, machos reproductivos contra no reproductivos y juveniles contra adultos de *P. difficilis* por sitio de trabajo, en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal., durante el período de muestreo (febrero 2000 a enero 2001). Valores por columna con distinta letra difirieron significativamente ($P < 0.05$).

Sitio-Mes	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Cultivo 3												
Hembras	1	1	1	1	2	1	1	0	2	7	6	7 ^a
Machos	2	3	4	4	2	1	0	0	1	2	2	4 ^a
Hembras reproductivas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hembras no reproductivas	0	1	1	1	2	1	1	0	2	7	6	7
Machos reproductivos	2	0	2	3	2	1	0	0	0	2	0	1
Machos no reproductivos	0	3	2	1	0	0	0	0	1	0	2	3
Juveniles	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	2	0 ^b
Adultos	3	4	5	5	3	2	1	0	3	4	6	11 ^a
Nopalera silvestre												
Hembras	8 ^a	5 ^a	3	4 ^a	5	3	2	1	5 ^a	11 ^a	11 ^a	10 ^a
Machos	7 ^a	6 ^a	3	6 ^a	4	0	0	2	6 ^a	9 ^a	13 ^a	16 ^a
Hembras reproductivas	2	2	2	2	0	0	0	1	2	0 ^b	0 ^b	0 ^b
Hembras no reproductivas	6	3	1	2	5	3	2	0	3	11 ^a	11 ^a	10 ^a
Machos reproductivos	4	6	3	6	4	0	0	1	0	3	4 ^a	2 ^b
Machos no reproductivos	3	0	0	0	0	0	0	1	6	6	9 ^a	14 ^a
Juveniles	5 ^a	1 ^b	0	0 ^b	0	0	0	1	9 ^a	7 ^a	5 ^b	6 ^b
Adultos	10 ^a	10 ^a	6	10 ^a	9	3	2	2	2 ^a	13 ^a	19 ^a	20 ^a

DISCUSIÓN

Las prácticas de manejo que se llevaron a cabo en los cultivos del nopal causaron un disturbio frecuente pero de baja intensidad, que permitió el establecimiento de una comunidad vegetal asociada. Existió un desarrollo donde la riqueza y complejidad estructural de la vegetación se incrementó de un cultivo recién plantado a uno maduro. Una comunidad simple con un estrato herbáceo dominante y riqueza baja de especies (Cultivo 1) fue reemplazada por una vegetación multiestratificada con una riqueza mayor (Cultivo 3) en un lapso de 8 a 10 años. La composición y/o densidad de especies cambiaron en los distintos estadios de desarrollo del cultivo. Al establecerse el cultivo de nopal (Cultivo 1) la comunidad vegetal estuvo dominada por herbáceas anuales, en su mayoría de la familia Asteraceae y algunas a la familia Poaceae, las cuales podrían considerarse como especies pioneras. Con el tiempo aumentó el número y la densidad de gramíneas (Cultivo 2). En el cultivo de nopal maduro ocurrió la mayor riqueza de especies vegetales y la cobertura fue aportada tanto por el estrato herbáceo como por el arbustivo, el cual fue representado por los nopales (Cultivo 3).

De acuerdo con la teoría de sucesión, la riqueza y diversidad de especies vegetales se incrementa con el tiempo, con un máximo de sus valores en los estadios serales intermedios. Así, también, existe un aumento en la heterogeneidad estructural de la vegetación con la edad sucesional (Horn, 1974). Esto coincide con lo registrado durante la sucesión secundaria en bosques templados con algún grado de manejo (González-Espinosa *et al.*, 1991; Gurnell *et al.*, 1992; Mitchell *et al.*, 1995; Sullivan *et al.*, 1999). Los cultivos de nopal estudiados aquí siguieron un patrón análogo en la riqueza de especies y estructura de la vegetación. Estos agrosistemas, que no fueron mantenidos en un estadio de desarrollo temprano, llegaron a estadios intermedios de desarrollo.

La contraparte natural de los cultivos de nopal son las nopaleras silvestres, características de las zonas semiáridas del Altiplano Mexicano (Rzedowski, 1978). Estas asociaciones vegetales se caracterizan por ser muy

complejas estructuralmente (Yeaton y Romero, 1986). El sitio de Nopalera silvestre aquí estudiado puede considerarse en un estadio sucesional avanzado dada su estratificación vertical, la presencia de un estrato arbóreo bien diferenciado, la presencia de formas especiales de crecimiento y el aporte diferencial de cobertura que hacen los estratos durante el año. Si comparamos el Cultivo 3 con la Nopalera silvestre en estadio sucesional avanzado, el Cultivo 3 exhibió una menor heterogeneidad estructural, una mayor riqueza de especies vegetales y la cobertura estuvo dada por los estratos herbáceo y arbustivo. Con base en esto, los cultivos de nopal maduros (> 8 años) podrían asemejar una nopalera silvestre en estadio seral intermedio.

