



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

Composición y estructura del ensamble de roedores en un sistema agrícola de la zona de lomeríos del centro del estado de Tlaxcala

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Presenta

Nombre del Alumno

Juan Antonio Fuentes Tejeda

Codirectores

Dr. Jorge Vázquez Pérez

Dr. Eduardo Felipe Aguilera-Miller

Tlaxcala, Tlax.

enero, 2023



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

Nombre de la Tesis

Composición y estructura del ensamble de ratones en un sistema agrícola y en un sitio de vegetación original de la zona de lomeríos del centro del estado de Tlaxcala

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

P r e s e n t a

Juan Antonio Fuentes Tejeda

Comité Tutorial

Codirectores

Dr. Jorge Vázquez Pérez

Dr. Eduardo Felipe Aguilera Miller

Tutores

Dra. Bárbara Cruz Salazar

Dr. Amando Bautista Ortega

Hoja de financiamiento

El trabajo de campo del presente proyecto se llevó a cabo en el municipio de San Felipe Ixtacuixtla, Tlaxcala. El trabajo de laboratorio se efectuó en las instalaciones del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, el cual es Unidad Periférica del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM. Apoyo recibido por CONACYT beca (1107778)

Al Fondo Sectorial de Investigación SRE-CONACYT por el financiamiento recibido para el proyecto “Análisis de la conectividad funcional entre los Parques Nacionales La Malinche e Iztaccíhuatl-Popocatepetl e identificación de áreas prioritarias para la conservación” con número 286794. Al Cuerpo Académico UATLX-CA- 227 “Ecología y conducta animal en ambientes naturales y antropizados.”

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, al Centro Tlaxcala Biología de la Conducta.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el otorgamiento de la beca 1107778, al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UATx

A mis directores de tesis Jorge Vázquez y Eduardo Felipe Aguilera por haber recibido a este estudiante y haberlo apoyado de manera extraordinaria en este breve y rocoso pero muy bonito paso por la maestría en ciencias biológicas, muchas gracias por todas sus enseñanzas, tiempo invertido, regaños y momentos bonitos compartidos.

A la Doctora Luisa, a la doctora Minerva y al doctor Fernando por apoyarme y guiarme en mi paso por la maestría, muchas gracias.

Gracias a todos los doctores antes mencionados por aceptarme en su muy selecto equipo de trabajo.

A mis compañeros de laboratorio Kike, Jorge y Hanz por hacer más amenos los días en el lab, gracias a todos los anteriores mencionados ya que sin ustedes el trabajo de campo hubiera sido tedioso y aburrido.

A mis asesores de tesis el doctor Amando y la doctora Barbara por las observaciones sugeridas en el transcurso de la elaboración de esta tesis de maestría, muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL

A mi familia por estar siempre conmigo, apoyándome en todos los sentidos y brindándome su apoyo incondicional. En particular a mis padres que siempre (Maria y Antonio) han estado a mi lado en los momentos difíciles y me han ayudado a salir de estos con amor, sus consejos y paciencia.

A mi hermana Fátima que gracias a su gran ejemplo no me puedo dar el lujo de quedarme estancado y siempre tratar de superarme. También porque me dio una sobrina bien bonita pero latosa Dany, que, aunque me haga enojar, siempre voy a estar super feliz de verla. También cabe mencionar a mi cuñado Juan, que sé que puedo contar con su apoyo y amistad.

A mi abuelita Loreto que, aunque ya no está en este plano terrenal siempre me dio grandes enseñanzas y sé que donde quiera que esté siempre me está cuidando.

A mi abuelita Eulalia la cual me ha enseñado que por más difícil que sea una situación el punto es tratar de perseverar.

A mi novia Leslie que siempre me ha apoyado de manera incondicional en todas mis decisiones y me motiva en esos días difíciles y me brinda su amor.

A mi entrenador y gran amigo el Doctor Arturo Olvera por los consejos, la disciplina y todo el apoyo que me ha brindado.

A mis amigos que me mostraron un panorama diferente de las cosas en especial a Kevin Ignacio por convencerme de estudiar la maestría. A Carlos Noda, Eldher, Edgar, Pancho, Erick Palma por su amistad y todas las vivencias juntos.

Resumen

Estudiar los ensambles de ratones permite entender la coexistencia entre especies, así como la dinámica de sus poblaciones en relación con las variaciones de la estructura de la vegetación. La heterogeneidad de la vegetación influye en la distribución espacial de los componentes del ensamble por lo que los cambios en el uso de suelo, como la agricultura, favorece a la discontinuidad de la vegetación que se correlaciona con cambios en las poblaciones. Ya que aún no se conoce bien cómo varía la composición de los ensambles a lo largo del tiempo en zonas agrícolas respecto a áreas naturales. En el presente estudio se describen y comparan los atributos del ensamble (diversidad, dominancia y equitatividad, por medio de los índices de Shannon, Simpson y Pielou), de ratones en un sitio de sistema agrícola (SA) y en uno con vegetación original (VO) a lo largo de un ciclo anual. Además, se evalúa la influencia de las variaciones de la vegetación de ambos sitios sobre el ensamble de roedores, por medios de los índices mencionados anteriormente haciendo una correlación con los componentes principales de la vegetación en este caso la vegetación original. El estudio se realizó en la zona de lomeríos del centro del Estado de Tlaxcala. Los sitios (SA y VO) están separados por 3 km y en cada sitio fueron establecidos seis polígonos (250 m² cada uno), separados por al menos 200 m. Se realizaron capturas con trampas Sherman durante tres noches consecutivas, cada dos meses, hasta completar seis muestreos a lo largo de 2021. Se obtuvo la abundancia de cada zona al identificar las especies de ratones y cuantificar los individuos por especie hubo. Lo cual nos dio un total de 176 ratones de seis especies. En SA, 75 ratones de tres especies (*Heteromys irroratus*, *Mus musculus* y *P. mexicanus*), en VO se capturaron 101 ejemplares pertenecientes a cuatro especies (*Peromyscus mexicanus*, *Peromyscus P. maniculatus*, *Peromyscus P. gratus* y *Reithrodontomys megalotis*) y la abundancia relativa en VO fue similar a lo largo del año, sólo al final hubo una disminución en las poblaciones principalmente en *P. gratus* y *P. maniculatus*.} En SA, *H. irroratus* fue el más abundante respecto a las otras especies que se encontraron de forma esporádica a lo largo del año. La cobertura vegetal fue constante en VO, mientras que, los cambios temporales de los cultivos marcaron la dinámica en SA. Después de realizar un análisis de componentes principales se determinó que la variable que más influye a la composición del ensamble ósea (PC1) es la cobertura vegetal general, con lo cual podemos

constatar que las variaciones en las características de la vegetación parecen influir en la composición y estructura del ensamble de roedores, lo cual fue confirmado con las regresiones entre la cobertura vegetal general y los índices (diversidad, dominancia y equidad). Este estudio evidencia la modificación de ciertas propiedades de los ensambles ante perturbaciones ambientales como consecuencia de prácticas humanas como la agricultura.

Palabras clave: variación de la estructura vegetal, propiedades del ensamble, pequeños mamíferos, perturbación, sitios conservados.

Glosario de términos.

ABIÓTICO: Elemento o sustancia constituyente del sustrato o medio físico, formado por compuestos inorgánicos y orgánicos básicos, junto con minerales y aleaciones que se encuentran formando la tierra, el agua o el aire.

ABUNDANCIA: Indica el número de individuos presentes en un hábitat determinado. Se relaciona con los términos de densidad y dominancia, puesto que ocupa el primer nivel de clasificación no paramétrica en la escala de frecuencias (i.e. abundante, frecuente, común, escaso y raro).

ABUNDANCIA ABSOLUTA: Cantidad precisa, contada, de individuos de esa especie con respecto al total de la población censado en un área determinada.

ABUNDANCIA RELATIVA: Cantidad proporcional, calculada, de los individuos de esa especie con respecto al porcentaje observado de la población en esa área.

ADAPTABILIDAD: Capacidad de acomodación de un elemento en un sistema nuevo y extraño. Es el potencial para la adaptación.

ADAPTACIÓN: Proceso de cambios graduales resultante de las limitaciones ambientales sobre los paisajes naturales y la variación entre los individuos de la población o comunidades que lo habitan.

BIODIVERSIDAD: La totalidad de genes, de especies y de ecosistemas de cualquier área en el planeta

BIÓTICO: Relativo a los seres vivos.

DINÁMICA DE POBLACIONES: Proceso intrínseco de mantenimiento de los niveles numéricos adecuados para la permanencia poblacional, alrededor de fluctuaciones grandes y pequeñas de acuerdo con las características

DINÁMICA VEGETACIONAL: Procesos intrínsecos de renovación y mantenimiento de diversidad de especies en las comunidades de plantas que responden a los cambios del medio ambiente e incluyen los procesos de sucesión, composición florística inicial, tolerancia, inhibición y competencia.

DIVERSIDAD: Propiedad ecológica que se presenta gracias a la existencia de elementos diferentes (e.g. distintas especies, diferentes regiones, varios tipos de hábitat, diversos ambientes) en el tiempo y espacio.

DIVERSIDAD ECOLÓGICA: Cualidad de los ecosistemas en los que la variabilidad de los elementos puede ser expresada con relación al área que ocupa y a un gradiente de asociación o de ensamblaje de elementos subordinados (sensu Whittaker). existen 3 niveles de diversidad, a saber:

- Alfa diversidad: (o diversidad de especies) que se relaciona al número de especies que ocupan un lugar determinado en una comunidad homogénea.
- Beta diversidad: es la tasa de cambio en especies de dos comunidades vegetales adyacentes la cual refleja la diferencia de composición de las dos comunidades y en última instancia la heterogeneidad del paisaje.
- Gama diversidad: (o diversidad regional) es la diversidad intrínseca de un paisaje, e integra las componentes alfa y beta de la diversidad. Estima la variedad de especies en una zona determinada, incluyendo todas las comunidades que se encuentran en ella.

DOMINANCIA: Una de las escalas de frecuencia utilizada para describir la presencia constante de un elemento en el sistema.

ESTRUCTURA DEL ENSAMBLE: Número de ejemplares por especie.

ESTRUCTURA DEL HÁBITAT: Relacionado a la localización espacial y temporal de los recursos naturales y otros elementos del paisaje en un hábitat determinado. La estructura del hábitat del bosque, por ejemplo, en estratos que se localizan en capas verticales, desde la subsuperficial (belowground), superficial (aboveground), comprendiendo el rastrero, el herbáceo y el arbustivo (understory), de troncos (overstory) y de las copas (canopy) de los árboles, el estrato emergente (emergent layer) hasta el estrato suspendido (forb layer) de las epífitas.

EQUIDAD DE PIELOU: Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes.

ESPECIES GENERALISTAS: Especies colonizadoras, oportunistas; poseen mayor tasa reproductiva. Los cuales invaden nuevos lugares o sitios alterados.

HETEROGENEIDAD VEGETAL: Es la distribución espacial de las poblaciones de plantas en respuesta a la variación de los factores ecológicos que afectan el crecimiento, la supervivencia y la reproducción, y que actúan seleccionando cuáles especies pueden vivir en un sitio dado.

HOMOGENEIDAD DEL PAISAJE: Propiedad del paisaje según la cual las tesselas de la matriz son similares, por lo tanto, el patrón es único y la pauta repetitiva del paisaje es monótona. En general, los paisajes homogéneos carecen de disturbios y sus elementos son coetáneos.

PERTURBACIÓN: Cualquier evento relativamente discreto en el tiempo que causa perturbación en la estructura del ecosistema, la población o la comunidad, que cambia los recursos, la disponibilidad de sustrato o el medio físico. Los disturbios de menor intensidad son perturbaciones y los disturbios de mayor intensidad son catástrofes.

TESELAS. TESSELAS. Mosaico o complejo de pequeñas manchas de vegetación que forman el paisaje, consideradas estas como partes o piezas elementales del paisaje. Su nombre proviene del latín, y hace referencia a las piezas que empleaban los romanos para formar los pavimentos del mosaico.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	9
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. HIPÓTESIS	10
6. OBJETIVOS	11
6.1 General.....	11
6.2 Específicos	11
7. METODOLOGÍA	12
7.1 Sitios de estudio	12
7.2 Determinación de la estructura de vegetación	14
7.3 Familias de estudio.....	15
7.3.1 Familia Cricetidae	15
7.3.2 Familia Heteromyidae	16
7.4 Muestreo y captura de ratones	17
7.5 Análisis de datos	17
8. RESULTADOS	19
8.1 Estructura de la vegetación en el sistema agrícola y de vegetación original	19
8.2 Atributos del ensamble de ratones en la zona agrícola y de vegetación original	
31	
8.2.1 Riqueza de especies y abundancia general de ratones	31
8.2.2 Variación de la abundancia relativa de ratones entre muestreos de la zona agrícola y de vegetación original.....	37

8.2.3 Atributos del ensamble de ratones a lo largo del año en la zona agrícola y de vegetación original	41
8.3 Relación entre los atributos del ensamble de ratones y la estructura de la vegetación en la zona agrícola y de vegetación original.....	44
8. DISCUSIÓN	47
10. CONCLUSIONES.....	55
11. PERSPECTIVAS	56
12. REFERENCIAS	57

1.

2. INTRODUCCIÓN

Las comunidades ecológicas son asociaciones de poblaciones de distintas especies cuyas características físicas y sociales están influenciadas por las interacciones entre las poblaciones y el medio físico que habitan (Ricklefs y cols., 2000). Las interacciones ecológicas que se desarrollan en la comunidad se ven altamente afectadas por el hábitat en el que se están desarrollando, lo que está relacionado a su vez, con la cantidad y calidad de recursos disponibles (Courtalon y cols., 2003). En las comunidades, definimos como ensamble, al conjunto de especies relacionadas filogenéticamente de manera estrecha, que habitan en un tiempo y lugar determinado, explotan un mismo recurso y que se interrelacionan de alguna forma (Ramírez y cols., 2016). Dichos ensambles representan subconjuntos de diversidad regional (Zalapa y cols., 2012) y que pueden variar espacial y temporalmente dependiendo de los factores bióticos y abióticos que los rodean (Zalapa y cols., 2012). Además de que están determinados por los recursos disponibles y por la competencia interespecífica por tales recursos (Zalapa y cols., 2012). La composición y estructura de los ensambles puede variar debido, incluso, a pequeños cambios en el hábitat, los que pueden afectar la abundancia, diversidad y composición de algunas poblaciones de distintas especies (Laurence y cols., 1991; Malcom y cols., 2000). Los cambios en el hábitat pueden responder a perturbaciones ambientales que impactan en la estructura y composición de la vegetación y que a su vez alteran la capacidad de carga de los ecosistemas, es decir el tamaño máximo poblacional que el ambiente, en términos de alimento y cobertura vegetal, puede soportar (Hui, 2006). Dichas alteraciones pueden ser causadas por perturbaciones naturales (incendios o erosión), sin embargo, en la actualidad, las perturbaciones ambientales más frecuentes, se deben a las actividades humanas como la agricultura (Torre, 2004).

Una de las perturbaciones humanas más notable en los ambientes naturales es la causada por el cambio de uso de suelo, principalmente donde los suelos son empleados para la producción agrícola. Durante las últimas décadas, los agricultores han adoptado estrategias que a gran escala están alterando el ecosistema original (tala de bosques, siembra de granos como

maíz, incendios o pastoreo) al degradarlo y propiciar la fragmentación de la vegetación nativa (Gliessman, 2002). La discontinuidad de la vegetación se correlaciona con cambios significativos en diferentes comunidades ecológicas entre las que se incluyen los ensambles de pequeños mamíferos, los que sufren cambios en la composición de sus especies y de sus abundancias (Williams y cols., 1998). Además, al ser la vegetación la que define la estructura de las comunidades terrestres, las complejas redes de interacciones ecológicas directas e indirectas que se forman en las comunidades ecológicas, se verán modificadas (Smith y Smith, 2007). Las actividades agrícolas también modifican el desempeño y comportamiento de los individuos e incluso diversos procesos ecológicos que incluyen desde la dinámica de las poblaciones hasta la composición de los ensambles (Vandermeer y Perfecto, 1995).

Es bien conocido que poblaciones de mamíferos pequeños distribuidas en áreas con ausencia de perturbaciones, se pueden regular por sí mismas, lo cual contrasta con aquellas poblaciones encontradas en hábitats que presentan perturbaciones las cuales presentan una alta dominancia (Linzey y cols., 2012). En los ensambles de ratones de sitios con ausencia de perturbaciones son notorios los cambios en la abundancia a lo largo de las temporadas climáticas donde es posible observar incrementos de dichas abundancias durante la temporada de lluvias, mientras que durante la de seca ocurre una reducción (Flores y Vázquez, 2016).

No sólo la abundancia de las especies parece ser modificada a lo largo del tiempo, propiedades de los ensambles como la dominancia de las especies y su diversidad también sufren fluctuaciones, aparentemente por variaciones en la abundancia de las especies dominantes (Polop y cols., 2014). En cuanto a los roedores de zonas perturbadas, hay evidencias de la pérdida de diversidad y elevada dominancia de especies plaga o exóticas (como el roedor múnido *Mus musculus*) comparado con sitios con reducida perturbación (Nyirenda y cols., 2020). Además, se ha logrado detectar que tanto la riqueza y diversidad de especies como la uniformidad es reducida en zonas perturbadas lo que muestra una elevada dominancia de algunas especies (Wilson y cols., 2004).

A pesar de que se siguen manteniendo especies nativas, en las zonas perturbadas, hay sustitución de especies que parecen ser más tolerantes a los ambientes perturbados (Wilson y cols., 2004). A pesar de la presencia de estudios de los efectos de la perturbación sobre la estructura de las comunidades ecológicas, poca información ha sido generada para identificar

cómo la estructura y composición de especies de los ensambles varía a lo largo del tiempo y si es diferente entre zonas con perturbaciones ambientales en relación a sitios con baja intensidad o sin presencia de dichas perturbaciones.

En el Estado de, gran parte del área geográfica ha sido empleada para la producción agrícola, principalmente de temporal y mediante técnicas de cultivo tradicionales (INEGI, 2009). Además, una gran parte de las áreas agrícolas, son encontradas en lugares que aún están en contacto o bordeadas por relictos de vegetación original (Rojas-Rabiela 1991), hay registros de que en tales parches de vegetación han sido registradas diversas especies de micromamíferos (Moore y cols., 2003). Tales características brindan la oportunidad de determinar si la composición y estructura de los ensambles conformados por ratones, varían a lo largo del año de forma distinta entre el sistema agrícola y áreas con vegetación original.

3. ANTECEDENTES

Un rasgo de central importancia en el entendimiento de las dinámicas poblacionales y ecológicas de pequeños mamíferos es el que se refiere a la vegetación y su estructura. Dependiendo del área geográfica, los gradientes de factores climáticos como temperatura y precipitación dan como resultado variación en la estructura vegetal local, lo que frecuentemente se ha correlacionado con la diversidad faunística (Chesson, 2000; Tews y cols., 2004). De hecho, existen correlaciones positivas entre la complejidad estructural de la vegetación y la diversidad de especies evidenciadas ampliamente (*e.g.* MacArthur y MacArthur, 1961; Fischer y cols. 2006). Polop y cols., (2014) muestrearon las poblaciones de roedores en cuatro tipos de hábitat de la Patagonia: matorrales, bosques, pastizales y áreas peri domésticas (áreas aledañas a casas), encontrando que la riqueza de especies varió entre hábitats y estaciones. Identificaron que las diferencias en la riqueza y diversidad de especies en el ensamble de roedores entre diferentes hábitats parecen estar relacionadas con la estructura y composición de la vegetación y con la perturbación antropogénica. Finalmente, atribuyen, también, que la riqueza de especies puede estar determinada por las interacciones ecológicas, así como por la historia evolutiva y biogeográfica del área de estudio.

Se espera que una alta diversidad de elementos estructurales en la vegetación provea un conjunto de recursos que mantenga un mayor número de especies (Tews y cols., 2004; Sukma y cols., 2019). El establecimiento de áreas destinadas a la agricultura modifica de manera sustancial los bioprocesos, los patrones naturales de las poblaciones, la estructura del paisaje y vegetación, así como la composición de los ensambles de animales (Robinson y Sutherland, 2002). Los sistemas agrícolas son considerados paisajes altamente impactados, caracterizados por mosaicos heterogéneos de hábitats con inestabilidad espacial y temporal (Gardner, 1996) y por una significativa reducción de la cantidad y calidad de las áreas naturales circundantes (Benton y cols., 2003). A pesar de estas condiciones, algunas especies se benefician a partir de tales cambios en el uso de suelo, como los generalistas, mientras que otros, como los especialistas (Butler y cols., 2007), se ven afectadas negativamente, por ejemplo, en su distribución, Newbold y cols., 2015; o resultando en el declive de su diversidad local, Benton y cols., 2003). Sin embargo, el grado en que una especie se verá afectada, dependerá también de las diferencias que existan entre el hábitat original y el resultante.

