



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo
Integral Regional-Unidad Oaxaca

Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos
Naturales (Biodiversidad del Neotrópico)

“Área de actividad y movimiento de *Liomys irroratus* (Gray,
1868) en una selva mediana en el ejido Tepezcuintle, Tuxtepec,
Oaxaca”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

Biól. Aremi Eulalia Santiago Marcial

DIRECTOR DE TESIS

Dr. José Antonio Santos Moreno

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. México

Enero 2009



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 12 del mes de diciembre del 2008 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: **"Área de actividad y movimiento de *Liomys irroratus* (Gray 1868) en una selva mediana en el ejido Tepezcuintle, Tuxtepec, Oaxaca"**.

Presentada por la alumna:

Santiago Apellido paterno	Marcial materno	Aremi Eulalia nombre(s)
		Con registro: B 0 6 1 4 2 6

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA
Director de tesis

Dr. José Antonio Santos Moreno

Dr. Gabriel Ramos Fernández

Dr. Enrique Martínez Meyer

M. en C. Graciela Eugenia González Pérez

M. en C. Sonia Trujillo Argueta

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dr. Juan Rodríguez Ramírez

INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL
CIIDIR-UNIDAD OAXACA



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 12 del mes diciembre del año 2008, el (la) que suscribe **Santiago Marcial Aremi Eulalia** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B061426**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. José Antonio Santos Moreno. y cede los derechos del trabajo titulado: **“Área de actividad y movimiento de *Liomys irroratus* (Gray 1868) en una selva mediana en el ejido Tepezcuintle, Tuxtepec, Oaxaca”**. al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgradoax@ipn.mx ó aremar6@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

SANTIAGO MARCIAL AREMI EULALIA



INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

AGRADECIMIENTOS

A todos aquellos que laboran en el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-OAXACA), por brindarme no solo la oportunidad de realizar mis estudios de maestría, sino también por permitirme una estancia agradable y de confianza durante éste proceso.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico proporcionado

Al *Dr. José Antonio Santos Moreno* director de ésta Tesis, por su apoyo y asesoría, pero sobretodo por su amistad y su paciencia para aclarar mis dudas.

A los Revisores de Tesis: *Dr. Gabriel Ramos Fernández, Dr. Enrique Martínez Meyer, M. C. Sonia Trujillo Argueta, M. C. Graciela E. González Pérez, y Dra. Demetria Mondragon Chaparro*, por el tiempo e interés dedicado a la revisión de éste documento, ya que sus observaciones y sugerencias me permitieron profundizar en el tema.

A mi compañera de campo, *Biol. Rosario López C.* por su apoyo, compañía y amistad incondicional, por hacer agradable cada una de nuestras salidas a campo.

A *las autoridades y a los habitantes del Ejido Cerro Tepezcuintle*, les agradezco el permitirnos ingresar a su selva y obtener cada uno de los datos, ya que sin ellos éste documento no fuera una realidad; pero también agradezco los gestos de amabilidad y respeto que nos brindaron durante nuestra estancia en su comunidad.

Pero sobretodo a Diosito por el regalo de la vida, las fuerzas y la protección que me ha dado siempre.



DEDICATORIA

Cada una de las páginas de éste documento han sido elaboradas y dedicadas pensando en las persona que amo...



Para mis amados padres Cristóbal Santiago y Soledad Marcial por el amor y la confianza depositada en mí desde siempre, por sus ejemplos y consejos en los momentos más difíciles de mi vida, por enseñarme el amor a la naturaleza.

Para mis queridos hermanos: Wily, Lily, Rox, y a mi querida primita Dianita por alegrarme y desestrezarme con sus ocurrencias y travesuras, porque hemos compartido todo (bueno casi todo), momentos difíciles en los que se ponen a prueba nuestra unión y también momentos hermosos que hemos disfrutado juntos.

Para mi gran ejemplo de amor y vida...Mamá Chuy...porque en cada salida a campo siempre estaba pendiente de mí, y aunque hoy ya no estás físicamente conmigo, en mi corazón vivirás por siempre. Va para ti también abuelito, por enseñarme a conservar nuestra cultura y nuestra educación.

Para Santos Carballar, porque juntos hemos vivido momentos mágicos y porque conocerte ha sido lo más hermoso que me ha pasado, por tu amor, comprensión, bondad y ternura.

Para mis queridas amigas: Yunuhé, por contagiarme con su felicidad; A Gaby, por las ganas de disfrutar la vida y claro por invitarme a disfrutarla; A mi copiloto Ale, a la mastozoóloga y psicóloga Mali, a Vianey, Mire y Eli por sus sonrisas. Para mis queridos amigos: Miguel A., Dan Gerson (y familia), Biol. Nemesio y Dr. Antonio Santos (y familia).

Va dedicado también, para todas aquellas personas (biólogos y no biólogos) que comparten el amor por la naturaleza, mediante la investigación.

A todos gracias y que Dios los bendiga por siempre...