Tanto en los ecosistemas naturales como los manejados por el hombre, la estructura y composición de la vegetación influyen la distribución y abundancia de los pequeños mamíferos (Rosenzweig y Winakur, 1969; Fleharty y Navo, 1983; Mellink, 1985; Brown y Heske, 1990; Valone y Brown, 1995; Gonnet y Ojeda, 1998; Sullivan *et al.*, 1999). Las especies de pequeños mamíferos responden a las alteraciones de la vegetación de acuerdo con sus requerimientos específicos de hábitat y alimento (McMurry *et al.*, 1996; Cole *et al.*, 1998; Walter y Zabel, 1998). Este fue el caso en los cultivos de nopal, donde las modificaciones en la estructura y composición de la vegetación estuvieron acompañados de cambios en la composición y abundancia de las especies de roedores. La composición de roedores cambió gradualmente, de una comunidad dominada por una sola especie (*D. phillipsii*) (Cultivo 1) paso a una comunidad codominada por *D. phillipsii* y *P. maniculatus* (Cultivo 2), y con el tiempo la especie que se volvió más abundante fue *P. difficilis* seguida de *D. phillipsii* (Cultivo 3). En la Nopalera silvestre la especie dominante fue *P. difficilis*.

Dipodomys phillipsii prefiere hábitats con disturbio o en estadios sucesionales primarios de comunidades arbustivas (Andersen y Kay 1999), donde existen muchos espacios abiertos, cobertura alta de herbáceas y arbustos relativamente aislados, debido a sus patrones de alimentación y locomoción (Price y Waser 1984, Price y Waser 1985, Mellink 1995). En

concordancia con estos requerimientos, esta especie de rata canguro colonizó los cultivos de nopal de reciente establecimiento. Esto refuerza que el Cultivo 1 es comparable a un estado sucesional inicial. Este agrosistema tuvo un porcentaje alto de suelo desnudo y la mayor cobertura fue dada por el estrato herbáceo medio. Dicha cobertura se concentró primariamente a los lados de los surcos de nopales.

En el Cultivo 2, el incremento en la cobertura de herbáceas altas y su distribución más homogénea pudo promover una disminución de las poblaciones de *D. phillipsii*. En el Cultivo 3, no obstante que la cobertura vegetal fue aportada tanto por el estrato arbustivo como por el herbáceo, la cobertura de herbáceas medias y altas se concentró alrededor de los nopales y el porcentaje de suelo desnudo era mayor que en los Cultivos 1 y 2. Esto favoreció un mayor número de individuos de esta especie.

En la Nopalera silvestre las capturas de los individuos de *D. phillipsii* se concentraron en su periferia, en lugares cercanos a los zacatales circundantes. Estos se caracterizaron por ser abiertos, con cobertura de herbáceas rasantes. En este sitio la especie dominante fue *P. difficilis*. Esta especie prefiere hábitats que presentan una cobertura alta de arbustos, así como de herbáceas medias y altas (Beatley 1976, Price y Waser 1984). Lo que concordó con las características de la vegetación en el Cultivo 3 y la Nopalera silvestre. El hecho que *P. difficilis* se capturo sólo en estos dos sitios sugiere que es una especie asociada a estadios serales intermedios y avanzados de nopaleras.

Para bosques templados se registró a *P. maniculatus* en los estadios serales tempranos, donde todavía no existe un dosel arbóreo cerrado pero sí una alta cobertura de herbáceas (Cole *et al.*, 1998). También en el Altiplano Potosino esta especie se asoció a sitios con estas características (Mellink, 1995), por lo cual no fue raro que *P. maniculatus* contara con un número mayor de individuos en el Cultivo 2.

Una heterogeneidad espacial mayor favorece una riqueza mayor de especies (Rosenzweig y Winakur, 1969; Huston, 1994; Pollock *et al.*, 1998; Reice, 1997; Siemann, 1998; Fox y Fox, 2000). Esto explica por que la

Nopalera silvestre, siendo el sitio que registró una complejidad estructural mayor, tuvo la mayor riqueza de roedores. Sin embargo, la diferencia en la riqueza de especies entre ésta y los tres cultivos no fue significativa. Esto podría atribuirse, por una parte, a que las nopaleras cultivadas durante su desarrollo favorecen la persistencia constante de microhábitats disponibles para distintas especies de roedores. Por otra parte, a que *P. difficilis* puede ser una especie competitivamente dominante en este sitio que no permite la existencia de otras especies de roedores que hagan uso de los microhábitats disponibles, por ejemplo del estrato arbóreo.