Algunas especies de mamíferos pequeños se han adaptado a sobrevivir en ambientes agrícolas y a menudo representan un elemento importante del ecosistema, ya que pueden afectar significativamente la diversidad de los niveles tróficos superiores (Moore y cols., 2003; Gentili y cols., 2014). Elementos poblacionales como la abundancia, riqueza y diversidad pueden ser sensibles a cambios en el ambiente y su variación nos puede dar luz en el entendimiento de la dinámica del impacto antrópico a escala local y global. De acuerdo con lo reportado por Rosenzweig y cols. (1969), se encontró que las diferencias en riqueza y diversidad de roedores de dos regiones áridas de Arizona están relacionadas con la complejidad de la vegetación, lo que nos indica que los hábitats estructuralmente simples, como son los pastizales y las áreas peridomésticas tienen menos especies (Rosenzweig y cols., 1969). La menor diversidad de especies podría deberse a cambios antropogénicos en el hábitat como lo sugieren Ostfeld y cols., (2000).

Ciertos estudios han evidenciado una tendencia de mayor riqueza y diversidad en paisajes cultivados con menor intensidad. Por ejemplo, Millán de la Peña y cols. (2003) describieron que la intensificación agrícola no afectó la riqueza de especies, sino que tuvo un efecto sobre la diversidad de especies, con especies raras y especialistas del hábitat siendo negativamente influenciadas y las especies generalistas del hábitat siendo favorecidas. Silva y cols. (2005) observaron que la complejidad estructural de los paisajes en términos de la cobertura de los parches de vegetación resultantes estuvo positivamente correlacionada con una mayor riqueza de pequeños mamíferos, mientras que la diversidad se encontró positivamente correlacionada con las características del microhábitat. No obstante, no todos los estudios demostraron que ambas, riqueza y diversidad, se ven afectadas por la intensificación de actividades agrícolas. En su estudio, Michel y cols. (2006), identificaron que en áreas donde las actividades agrícolas son relativamente homogéneas, la diversidad se vio afectada negativamente por el creciente nivel de intensificación del uso de la tierra agrícola. Sin embargo, este patrón no fue descrito para la riqueza de especies. Adicionalmente, un estudio realizado en diferentes sistemas agrícolas (González, 2011; González y cols., 2017), concluyó que cada tipo de sistema tiene asociado un ensamble de roedores distinto, que puede estar caracterizado tanto por especies presentes únicamente en ciertas subregiones como por especies

comunes en toda la región. Posiblemente tales contrastes se deben al cambio de uso de suelo o a la intensidad en que es manejado.

En México, los bosques templados y de altitud intermedia, como los de encino (*Quercus sp.*) y pino (*Pinus sp.*) y sus asociaciones, sobresalen por su riqueza y densidad de roedores (Galindo y Krebs, 1997; Brown 2001; Sánchez-Cordero 2001; Mena, 2004); asimismo, tal patrón se repite en ambientes similares, en otras partes del planeta (McCain 2004). Dichos atributos son causa de complejos procesos biogeográficos, geológicos y climáticos a los que han estado expuestos los taxa distribuidos en el Centro de México, en específico, en aquellas localidades ubicadas en la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM; Mastretta-Yanes y cols., 2015). La actividad volcánica transformó el área durante el Pleistoceno, dando lugar a la coocurrencia de cambios climáticos y topográficos (Mastretta-Yanes y cols., 2015), lo que propició el mosaico de hábitats y microclimas presente en la región. Existe una teoría muy interesante que propone respuestas positivas de diversidad de especies a la diversidad estructural de la vegetación en sistemas menos productivos, porque los suministros limitados de energía y recursos impiden el dominio competitivo de ciertas especies, como en el caso de los sistemas boscosos (Huston, 2004). Estudios sobre la composición y estructura de los ensambles de ratones en estos mismos hábitats, evidencian que la organización espacial, la distribución y coexistencia intra e interespecífica, se encuentran determinadas por diferencias morfológicas y por el gremio trófico (Aragón y cols., 2009).

Los roedores son mamíferos pequeños que se han adaptado con éxito a una amplia diversidad de ecosistemas y, por ende, se han diversificado en una compleja variedad de formas que se distribuyen por casi todo el planeta, excepto en los polos. Con sus 2,277 especies, el orden Rodentia destaca por ser el grupo más diverso de mamíferos, ya que representa al 42% de la mastofauna a nivel mundial (Carleton y Musser, 2005). Tal diversidad se ve reflejada en México, donde la riqueza de roedores es de alrededor de 232 especies, lo cual corresponde casi a la mitad (49%) del total de mamíferos terrestres del país (Ramírez-Pulido y cols., 2005). En el Estado de Tlaxcala, existe importante presencia de roedores. En el Estado se distribuyen las familias Heteromyidae, con 3 géneros (*Dipodomys*, *Heteromys* y *Perognathus*), Sciuridae (*Glaucomys*, *Ictidomys*, *Otospermophilus*, *Sciurus*), Geomyidae (*Cratogeomys*) y Cricetidae, la

cual está conformada por 7 géneros (*Microtus*, *Baiomys*, *Neotoma*, *Neotomodon*, *Peromyscus*, *Reithrodontomys* y *Oryzomys*) con una amplia distribución (Lara y cols., 2015).

Particularmente, se ha evidenciado que los ensambles de ratones del Parque Nacional La Malinche (PNLM) están conformados de acuerdo con el grado de perturbación ambiental del sitio de muestreo (Hernández, 2018). Los principales problemas que enfrenta el PNLM es el cambio de uso de suelo por la agricultura y extracción inmoderada de recursos naturales, entre otros, lo que ha ocasionado el deterioro de la estructura vegetal, el avance de la erosión, la pérdida de biodiversidad y en general, fragmentación de hábitat y un deterioro ecológico grave (Corona, 2005). Sin embargo, se desconoce si la dinámica de la composición y estructura de los ensambles reportados para el PNLM, puedan presentar un patrón similar en sitios destinados a la producción agrícola, en el centro del Estado de Tlaxcala.

A pesar de la importancia ecológica de los ratones, las investigaciones realizadas en México se han centrado en especies individuales o en inventarios básicos de especies (Sánchez y cols., 2003) y los estudios de ensambles se realizan, principalmente, en ambientes desérticos (Zalapa y cols., 2012). De acuerdo con el estudio realizado por Vázquez (2012) sobre la distribución de una población de roedores alrededor de madrigueras la rata canguro (*Dipodomys merriami*), se encontró que la heterogeneidad de la vegetación puede influir en la distribución espacial a nivel local. En este contexto, sería de gran interés el entender cómo diversos atributos de los ensambles de pequeños mamíferos como diversidad, dominancia y equitatividad varían en respuesta al nivel de impacto antropogénico en el ambiente (*e.g.* agrosistemas), a la temporalidad y a la estructura de la vegetación.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo varía la estructura y composición del ensamble de roedores de un sistema agrícola con respecto al de una zona con vegetación original a lo largo del año?

5. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de este trabajo permite describir la estructura y composición del ensamble de ratones en sitios con presencia de vegetación original y con presencia de cultivos de temporal en la zona de lomeríos del centro del Estado de Tlaxcala a lo largo de un año. La información obtenida de tal descripción permitirá relacionar las variaciones temporales de la estructura vegetacional con la composición taxonómica y fluctuaciones poblacionales de los ratones presentes en sitios de vegetación original y con presencia de cultivos. Así se podrá conocer de manera más puntual, el efecto que tiene el cambio de uso de suelo, en las poblaciones naturales de ratones. Al mismo tiempo, se podrá saber qué especies son más susceptibles al cambio de uso de suelo con fines agrícolas.

6. HIPÓTESIS

Dado que la estructura de la vegetación en las zonas agrícolas cambia significativamente a lo largo del año y de forma distinta que las zonas con vegetación original, la composición y estructura de los ensambles de ratones tendrán variaciones a lo largo del año más evidentes en las zonas agrícolas que en las zonas con vegetación original.

7. OBJETIVOS

6.1 General

Determinar la composición y la estructura del ensamble de ratones en dos zonas con características distintas, una zona de sistema agrícola y una zona remanente de vegetación original en la zona de lomeríos del centro del Estado de Tlaxcala, en el transcurso del ciclo anual 2021.

6.2 Específicos

* Determinar los elementos de la estructura vegetal en una zona dentro del sistema agrícola y una dentro de la vegetación original a lo largo del año.

* Determinar la composición taxonómica y la estructura del ensamble de roedores en una zona dentro del sistema agrícola y una dentro de la vegetación original a lo largo del año.

*Evaluar la influencia de las variaciones anuales de la vegetación, en una zona dentro del sistema agrícola y una dentro de la vegetación original, sobre la composición y estructura de los ensambles de ratones.

8. METODOLOGÍA

7.1 Sitios de estudio

Los sitios donde se realizó el estudio se encuentran en las localidades de San Felipe Ixtacuixtla y San Marcos Jilotepec, comunidades del municipio de San Felipe Ixtacuixtla en el Estado de Tlaxcala. El uso del suelo en la comunidad de San Felipe Ixtacuixtla está dividido de la siguiente manera: 53% destinado a la agricultura, 16% representado por bosque, 16% representado por pastizales y 15% representado por viviendas y edificaciones de uso humano (INEGI, 2009). La temperatura media anual oscila entre los 12° y 16° C (INEGI, 2017). Cuenta con un intervalo de precipitación anual de 800 a 1000 mm, con un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano, alcanzando una mayor humedad promedio de hasta el (75%) y templado subhúmedo con lluvias en invierno, alcanzando una humedad promedio del (25%) (INEGI, 2009). (Figura 1).

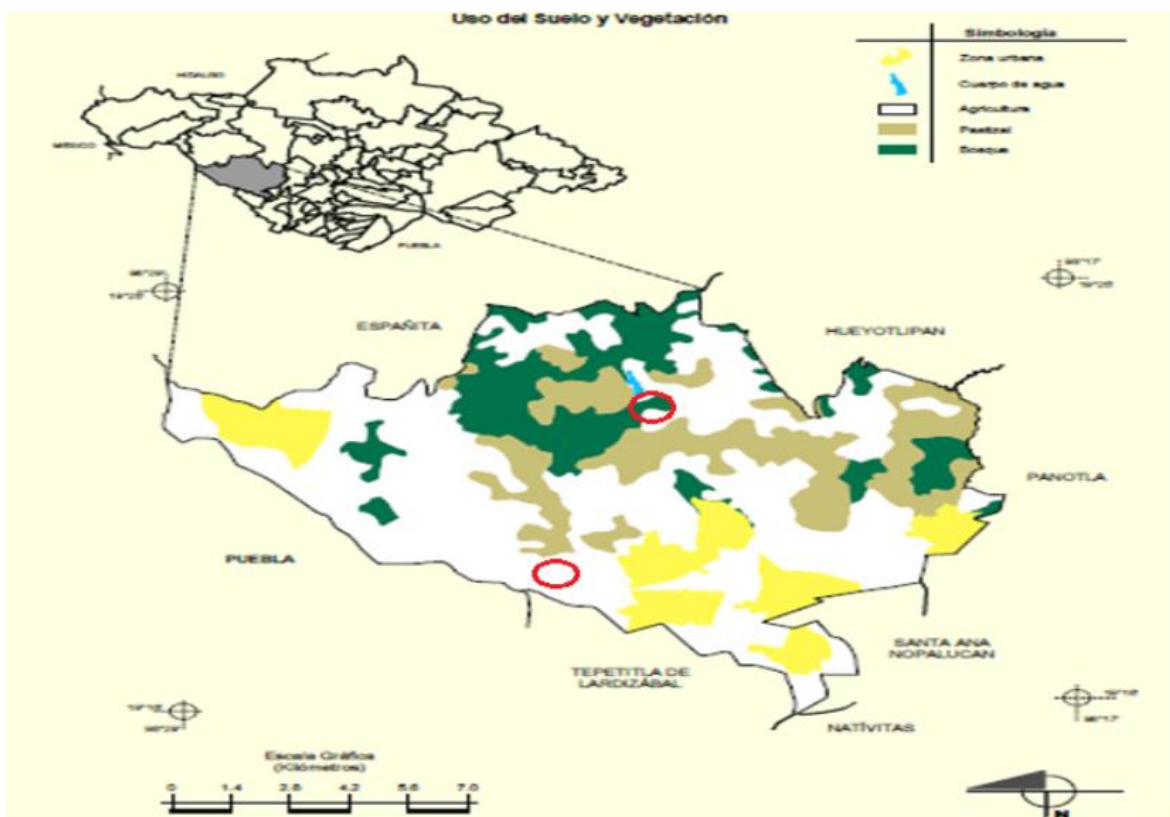


Figura 1. Mapa del municipio de Ixtacuixtla, los círculos rojos representan las dos zonas de muestreo, La zona de sistema agrícola se encuentra en la parte blanca que representa zonas de agricultura y para la zona de vegetación original se encuentra en la zona verde del mapa que representa bosques (INEGI, 2009).

El sitio correspondiente al sistema agrícola (SA) se ubica en San Felipe Ixtacuixtla, (19.344653° N -98.385549° W) a una altitud de 2233 msnm. La zona está constituida por cultivos agrícolas de temporal, principalmente maíz, aunque también se encuentra un bosque fragmentado de *Quercus sp.* y *Eucalyptus globulus* (INEGI, 2017, Figura 2).



Figura 2. Zona de sistema agrícola con seis sitios de muestreo localizados satelitalmente (Google hearth pro).

El sitio correspondiente a la vegetación original (VO) se ubica en San Marcos Jilotepec, (19.381617° N -98.381917° W), a una altitud de 2520 msnm. Esta es una propiedad privada de aproximadamente 38,26 ha de las cuales 25 se han mantenido en buen estado de conservación desde 1985 que se tiene registro a partir de una foto satelital. Presenta vegetación arbórea de *Quercus laurina*, *Arbutus xalapensis*, *Acacia sp.* y pastizales conformados por diversas especies (INEGI, 2017, Figura 3).

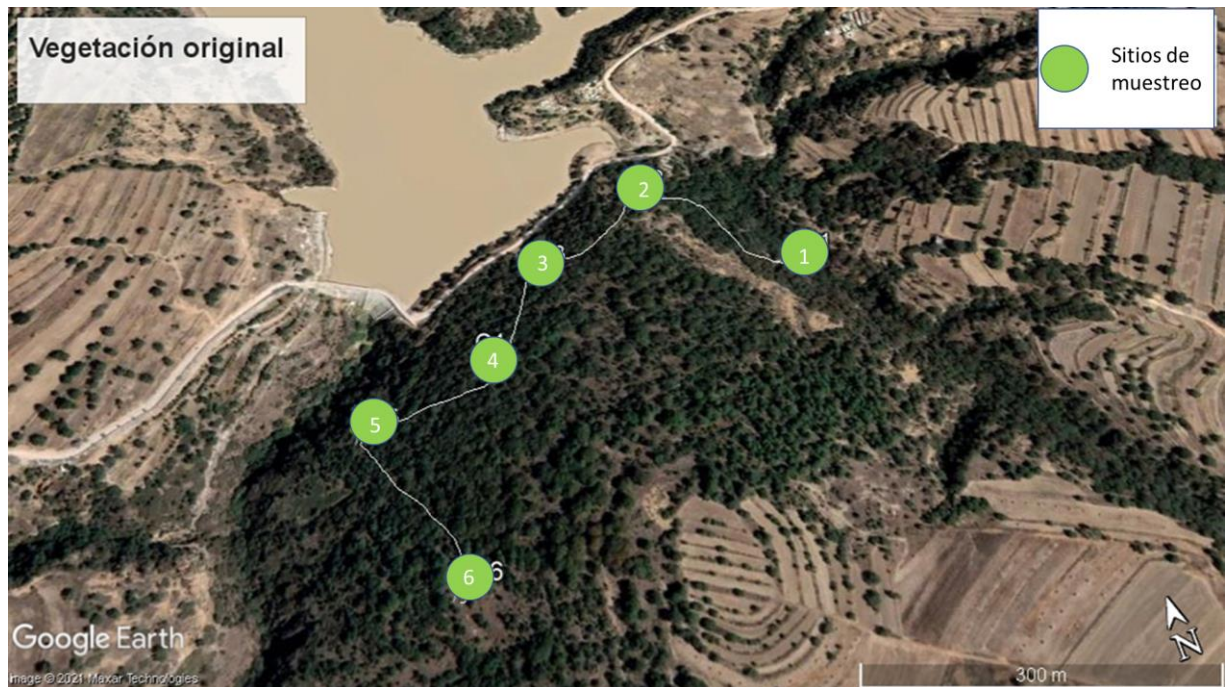


Figura 3. Zona de vegetación original y sus seis puntos de muestreo localizados satelitalmente (Google earth pro).

Dentro de cada sitio de muestreo se establecieron seis transectos de 100 m lineales cada uno y separados uno del otro por 200 m, con el fin de evitar recapturas cruzadas. En dichos transectos se colocaron las trampas para la captura de los ratones. El método se detalla más adelante.

7.2 Determinación de la estructura de vegetación

Para la descripción de la estructura vegetal se consideraron algunas características de la vegetación, las cuales se describen a continuación: la vegetación se dividió en grupos específicos como herbáceas y arbustos. Con la finalidad de determinar la cobertura vegetal de las dos categorías se realizaron muestreos en cuadrantes de 1×1 m para el herbáceo y de 5×5 m para el arbustivo. Para el herbáceo consiste en colocar dos cuadrados de 1×1 , sobre la vegetación, al principio y final del transecto de trampas y por medio de la superficie cubierta se determinó el porcentaje de cobertura vegetal en los dos cuadrantes de 1×1 posterior a esto se promediaron ambos resultados para así poder obtener el porcentaje de la cobertura vegetal general, para el porcentaje de cobertura monocotiledónea y dicotiledónea se realizó el mismo

procedimiento pero en este caso se calculó la densidad de monocotiledóneas y dicotiledóneas pudiendo sacar del 100% de la cobertura el porcentaje de monocotiledóneas y el porcentaje de dicotiledóneas dentro del cuadrante las cuales nos dieron dos resultados, estos dos resultados al final se promediaron y así pudimos obtener el porcentaje de monocotiledóneas y dicotiledóneas, vegetación seca y verde. Las alturas mínimas y máximas se obtuvieron midiendo las herbáceas más altas y bajas dentro del cuadrante para posteriormente promediar esos resultados y obtener la altura promedio. Aunado a la cobertura vegetal del estrato herbáceo, también se estimó el porcentaje de vegetación arbustiva en la cual se utilizaron cuadrantes de 5 × 5 m, en los cuales se repitió lo mencionado anteriormente pero enfocado a vegetación arbustiva (Figura 4).

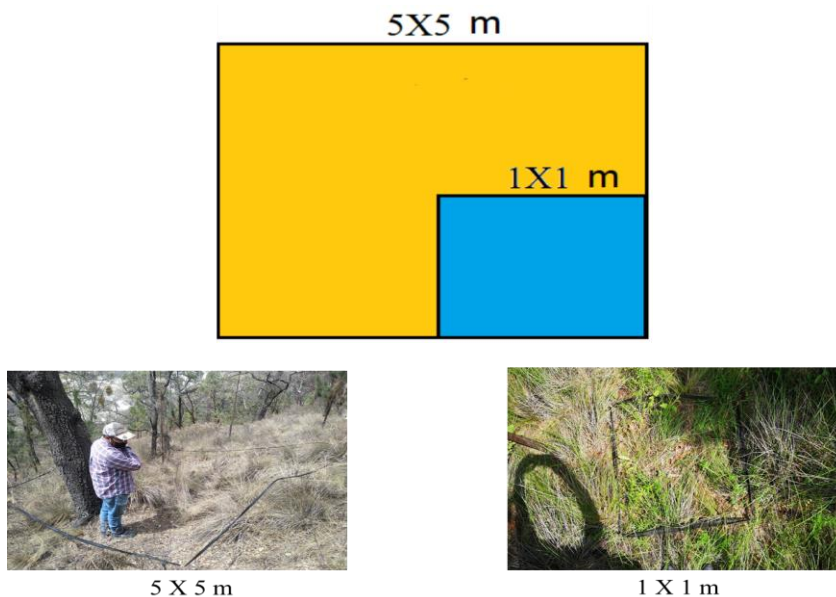


Figura 4. Cuadrantes ocupados para medir vegetación cinco por cinco para medir vegetación arbustiva y uno por uno para medir vegetación herbácea.