CONTENIDO

	Pág
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCION	5
OBJETIVOS	22
General.....	22
Específicos.....	22
METODOS	23
Área de estudio.....	23
Captura de organismos.....	24
Descripción del área de actividad.....	26
Análisis de datos.....	26
a) Estimación densidad poblacional, permanencia y área de actividad.....	26
b) Estimación de los movimientos: distancia promedio recorrida (DPR) y distancia máxima recorrida (DMR).....	27
c) Estimación de superposición de áreas de actividad.....	28
Análisis estadísticos.....	29
RESULTADOS	30
Densidad poblacional.....	30
Proporción de sexos.....	30
Estado reproductivo.....	30
Permanencia.....	31
Distancias promedio y máximas recorridas.....	31
Áreas de actividad: variaciones a través del tiempo y superposición.....	32
Caracterización del área de actividad.....	33
DISCUSIONES	34
Densidad poblacional.....	34
Estado reproductivo.....	35
Permanencia.....	36
Movimientos.....	37
Áreas de actividad.....	39
Caracterización del área de actividad.....	42
CONCLUSIONES	44
LITERATURA CITADA	46
FIGURAS Y CUADROS	56

RESUMEN

Se estimaron los movimientos; la distancia promedio recorrida (DPR) y máxima recorrida (DMR), el tamaño y las características del área de actividad (AA) de *Liomys irroratus* en una selva Mediana en el Ejido Cerro Tepezcuintle, Tuxtepec Oaxaca. Se implementó el método de captura-marcaje-liberación-recaptura de julio 2007 a julio 2008. Se observó que la DMR fue de 103.84 m, las DPR dentro del mismo periodo fluctuaron entre 31.62 y 125.18 m, se observaron diferencias en las DPR entre sexos y entre temporadas del año. No existieron diferencias en ambos sexos en las DPR entre las temporadas del año. Se utilizó el método del polígono mínimo convexo (PMC), para el cálculo del AA, el cual fue de 275.947 m². No se encontraron diferencias significativas en el tamaño del AA entre machos y hembras. Se observó que las hembras utilizan una mayor AA en la temporada de secas que en la de lluvias, en los machos se observó un patrón inverso, además en la temporada lluviosa las DPR mostraron diferencias significativas entre sexos, mientras que en la temporada de sequía las diferencias no fueron significativas. La superposición de AA fue calculada con el índice de superposición de O'Farell, encontrando que a nivel sexual y temporal los porcentajes de superposición de AA fueron bajos. Para la descripción del AA se midieron, el número de árboles, arbustos, oquedades y grado de pendiente, se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) en el cual se encontró que las hembras tienden a utilizar sitios con mayor número de oquedades y mayor grado de pendiente que los machos. Mediante el análisis de correlación entre las variables medidas y el tamaño del AA se observó que la densidad de árboles se relaciona positivamente con el tamaño del AA utilizada en las hembras, mientras que para los machos ninguna de las variables se relacionó significativamente con el tamaño del AA.

ABSTRACT

We estimate the movements, average and maximum traveled distance (ATD, MTD), size and characteristics of home range (HR) of *Liomys irroratus* in semideciduous tropical forest in hill named Tepezcuintle, Tuxtepec, Oaxaca. We used the capture-mark-release-recapture techniques, from July 2007 to July 2008. We observed that the MTD was of 103.84 m, the ATM within period same oscillate of zero at 125.18 m. We observed differences between males and females in ATD also between seasons of year. In both sexes did not differ in the ATM between the seasons of year. We used minimum convex polygon method (MCP) to calculate size of HR, this was 275.947 m², between males and females did not differ significantly in size of HR, but the females used longer size home range in dry season than in rainy season, however in males the inverse pattern is true. In rainy season the MTD showed significant differences between sexes, but in dry season this differences wasn't significant. The overlapping of HR was calculated with overlapping index of O'Farell, in general we found low percentages of overlapping between both sex and season. We measured number of trees, shrubs, cavities and degree of slope to describe of HR, we used Principals Components Analysis (PCA) and observed that the females tend to use sites with higher number cavities and major degree of slope sites than males. Through correlation analysis, we observed that trees number are related with the size of HR in female, but in males this not had significant correlation with size of HR.

INTRODUCCION

En México se han registrado 525 especies nativas de mamíferos, que representan 193 géneros, 47 familias y 12 órdenes, de éstos, el más diverso es el de los roedores con 235 especies (45%). Seguido de los murciélagos, carnívoros y cetáceos, que en conjunto representan al 86 % de todas las especies, otros órdenes con alta riqueza de especies son los insectívoros y lagomorfos (Ceballos y Oliva, 2005).

El orden Rodentia comprende 2021 especies distribuidas en prácticamente todo el mundo, con excepción de algunas islas muy lejanas y las regiones polares, presentando una gran variedad de formas. Sin embargo dos características distintivas de las diversas especies son los incisivos de crecimiento continuo y que carecen de caninos, el crecimiento de los incisivos implica que tengan que roer constantemente para evitar su crecimiento anómalo (Ceballos, 1999).