Holbrook (1978) analizó las asociaciones de hábitat de cuatro especies simpátricas, *P. maniculatus*, *P. difficilis*, *P. truei* y *P. boylii* en el noroeste de Nuevo México. Este autor encontró que *P. maniculatus* presentaba actividades terrestres lo cual evitaba la competencia con las otras tres especies, ya que las otras especies eran arborícolas preferentemente. Sin embargo, la dieta de *P. difficilis*, *P. truei* y *P. boylii* era similar, por lo que en épocas de disminución de alimento podría existir una competencia severa.

En este estudio las diferentes especies parecen reducir la competencia, además de seleccionando diferente hábitat y microhábitat, por medio de dietas diferentes. Por ejemplo, en los sitios de estudio, en las capturas de *D. phillipsii* se observó la presencia de semillas de gramíneas y bulbos de *Oxalis corniculata* y *Oxalis decaphylla* en sus abazones. En contraste, la mayoría de nopales en los cultivos presentaron pencas roídas por *N. albigula*. De hecho, el nopal es la base de la dieta de esta rata (Rangel y Mellink, 1993; Mellink y Riojas-López, 2002). En el Cultivo 3 y la Nopalera silvestre, *P. difficilis* se alimentó de los frutos del nopal de mayo a octubre (obs. pers.). *Perognathus flavus* podría haber evitado la competencia con *D. phillipsii* a través de alimentarse de diferente tipo de semillas (Mares y Williams, 1977), ya que en sus abazones se observaron semillas de gramíneas de menor tamaño que las observadas en los abazones de *D. phillipsii*. En los pastizales-mesquiales del oriente de Durango se encontró que *Sigmodon fulviventor* era una especie folívora que la mayor parte de su dieta estaba formada por pastos (Petersen,

1993). Sin embargo, para poder tener conclusiones sólidas es necesario realizar un estudio de dieta de las especies de roedores en el área de estudio.

La variación estacional en la abundancia total de roedores en los diferentes sitios de estudio se debió a los procesos demográficos de las especies de ratones. El pico en el tamaño poblacional en los Cultivos 1 y 2 durante la época seca caliente fue dado por el incremento en las poblaciones de *D. phillipsii*, en tanto que el pico en la Nopalera silvestre y el Cultivo 3 en la época seca fría, aunque no fue significativo, estuvo dado por el incremento en las poblaciones de *P. difficilis*. Pueden influir en dicha variación el grado de actividad y los movimientos terrestres de los roedores (González-Espinosa, 1982) pero en este estudio no se midieron estas dos variables.

Las diversidades total y mensual mayores en el Cultivo 2 y el Cultivo 3 pueden explicarse por el hecho que estos sitios asemejan estadios serales intermedios, donde pueden coexistir y tener poblaciones más equitativas los roedores de estadios primarios, intermedios y tardíos (Huston, 1994; Mitchell *et al.*, 1995; McMurry *et al.*, 1996; Reice 1997). Debido a que la comunidad no está dominada por especies pioneras tolerantes a condiciones de reciente disturbio, como *D. phillipsii*, y a que las especies competitivamente dominantes de estadios serales avanzados, como *P. difficilis* no han excluido a las especies subordinadas.

A nivel de paisaje, la existencia de un mosaico de áreas en distinto estadio seral que proveen una gran variedad de distintos hábitats promueve una diversidad mayor de especies. El disturbio con frecuencia intermedia puede generar este tipo de paisaje en parches (Huston, 1994; Reice, 1997; Ferreira y Aarde, 2000). En las superficies cubiertas por nopaleras silvestres y cultivadas existe este tipo de mosaicos causados tanto por disturbio natural como por disturbio causado por el hombre. Por ejemplo, en la zona de estudio en 1997 se registró una helada en la cual la temperatura bajo a -15° C durante 12 horas. Las distintas especies y variedades cultivadas de nopal presentan diferente tolerancia a las heladas. Este disturbio afecta la estructura y composición de las nopaleras, lo que genera que algunas áreas regresen a

estadios de desarrollo anteriores. También el disturbio causado por las prácticas de manejo que se llevan en los cultivos de nopal como la poda puede generar este tipo de parches. Es de esperarse que todos estos parches en distinto estadio seral, resultantes de estos disturbios mantengan una diversidad mayor de roedores a nivel de paisaje. Esto debido a la mayor heterogeneidad de hábitats para los roedores.

De acuerdo con la composición y abundancia de roedores en la Nopalera silvestre, este sitio fue único; ya que los tres cultivos fueron más similares entre ellos, por lo que es importante conservar sitios con vegetación nativa para promover de esta manera una mayor diversidad beta.