7.3 Familias de estudio

7.3.1 Familia Cricetidae

Cricetidae es una familia extremadamente diversa de roedores muroides. Esta es una de las familias más grandes de mamíferos, con 681 especies en 130 géneros y 6 subfamilias. Las

subfamilias de Cricetidae son: Arvicolinae (lemmings, campañoles y rata almizclera), Cricetinae (hámsteres), Lophiomyinae (rata con cresta), Neotominae (ratas y ratones de América del Norte), Sigmodontinae (ratas y ratones del Nuevo Mundo) y Tylomyinae (ratas vesper. y ratas trepadoras). (Musser y Carleton, 2005) Muchos cricétidos tienen apariencia de ratón o rata: tienen cuerpos pequeños, algo alargados, y son grises o marrones con colas largas, ojos grandes y orejas y bigotes prominentes. Sin embargo, las formas corporales en este grupo diverso varían. Arvicolines, cricetines y algunos sigmodontines tienen cuerpos redondeados, con colas cortas, ojos pequeños y orejas que están casi completamente ocultas en el pelaje. Los colores del pelaje en esta familia incluyen casi todos los tonos de marrón y gris, incluido el marrón dorado claro, el rojizo oscuro y el negro. Hay una tendencia a que la parte inferior sea más pálida y muchas especies tienen el vientre y la barbilla blancos. El color del pelaje también puede variar dentro de las especies de cricétidos, con dos o más morfos de color encontrados en algunas poblaciones. La textura del pelaje varía de sedoso y suave a áspero y espinoso. Las colas pueden tener mechones, estar bien peludas o casi desnudas, (Smith, 1972).

7.3.2 Familia Heteromyidae

Hay aproximadamente 59 miembros de esta familia, asignados a 6 géneros. Se encuentran en el oeste de América del Norte, en todo México y América Central, y en el noroeste de América del Sur.

Los heterómidos son roedores de tamaño pequeño a mediano. Muchas especies viven en los desiertos y pastizales secos del oeste de Estados Unidos y Canadá. Estos incluyen ratas canguro y ratones, que están sorprendentemente modificados para saltar con extremidades traseras largas y poderosas; una cola larga y con mechones; extremidades delanteras relativamente cortas; y vértebras del cuello comprimidas y parcialmente fusionadas. Las extremidades posteriores se alargan principalmente por un aumento en la longitud de los metatarsianos y los dedos, y estos pies se especializan aún más por la casi pérdida del primer dedo. Se mueven principalmente saltando sobre sus patas traseras. Estos heterómidos también tienen ampollas enormemente agrandadas. Los ratones de bolsillo son más pequeños y, aunque son saltadores, sus patas traseras no están tan modificadas como las de las ratas canguro y su locomoción es principalmente cuadrúpeda. Los miembros de los géneros *Heteromys* y *Liomys* están aún

menos modificados; su locomoción es cuadrúpeda. Se encuentran en los bosques tropicales húmedos y secos en México desde el sur hasta el norte de América del Sur. (Fischer y cols, 2006)

7.4 Muestreo y captura de ratones

El muestreo de ratones se realizó dentro de los sitios correspondientes al sistema agrícola y al de vegetación original, donde se establecieron los seis sitios de muestreo mencionados previamente. El muestreo se realizó durante tres noches consecutivas cada dos meses (enero, marzo, mayo y julio, septiembre y noviembre) hasta completar seis muestreos a lo largo del año. Los muestreos de la vegetación coincidieron con los de captura de roedores.

Se colocaron 30 trampas tipo Sherman (H. B. Sherman Inc., Tallahassee, Flor.) dispuestas en hilera en cada uno de los seis transectos. Las trampas estuvieron separadas por 10 m entre sí y fueron cebadas con avena (Almaráz-Romero y cols. 2005).

A los individuos capturados se les registraron datos de sexo, edad (categoría de edad: juvenil y adulto), estado reproductivo (para machos: testículos escrotados (T/E) y no reproductivo (N/R); para las hembras: preñada (P), lactante (L), no reproductiva (N/R)), peso (con pesola con capacidad de 100 g) y medidas corporales convencionales: longitud total (LT), longitud de cola vertebral (LC), longitud de pata derecha (LP) y longitud de oreja derecha (LO). Tales datos fueron empleados para realizar la identificación de las especies empleando guías especializadas como la “guía para la identificación de los mamíferos de México en campo y laboratorio” (Álvarez-Castañeda y cols 2015) . Posteriormente, los individuos fueron marcados con una muesca en las orejas y posteriormente fueron liberados en el mismo lugar de su captura (Romero-Almaráz y cols. 2007).

7.5 Análisis de datos

Dado que los datos de vegetación obtenidos no siguieron una distribución normal, de acuerdo con la prueba de Shapiro Wilk ($p < 0.001$) se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis, en busca de diferencias significativas entre los porcentajes de cobertura vegetal y la altura de los elementos vegetales, porcentaje de monocotiledóneas y altura de monocotiledóneas, dicotiledóneas y altura de dicotiledóneas, porcentaje de cobertura arbustiva

y su altura. Posterior a esto se realizaron pruebas post-hoc de U-Mann-Whitney entre cada par de grupos.

Para visualizar la estructura comunitaria en cada sitio de estudio, así como los cambios en la riqueza, composición y dominancia de las especies entre los sitios de cada época de muestreo, se describieron gráficos de rango-abundancia utilizando el Log 10, que se utilizó para estabilizar la variación dentro de grupos con la finalidad de representar de una manera uniforme los datos, ya que de otra manera los rangos muy amplios no se podrían visualizar de manera uniforme en los gráficos (Tuomisto. 2010).

Con los datos de roedores recabados en los meses de enero, marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre del año 2021, Se utilizaron los índices de diversidad de Shannon (H), de dominancia de Simpson (D) y uniformidad de Pielou (J) para cada zona Vegetación Original (VO) y Sistema Agrícola (SA) y se realizaron los 3 índices para cada sitio de las zonas (VO y SA). Además, se realizó el estadístico Kruskal-Wallis para grupos de datos no paramétricos la cual está basada en el rango que puede utilizarse para corroborar si existen diferencias relevantes a nivel estadístico entre los 6 grupos de una variable independiente en una variable dependiente (Magurran, 1988). Con esta prueba determinamos si la mediana de los grupos es diferente.

Se analizaron las variables de la vegetación como porcentaje de cobertura y su altura en cm, de las variables vegetación general, monocotiledónea, dicotiledónea y cobertura arbustiva, esto para los seis sitios de las dos zonas de muestreo correspondientes a sistema agrícola y vegetación original en cada uno de los seis periodos de muestreo que corresponden a los meses de enero, marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre del año 2021.

Se realizaron pruebas estadísticas Kruskal-Wallis para los grupos de datos que fueron no paramétricos: porcentaje de vegetación y altura en cm, para las variables: vegetación general, monocotiledónea, dicotiledónea, cobertura arbustiva. Con el fin de corroborar si existen diferencias significativas a nivel estadístico entre los grupos de una variable independiente. Con la finalidad de determinar si la media de los grupos presenta diferencias significativas y poder interpretar el comportamiento de a lo largo del año de estas variables. Posterior a esto se hicieron pruebas post-hoc de Mann-Whitney para identificar cuáles eran los grupos con dichas

diferencias significativas. Todo esto fue representado por gráficas de cajas y bigotes, (GraphPad Prism 5.0)

Con el fin de seleccionar las variables que mejor explicaron la variación de la cobertura vegetal, se realizó un análisis de componentes principales (PCA). Este análisis mostró cuatro componentes (para que la prueba sea válida los primeros dos componentes deben tener un porcentaje cercano a 75% del valor explicativo de la variación de los datos), donde los dos primeros sumaron el 75% de la variación de los datos.

Una vez identificado el componente principal (PC1) correspondiente a cobertura vegetal general, se realizaron regresiones entre la cobertura vegetal general y los índices de diversidad (Shannon), dominancia (Simpson) y Equidad (Pielou), para los periodos de muestreo del año correspondientes a enero, marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre y las dos zonas de estudio (VO y SA). Giraudoux P (2022).

Los datos se capturaron en hojas de cálculo en el programa Excel. Se utilizó el programa Past4.10.exe para calcular índices de diversidad, dominancia y equidad. También inclúyelo Para los análisis estadísticos se utilizó el programa R versión 4.2.2. Y se utilizó el programa GraphPad para realizar las gráficas, tanto de los índices de diversidad, equidad y dominancia como las regresiones lineales para la relación entre porcentaje de vegetación en general con los índices de equidad y diversidad.

8. RESULTADOS

8.1 Estructura de la vegetación en el sistema agrícola y de vegetación original

Al describir la estructura de la vegetación se observó que el área cubierta varió a lo largo del año de forma distinta en las zonas de SA y la VO. En la zona de SA, la cubierta vegetal tuvo un porcentaje menor al 40 % durante los tres primeros periodos de muestreo (enero, marzo y mayo) y siendo mayo cuando hubo la menor cobertura vegetal (10 %). En esa misma zona, la cobertura vegetal en los tres últimos periodos de muestreo (julio, septiembre y noviembre) fue un poco mayor al 88 %. Algo similar ocurrió con la altura de la vegetación, donde en los tres primeros meses la altura fue no mayor a los 15 cm mientras que en los tres últimos meses fue mayor a los

85 cm. Respecto a la zona de VO, la cobertura vegetal varió muy poco a lo largo del año, donde se mantuvo una cobertura mayor al 85 %. La altura mantuvo un patrón similar a lo largo del año siendo mayor a los 39 cm (Figura 5).

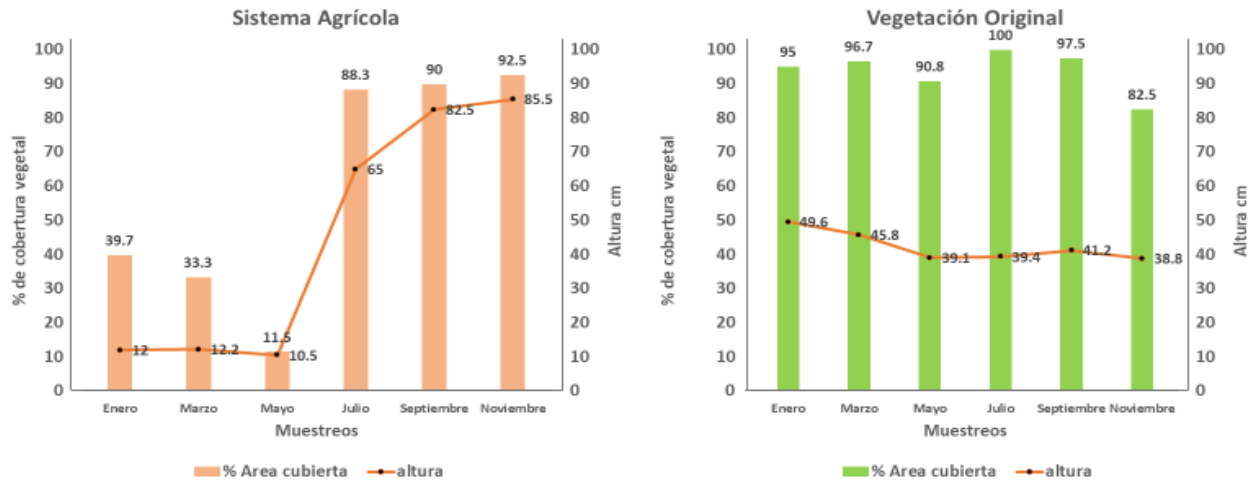
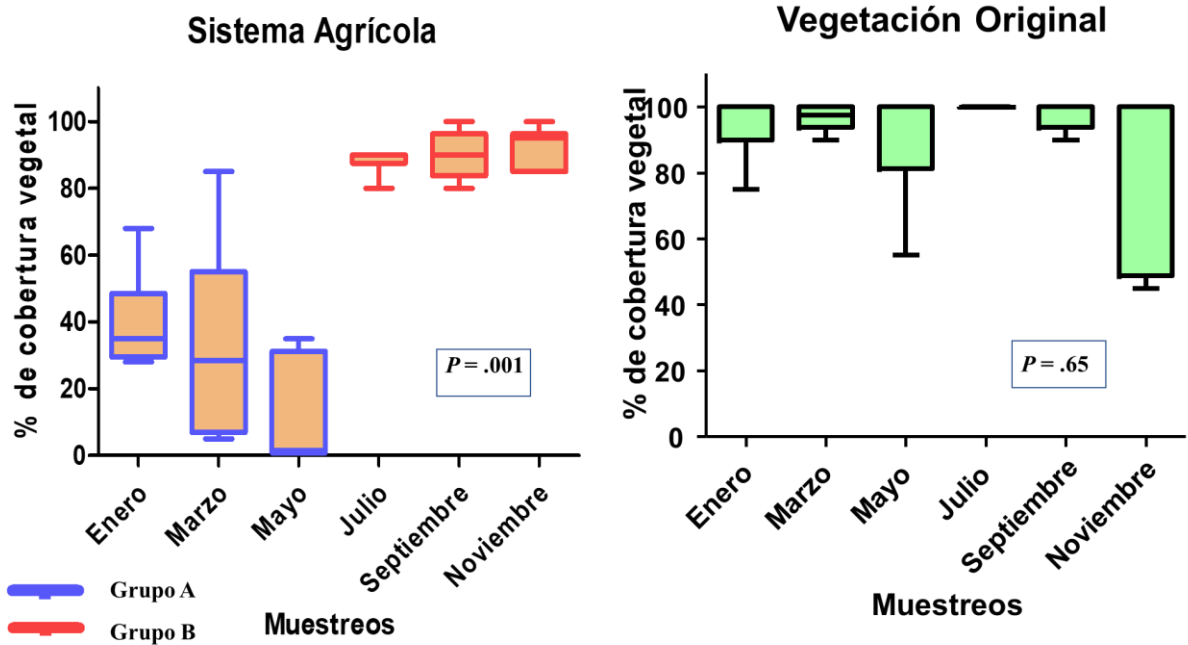


Figura 5. Porcentaje de cobertura vegetal y la variación de la altura de la vegetación en SA (a la izquierda) y VO (a la derecha).

De acuerdo con la prueba de *Kruskal-Wallis* con la que se buscó identificar diferencias significativas entre los porcentajes de cobertura vegetal de los seis sitios de cada zona (SA y VO), en SA hubo diferencias significativas ($H = 26.98$, $P = 0.001$) respecto a la cobertura vegetal, lo cual implica que al menos dos grupos de entre los comparados son significativamente diferentes. Con lo que se observó que los grupos con cobertura vegetal significativamente diferentes ($P = .004$) fueron los meses de julio, septiembre y noviembre, ya que en estos meses fue donde los cultivos alcanzan su mayor desarrollo. Por otro lado, se observó que para la zona de VO no hubo diferencias significativas entre los seis sitios, ya que a lo largo del año el porcentaje de cobertura permaneció constante ($H = 2.20$, $P = .65$) (Figura 6).



Gráfica 6. Se muestran las gráficas de caja correspondientes al porcentaje de la cobertura vegetal para los periodos de muestreo de las zonas sistema agrícola y vegetación original. El grupo A y el grupo B son los grupos donde se encontraron diferencias significativas. Las cajas muestran el 25 y 75% mientras que los bigotes representan el mínimo y el máximo.

De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis con la que se buscó identificar diferencias significativas entre las alturas de la cobertura vegetal de los seis sitios de cada zona (SA y VO), se observó que para SA hubo diferencias significativas entre los meses julio, septiembre y noviembre, ($H = 23.71$, $P = 0.002$). Posterior a esto se realizaron pruebas post-hoc de *U-Mann-Whitney* donde se pudo observar que para los meses de donde la vegetación alcanza su máximo desarrollo, se registró una diferencia significativa respecto a los meses de enero, marzo y mayo ($P = 0.004$). Por otro lado, se observó que para VO no hubo diferencias significativas entre los seis sitios ($H = 2.78$, $P = .73$), ya que a lo largo del año la cobertura vegetal tuvo un crecimiento lento y por lo cual se muestra en la gráfica un crecimiento uniforme (Figura 7).

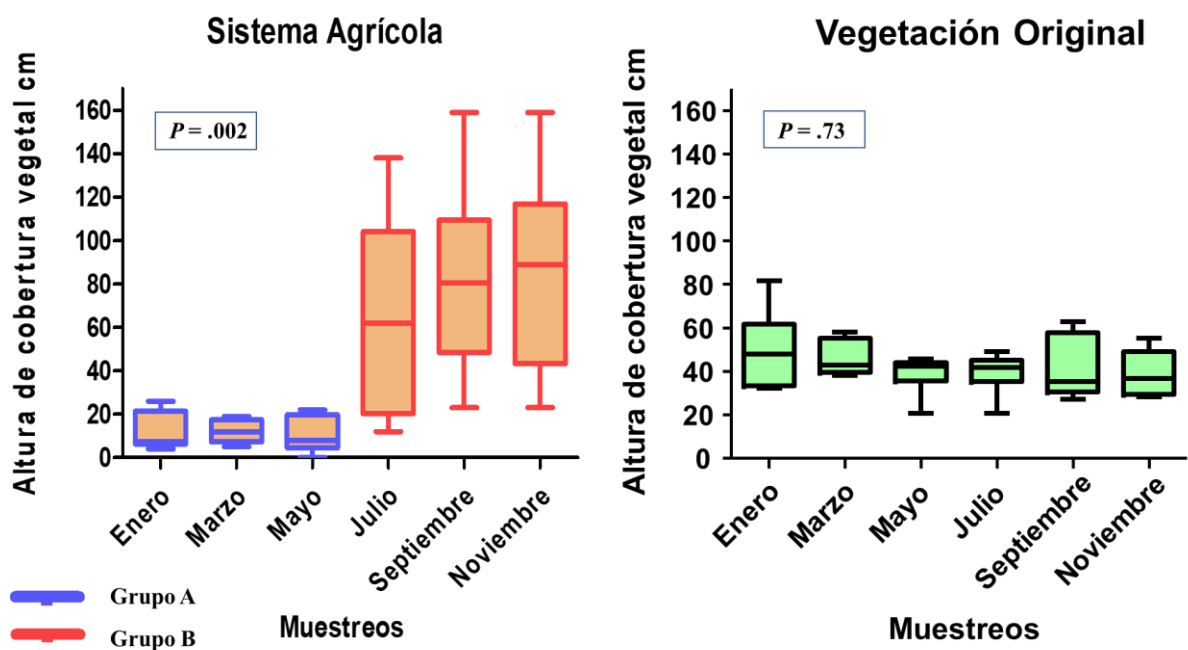


Figura 7. Se muestran las gráficas de caja correspondientes a la altura de la cobertura vegetal correspondientes a los meses de muestreo de las zonas vegetación original y sistema agrícola. En VO (derecha) El grupo A y el grupo B son los grupos donde se encontraron diferencias significativas. Las cajas muestran el 25 y 75% de los datos mientras que los bigotes representan el mínimo y el máximo.

En cuanto al porcentaje de cobertura vegetal para herbáceas, la categoría de monocotiledóneas mostró una variación más notoria en SA comparado con VO (Figura 4). Pudo notarse que la vegetación herbácea en SA fue evidentemente más variada entre los períodos, con respecto a los sitios muestreados. Incluso se pudo observar la ausencia de este tipo de vegetación en algunos periodos de muestreo. Para VO fue constante tanto entre sitios como entre períodos de muestreo. Para el caso de la altura pudimos observar que en la zona de SA para los primeros tres periodos de muestreo que abarcan los meses de enero, marzo y mayo, la altura fue baja ya que su altura máxima dentro de estos tres periodos la tuvo el mes de marzo con 24.1 cm, mientras que para los últimos tres periodos de muestreo que abarca los meses de julio, septiembre y noviembre, la altura aumentó considerablemente y se mantuvo estable durante estos tres periodos con una altura que osciló entre los 53.7 cm (Figura 8).

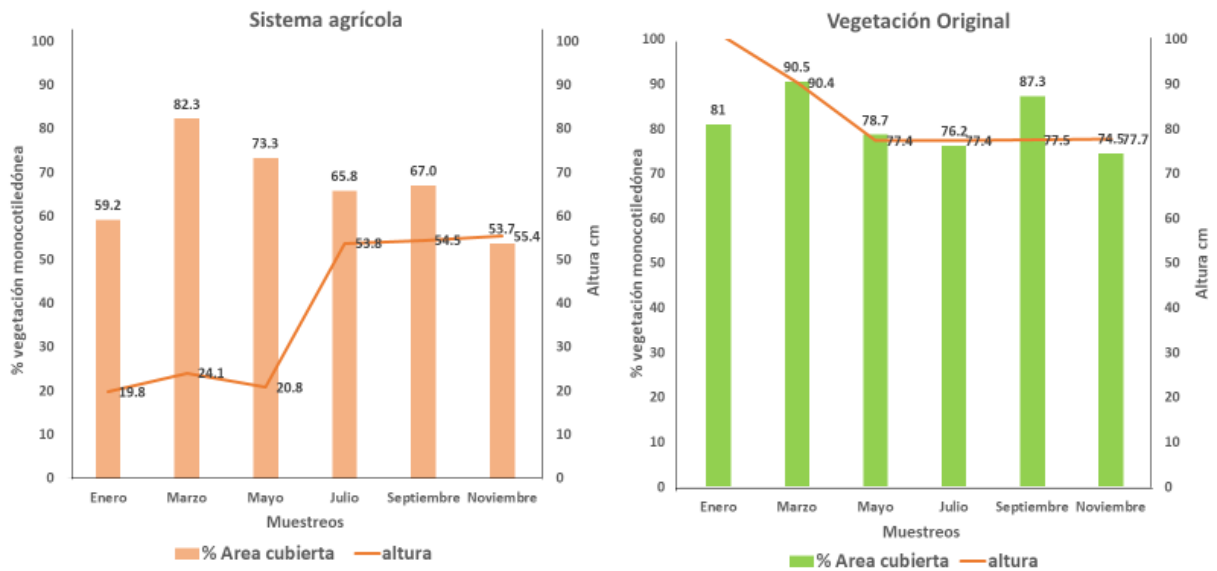


Figura 8. porcentaje de área con vegetación monocotiledónea y altura en zona con vegetación original y sistema agrícola.