Las abundancias de las especies de roedores respondieron a un gradiente en la heterogeneidad de la estructura de la vegetación, así como al aporte de cobertura dada por los distintos substratos vegetales. Se ubicaron en extremos opuestos la Nopalera silvestre y el Cultivo 1 en el eje 1, así como la Nopalera silvestre y el Cultivo 2 en el eje 2. *Dipodomys phillipsii* fue la mejor especie indicadora de las condiciones de menor heterogeneidad estructural de la vegetación y con la cobertura mayor aportada por el estrato herbáceo. Esta rata canguro se asoció con la presencia de cobertura herbácea media. En tanto que *P. difficilis* fue la especie indicadora de condiciones con mayor heterogeneidad, donde existió un estrato arbustivo alto, un estrato arbóreo y formas especiales de crecimiento, donde la cobertura fue aportada tanto por el estrato herbáceo como por el arbustivo. *S. fulviventor* se relacionó con condiciones de menor heterogeneidad estructural de la vegetación y con la cobertura mayor aportada por el estrato herbáceo. Esta especie se correlacionó con la presencia de cobertura herbácea alta.

Estos patrones se relacionaron con los requerimientos de hábitat de los roedores. A través de la sucesión vegetal que se dió en los cultivos de nopal, las condiciones del hábitat cambiaron favoreciendo solo a ciertas especies. El hecho que *N. albigula* se correlacionara con condiciones de mayor cobertura herbácea, menor cobertura arbustiva y menor heterogeneidad respondió a un problema de muestreo. El 65% de las plantas de nopal en el Cultivo 3 tenían un

nido activo de esta rata, pero sus capturas fueron muy pocas durante el estudio. Esto pudo suceder, por una parte, debido al tamaño de las ratas, y por otro a que el cebo utilizado no fue atractivo para ellas dada la disponibilidad de alimento (nopal) durante todo el tiempo.

En matorrales y otros tipos de vegetación las modificaciones en la estructura y composición de la vegetación derivados de un proceso de sucesión van acompañados de cambios en la comunidad de roedores (Fox, 1990; Gurnell *et al.*, 1992; Mitchell *et al.*, 1995; Cole *et al.*, 1998; Sullivan *et al.*, 1999). Las especies de roedores se establecen en cada estadio sucesional de la vegetación cuando este cumple con sus requerimientos de hábitat.

Respecto a la dinámica poblacional de las especies dominantes, *D. phillipsii* mostró fluctuaciones leves en su tamaño poblacional a lo largo del estudio en todos los sitios excepto en el Cultivo 1. Esto puede deberse a que durante todo el año existió disponibilidad de alimento en los tres sitios, lo que permitió que se mantuvieran las poblaciones residentes y durante todo el tiempo existieran hembras en estado reproductivo y juveniles. Brown y Zeng (1989) registraron que las especies de rata canguro del desierto Chihuahua en el sureste de Arizona no tenían ninguna estación reproductiva marcada. Sin embargo, el pico poblacional que se registró en el Cultivo 1 tuvo que ver con la época reproductiva en los meses secos calientes. En el desierto de Mapimí las lluvias de invierno disparaban la época reproductiva de las ratas canguro (Grenot y Serrano, 1981), mientras que en el Altiplano Potosino la disparaban las lluvias de verano (Mellink, 1995). El hecho que no se detectó este pico reproductivo en todos los sitios podría deberse a que los cambios climáticos en esta región no son tan contrastantes como en las zonas áridas.

Peromyscus difficilis mantuvo sus poblaciones bajas durante la época seca caliente y la época húmeda, pero exhibió un incremento en la época seca fría. Este incremento se pudo deber a la incorporación de un mayor número de juveniles a la población, lo que sugiere una posible estacionalidad reproductiva a finales de la época húmeda y principios de la época seca fría. El que no se encontraron diferencias significativas en el número de hembras reproductivas a

finales de la época húmeda podría deberse a una menor actividad de estas durante la época reproductiva o al esfuerzo de captura. Galindo-Leal y Krebs (1997) registraron bajas abundancias de *P. difficilis* de febrero a agosto y un incremento de la población de septiembre a enero en matorral de manzanita y encino en Durango. Estos autores también observaron que la época reproductiva estaba sincronizada con las lluvias y tuvo lugar de junio a noviembre.