Para el porcentaje de monocotiledóneas se realizó una prueba Kruskal-Wallis para las zonas de SA y VO, respectivamente donde pudimos observar que en ninguna de las dos zonas hubo diferencias significativas (SA: $H = 7.88$, $P = .159$; VO: $H = 10.23$, $P = .065$). En la zona de SA fue muy cambiante ya que pudimos notar que, para marzo y mayo, su porcentaje (82.3% y 73.3%) fue más alto y posterior a estos meses el porcentaje disminuyó (65.8% para julio, 67.0% para septiembre y 55.4% para el mes de noviembre). Por otra parte, se pudo apreciar cómo en la vegetación original, el porcentaje de monocotiledóneas a lo largo de los muestreos se mantuvo estable (Figura 9).

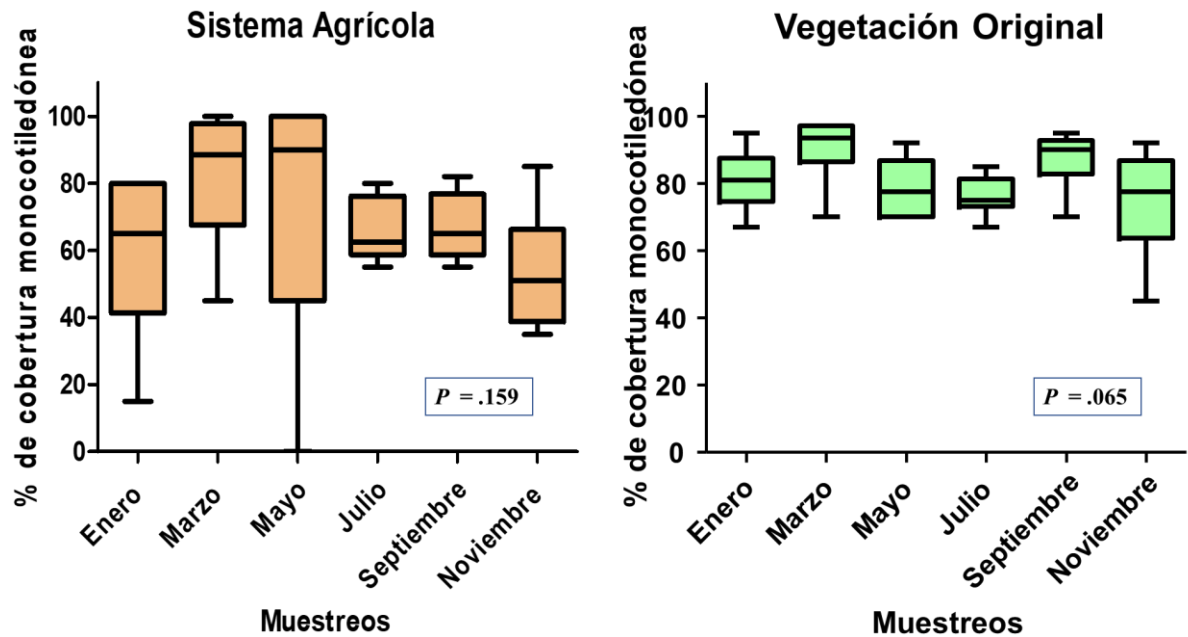


Figura 9. Se muestran las gráficas de caja correspondientes al porcentaje de la cobertura de monocotiledóneas correspondientes a los meses de muestreo de las zonas vegetación original y sistema agrícola. Las cajas muestran el 25 y 75% mientras que los bigotes representan el mínimo y el máximo.

Para la altura de monocotiledóneas se realizó una prueba Kruskal-Wallis para la zona de SA donde pudimos observar una diferencia significativa entre los periodos de muestreo con una ($H = 16.41$, $P = .005$), esto fue causado por el crecimiento de los cultivos dentro de las parcelas. Posterior a este resultado se realizó una prueba post-hoc para identificar en qué meses hubo diferencias significativas, se utilizó la U de *Mann-Whitney* ($P = 0.024$), donde podemos ver las diferencias significativas para los meses de julio, septiembre y noviembre con los meses de marzo y mayo. Esto último tuvo sentido, ya que en los meses de marzo y mayo se removió la tierra para preparar el campo de cultivo para el nuevo ciclo de siembra y la altura de la vegetación se vio reducida, mientras que, en los meses de julio, septiembre y noviembre la altura de la vegetación aumentó de manera significativa por los cultivos en cuestión. Para la zona de VO no se encontraron diferencias significativas con una ($H = 2.31$, $P = .80$), lo cual demostró que hubo una constante en la altura de las monocotiledóneas, ya que durante todo el año no hubo una alteración en la vegetación comparado al sistema agrícola donde sí hubo un constante cambio en la superficie del terreno por cuestiones agrícolas (Figura 10).

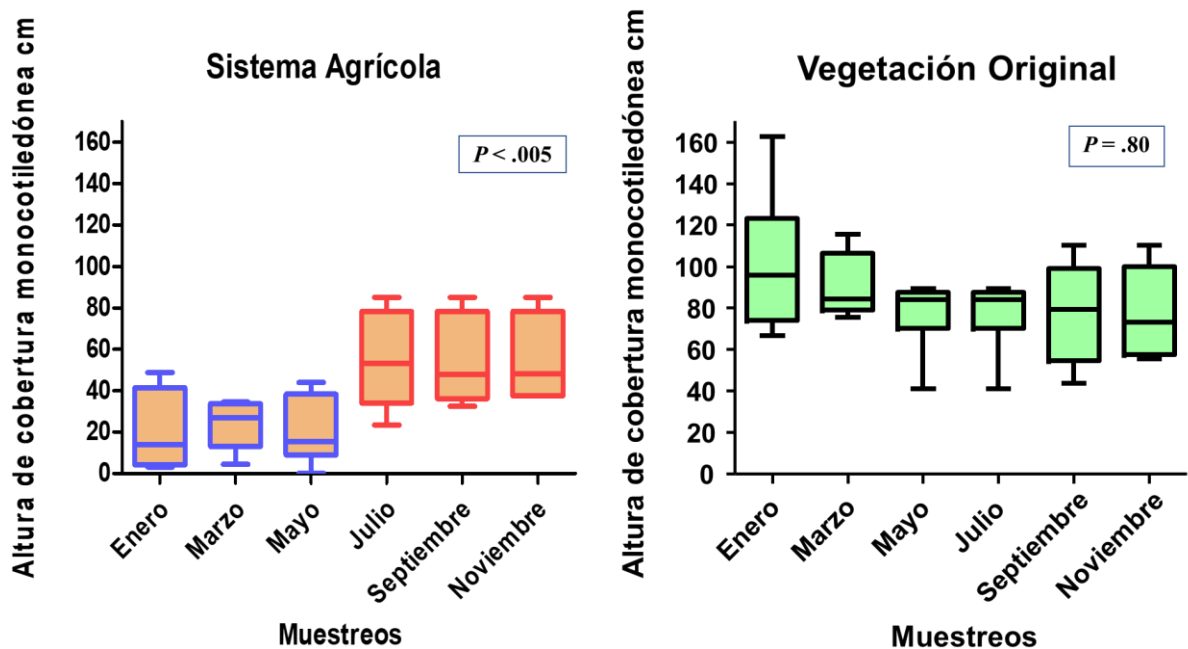


Figura 10. Se muestran las gráficas de caja correspondientes a la altura de monocotiledóneas correspondientes a los meses de muestreo de las zonas vegetación original y sistema agrícola. En VO (derecha) El grupo A y el grupo B son los grupos donde se encontraron diferencias significativas.

El porcentaje de cobertura vegetal para herbáceas, en la categoría de dicotiledóneas, mostró un porcentaje más alto en la zona de SA para los últimos tres meses de muestreo que correspondieron a julio, septiembre y noviembre, teniendo el porcentaje más alto en el mes de noviembre con un 46.3%, esto contrastó con los tres primeros muestreos de enero, marzo y mayo, donde el mes más bajo fue mayo, con un porcentaje de 11.8%. También se observó que, en SA, la altura aumentó a partir de julio y hasta noviembre. Comparado a la zona de VO con un máximo de 25.5%, mientras que para VO marzo tuvo la altura más grande para todos los periodos de muestreo y disminuyó para mayo y junio y en septiembre aumento nuevamente y mantuvo para noviembre. (Figura 11).

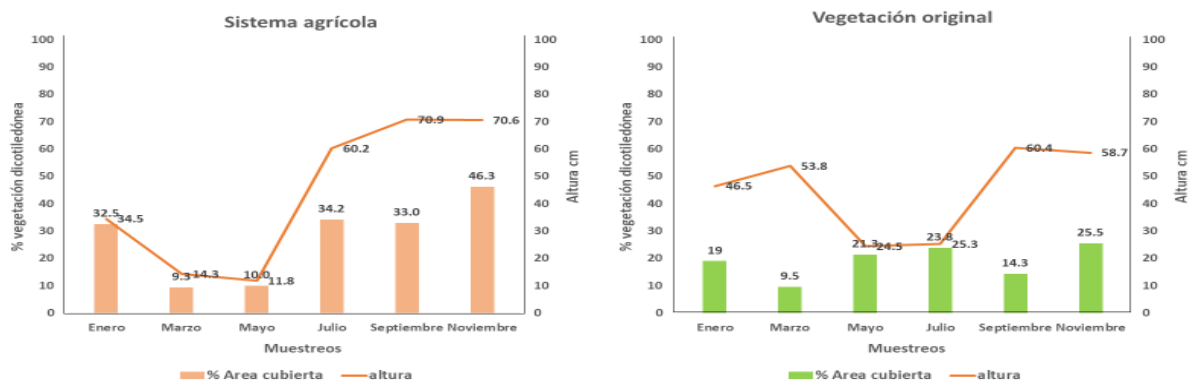


Figura 11. Porcentaje de área con vegetación dicotiledónea y altura en zona con vegetación original y zona de sistema agrícola.

Para el porcentaje de dicotiledóneas se realizó una prueba Kruskal-Wallis para las zonas de SA y VO respectivamente. Para la zona de SA podemos notar diferencias significativas ya que en los últimos tres meses de muestreos se vio al alza el porcentaje de dicotiledóneas, teniendo ($H = 17.47$, $P = 0.003$). Para poder observar en qué grupos fueron las diferencias significativas realizamos una prueba post-hoc de Mann-Whitney y pudimos observar que las diferencias significativas ($P = 0.012$), eran en los meses de julio, septiembre y noviembre en comparación con marzo y mayo. Para VO que no hubo diferencias significativas ($H = 9.514$, $P = 0.087$) lo cual sugirió que el porcentaje de vegetación dicotiledónea se mantuvo constante durante todo el año, incrementando ligeramente en el mes de noviembre (Figura 12).

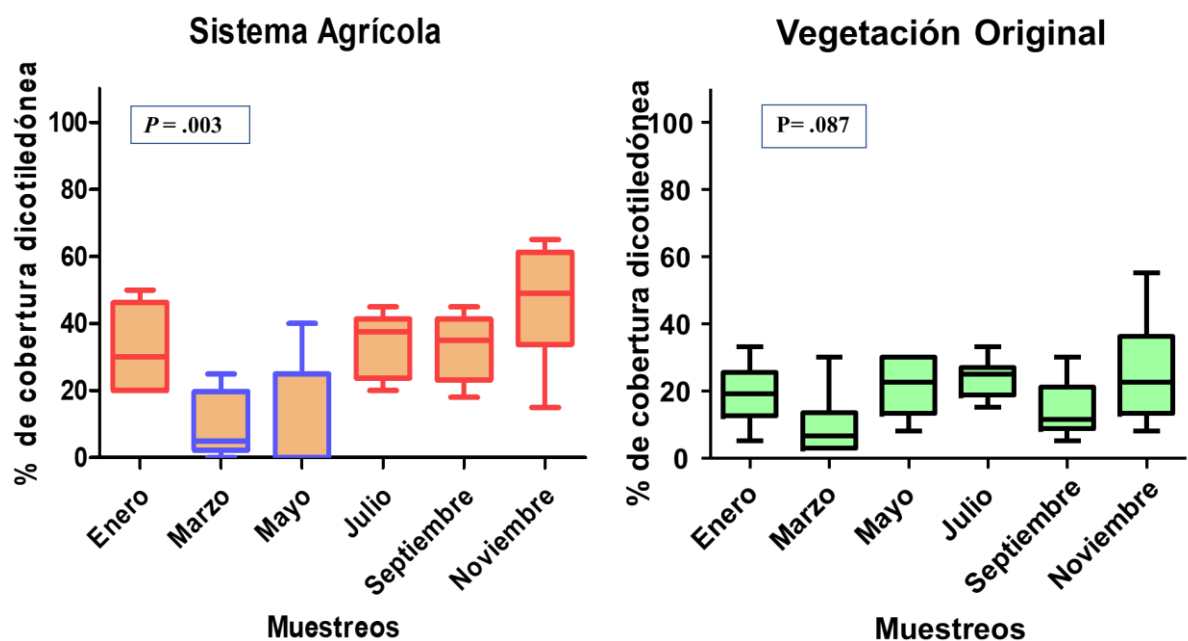


Figura 12. Se muestran las gráficas de caja correspondientes al porcentaje de dicotiledóneas correspondientes a los meses de muestreo de las zonas vegetación original y sistema agrícola. En VO (derecha) El grupo A y el grupo B son los grupos donde se encontraron diferencias significativas. Las cajas muestran el 25 y 75% mientras que los bigotes representan el mínimo y el máximo.

Para identificar diferencias significativas en la altura de dicotiledóneas, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis para las zonas de SA y VO respectivamente, donde pudimos observar diferencias significativas para ambas zonas (SA: $H = 20.8$, $P = 0.008$; VO, $H = 12.1$, $P = 0.033$). Posteriormente se realizó una prueba post-hoc de Mann-Whitney señalando diferencias significativas ($P = 0.004$) en SA en los meses de julio, septiembre y noviembre con respecto a los meses de marzo y mayo, pudiendo darle sentido con que los trabajos de labranza para los meses de marzo y mayo son intensivos y posteriormente de julio a noviembre se registraron cultivos maduros y con presencia del crecimiento de la vegetación dicotiledónea. Con respecto a por VO, se realizó una prueba post-hoc de Mann-Whitney señalando una diferencia significativa marginal ($P = 0.045$) en los meses de septiembre y noviembre con respecto a mayo y julio ya que en mayo y julio la altura fue menor. (Figura 13).

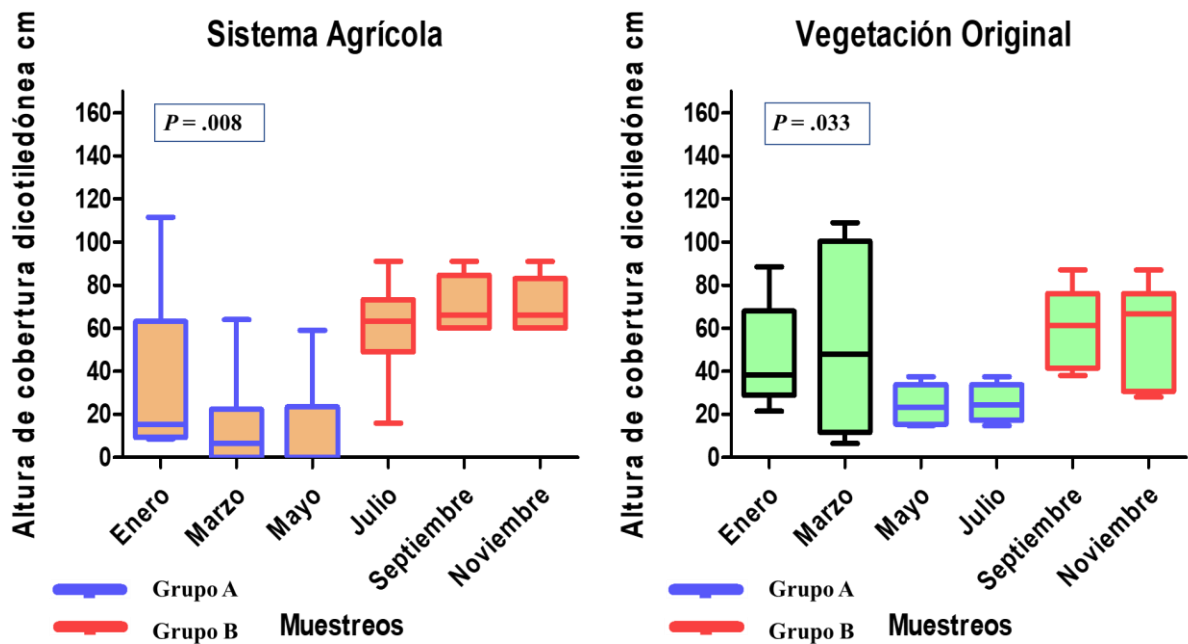


Figura 13. Se muestran las gráficas de caja correspondientes a la altura de dicotiledóneas correspondientes a los meses de muestreo de las zonas vegetación original y sistema agrícola. En VO (derecha) El grupo A y el grupo B son los grupos donde se encontraron diferencias significativas. Las cajas muestran el 25 y 75% de los datos mientras que los bigotes representan el mínimo y el máximo.

Con respecto a la cobertura arbustiva pudimos observar para SA en los primeros tres muestreos (enero, marzo y mayo) la cobertura fue baja. La altura máxima se registró en el mes de enero con 93.2 cm, disminuyendo para marzo y mayo, llegando a 59.1 cm. En los meses de julio y septiembre aumentó y para noviembre se mantuvo. Para VO se registró un crecimiento constante, desde enero hasta noviembre. Por otra parte, durante enero se observó el segundo registro más alto con 105.1 cm, mientras que disminuyó para marzo a 100 cm; mayo y julio se mantuvo en 87.8 cm y en septiembre y noviembre volvió a aumentar, alcanzando el registro más alto, en noviembre con 105.7 cm (Figura 14).

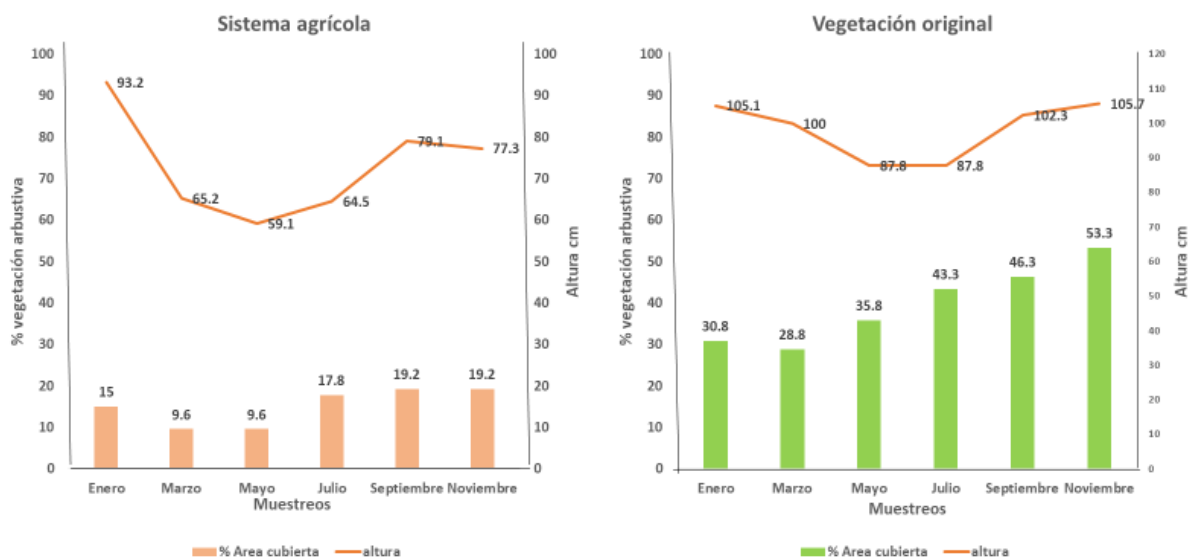


Figura 14. Porcentaje de área con vegetación arbustiva en zona con vegetación original y zona de sistema agrícola.

Para identificar diferencias significativas en la cobertura arbustiva, se realizó una prueba Kruskal-Wallis para SA y VO, donde en ninguna de las dos zonas encontramos diferencias significativas (SA: $H = 7.322$, $P = 0.190$; VO: $H = 9.264$, $P = 0.097$). Lo que indicó que los arbustos en SA, utilizados para esta medición, no fueron derramados (no les fueron retiradas ramas) y se mantuvo estable la cobertura a lo largo de los muestreos realizados. Por su parte, en VO la cobertura se mantuvo constante durante el año (Figura 15).

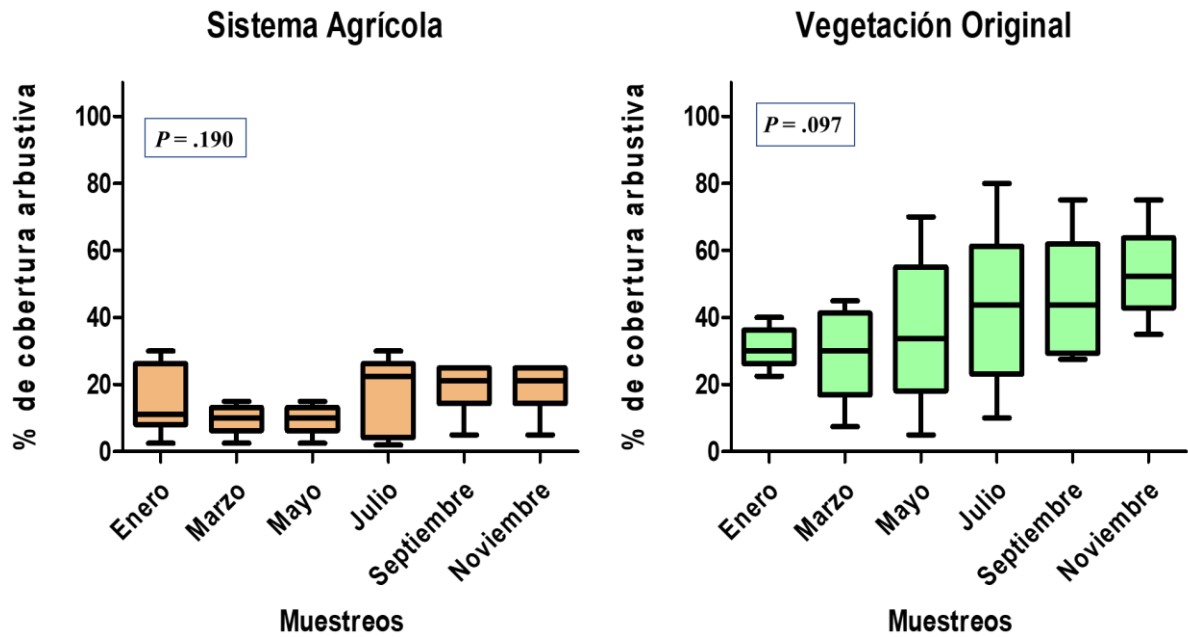


Figura 15. Se muestran las gráficas de caja correspondientes al porcentaje de cobertura arbustiva correspondientes a los meses de muestreo de las zonas vegetación original y sistema agrícola. Las cajas muestran el 25 y 75% de los datos mientras que los bigotes representan el mínimo y el máximo.

Para identificar diferencias significativas en la altura de los arbustos, se realizó una prueba Kruskal-Wallis para SA y VO. No se encontraron tales diferencias (SA: $H = 2.323$, $P = 0.798$; VO: $H = 3.861$, $P = 0.568$), lo que indicó que no hay perturbaciones ni crecimiento significativo en la vegetación arbustiva de ambas zonas (Figura 16).

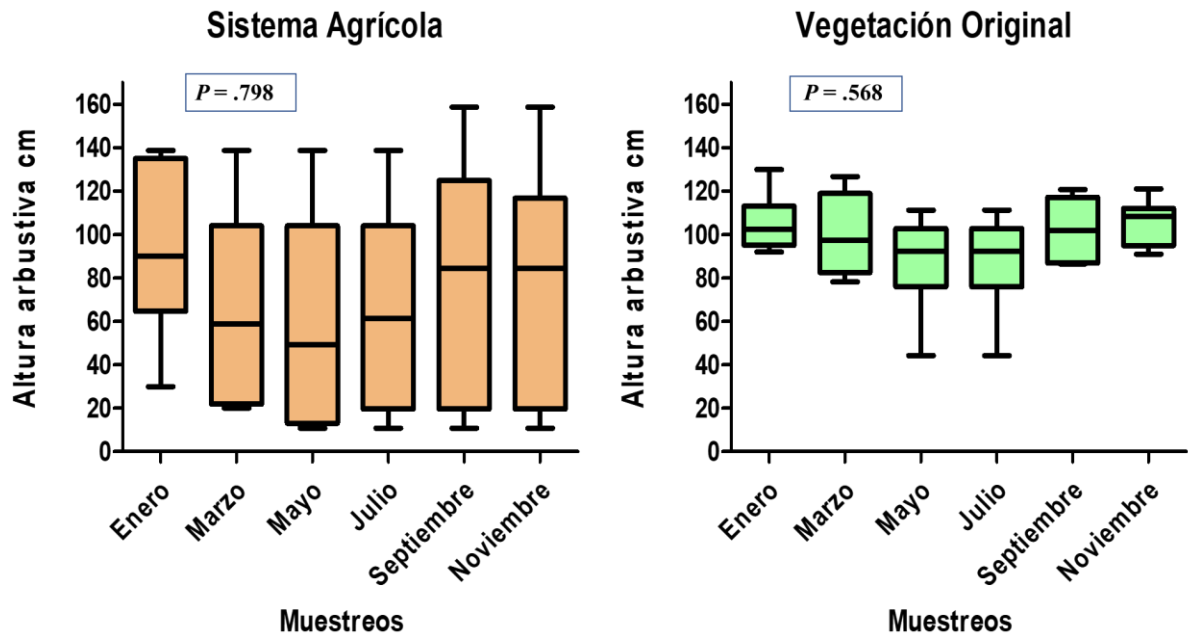


Figura 16. Se muestran las gráficas de caja correspondientes a la altura arbustiva correspondientes a los meses de muestreo de las zonas vegetación original y sistema agrícola. Las cajas muestran el 25 y 75% mientras que los bigotes representan el mínimo y el máximo.

8.2 Atributos del ensamble de ratones en la zona agrícola y de vegetación original

8.2.1 Riqueza de especies y abundancia general de ratones

Se identificaron las especies para cada una de las zonas de muestreo.

Heteromys irroratus

Ratón de abazones de tamaño mediano. Habita preferentemente en zonas rocosas, donde construye madrigueras bajo troncos, rocas y arbustos, destinando algunas galerías para el almacén de alimentos. Su dieta se compone principalmente de semillas, pero puede complementarla con invertebrados y vegetales tiernos. Son nocturnos y solitarios, aunque pueden encontrarse en simpatria con una gran variedad de especies tanto de heterómidos como de cricétidos. Se reproduce durante todo el año, teniendo picos reproductivos entre agosto y

noviembre. Habita principalmente en el matorral xerófilo y bosque espinoso, no obstante, también es posible encontrarlo en pastizal, bosque de coníferas y encinos, así como en campos de cultivo y áreas de pastoreo (Dowler y Genoways, 1978). No presentan problemas de conservación ya que cuentan con amplios intervalos de distribución y son tolerantes al disturbio antrópico (Ceballos y Galindo, 1984).

Mus musculus

Este ratón conocido como ratón común, es un roedor pequeño que no rebasa los 21 cm de largo total. Su coloración puede variar ampliamente, desde el gris claro hasta el café o negro y sus combinaciones. Las formas comensales tienden a tener una longitud de cola mayor y un pelaje más oscuro que las formas salvajes (Álvarez-Romero y Medellín, 2005). Esta especie ha sido transportada accidentalmente en barcos y caravanas y actualmente se encuentra distribuida en todo el planeta como especie comensal del hombre (Wilson y Reeder, 1993). En México, es una especie exótica y se encuentra asociada a las poblaciones humanas. Debido a esto, su distribución puede verse reflejada en la distribución de los núcleos poblacionales con un radio de 2 km. Sin embargo, hay poblaciones asilvestradas las cuales pueden ocupar todos los tipos de vegetación. En general, no representa una amenaza para el humano en términos sanitarios, no obstante, ha sido relacionada con problemas de plagas en zonas agrícolas y de almacén de granos. Su reproducción es continua durante el año y es considerada como un factor de riesgo para poblaciones nativas de diferentes vertebrados debido a que pueden excluir competitivamente a otras especies de roedores y transmitirles parásitos y enfermedades (Álvarez-Romero y Medellín, 2005).

Peromyscus gratus

Es un ratón de tamaño mediano dentro del género. Se le considera semi arborícola y se reproduce entre mayo y diciembre, teniendo picos reproductivos en los meses de mayor humedad (Chavez y Ceballos, 1994). Se alimenta de materia vegetal verde, semillas y hongos, aunque en ocasiones llega a consumir insectos y otros invertebrados, de manera complementaria. Se le puede encontrar en matorrales de regiones áridas, bosques húmedos,

bosques de pino-encino, derrames lávicos, valles abiertos y terrenos de cultivo, de 1700 a 2700 msnm. En el Estado de Tlaxcala se le ha registrado en el PNLN y en los municipios de Calpulalpan y Nanacamilpa (Ramírez-Albores y cols., 2014). Se le considera abundante por lo que no enfrenta problemas de conservación (Ceballos y Oliva, 2005).

Peromyscus maniculatus

Es una especie de tamaño pequeño entre las de su género. Es de hábitos nocturnos y por lo general vive en madrigueras que construye en suelos blandos o arenosos. Se le puede encontrar en huecos de troncos caídos; es buen trepador. Es oportunista en su alimentación; su dieta se compone de semillas, materia vegetal tierna, insectos moluscos y anélidos. Se reproduce con mayor frecuencia entre junio y agosto, aunque se le considera reproductivo todo el año. Habita en una gran diversidad de hábitats, destacando los bosques de pino, pastizales, matorral xerófilo y en las cercanías de cultivos (Ceballos y Oliva, 2005). En el Estado de Tlaxcala se le ha registrado en el PNLN, en los municipios de Apizaco, Alzayanca, Calpulalpan, Nanacamilpa, El Carmen Tequexquitla, Huamantla, Tlaxcala y Tepetitla (Ramírez-Albores y cols., 2014). No se le considera en ninguna categoría de protección especial (Ceballos y Oliva, 2005).

Peromyscus mexicanus

Es un ratón de tamaño mediano a grande. Su pelaje y tamaño varía de acuerdo con la altitud, humedad y estación del año. De hábitos nocturnos y terrestres, se le considera un trepador moderado; es tímido y rara vez puede ser observado, no obstante, es relativamente sencillo de capturar mediante trampas tipo Sherman (Ceballos y Oliva, 2005). Su alimentación está constituida por artrópodos, semillas y material vegetal verde. Vive en madrigueras bajo raíces o troncos (Reid, 1997). Se le considera reproductivo a lo largo del año, sin embargo, se han observado picos reproductivos a inicios de la temporada de lluvias (Ceballos y Oliva, 2005). Especie de amplia distribución ecológica, se le encuentra desde los 600 hasta los 2000 msnm en una gran variedad de hábitats, especialmente en selvas, bosques de coníferas, bosques húmedos de montaña y vegetación riparia (Reid, 1997). Al momento, la literatura no reporta su

presencia en el Estado de Tlaxcala. Se le considera una especie abundante con gran plasticidad ecológica, por lo que no se incluye en ningún listado de protección especial.

Reithrodontomys megalotis.

Es un ratón pequeño (Largo total:135 a 154 mm). Dorsalmente, el pelaje tiende a ser café claro, debido al color de los pelos cobertores, grisáceos en la base y color ante el extremo, combinado con pelos de guardia relativamente poco densos, de color grisáceo oscuro a negro. Son de hábitos nocturnos y principalmente terrestres, sus áreas de actividades son muy grandes, de alrededor de 3500 m². (Meserve. 1977). Las densidades de sus poblaciones fluctúan entre 4 a 11 ejemplares por hectárea, en condiciones idóneas puede haber hasta 60 ejemplares por hectárea después de las lluvias. Los machos suelen ser polígamos y mantener cierta dominancia; las crías nacen en nidos construidos con pastos y otras materias vegetales, (Ceballos y Galindo, 1984). Se encuentra asociado básicamente con bosques abiertos de pino-encino y con pastizales naturales. Aun en bosques de pino-encino, seleccionan claros cubiertos por gramíneas y otras hierbas y arbustos bajos (Hooper. 1952).

En SA se capturaron tres especies (*Mus musculus*, *Peromyscus mexicanus* y *Heteromys irroratus*) y en la VO se capturaron cuatro especies (*Reithrodontomys megalotis*, *Peromyscus mexicanus*, *P. maniculatus* y *Peromyscus gratus*; Figura 17). En SA, la riqueza de especies fue variable, habiendo de una a tres especies y diferente composición específica. La especie *H. irroratus* fue capturada en todos los muestreos, ya sea sola (en mayo) o junto con *M. musculus* (enero y marzo) y *P. mexicanus* (julio, septiembre y noviembre). En VO, la riqueza de especies fue más constante a lo largo de los muestreos (Figura 17), excepto por el mes de enero, cuando se capturó un ejemplar de *R. megalotis*. En los demás muestreos siempre se capturaron individuos de *P. mexicanus*, *P. maniculatus* y *P. gratus*.



Figura 17. Ratones registrados en SA(imágenes con punto rojo) y en VO (imágenes con punto amarillo).

Podemos notar para las gráficas de riqueza de especies una diferencia. Tanto para la zona de sistema agrícola en comparación con la zona de vegetación original. Para la zona de SA donde se notan cambios en la riqueza a lo largo de los periodos de muestreo. Observando para los dos primeros muestreos a *H. irroratus* y a *M. musculus*, posterior a esto en el periodo de mayo solo se colectaron *H. irroratus*. Para el periodo de muestreo de julio se colectaron tres especies *H. irroratus*, *M. musculus* y una nueva que fue *P. mexicanus*. Para el periodo de muestreo de septiembre se encontraron dos especies las cuales fueron *H. irroratus* y *P. mexicanus*, y finalmente para el periodo de muestreo de noviembre encontramos las tres especies *H. irroratus*, *M. musculus* y *P. mexicanus*. Cabe destacar la presencia en todos los muestreos de *H. irroratus*. También es puntual resaltar la colecta de una especie exótica como lo es *M. musculus*, y la aparición de la especie *P. mexicanus* a partir del periodo de muestreo de julio, esto puede coincidir con el incremento de la cobertura vegetal. En la zona de VO podemos notar un patrón constante donde en los seis periodos de muestreo encontramos las especies *P. mexicanus*, *P. gratus* y *P. gratus*.

resaltando la aparición única de un ejemplar de *R. megalotis* para el periodo de muestreo de enero. (Figura 18)

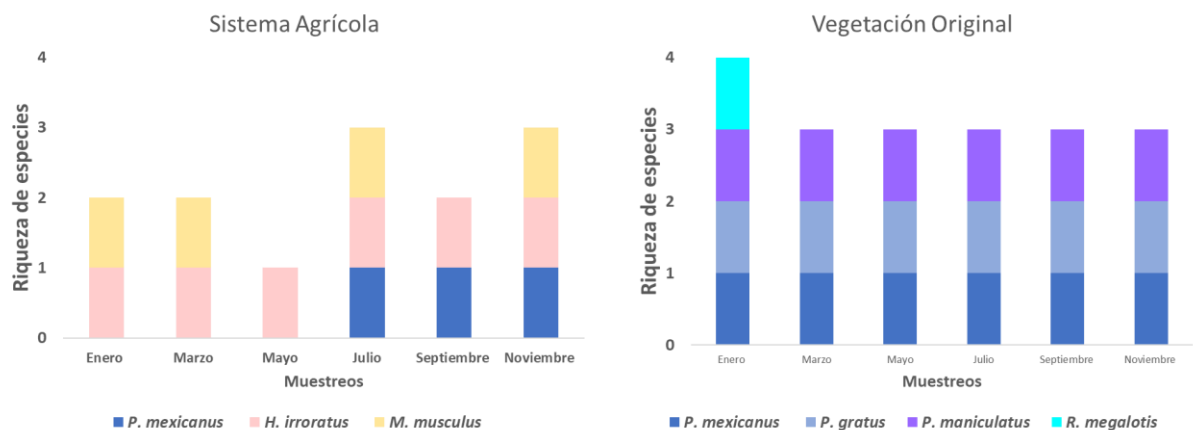


Figura 18. Riqueza de ratones registrada durante los seis muestreos en SA y VO.

Se capturaron 75 individuos en SA, pertenecientes a *M. musculus* (9), *P. mexicanus* (10) *H. irroratus* (56) (Figura 19). Con respecto a VO, se capturaron 101 ejemplares pertenecientes a *R. megalotis* (1), *P. mexicanus* (28), *P. maniculatus* (26) y *P. gratus* (46) (Figura 19).

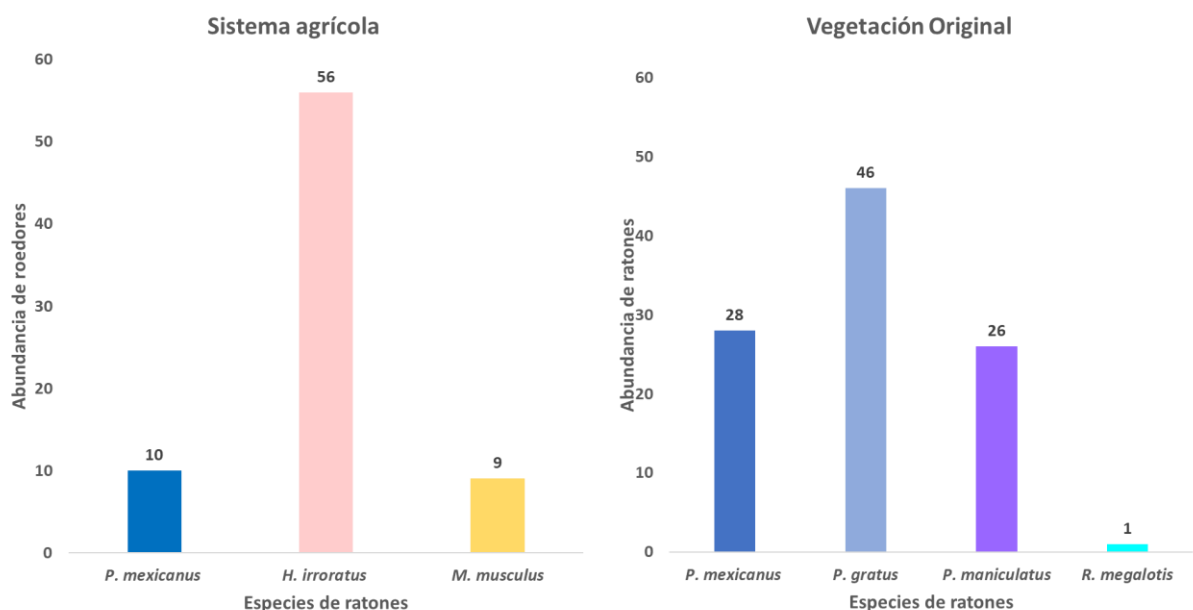


Figura 19. Abundancia relativa de las especies de ratones capturados en la zona del sistema agrícola y de vegetación original.

8.2.2 Variación de la abundancia relativa de ratones entre muestreos de la zona agrícola y de vegetación original

Para la zona de SA su mes con mayor número de capturas fue septiembre con 25 capturas y el mes más bajo fue marzo con solo 3 ejemplares, cabe destacar que el número de capturas para esta zona es bajo en comparación con la vegetación agrícola y podemos notar que la especie con mayor abundancia relativa para todos los periodos de muestreo es para la especie *H. irroratus* con más del 52% de la abundancia relativa en todos los periodos de muestreo. Para la zona de VO podemos observar el mayor número de capturas para la zona de vegetación natural en el mes de marzo con un total de 50 ejemplares, seguido por el mes de mayo con un total de 42 ejemplares capturados, pudiendo observar una disminución de capturas de ejemplares en los últimos 3 meses del muestreo anual.

Tabla 1. Descripción de la frecuencia de captura por especie (n), abundancias relativas por especie (%) y total de roedores capturados para cada período de muestreo (sumatoria de “n” en amarillo), en la zona agrícola y de vegetación original. Las especies para la vegetación original son: *Peromyscus mexicanus* (*P. mexicanus*), *Peromyscus gratus* (*P. gratus*), *Peromyscus maniculatus* (*P. maniculatus*), *reithrodontomys megalotis* (*R. megalotis*) y para la zona de sistema agrícola: *Heteromys irroratus* (*H. irroratus*), *Mus musculus* (*M. musculus*) y *Peromyscus mexicanus* (*P. mexicanus*).