Ante la panorámica actual de crisis económica las poblaciones rurales están buscando alternativas agrícolas redituables. Sin embargo, si se quiere hacer un uso racional de los recursos naturales con la finalidad de conservarlos a largo plazo, el solo criterio de beneficio económico no justifica el desmonte de la vegetación nativa para introducir cultivos. Es necesario evaluar el efecto que las practicas agrícolas tienen en la diversidad de flora y fauna nativa. Con base en esta evaluación y al criterio de rentabilidad se podrán tomar decisiones acertadas de manejo de los recursos. El municipio de Ojuelos de Jalisco esta considerado como una zona de extrema pobreza, donde el cultivo del nopal es una opción agrícola rentable. De acuerdo a los resultados de este estudio, los cultivos de nopal que reemplazan a nopaleras silvestres podrían actuar como hábitat sustituto para la mayoría de roedores que se distribuyen en el área. Además de que estos cultivos favorecen la diversidad de roedores. No obstante, los cultivos de nopal no pueden considerarse un equivalente de las nopaleras silvestres debido a que no proveen condiciones adecuadas para todas las especies que hacen uso de este tipo de hábitats. Es necesario evaluar el efecto de esta práctica agrícola en otros grupos animales.

CONCLUSIONES

En los cultivos de nopal donde las prácticas de manejo permitieron el establecimiento de una comunidad vegetal asociada se presentó un desarrollo que asemeja los cambios sucesionales que tienen lugar en una comunidad vegetal natural.

Las diferencias en composición y estructura de la vegetación durante el desarrollo de los cultivos de nopal causaron cambios en la composición, riqueza y abundancia de roedores. Las especies de roedores seleccionaron el estadio de desarrollo de los cultivos de nopal dependiendo si cumplían con sus requerimientos de hábitat.

Los cultivos de nopal y la Nopalera silvestre mantuvieron una riqueza similar de especies, en lo que variaron fue en la identidad de las especies y sus abundancias. Hubo especies que únicamente se registraron en la Nopalera silvestre, por lo que si se quiere conservar a estas especies es importante mantener sitios con vegetación nativa.

La diversidad mayor que se registro en el Cultivo 2 y el Cultivo 3 puede atribuirse por un lado a que los cultivos de nopal durante su desarrollo permitieron la existencia constante de microhábitats disponibles para distintas especies de roedores, y por otro lado, a que en estos sitios pudieron coexistir y tener poblaciones más equitativas los roedores de estadios de desarrollo primarios, intermedios y tardíos.

Los cultivos de nopal ya establecidos que reemplazan a las nopaleras silvestres podrían actuar como hábitat sustituto para la mayoría de roedores que se distribuyen en el área.

BIBLIOGRAFÍA

- Abramsky, Z., y M. L. Rosenzweig. 1984. Tilman's predicted productivity-diversity relationship shown by desert rodents. *Nature* 309: 150-151.
- Altieri, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19-31.
- Andersen, M. C., y F. R. Kay. 1999. Banner-tailed Kangaroo rat burrow mounds and desert grassland habitats. *Journal of Arid Environments* 41: 147-160.
- Barbera, G. 1999. Historia e importancia económica y agroecológica. Pp. 1-9, *en Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO de producción y protección vegetal No.132* (G. Barbera, P. Inglese, y E. Pimienta-Barrios, eds.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura, México.
- Barry, R. E. Jr., y E. N. Francq. 1980. Orientation to landmarks within the preferred habitat by *Peromyscus leucopus*. *Journal of Mammalogy* 61: 292-303.
- Beatley, J. C. 1969. Dependence of desert rodents on winter annuals and precipitation. *Ecology* 50: 721-724.
- Bowers, M. A., y J. H. Brown. 1982. Body size and coexistence in desert rodents: chance or community structure. *Ecology* 63: 391-400.
- Brown, J. S. 1989. Desert rodent community structure: a test of four mechanisms of coexistence. *Ecological Monographs* 59: 1-20.
- Brown, J. H., G. A. Lieberman, y W. F. Dengler. 1972. Woodrats and cholla: dependence of a small mammal population on the density of cacti. *Ecology* 53: 310-313.

- Brown, J. H., y Z. Zeng. 1989. Comparative population ecology of eleven species of rodents in the Chihuahuan Desert. *Ecology* 70: 1507-1525.
- Brown, J. H., y E. Heske. 1990. Control of a desert-grassland transition by a keystone rodent guild. *Science* 250: 1705-1707.
- Christian, D. P. 1980. Vegetative cover, water resources and microdistributional patterns in a desert rodent community. *Journal of Animal Ecology* 49: 807-816.
- Cole, E. C., W. C. McComb, M. Newton, J. P. Leeming, y C. L. Chambers. 1998. Response of small mammals to clearcutting, burning, and glyphosate application in the Oregon coast range. *Journal of Wildlife Management* 62: 1207-1216.
- Díaz del Cañizo, M. A., G. I. Guzmán-Casado, y A. Lora. 1999. Manejo de flora arvense en sistemas horticolas. Pp. 317-338 *en* Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible (G. I. Guzmán-Casado, M. Gonzalez de Molina, y E. Sevilla-Guzmán, eds.). Editores Mundi-presa, España.
- Ellison, L. E., y C. van Riper III. 1998. A comparison of small-mammal communities in a desert riparian floodplain. *Journal of Mammalogy* 79: 972-985.
- Ferreira, S. M., y R. J. van Aarde. 2000. Maintaining diversity through intermediate disturbances: evidence from rodents colonizing rehabilitating coastal dunes. *African Journal of Ecology* 38: 286-294.