	Vegetación Original											
	Enero		Marzo		Mayo		Julio		Septiembre		Noviembre	
Especie	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>P. mexicanus</i>	16	39	14	28	14	33	12	43	8	57	9	69
<i>P. gratus</i>	22	54	21	42	17	40	11	39	2	14	3	23
<i>P. maniculatus</i>	2	5	15	30	11	26	5	18	4	29	1	8
<i>R. megalotis</i>	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sumatoria/ porcentaje	41	100	50	100	42	100	28	100	14	100	13	100
	Sistema Agrícola											
	Enero		Marzo		Mayo		Julio		Septiembre		Noviembre	
Especie	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>H. irroratus</i>	12	75	2	67	10	100	9	69	24	96	12	52
<i>M. musculus</i>	4	25	1	33	0	0	3	23	0	0	2	9
<i>P. mexicanus</i>	0	0	0	0	0	0	1	8	1	4	9	39
Sumatoria	16	100	3	100	10	100	13	100	25	100	23	100

La abundancia total de ratones se comparó entre períodos de muestreo empleando una prueba de Kruskal-Wallis ya que no siguieron una distribución normal, de acuerdo con la prueba de Shapiro Wilk ($p = 0.834$), tanto para SA como para VO. En cuanto a SA, no se encontraron diferencias significativas entre períodos de muestreo ($H = 10.15$, $P = 0.061$). En cuanto a VO, si se pudieron identificar diferencias significativas ($H = 14.64$, $P = 0.011$). Al realizar la prueba post-hoc de Mann-Whitney se encontró una diferencia significativa ($p = 0.018$), con respecto a los meses de marzo y mayo donde hubo mayor abundancia de ratones 50, 42 ejemplares en comparación con los meses de septiembre y noviembre 14, 13 ejemplares colectados. Lo cual

nos sugiere que en estos periodos de muestreo los ejemplares colectados bajaron significativamente, esto puede ser por la época del año ya que en los ensambles de ratones de sitios con ausencia de disturbios son notorios los cambios en la abundancia a lo largo de las temporadas climáticas donde es posible observar incrementos de dichas abundancias durante la temporada de lluvias (Figura 20).

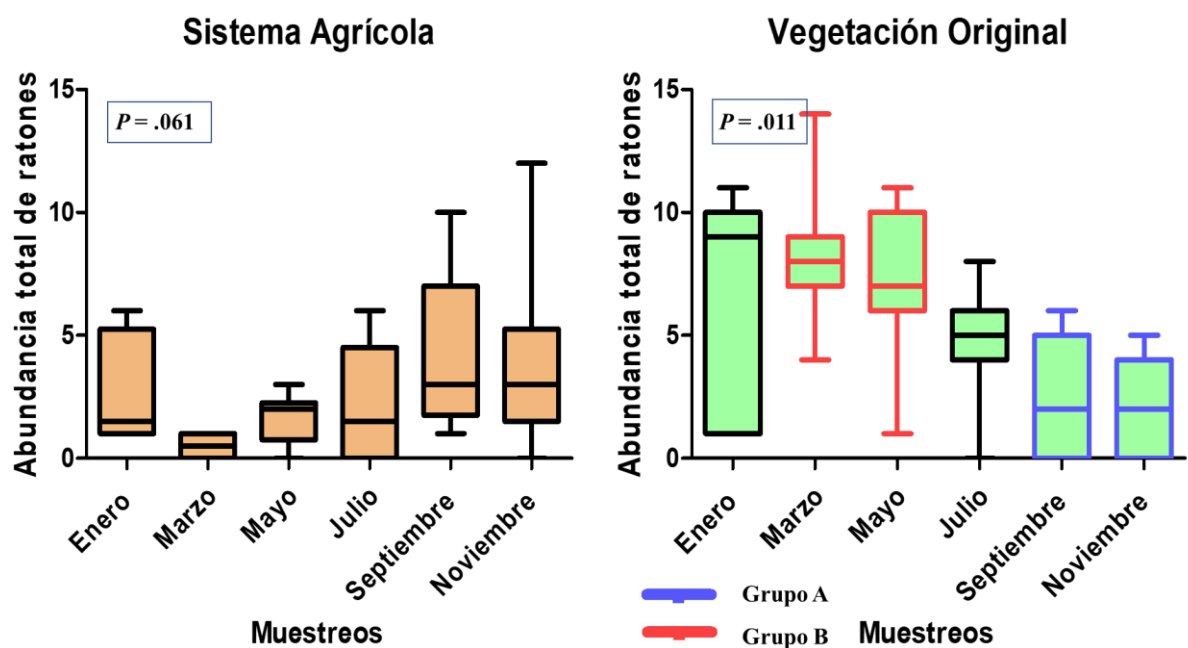


Figura 20. Abundancia del total de ratones para cada muestreo en sistema agrícola. En vegetación original. El grupo A y el grupo B son los grupos donde se encontraron diferencias significativas. Los bigotes muestran la DE.

La abundancia relativa para cada especie de los ratones varió de forma distinta a lo largo de los períodos de muestreo tanto para SA como para VO. En la zona del sistema agrícola la especie *H. irroratus* fue la más frecuentemente capturada a lo largo de todos los muestreos y en mayor abundancia. En cuanto a *M. musculus* fue la segunda en abundancia y casi en todos los períodos de muestreo estuvo presente, excepto en mayo y septiembre. Hacia los períodos de muestreo de julio hasta noviembre fue capturada la especie de *P. mexicanus* con una abundancia similar a la de *M. musculus* (Figura 16). Para la zona de vegetación original, la abundancia de tres de las cuatro especies encontradas fue constante a lo largo de los períodos de muestreo,

excepto por *R. megalotis*, que fue capturada sólo en el primer período de muestreo y en baja abundancia (Figura 21).

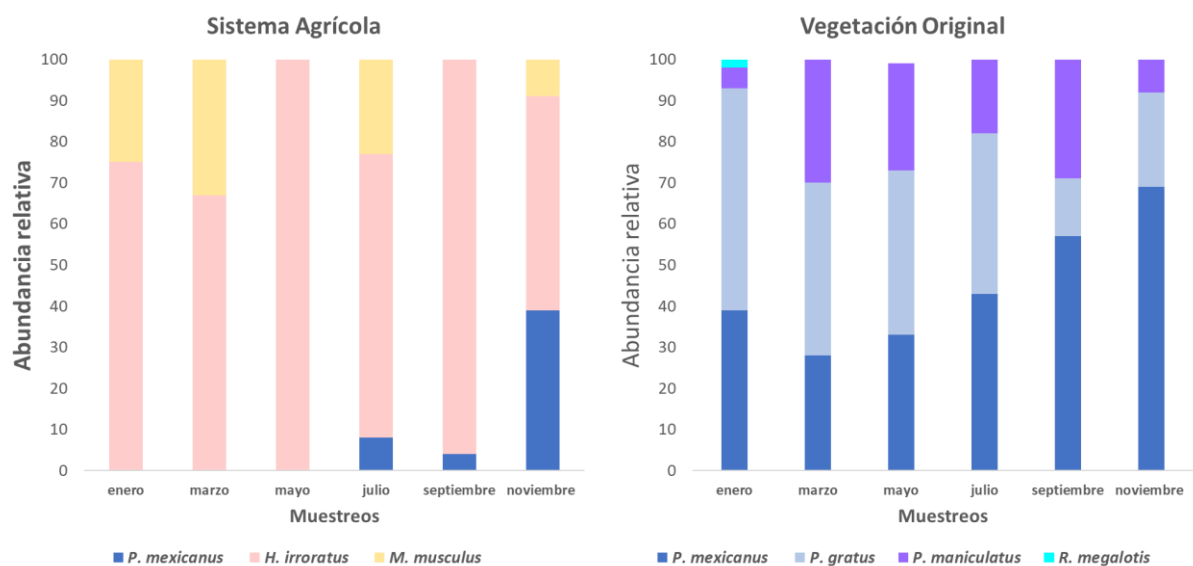


Figura 21. Abundancia relativa de las especies de ratones encontradas para cada período de muestreo en sistema agrícola. En vegetación original. De acuerdo con los seis periodos de muestreo.

Un patrón de abundancia de las diferentes especies de ratones es también observado en las gráficas de rango de abundancia. Para la zona del sistema agrícola no sólo la riqueza de especies fue variable entre los periodos de muestreo sino también las abundancias de las especies. En particular se observa cómo *H. irroratus* siempre fue la especie dominante a lo largo de los períodos de muestreo (Figura 22). En contraste, en la zona de vegetación original sólo para el muestreo de enero hubo una mayor riqueza de especies. Sin embargo, a lo largo de los muestreos hubo una mayor uniformidad en las abundancias de las tres especies más abundantes (*P. gratus*, *P. maniculatus* y *P. mexicanus*), en particular, durante los muestreos de marzo, mayo y julio. También se observaron cambios en la abundancia de las especies entre los periodos de muestreo, sobre todo en *P. gratus* y *P. mexicanus* quienes fueron las más abundantes (Figura 22).

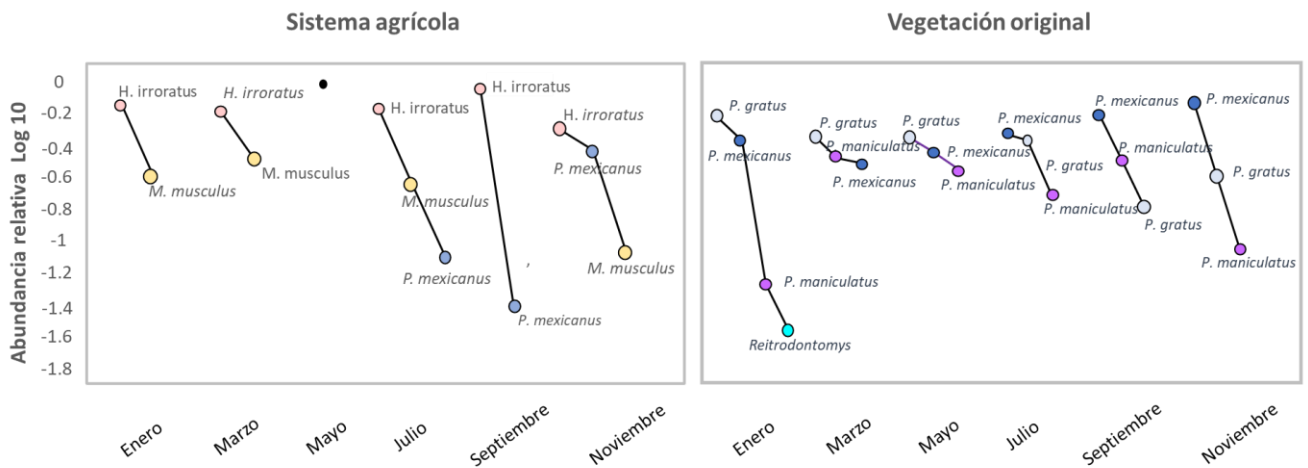


Figura 22. Gráfica de rango abundancia en sistema agrícola podemos encontrar las especies: *Heteromys irroratus* (*H. irroratus*), *Mus musculus* (*M. musculus*) y *Peromyscus mexicanus* (*P. mexicanus*) y en vegetación original las especies son: *Peromyscus mexicanus* (*P. mexicanus*), *Peromyscus gratus* (*P. gratus*), *Peromyscus maniculatus* (*P. maniculatus*), *reithrodontomys megalotis* (*R. megalotis*). Donde podemos observar la abundancia de las especies recolectadas por cada mes de muestreo.

8.2.3 Atributos del ensamble de ratones a lo largo del año en la zona agrícola y de vegetación original

Se encontró que en la zona del sistema agrícola la diversidad fue $H = 0$ a $H = 1.178$, siendo la diversidad más baja en los meses de mayo reportando una ($H = 0$) y septiembre ($H = 0.170$), mientras que la más alta en el mes de noviembre ($H = 0.920$) (Figura 23). Al comparar la diversidad entre períodos de muestreo en el sistema agrícola empleando una Kruskal Wallis, las diferencias no fueron significativas ($H = 3.537$, $P = 0.294$). Por otro lado, en la zona de vegetación original, la diversidad varió entre $H = 0$ a $H = 1.082$, siendo septiembre ($H = 0.956$) y noviembre ($H = 0.790$) los períodos de muestreo con menor diversidad mientras que marzo fue cuando hubo mayor diversidad ($H = 1.082$) (Figura 23). Dicha variación, al ser comparada entre los períodos de muestreo no hubo diferencias significativas ($H = 8.071$, $P = 0.14$).

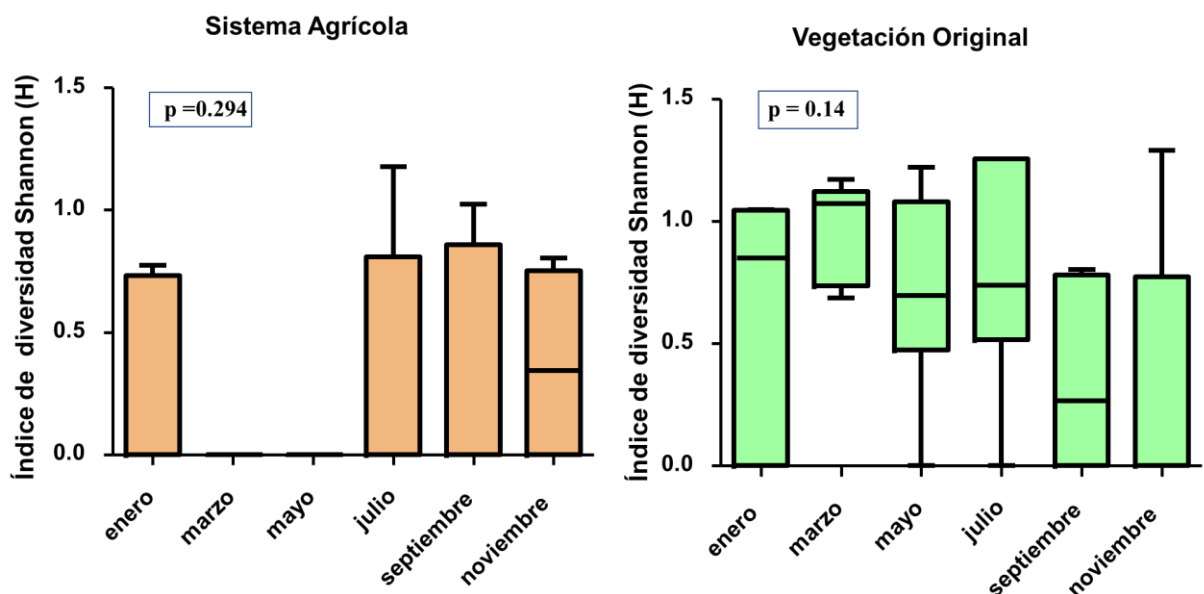


Figura 23. Se muestran las gráficas de caja correspondientes a la comparación de los índices Shannon para cada mes de muestreo, vegetación original y sistema agrícola. Las cajas muestran el 25 y 75% mientras que los bigotes representan el mínimo y el máximo.

Al estimar la dominancia del ensamble de roedores (empleando el índice de dominancia de Simpson), en la zona del sistema agrícola la dominancia entre periodos de muestreo para enero ($D = 0.400$) y noviembre ($D = 0.592$) cuando los valores fueron más bajos mientras que los más altos en marzo ($D = 0.666$), mayo ($D = 1$) y septiembre ($D = 0.877$) (Figura 24). Dicha variación entre períodos de muestreo no fue estadísticamente significativa ($H = 4.318$, $P = 0.385$). Respecto a la zona de vegetación original la dominancia tuvo valores que fueron disminuyendo del primero al último período de muestreo obteniendo en enero ($D = 0.557$), en noviembre (0.210), (Figura 24). Sin embargo, dicha variación, no tuvo diferencias estadísticamente significativas ($H = 3.889$, $P = 0.560$).

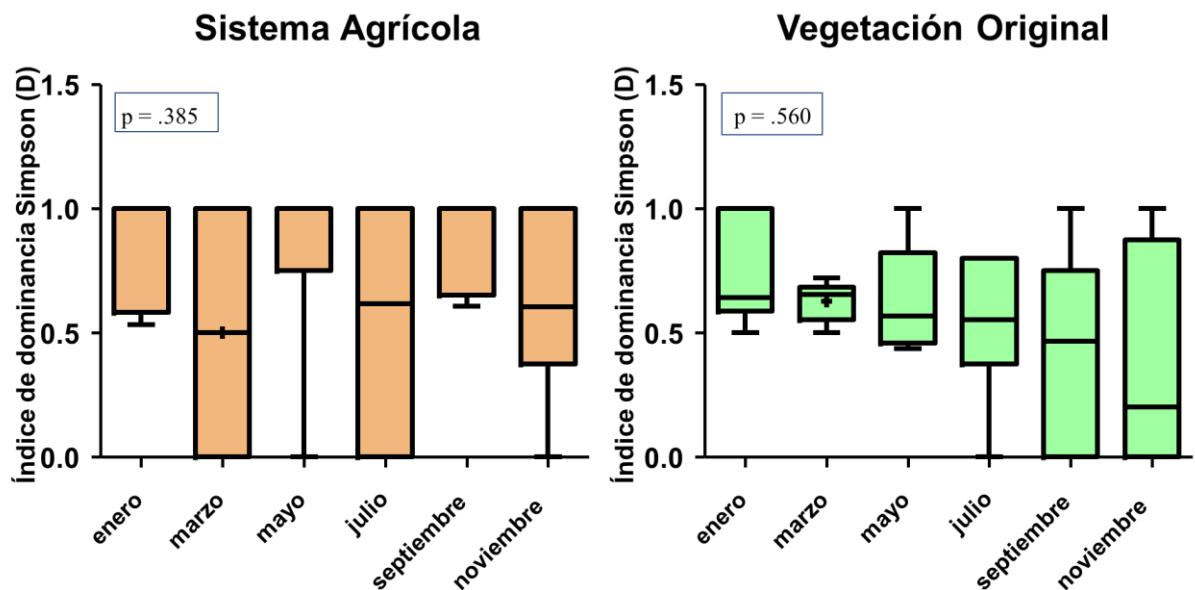


Figura 24. Se muestran las gráficas de caja correspondientes a la comparación de los índices Simpson para cada mes de muestreo, vegetación original y sistema agrícola. Las cajas muestran el 25 y 75% mientras que los bigotes representan el mínimo y el máximo.

Al estimar la equidad (empleando el índice de Pielou) se encontró que en la zona del sistema agrícola los valores fueron de $J = 0$ a $J = 0.836$, los períodos de muestreo donde hubo una menor uniformidad fueron los meses de mayo ($J = 0$) y septiembre ($J = 0.153$) mientras que la mayor equidad del ensamble se encontró en el período de noviembre ($J = 0.836$) (Figura 25). No obstante, a la variación observada no se encontraron diferencias significativas entre dichos periodos de muestreo ($H = 3.7$, $P = 0.264$). Por su parte, en la zona de vegetación original, los valores del índice de equidad fueron de $J = 0.68$ a $J = 0.99$, encontrándose la menor equidad en el período de muestreo de enero ($J = 0.68$), mientras la mayor equidad se alcanzó en el mes de mayo ($J = 0.99$) (Figura 25). Tampoco se encontraron diferencias significativas entre los diferentes períodos de muestreo ($H = 9.452$, $P = 0.072$)

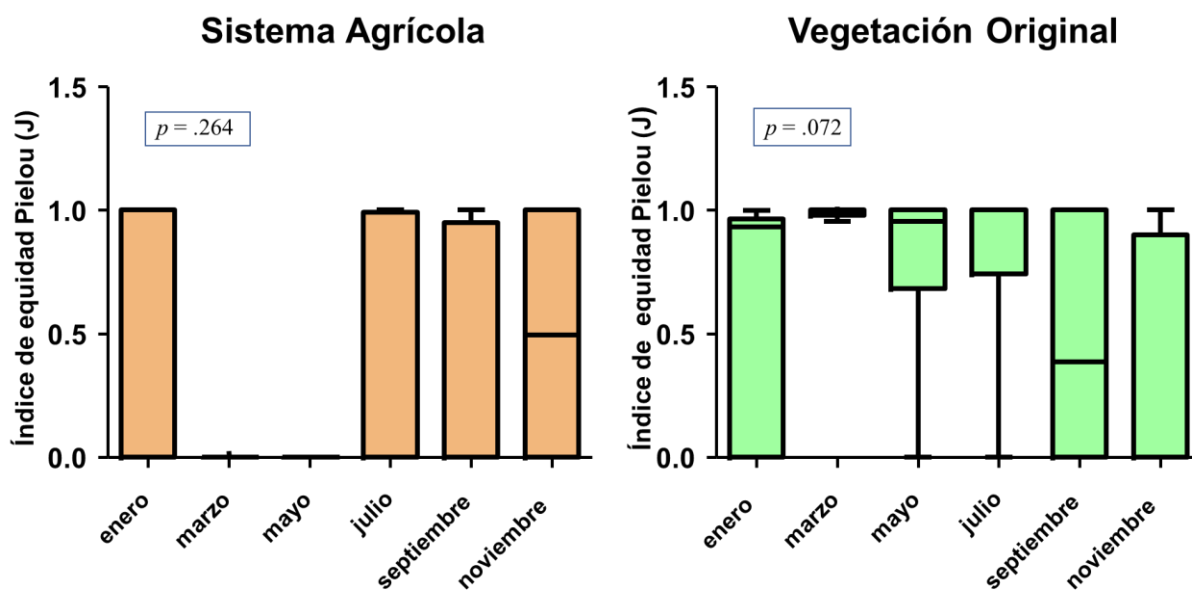


Figura 25. Se muestran las gráficas de caja correspondientes a la comparación de los índices para cada mes de muestreo, vegetación original y sistema agrícola. Las cajas muestran el 25 y 75% mientras que los bigotes representan el mínimo y el máximo.

8.3 Relación entre los atributos del ensamble de ratones y la estructura de la vegetación en la zona agrícola y de vegetación original

Se realizó un análisis de componentes principales (PCA). Donde a partir de este análisis nos arrojó cuatro componentes, los datos empleados fueron los porcentajes de cobertura vegetal general, monocotiledóneas, vegetación verde y de arbustos de cada período de muestreo (enero, marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre). A partir del análisis de componentes principales se generaron cuatro componentes. Los dos primeros componentes aportaron el 74.9 % del valor explicativo de la variación de los datos (Tabla 2). Posteriormente, del componente uno se identificó que la variable de cobertura vegetal general fue la más influyente en la variación de los datos de cobertura vegetal (0.61).

Tabla 2. Cuadro de los análisis principales donde se relacionaron los parámetros de la estructura del ensamble de ratones y de la vegetación, donde se evaluaron las variables más representativas de dicha vegetación para

relacionarla con diversidad, dominancia y equitatividad del ensamble en cada zona de muestreo (SA y VO). El PC1: corresponde a cobertura vegetal general, PC2: monocotiledóneas, PC3: vegetación verde y PC4: arbustos

PC1	PC2	PC3	PC4
49.1	25.8	15.8	9.2

Las regresiones lineales entre la variable cobertura de vegetación general y el índice de diversidad de Shannon mostró que mientras mayor cobertura tendremos mayor diversidad ($R^2=0.092$, 70 gl, $P = 0.005$). Se encontró que la cobertura vegetal general también estuvo relacionada de forma positiva con la equidad ($R^2=0.110$, 70 gl, $P = 0.002$). (Figura 26) y (Figura 27).

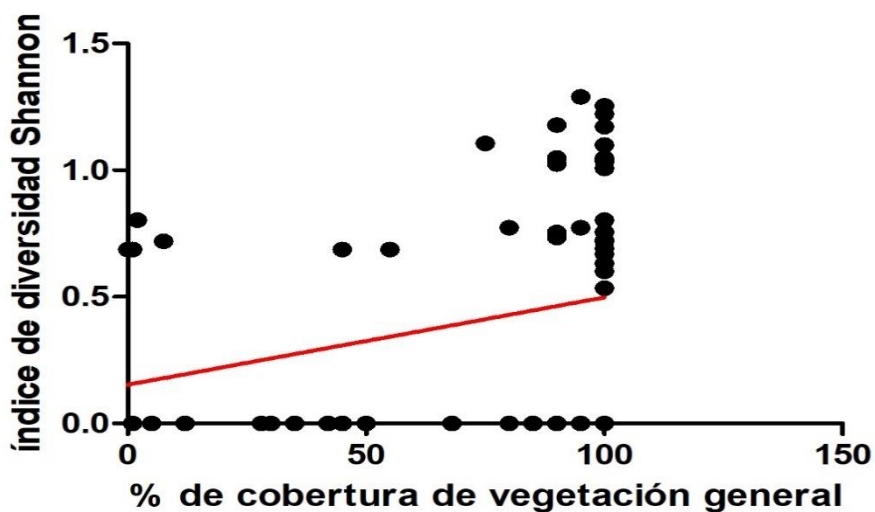


Figura 26. Regresión lineal entre los porcentajes de cobertura de vegetación general y el índice de diversidad de Shannon. Se observa una relación positiva entre ambas variables (a mayor cobertura mayor diversidad).

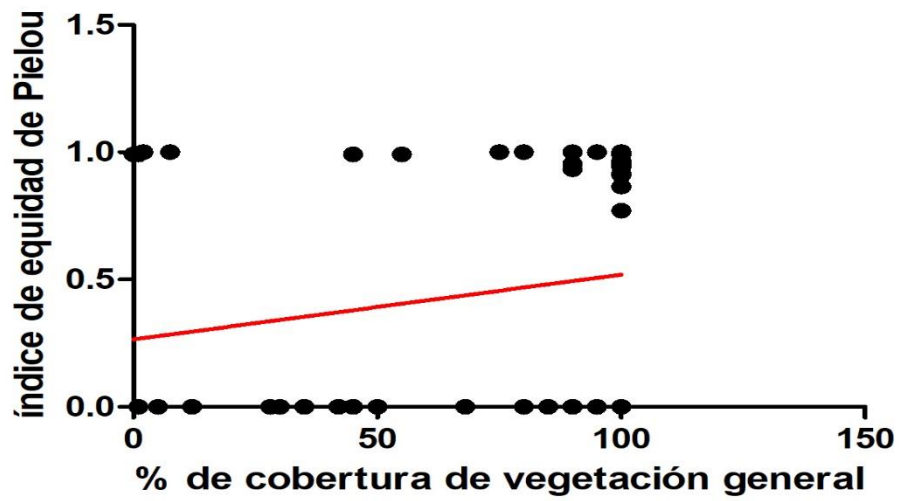


Figura 27. Regresión lineal entre los porcentajes de cobertura de vegetación general y el índice de equidad de Pielou. Se observa una relación positiva entre ambas variables (a mayor cobertura mayor equidad).

9. DISCUSIÓN

Se tiene poco conocimiento de cómo los disturbios en el ambiente pueden tener repercusiones negativas sobre los ensambles de ratones a lo largo del tiempo. Debido a esto, conocer semejantes consecuencias es de central importancia para enfocar esfuerzos de preservación de ambientes y especies, el presente estudio evaluó la variación a lo largo de un año de la composición y estructura de ensambles de ratones en una zona de sistema agrícola (SA) y una de vegetación original (VO) en dos comunidades del municipio de San Felipe Ixtacuixtla en el Estado de Tlaxcala. Con este fin, se analizaron las características estructurales de la vegetación para entender las variaciones poblacionales de los ensambles de ratones. Los resultados evidenciaron que:

1) los elementos de la estructura vegetal (altura y porcentaje de cobertura de monocotiledóneas, dicotiledóneas, vegetación arbustiva, vegetación verde y porcentaje general de cobertura) variaron a lo largo del año en ambas zonas de muestreo. Sin embargo, dichas variaciones fueron más evidentes en SA, mientras que en VO la estructura fue más constante.

2) la composición taxonómica de los ensambles varió a lo largo del año en ambas zonas. No se registraron especies compartidas entre zonas, salvo en el caso de *Peromyscus mexicanus*, el cual fue registrado en ambas zonas. Las variaciones entre periodos de muestreo fueron más evidentes en SA que en VO.

3) con respecto a la abundancia de las especies, en SA, *H. irroratus* fue la especie más abundante a lo largo del año, mientras que, en VO, la abundancia se mantuvo de manera uniforme entre las especies.

4) los resultados de los análisis de parámetros de los ensambles (abundancia, dominancia y diversidad) sugirieron para SA una baja diversidad, la cual varió a lo largo del año, dominancia elevada y poco variable, mientras que la equitatividad fue variable a lo largo del año. En VO, la diversidad fue mayor, con poca variación a lo largo del año, la dominancia fue baja, con poca variación a lo largo del año. La equitatividad fue alta y constante a lo largo del año, lo cual contrastó con SA.

5) por último, se encontró que el porcentaje de cobertura de la vegetación general es el rasgo que más influyó en el orden de importancia de los elementos que conforman a la estructura vegetal con un porcentaje del 49.1%. Los resultados evidenciaron que la composición y

estructura de los ensambles de ratones responden a los cambios en el hábitat, como los que se presentan en los sistemas agrícolas, que pueden conducir a un deterioro general del ambiente y que se reflejan en los parámetros de los ensambles de ratones.

Variabilidad de los elementos de la estructura vegetal

En el estudio actual se encontró que, en SA, ciertos elementos de la estructura de la vegetación, como el porcentaje general de cobertura y la altura, presentaron números reducidos en los primeros tres muestreos del año (enero, marzo y mayo) mientras que en el resto de los muestreos alcanzan sus máximos niveles. Los tres primeros periodos de muestreo coinciden con el período de secas y mayor escasez de precipitación en la zona (INEGI, 2017), lo cual se asocia a los trabajos agrícolas de remoción de la tierra para preparar el suelo para los cultivos (Rojas-Rabiela 1991). Como lo refieren Torre (2004) y Hui (2006), tales cambios sugieren perturbaciones ambientales y tal variación, a la que se hace referencia, representa un cambio abrupto en el hábitat para las especies que han logrado establecerse o adaptarse a zonas agrícolas que sufren este tipo de cambios año con año y que se aborda más adelante. La poca vegetación registrada en SA, a menudo fueron herbáceas y pastos, los cuales fueron removidos durante la labranza. En los siguientes periodos de muestreo, el porcentaje general de cobertura y la altura incrementaron notoriamente, ya que, con el paso de la temporada, los cultivos crecieron, así como las herbáceas asociadas a estos, muchas veces consideradas por los agricultores como “malas hierbas”. Sin embargo, el porcentaje de cobertura y la altura de arbustos no varió, debido a que tales elementos vegetales, asociados a “bordos”, son preservados por los agricultores como técnica para evitar la erosión y retener humedad, así como para delimitar una parcela de otra (Rojas-Rabiela 1991). Esta técnica es característica de los sistemas agrícolas de temporal encontrados en la región central de México (INEGI, 2017). Por el contrario, en la zona de VO, el porcentaje de la cobertura vegetal general fue constante a lo largo del tiempo y no se encontraron diferencias entre los períodos de muestreo para los diferentes elementos de la estructura vegetal, excepto para la altura, que disminuyó en los períodos de mayo y julio. Aparentemente, los cambios en la altura de dicotiledóneas responden a la disminución de la precipitación pluvial.

Los sistemas agrícolas son considerados como paisajes altamente impactados y generalmente, las áreas relativamente conservadas que circundan a éstos también adoptan tal característica (Benton y cols., 2003). Sin embargo, en el presente estudio se identificó que, de forma general, la zona de VO no sufre de perturbaciones antrópicas, lo cual hace que las características de los elementos de la vegetación permanezcan relativamente constantes a lo largo del año, a pesar de estar circundada por áreas agrícolas.

Variabilidad de la composición taxonómica y su abundancia de los ensambles de roedores.

Se registraron seis especies de ratones, de los cuales tres (*H. irroratus*, *M. musculus* y *P. mexicanus*) estuvieron en SA y cuatro (*P. gratus*, *P. maniculatus*, *P. mexicanus* y *R. megalotis*) en VO. *Heteromys irroratus* y *M. musculus* registradas en SA, son tolerantes a perturbaciones ambientales, en particular la segunda, la cual es una especie exótica y frecuentemente considerada como plaga tanto en los campos agrícolas como en los sitios de almacén de granos, como lo refieren Álvares-Romero y Medellín (2005) y Nyirenda y cols. (2020). Históricamente esta especie ha sido transportada e introducida accidentalmente a diferentes ambientes por lo que está distribuida en todo el planeta como especie comensal del hombre (Wilson y Reeder, 1993) y se ha observado que pueden coexistir con los ensambles de roedores locales, aunque es posible que compita y finalmente desplace a alguna población natural, dada su alta tolerancia a los ambientes perturbados (Wilson y cols., 2004). En contraste, en la zona de estudio no fue tan abundante y su presencia posiblemente dependió de las actividades realizadas durante la mayor actividad agrícola y de la presencia de algunos asentamientos humanos que, aunque aislados, se encuentran en las proximidades de los sitios de muestreo.

Con respecto a *H. irroratus*, es una especie de afinidad neártica y habita principalmente en matorrales xerófilos y pastizales, sin embargo, también puede encontrarse en zonas de pastoreo y campos de cultivo como lo refiere Dowler y Genoways (1978) y como se constató en el presente estudio. Es conocida por su tolerancia hacia el disturbio antrópico (Ceballos y Galindo, 1984), lo que explica en parte, su presencia permanente en el SA. La tercera especie en SA fue *P. mexicanus*, la cual fue la única especie compartida por ambas zonas (SA y VO) una teoría podría sugerir que esta especie utiliza las barrancas como corredor biológico ya que estos ejemplares solo aparecieron en los sitios cercanos a una barranca a no más de 40 metros

del sitio de captura. Llama la atención la presencia de *P. mexicanus* en la zona, ya que previamente no había sido reportada para los lomeríos del centro del Estado de Tlaxcala, teniendo su registro más cercano a 40 km aproximadamente. Sin embargo, su presencia tanto en SA como en VO no es de llamar la atención, ya que es común tanto en bosques de coníferas y semidecuidos como en acahuals y bordes de áreas agrícolas y la consideran como una especie de amplia plasticidad ecológica. Por otro lado, en la zona de VO las especies encontradas son típicas de zonas boscosas, por ejemplo *R. megalotis* que se encuentra asociado a bosques de pino-encino y con pastizales naturales, seleccionan claros cubiertos por gramíneas, otras hierbas y arbustos bajos (Hooper 1952). En el caso de *P. maniculatus*, habita en una gran diversidad de hábitats, destacando los bosques de pino, pastizales, matorral xerófilo y en las cercanías o en los cultivos mismos (Ceballos y Oliva, 2005), sin embargo, no fue registrada en SA, restringiéndose su presencia solo a VO esto puede deberse a las características de la cobertura vegetal escasa del SA. Por último, *P. gratus* se le puede encontrar en matorrales de regiones áridas, bosques húmedos, bosques de pino-encino y terrenos de cultivo, no obstante, durante la realización del presente estudio no fue registrado en SA. Esto puede obedecer a que según Chávez y cols, (1993), la especie es semi arborícola y al no tener presencia significativa de vegetación arbórea en SA, esto pueda estar influyendo para no haberlo registrado en la zona. En el Estado de Tlaxcala se le ha registrado en el PNLM y en los municipios de Calpulalpan y Nanacamilpa (Ramírez-Albores y cols, 2014); a la fecha no se había reportado para la parte de los lomeríos, por lo que su captura sugiere una posible ampliación del registro de su distribución en el Estado.

La riqueza de especies varió a lo largo de los períodos de muestreo, en particular en la zona del SA. La especie que estuvo presente en todos los periodos de muestreo fue *H. iorroratus*. *Mus musculus*, esto puede ser explicado por su alta tolerancia a los ambientes perturbados. A pesar de ser considerada una especie invasora, exótica y muchas veces plaga, no fue registrada en mayo ni en septiembre. Tal situación pudo haber obedecido a que no fue capturada y no que haya estado ausente del área, dadas las características biológicas mencionadas en las líneas previas. Hacia la segunda mitad del año, empezó a ser capturado *P. mexicanus* en la zona de SA. Este hecho posiblemente pueda deberse a que, para esa época del año, la tierra ya está cultivada y hay abundantes plántulas en desarrollo que la especie puede aprovechar para alimentarse; según lo reportado por Reid (1997), la materia vegetal verde (hojas, tallos y

plántulas) forma parte importante de su dieta. Adicional a esto, en la zona se pueden encontrar numerosas barrancas con acantilados rocosos, aledaños a los sitios de labranza, los cuales son mencionados por Davis (1944) como sitios donde se ha identificado la presencia de la especie.

En la zona de VO, *R. megalotis* destacó por ser capturada sólo en una ocasión (primer periodo de muestreo) junto con *P. gratus*, *P. maniculatus* y *P. mexicanus*. En este periodo de muestreo se obtuvo la riqueza de especies más alta para esta zona. En los siguientes muestreos únicamente fueron capturados *P. gratus*, *P. maniculatus* y *P. mexicanus*. Estos hallazgos concuerdan con lo mencionado con autores como Polop y cols. (2014) y Flores y Vázquez (2016), quienes refieren que los cambios en la abundancia y diversidad de los ensambles de roedores en zonas con poco disturbio, son frecuentes y notorios. Tales cambios pueden estar respondiendo a la temporalidad y sus efectos microclimáticos.

En cuanto a la abundancia relativa de las especies de ratones, en SA la especie más abundante fue *H. irroratus* pero, a pesar de ello, se identificaron variaciones en su abundancia a lo largo del año. Las otras dos especies (*M. musculus* y *P. mexicanus*) también mostraron variación a lo largo del año y no siempre fueron capturadas. Fueron intermitentes en su presencia, en particular *M. musculus* la cual no fue encontrada en los muestreos de mayo y septiembre. En el caso de *P. mexicanus*, como se mencionó anteriormente sólo en los tres últimos muestreos estuvo presente. En el caso de *H. irroratus*, su abundancia más alta se asoció a mayo cuando incluso sólo individuos de esta especie fueron capturados en la zona. La elevada abundancia de *H. irroratus* puede ser explicada por la ausencia de las otras dos especies (*M. musculus* y *P. mexicanus*) lo cual podría estar relacionada con la presencia de recursos disponibles, entre los que podría destacar el alimento y espacios para protección. Como fue mencionado anteriormente, la cobertura vegetal incrementó desde el muestreo en julio y alcanzó su máximo en septiembre y noviembre. Dichos resultados sugieren una mayor cobertura donde pueden ocultarse los individuos y a su vez una mayor disponibilidad de recursos alimenticios para las especies como *P. mexicanus* quien es más folívoro (Reid, 1997). Respecto a la zona de VO, la abundancia relativa de las especies fue más equilibrada a lo largo de los periodos de muestreo. Las pequeñas variaciones de las abundancias fueron un poco más notorias en *P. mexicanus*, donde hubo un incremento hacia los tres últimos periodos de muestreo. Dichos periodos, al estar asociados con la cobertura de vegetación y época de lluvias sugiere que el

incremento en su población podría ser consecuencia de su actividad reproductora. Se sabe que su actividad reproductora, aunque puede ocurrir a lo largo del año, tiene picos asociados a la temporada de lluvias (Reid,1997). Algo similar podría ocurrir con *P. maniculatus*, sólo que su abundancia fue más alta hacia los muestreos de marzo a septiembre, esta especie se reproduce con mayor frecuencia entre junio y agosto, aunque se le considera reproductivo todo el año (Ceballos y Oliva, 2005). Dicha reproducción podría ser la explicación al incremento de su abundancia en esos períodos de muestreo. En cuanto a *P. gratus* su mayor abundancia dentro del ensamble fue encontrada en los muestreos de enero a julio lo cual contrasta con los períodos en que se esperaría mayor abundancia como consecuencia de su reproducción. Su actividad reproductora ocurre en los meses de mayor humedad los cuales van de mayo a diciembre (Anderson 1972). Poco se sabe de la abundancia de esta especie y sobre todo si la presencia de otras especies pudiera influir en su actividad reproductora. Sin embargo, probablemente podría existir segregación entre especies de la actividad reproductora, tal como ha sido documentado para otros roedores de la misma comunidad (Rosenzweig, 1981). Esto podría repercutir en la mayor abundancia de *P. gratus* observada durante los primeros períodos de muestreo.

En cuanto a la descripción de las propiedades del ensamble de ratones, (la baja riqueza de especies y de sus abundancias) se reflejó en variaciones notorias de dichas propiedades a lo largo del tiempo, en particular en la zona del sistema agrícola. La zona del SA se caracterizó por contar con una riqueza de especies baja, incluso hubo períodos de muestreo donde una sola especie estuvo presente, con una dominancia elevada (causada por la elevada abundancia de *H. irroratus*) pero, un patrón poco evidente en la equidad (posiblemente causado por la baja captura de individuos en varios sitios dentro de la zona). Los resultados son consistentes con lo que se sabe sobre los efectos de las actividades agrícolas. Dichos efectos modifican diversos procesos ecológicos que incluyen desde la dinámica de las poblaciones hasta la composición de los ensambles (Vandermeer y Perfecto, 1995). También es conocido que la intensificación agrícola afecta la diversidad de especies, donde influye de forma negativa a las especies raras y especialistas del hábitat mientras que se favorece la presencia de especies generalistas (Millán de la Peña y cols. 2003). Es el caso de lo que se encontró en el presente estudio, donde *H. irroratus* fue la especie dominante durante todos los muestreos de la zona del SA. En la zona de VO, por el contrario, la diversidad y dominancia se mantuvieron con menos variaciones a lo

largo del año comparado a la zona del SA. Estos resultados sugieren que las especies están mejor repartidas en esta zona. Algo similar ha sido encontrado en áreas dominadas por bosques de encino, donde los parámetros o atributos del ensamble como la diversidad, riqueza de especies y dominancia, son consistentes a lo largo de las estaciones y mejor repartidas comparado a zonas donde hay cierto grado de perturbación o expuestas a actividad humana (Aragon y cols 2009).

Influencia de las variaciones anuales de la vegetación sobre los atributos de los ensambles de ratones.