- Fleharty, E. D., y K. W. Navo. 1983. Irrigated cornfields as habitat for small mammals in the sandsage prairie region of western Kansas. *Journal of Mammalogy* 64: 367-379.
- Flores-Valdez, C. A., y C. G. Gallegos-Vazquez. 1993. Situación y perspectivas de la producción de tuna en la Región Centro-Norte de México. CIESTAAM, Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Fox, B. J. 1990. Changes in the structure of mammal communities over sucesional time scales. *Oikos* 59: 321-329.
- Fox, B. J., y M. D. Fox. 2000. Factors determining mammal species richness on habitat islands and isolates: habitat diversity, disturbance, species interactions and guild assembly rules. *Global Ecology Biogeography* 9: 19-37.
- Galindo-Leal, C., y C. J. Krebs. 1997. Habitat structure and demographic variability of a habitat specialist: the rock mouse (*Peromyscus difficilis*). *Revista Mexicana de Mastozoología* 2: 72-89.
- González-Espinosa, M., P. F. Quintana-Ascencio, N. Ramírez-Marcial, y P. Gaytán-Guzmán. 1991. Secondary succession in disturbed *Pinus-Quercus* forests in the highlands of Chiapas, México. *Journal of Vegetation Science* 2: 351-360.
- González-Espinosa, M. 1999. Interacciones entre fenología, elementos bióticos y disturbio por pastoreo en las nopaleras del centro de México. Pp. 242-359 en *Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Memorias del 7^{mo}. Congreso Nacional y 5^{to}. Congreso Internacional* (J. R. Aguirre, y J. A. Reyes, eds.). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.

- González-Espinosa, M. 1982. Seed predation by desert harvester ants and rodents in Central México. Ph. D. thesis, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Gonnet, J. M., y R. A. Ojeda. 1998. Habitats use by small mammals in the arid Andean foothills of the Monte Desert of Mendoza, Argentina. *Journal of Arid Environments* 38: 349-357.
- González-Romero, A. 1995. Cambios en la composición de las comunidades de roedores en relación a los tipos de vegetación y geomorfología en el Pinacate, Sonora, México. *Acta Zoológica Mexicana* 64: 45-58.
- Grenot, C., y V. Serrano. 1981. Ecological organization of the small mammal communities at the Bolson de Mapimi, Mexico. Pp. 89-100 *en* Ecology of the Chihuahuan Desert. Organization of some vertebrate communities (R. Barbault, y G. Halffter, eds.). Man and the Biosphere Program UNESCO, Instituto de Ecología, A. C., México.
- Guo, Q., y W. L. Berry. 1998. Species richness and biomass: dissection of the hump-shaped relationships. *Ecology* 79: 2555-2559
- Gurnell, J., M. Hicks, y S. Whitbread. 1992. The effects of coppice management on small mammals populations. Pp. 213-232 *en* Ecology and management of coppice woodlands (G. P. Buckley, ed.). Chapman and Hall, Great Britain.
- Guzmán-Casado, G., M. Gonzalez de Molina, y E. Sevilla-Guzmán. 1999. La agricultura industrializada en el contexto del neoliberalismo y la globalización. Pp. 21-59 *en* Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible (G. Guzmán-Casado, M. Gonzalez de Molina, y E. Sevilla-Guzmán, eds.). Editores Mundi-presa, España.

- Hecht, S. B. 1987. The evolution of agroecological thought. Pp. 1-20 *en* Agroecology the scientific basis of alternative agriculture (M. Altieri ed.). Westview press. USA.
- Holbrook, S. J. 1979. Habitat utilization, competitive interactions, and coexistence of three species of cricetine rodents in east-central Arizona. *Ecology* 60: 758-769.
- Horn, H. S. 1974. The ecology of secondary succession. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 25-38.
- Huston, M. A. 1994. Biological biodiversity the coexistence of species on changing landscapes. Cambridge University Press, Great Britain.
- Inglese, P. 1999. Plantación y manejo del huerto. Pp. 82-95 *en* Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO de producción y protección vegetal No.132 (G. Barbera, P. Inglese, y E. Pimienta-Barrios, eds.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura, México.
- Jaksic, F. M., S. I. Silva, P. L. Meserve, y J. R. Gutierrez. 1997. A long term study of vertebrate predator response to an El Niño (ENSO) disturbances in western South America. *Oikos* 78: 341-354.
- Kent, M., y P. Coker. 1992. Vegetation description and analysis a practical approach. CRC, USA.
- Krebs, C. J. 1966. Demographic changes in fluctuating populations of *Microtus californicus*. *Ecological Monographs* 36: 239-273.
- Lemen, C. A., y M. L. Rosenzweig. 1978. Microhabitat selection in two species of heteromyid rodents. *Oecologia* 33: 127-135.