Se evaluó si las características de vegetación podrían explicar las variaciones a lo largo de los muestreos de los atributos del ensamble de ratones. Se identificó que la variable del porcentaje de cobertura vegetal general es la que mejor explica la variación de la vegetación por lo cual fue empleada para analizar su relación con los atributos del ensamble. Aunque no se encontró ninguna relación para cada una de las zonas (SA y VO) al analizar los datos de ambas zonas se encontró que conforme incrementa el porcentaje de cobertura vegetal general también incrementan los índices de diversidad y equitatividad. Estos resultados son consistentes con otros sitios donde la vegetación está relacionada con la diversidad de especies (MacArthur y MacArthur, 1961; Fischer y cols. 2006; Polop y cols., 2014; Torre, 2004). Es común encontrar que la escasa vegetación limita la disponibilidad de recursos para las especies y a pesar de que se favorece la presencia de especies generalistas, la ausencia de vegetación limitará el mantenimiento de las especies en la zona.

Tal situación ocurre por los cambios en el hábitat, tal es el caso de las perturbaciones ambientales generadas por la agricultura las que impactan en la estructura y composición de la vegetación y que a su vez alteran la capacidad de carga de los ecosistemas (Hui, 2006). Dichas alteraciones pueden ser causadas por perturbaciones naturales (incendios o erosión), sin embargo, en la actualidad, las perturbaciones ambientales más frecuentes, se deben a las actividades humanas como la agricultura (Torre, 2004). En este estudio, fue encontrado que la zona del sistema agrícola fue donde se encontró la menor cobertura vegetal, en particular durante el período donde no hubo cultivos, esto conforme a lo esperado y descrito en la hipótesis. Por lo contrario, en la zona de vegetación original la cobertura vegetal, también conforme a lo que

nos planteamos en la hipótesis, fue constante a lo largo del tiempo por lo que fue la zona donde se encontró una elevada diversidad de especies.

Los resultados del presente trabajo evidenciaron que no sólo hay diferencias en la identidad de las especies que se encuentran en una zona de sistema agrícola comparado a las de vegetación original de una misma región, se evidenció también que los atributos de los ensambles de ratones varían a lo largo del año de forma distinta entre ambas zonas, siendo más evidentes estas variaciones en los sistemas agrícolas que en las zonas de vegetación original. Esas diferencias parecen depender de las variaciones en la estructura de la vegetación ya que en los sistemas agrícolas son contrastantes a lo largo del año mientras que en las zonas de vegetación original la estructura es más constante.

10. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, se formularon las siguientes conclusiones.

1.- La estructura vegetal tuvo un patrón de variación diferente a lo largo del año entre las zonas del sistema agrícola y la zona de vegetación original.

2.- Las especies de roedores de la zona del sistema agrícola son distintas a las de la vegetación original. Especies más tolerantes a las perturbaciones humanas estuvieron en el sistema agrícola (*H. irroratus* y *M. musculus*), mientras que, especies más dependientes a zonas boscosas se detectaron en la zona de vegetación original (*P. gratus*, *P. maniculatus*, *P. mexicanus* y *R. megalotis*). Solo una especie de la vegetación original estuvo en el sistema agrícola (*P. mexicanus*), en especial cuando hubo mayor cobertura vegetal.

3.- No se detectaron cambios en los valores de los atributos del ensamble de ratones a lo largo del año tanto en la zona del sistema agrícola como la de vegetación original. Sin embargo, en el sistema agrícola hubo sitios donde incluso sólo una especie fue encontrada lo que limitó e impidió evaluar los atributos del ensamble a lo largo del año.

4.- Las variaciones en los atributos del ensamble de ratones a lo largo del año son explicadas por las variaciones en la cobertura vegetal para ambas zonas de estudio.

5.- Conforme incrementa la cobertura vegetal también incrementa la diversidad y equidad de las especies de ratones.

6.- Especies más tolerantes a las perturbaciones humanas estuvieron en el sistema agrícola donde se pudo ver su marcada dominancia a lo largo del año en el caso de (*H. irroratus* y *M. musculus*).

11. PERSPECTIVAS

Ampliar el esfuerzo de muestreo a más de un año para aumentar las capturas y conocer a partir de una curva de acumulación de especies, la riqueza de ratones en ambos ambientes (SA y VO). Esto permitiría obtener información más completa acerca de la riqueza de especies en la zona y de cómo varía el ensamble en un plazo mayor con respecto a los efectos causados por las actividades agrícolas

Ampliar el área de muestreo para incluir las barrancas aledañas a SA y VO y explorar la posibilidad de que tales ambientes estén funcionando como refugio para ciertas especies durante la época de secas y de poca cobertura vegetal en SA.

Analizar datos poblacionales como la sobrevivencia, proporción de sexos y migración de individuos para conocer más a fondo la dinámica poblacional de los integrantes del ensamble de ratones en respuesta a la perturbación ambiental promovida por las prácticas agrícolas en la zona.

12. REFERENCIAS

- Álvarez-Castañeda, S. T., T. Álvarez y N. González-Ruiz. 2015. Guía para la identificación de los mamíferos de México en campo y laboratorio/keys for identifying Mexican Mammals in the field and in the laboratory. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. y Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. 522 pp. (ISBN papel 978-607-7634-15-7, electrónico 978-607-7634-14-0).
- Álvarez-Romero, J. y R. A. Medellín. 2005. *Mus musculus*. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto U020. México. D.F.
- Aragón EE, Garza A y Cervantes FA. 2009. Estructura y organización de los ensambles de roedores de un bosque de la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 523-542, 2009
- Anderson, S 1972. Mammals of Chihuahua, taxonomy and distribution. *Bulletin American Museum of Natural History*, 148:149-410.
- Balant, G. y B. Courtiade. 1992. *Modeling bird communities/landscapes patterns relationships in a rural area of south-western France*. *Landscape Ecology* 6: 195-211.
- Berry, P.E. 2002. Diversidad y endemismo de los bosques neotropicales de bajura. En: Guariguata, M.R. & Kattan, G. (eds.). *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Ediciones LUR. Cartago, Costa Rica. 691 pp.
- Begon, M., Harper, J.L. & Townsend, C.R. 1996. *Ecology: Individuals, populations and communities*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 1068 pp.
- Benton T.G., Vickery J.A., Wilson J.D., 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends Ecological. Evolution*. 18: 182–188.
- Bradley, R.D., F. Mendez-Harclerode, M.J. Hamilton, G. Ceballos. 2004. A new species of *Reithrodontomys* from Guerrero, Mexico. *Occasional Papers, The Museum, Texas Tech University* 231: 1-12.
- Brown, JH. 1984. *On the relationship between abundance and distribution of species*. *American Naturalist* 124: 255-279.

- Brown JH. 2001. Mammals on mountainsides: Elevation patterns of diversity. *Global Ecology and Biogeography* 10: 101-109.
- BuTler, S., A. J. viCKery, and K. norris. 2007. Farmland biodiver- sity and the footprint of agriculture. *Science* 315:381–384.
- Carleton, M.D. 1980. Phylogenetic relationships in neotomine-peromyscine rodents (Muroidea) and a reappraisal of the dichotomy within the New World Cricetinae. *Miscellaneous Publications of the Museum of Zoology, University of Michigan* 157: 1- 146.
- Carleton, M. D., y G. G. Musser. 2005. Rodentia. Pp. 745-2142 in *Mammal Species of the World: A taxonomic and geographic reference* (Wilson, D. E., y D. M. Reeder, eds.). The Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.
- Ceballos G. Oliva G. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Primera edición. Fondo de Cultura Económica y CONABIO. México. 988 pp.
- Ceballos, G. y A. Galindo. 1984. Mamíferos Silvestres de la cuenca de México. Edit. Limusa, México.
- Cervantes Reza F A, Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad C 2021. Sistemática y biogeografía del género *Reithrodontomys* (Rodentia: Muridae). Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/3gn95v> accessed via GBIF.org on 2022-07-13.
- Chavez JC, Ceballos G. 1994. Historia natural comparada de los pequeños mamíferos de la reserva El Pedregal . Pp. 229-238, en: *Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel: Ecología, historia Natural y Manejo* (A. Rojo, comp.). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Chesson, P., 2000. Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31, 343–366.
- Corona V. M. C. 2005. Conservación del Parque Nacional La Malinche. En: Fernández F. J. A. y López-Domínguez J. C. (Compiladores) *Biodiversidad del Parque Nacional Malinche, Tlaxcala, México*. Coordinación General del Estado de Tlaxcala. pp, 175 – 197.
- Courtalon P, Dolcemascolo A, Troiano V, Álvarez MR y Busch M. 2003. Inter and intraspecific relationships in *Akodon azarae* and *Calomys laucha* (Rodentia, Sigmodontinae) in pampean agroecosystems. *Jour. Neotrop Mammal.* 10: 27-39.

- Davis, W. B. 1944. Notes on Mexican mammals. *Journal of Mammalogy* 25:370-403.
- Fischer, J., Lindenmyer, D.B., Manning, A.D., 2006. Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes. *Front. Ecol. Environ.* 4, 80–86. <https://doi.org/10.1890/1540-9295.004>.
- Flores Peredo R, Vázquez Domínguez G., 2016. Influence of vegetation type and season on rodent assemblage in a Mexican temperate forest mosaic. Vol. 7. Pag:357-369.
- Francisco Polop, Ernesto Juan, Jaime Polop & M. Cecilia Provencal 2014 Spatial and temporal variation of terrestrial rodent assemblages in Cholila, Chubut Province, Argentina, *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 49:2, 151-157, DOI: 10.1080/01650521.2014.947075.
- GraphPad Prism 5.0 (2022). Free updates to Prism Windows 5.04 and Prism Mac 5.0f for current Prism 5 users <<https://www.graphpad.com/support/prism-5-updates/>>
- Gardner, B., 1996. *European Agriculture: Policies, Production, and Trade*, Gardner, Brian. Routledge Publications, New York, USA. 244 pp.
- Gentili, S., Sigura, M., Bonesi, L. 2014. Decreased small mammals species diversity and increased population abundance along a gradient of agricultural intensification. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 25(1), 39-44. <https://doi.org/10.4404/hystrix-25.1-9246>
- Giraudoux P (2022). *_pgirmess: Spatial Analysis and Data Mining for Field Ecologists_*. R package version 2.0.0, <<https://CRAN.R-project.org/package=pgirmess>>.
- González Fischer Carlos M. 2011. Ensamblajes de roedores en agroecosistemas de la provincia de Buenos Aires: su asociación con el uso de la tierra a distintas escalas espaciales. *Mastozoología Neotropical*, 18(2).
- Diamond, Jared M. 1986 *Community ecology*. Ecología. New York : 665 p.nam .
- Dowler RC, Genoways HH. 1978. *Liomys irroratus*. *Mammalian species* 82:1–6.
- Eduardo, C. A. Carvalho y M. A. Marini. 2007. Distribution patterns of diurnal raptors in open and forest habitats in south-eastern Brazil and the effects of urbanization. *Bird Conservation International* 17: 367-380.

- Galindo C & CJ Krebs 1997 Habitat structure and demographic variability of a habitat specialist: The rock mouse (*Peromyscus difficilis*). *Revista Mexicana de Mastozoología* 2: 72-89.
- Haskell JP, Me Ritchie y H Olf. 2002. Fractal geometry predicts varying body size scaling relationships for mammal and bird home ranges. *Nature* 418:527-530.
- Hernández Hernández, K. 2018 Evaluación de la relación socio-espacial interespecífica del ratón de los volcanes para detectar efectos de la perturbación ambiental en la Malinche, Tlaxcala. Tesis de licenciatura. Universidad autónoma de Tlaxcala.
- Hooper, E.T. 1952a. A systematic review of the harvest mice (Genus *Reithrodontomys*) of Latin America. *Miscellaneous publications of the Museum of Zoology, University of Michigan*, 77:1-255.
- Hui, C. 2006. Carrying capacity, population equilibrium, and environment's maximal load. *Ecological Modeling* 192:1-2.
- INEGI. Diccionario de datos edafológicos escala 1:250 000 (versión 3). www.inegi.org.mx 18 de mayo de 2017.
- INEGI. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, Tlaxcala Clave geoestadística 29015 2009.
- Jetz W, C Carbone, J Fulford y JH Brown. 2004. The scaling of animal space use. *Science* 306:266-268.
- Krebs, C. J. 2008. *Ecology: the experimental analysis of distributions and abundance*. 6ª ed. Benjamin-Cummings Publishing. Nueva York, EUA. 688 p.
- Rodríguez-Martínez L, Vázquez J, Aguilar F y Morales M. 2015. Diversidad de Mamíferos del Estado de Tlaxcala. En: *Contribución al conocimiento de la Biodiversidad en Tlaxcala*. Lara, C., Serrano-Meneses, M. Rodríguez M, L. y Vázquez, J. (eds.). pp. 69-144. Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Laurence W. F. y Yensen E. (1991). Predicting the Impacts of Edge Effects in Fragmented Habitats. *Biological Conservation*. 55: 77 – 92.
- Lantschner M. V. y Rusch V. (2007) Impacto de diferentes disturbios antrópicos sobre las comunidades de aves de bosques y matorrales de *Nothofagus antártica* en el NO Patagónico. *Ecología Austral*, 17: 99-112.

- Linzey A. V., Reed A. W., Slade N. A. y Kesner M. H. (2012) Effects of habitat disturbance on a *Peromyscus leocopus* (Rodentia:Cricetidae) population on western Pennsylvania. *Journal of Mammalogy*. 93: 211 – 219.
- Lindstedt SL, BJ Miller y SW Buskirk. 1986. Home range, time, and body size in mammals. *Ecology* 67:413-418.
- Mastretta-Yanes A. 1 , Moreno-Letelier A. , Daniel Pinero , Tove H. Jorgensen and Brent C. Emerson. 2015 . Biodiversity in the Mexican highlands and the interaction of geology, geography and climate within the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Journal of Biogeography (J. Biogeogr.)*, 42, 1586–1600.
- MacArthur, R.H., MacArthur, J.W., 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42, 594–598.
- Malcom, J. R., and J. C. Ray. 2000. The influence of timber extraction routes on central African small mammal communities, forest structure and tree diversity. *Conservation Biology* 14:1623–1638.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. First Edition. Blackwell publishing company. New York. USA. 256 pp.
- Mazurkiewicz M. 1971. Shape, size and distribution of home ranges of *Clethrionomys glareolus* (Schreber,1780). *Acta Theriologica* 16:23-60.
- MccainCHM (2004) Elevational gradients in diversity of small mammals. *Ecology* 86: 366-372.
- M'Closkey RT y Fieldwick B. 1975. Ecological separation of sympatric rodents (*Peromyscus* and *Microtus*). *Jour Mamm*. 56(1): 119-128.
- Medellín, R.A. & Equihua, M. 1998. Mammal species richness and hábitat use in rainforest and abandoned agricultural fields in Chiapas, México. *The Journal of Applied Ecology* 35:13-23.
- Mena JL 2004 *Diversidad y distribución de mamíferos pequeños no voladores en un gradiente altitudinal en la vertiente del pacífico de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. 84 pp.

- Meserve, R.L. 1976a. Three-dimensional home ranges of cricetid rodents. *Journal of mammalogy*, 58:549-558
- Michel N., Burel F., Butet A., 2006. How does landscape use influence small mammal diversity, abundance and biomass in a hedgerow networks of farming landscapes? *Acta Oecol.* 30: 11–20.
- Millán de la Peña N., Butet A., Delettre Y., Paillat G., Morant P., Le Du L., Burel F., 2003. Response of the small mammal community to changes in western French agricultural landscapes. *Landsc. Ecol.* 18: 265–278.
- McKenna, M.C., S.K. Bell. 1997. Classification of mammals above the species level. Columbia University Press, Nueva York.
- Moreno, C.E. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Veracruzana, Xalapa. 49 pp.
- Moore N.P., Askew N., Bishop J.D., 2003. Small mammals in new farm woodlands. *Mammal Rev.* 33: 101–104.
- Musser, G.G., M.D. Carleton. 1993. Family Muridae. En: *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference* (D.E. Wilson, D.M. Reeder, eds.). Pp. 501-756. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Musser, G., M.Carleton. 2005. Superfamilia Muroidea. D Wilson, D Reeder, eds. *Especies de Mamíferos del Mundo*. Washington, DC: Prensa de la Institución Smithsonian.
- Muñoz-Pedrerros A. 1992 Ecología del ensamble de micromamíferos en un agroecosistema forestal de Chile central: una comparación latitudinal. *Revista Chilena de Historia Natural* 65: 417-428.
- Nupp T. E. y Swihart R. K. 2000 Landscape-level correlates of small-mammal assemblages in forest fragments of farmland. *Journal of Mammalogy*. 91, 512 – 526.
- Past went through a complete redesign with version 3 in 2013. In 2020, version 4 was released with 64-bit <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>.
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- Ramírez-Albores J, León-Paniagua L, Navarro-Sigüenza AG. 2014. Mamíferos silvestres del Parque Ecoturístico Piedra Canteada y alrededores , Tlaxcala, México.; con notas sobre registros notables para el área. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 48-61, 2014.
- Ramírez-Pulido, J., J. Arroyo-Cabrales, y A. Castro-Campillo. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 21:21-82.1993
- Reid FA. 1997. A field guide to the mammals of Central America and Southern Mexico. Oxford University Press, Inc. 334 pp.
- Ricklefs, R.E. y Miller, G.L., *Ecology*, 4a. ed., W.H. Freeman and Company, New York, 2000.
- Robinson R.A., Sutherland W.J., 2002. Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* Volume 39, Issue 1 p. 157-176
- Rojas Rabiela, T. 1991. La agricultura en la época prehispánica. En: Rojas-Rabiela T. Coord. La Agricultura en Tierras Mexicanas desde sus Orígenes hasta Nuestros Días, pp. 15-138, Comisión Nacional para la Cultura y las Artes, Grijalbo S.A. de C.V., México, D.F.
- Rosenzweig, M. L. 198]. A theory of habitat selection. *Ecology*, 62: 327-335.
- Sánchez-Cordero V 2001 Elevational gradients of diversity for rodents and bats in Oaxaca, México. *Global Ecology and Biogeography* 10: 63-76.
- Silva M., Hartling L., Opps S.B., 2005. Small mammals in agricultural landscapes of Prince Edward Island (Canada): effects of habitat characteristics at three different spatial scales. *Biol. Conserv.* 126: 556–568.
- Soriano A y M R Aguiar 1998. Estructura y funcionamiento de los agroecosistemas. *Ciencia e Investigación* 50: 63-73.
- Stephen R Gliessman. *Agroecología Procesos Ecológicos en agricultura sostenible Diagramación y Artes: Silvia Francis S., Unidad de Comunicación, CATIE, Turrialba, C.R. ISBN 9977-57-385-9. (S.R. Gliessman, Costa Rica) 17*

- Segnini, S. 1992. Medición de la diversidad de especies. Págs: 95-118. En: Alonso, M. (ed.) La biodiversidad tropical y la amenaza de las extinciones. Cuadernos de química ecológica N° 4. Primera Edición. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Smith, J. 1972. Sound production by infant *Peromyscus maniculatus* (Rodentia: Myomorpha). *Journal of Zoology*, 198: 369-379.
- Smith T. M y Smith R. L. 2007. Estructura de las comunidades. En: Smith T. M y Smith R. L. (Eds.) *Ecología*. Pearson Educación, S. A. Sexta edición. Madrid (España) pp. 348 – 369.
- Spellerberg, I.F. 1991. *Monitoring ecological change*. First Edition. Cambridge University Press. UK. 334 pp.
- Test Kruskal-Wallis by Joaquín Amat Rodrigo, available under a Attribution 4.0 International (CCBY4.0) at https://www.cienciadedatos.net/documentos/20_Kruskal-Wallis_test.html
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielborger, K., Wichmann, M.C., Schwager, M., Jeltsch, F., 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*. Volumen 31, 79–92.
- Tuomisto, H. 2010. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography* 33:2–22.
- Ribble Do y Stanley. 1998. Home ranges and social organization of syntopic *Peromyscus boylii* and *P. truei*. *Journal of Mammalogy* 79:932-941.
- Rosenzweig ML, Winakur J. 1969. Population ecology of desert rodent communities: habitats and environmental complexity. *Ecology*. 50:558–572.
- Torre C. I. 2004. Distribution, population dynamics and habitat selection of small mammals in Mediterranean environments: the role of climate, vegetation structure, and predation risk. Departamento de Biología Animal. Universita de Barcelona.
- Vázquez PJ. 2012. Distribución de madrigueras de la rata canguro *Dipodomys merriami insularis* y su relación con la distribución espacial de la comunidad de roedores en la Isla San José, Baja California Sur, México. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
- Wilson, D.E. y Reeder, D.M. 1993. *Mammalian species of the world: a taxonomic and geographic reference*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. EUA.

Williams S. E. y Marsh H. 1998. Changes in small mammal assemblage structure across a rain forest/open forest ecotone. Cambridge University Press. *Journal of Tropical Ecology*, 14: 187–198.

Zalapa S, Guerrero S, Badii M y Cervantes FA. 2012. Variación espacial del ensamble de pequeños mamíferos de tres áreas de bosque tropical subcaducifolio en la costa norte de Jalisco, México. Pp. 117-127. En: Cervantes FA y Ballesteros-Barrera C. *Estudios sobre la Biología de Roedores Silvestres Mexicanos*. IBUNAM-Universidad Autónoma Metropolitana. México. 280 pp.