- LoBue, J., y R. M. Darnell. 1959. Effect of habitat disturbance on a small mammal population. *Journal of Mammalogy* 40 :425-437.
- Longo, S., y C. Rapisarda.1999. Plagas del nopal. Pp. 106-114 *en* Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO de producción y protección vegetal No.132 (G. Barbera, P. Inglese, y E. Pimienta-Barrios, eds.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura, México.
- Ludwing, J. A., y J. F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology*. John Wiley & Sons, USA.
- Madsen, T., y R. Shine. 1999. Rainfall and rats: climatically-driven dynamics of a tropical rodent population. *Australian Journal of Ecology* 24: 80-89.
- Mares, M. A., y D. F. Williams. 1977. Experimental support for food particle size resource allocation in heteromyid rodents. *Ecology* 58: 454-457.
- McCune, B., y M. J. Mefford. 1999. *Multivariate Analysis of Ecological Data* V.4.10. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon U.S.A.
- McMurry S. T., R. L. Lochmiller, J. F. Boggs, D. M. Leslie, y D. M. Jr., Engle. 1996. Demography and condition of populations of white footed mice (*Peromyscus leucopus*) in late and early sucesional habitats. *Journal of Mammalogy* 77: 335-345.
- Mellink, E. 1985. Agricultural disturbance and rodents: three farming systems in the Sonoran Desert. *Journal of Arid Environments* 8: 207-222.

- Mellink, E. 1991a. Bird communities associated with three traditional agroecosystems in the San Luis Potosi Plateau, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 36: 37-50.
- Mellink, E. 1991b. Rodent communities associated with three traditional agroecosystems in the San Luis Potosi Plateau, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 33: 363-375.
- Mellink, E. 1995. Uso del habitat, dinámica poblacional y estacionalidad reproductiva de roedores en el Altiplano Potosino, México. *Revista Mexicana de Mastozología* 1: 1-8.
- Mellink, E., y M. E. Riojas-López. 2002. Consumption of platyopuntias by wild vertebrates. Pp. 109-123 *en* *Cacti biology and uses*. (P. S. Nobel, ed.). California University Press, U.S.A.
- Meserve, P. L. 1981. Resource partitioning in a Chilean semi-arid small mammal community. *Journal of Animal Ecology* 50: 745-757.
- Mitchell, M. S., K. S. Karriker, E. J. Jones, y R. A. Lancia. 1995. Small mammal communities associated with pine plantation management of Pocosin. *Journal of Wildlife Management* 59: 875-881.
- Moguel, P., y V. M. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13: 11-21.
- O'Farrell, M. J. 1980. Spatial relationships of rodents in a sagebrush community. *Journal of Mammalogy* 61: 589-605.
- Owen, J. G. 1988. On productivity as a predictor of rodent and carnivore diversity. *Ecology* 69: 1161-1165.

Perfecto, I., R. A. Rice, R. Greenberg, y M. E. Van der Voort. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *Bioscience* 46: 598-608.

Petersen, M. K. 1993. Dietary overlap and livestock forage relationships in two species of *Sigmodon* from Durango, Mexico. Pp. 289-299 *en* Avances en el estudio de los mamíferos de México. Publicaciones especiales Vol 1 (R. A. Medellín, y G. Ceballos. Ingleses, eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología A. C., México.

Pimentel, D., D. Wen, S. Eigenbrode, H. Lang, D. Emerson, y M. Karasik. 1986. Deforestation: interdependency of fuelwood and agriculture. *Oikos* 46: 404-412.

Pimienta-Barrios, E. 1990. El nopal tunero. Universidad de Guadalajara, México.

Pollock, M. M., R. J. Naiman, T. A. Hanley. 1998. Plant species richness in riparian wetlands a test of biodiversity theory. *Ecology* 79: 94-105.

Price, M. 1978. The role of microhabitat in structuring desert rodent communities. *Ecology* 59: 910-921.

Price, M. 1984. Microhabitat use in rodent communities: predator avoidance or foraging economics. *Netherlands Journal of Zoology* 34: 63-80.

Price, M., y N. Waser. 1984. On the relative abundance of species postfire changes in a coastal sage scrub rodent community. *Ecology* 65: 1161-1169.

Price, M., y N. Waser. 1985. Microhabitat use by heteromid rodents: effects of artificial seed patches. *Ecology* 66: 211-219.

- Programa de Desarrollo Forestal de Jalisco. 1999. Superficies de recursos forestales del estado de Jalisco. Documento Técnico 21. PRODEFO, México.
- Rangel, M. G., y E. Mellink. 1993. Historia natural de la rata magueyera (*Neotoma albigula*) en el Altiplano Mexicano. Pp. 173-183 en Avances en el estudio de los mamíferos de México. Publicaciones especiales Vol 1 (R. A. Medellín, y G. Ceballos. Ingleses, eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología A. C., México.
- Reice, S. R. 1997. Nonequilibrium determinants of biological community structure. Pp. 156-167 en Exploring ecology and its applications (P. Kareivo, ed.). Sinauer Associates Inc. Sunderland, U.S.A.
- Rosenzweig, M. L., y J. Winakur. 1969. Population ecology of desert rodent communities: habitat and environmental complexity. Ecology 50: 558-572.
- Rosenzweig, M. L. 1971. Paradox of enrichment: destabilization of exploitation ecosystems in ecological time. Science 171: 385-387.
- Rosenzweig, M. L. 1973. Habitat selection experiments with a pair of coexisting heteromyid rodent species. Ecology 54: 111-117.
- Rzedowski, J. 1965. Vegetación del estado de San Luis Potosí. Acta Científica Potosina 5: 5-291.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa, México.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1981. Síntesis Geográfica de Jalisco. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, México.

- Siemann, E. 1998. Experimental test of effects of plant productivity and diversity on grassland arthropod diversity. *Ecology* 79: 2057-2070.
- Smigel, B. W., y M. L. Rosenzweig. 1974. Seed selection in *Dipodomys merriami* and *Perognathus penicillatus*. *Ecology* 55: 329-339.
- Stewart, A. J. A., E. A. John, y M. J. Hutchings. 2000. The world is heterogeneous: ecological consequences of living in a patchy environment. Pp. 1-8 *en* The ecological consequences of environmental heterogeneity (M. J. Hutchings, E. A. John, y A. J. A. Stewart, eds.). Blackwell Science, Great Britain.
- Sullivan, T. P., R. A. Lautenschlager, y R. G. Wagner. 1999. Clearcutting and burning of northern spruce-fir forests: implications for small mammal communities. *Journal of Applied Ecology* 36: 327-344.
- Swift, M. J., y J. M. Anderson. 1994. Biodiversity and ecosystem function in agroecosystems. Pp. 15-41 *en* Biodiversity and Ecosystem Function (E. Schultze, y H. A. Mooney, eds.). Springer-Verlag, Alemania.
- Tilman, D. 1993. Species richness of experimental productivity gradients: how important is colonization limitation?. *Ecology* 74: 2179-2191.
- Toledo, V. M., J. Carabias, C. Mapes, y C. Toledo. 1985. Ecología y autosuficiencia alimentaria hacia una opción basada en la diversidad biológica, ecológica y cultural de México. Siglo Veintiuno, México.
- Utrera, A., G. Duno, B. A. Ellis, R. A. Salas, N. Manzione, C. E. Fulhorst, R. B. Tesh, y J. N. Mills. 2000. Small mammals in agricultural areas of the western llanos of Venezuela: community structure, habitat associations and relative densities. *Journal of Mammalogy* 81: 536-548.

- Valone, T., y J. H. Brown. 1995. Effects competition, colonization and extinction on rodent species diversity. *Science* 267: 880-883.
- Vorhies, C. T., y W. P. Taylor. 1940. Life history and ecology of the white-throated wood rat, *Neotoma albigula albigula* Hartley, in relation to grazing in Arizona. University of Arizona, Agricultural Experiment Station, Technical Bulletin 86: 453-429.
- Walter, H. 1985. Vegetation of the earth and ecological systems of the geobiosphere. Springer Verlag, Alemania.
- Wang, G., Z. Wang, Z. Qingqiang, y W. Zhong. 1999. Relationship between species richness of small mammals and primary productivity of arid and semiarid grasslands in north China. *Journal of Arid Environments* 43: 467-475.
- Waters, J. R., y C. J. Zabel. 1998. Abundances of small mammals in fir forests in northeastern California. *Journal of Mammalogy* 79: 1244-1253.
- Whitford, W. 1976. Temporal fluctuations in density and diversity of desert rodent populations. *Journal of Mammalogy* 57: 351-369.
- Yeaton, R. I., y M. A. Romero. 1986. Organization of vegetation mosaics in the *Acacia schaffneri-Opuntia streptacantha* association, southern Chihuahuan desert, Mexico. *Journal of Ecology* 74: 211-217.
- Zar, J. 1999. Biostatistical analysis. Fourth edn. Prentice Hall, USA.