En México este orden esta representado por ocho familias, que incluyen a ardillas (Sciuridae), castores (Castoridae), tuzas (Geomyidae), seretes (Dasyproctidae), pacas (Agutidae), puerco espines (Erethizontidae), ratas y ratones (Muridae) y ratas canguro (Heteromyidae) (Ceballos, 1999).

La familia Heteromyidae presenta una característica importante: Los individuos poseen abazones externos en las mejillas, que son usadas para almacenar alimentos. Esta adaptación les permite la recolección eficiente y el transporte de alimentos en periodos cortos de tiempo (Reichman, 1983), confiriéndoles la capacidad de ser depredadores importantes de semillas, lo que se ha demostrado experimentalmente que influyen en la composición y abundancia de comunidades de plantas anuales en hábitat desérticos (Sánchez-Cordero y Fleming, 1993).

Esta familia es exclusiva de América, incluye alrededor de 60 especies y 6 géneros de ratas canguros y ratones de abazones, la mayoría de las cuales habitan en zonas áridas. En México la familia Heteromyidae está representada por 42 especies de cinco géneros: *Dipodomys*, *Chaetodipus*, *Perognathus*, *Liomys* y *Heteromys*, de estas especies alrededor de 14 son endémicas del país. Por lo general estos organismos tienen distribuciones extensas pero existen algunas con distribución restringida como *Liomys spectabilis*, que es una especie endémica de México conocida en una área restringida en el sureste del estado de Jalisco (Ceballos y Oliva 2005).

Las especies del género *Liomys* tienen una longitud total de 180 a 300 mm; la coloración del dorso es morena; las partes laterales son mas claras y el vientre es blanquecino, el pelo es delgado y suave, entremezclado con pelo duro y espinoso. El cráneo es estrecho y las bulas auditivas están desarrolladas; tienen tendencia a la locomoción saltatorial; pueden vivir sin tomar agua aunque necesitan de algunos alimentos suculentos para mantener los procesos metabólicos normales y la regulación de temperatura (Pinkham, 1973; citado en Romero, 1993).

El género incluye cuatro especies: *Liomys irroratus*, *L. pictus*, *L. salvini* y *L. spectabilis* que se distinguen entre ellas principalmente por el número de los tubérculos plantares, el tamaño y la coloración del cuerpo, en el Estado de Oaxaca se encuentran presentes las tres primeras.

Liomys irroratus, comúnmente llamado ratón espinoso, es de tamaño mediano. Su pelaje es hirsuto, de coloración pardo grisácea en el dorso; tiene una franja lateral muy tenue de color rosa pálido a amarillo ante y el vientre es blanco. Las extremidades posteriores presentan solo cinco cojinetes plantares (Espinosa y Chávez, 2005).

El tamaño de *L. irroratus* varía dependiendo de su distribución geográfica, en la porción Norte de México se observan tallas menores en las planicies costeras del Golfo y en las montañas bajas del Este de la Sierra Madre Oriental (longitud promedio de la pata posterior = 28-30 mm; longitud promedio del cráneo = 32

mm), el tamaño incrementa desde la planicie superior de la Sierra Madre hasta la altiplanicie interior y la talla mas grande de la especie es encontrada en la Sierra Madre del Oeste de Chihuahua (longitud promedio de la pata posterior = 34 mm y longitud promedio del cráneo = 37 mm) (Hopper y Handley, 1948).

Coexiste con *L. pictus* en el centro y sur del país. Se reproducen durante todo el año, con una mayor actividad entre los meses de agosto a noviembre. En cada camada pueden nacer de dos a siete crías, con un promedio de cuatro. Habita con preferencia en zonas rocosas, donde construyen sus madrigueras bajo troncos, rocas y arbustos, destinando algunas galerías como refugio o para almacenar alimentos (Espinosa y Chávez, 2005).

Su dieta se compone principalmente de semillas que transportan en sus abazones, consumiendo en ocasiones plantas e invertebrados. Presenta una serie de adaptaciones fisiológicas y de comportamiento que le permiten sobrevivir en lugares áridos. Son nocturnos, de hábitos solitarios, con poca tolerancia social (Espinosa y Chávez, 2005).

L. irroratus se distribuye en el altiplano mexicano y en áreas adyacentes (Genoways, 1973), en los estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca. Los registros más sureños han sido en Zapotitlán, Cerro San Felipe y en el Cerro Zempoaltepetl en el estado de Oaxaca. Se localizan desde el nivel del mar hasta 3050 msnm. Dowler y Genoways (1978), reportan la subespecie *L. irroratus irroratus* en el Estado de Oaxaca (Espinosa y Chávez, 2005).

L. irroratus habita principalmente en el matorral xerófilo, bosque espinoso, pastizales, bosques de conífera y encinos, en zonas de cultivo y pastoreo (Dowler y Genoways, 1978) y en la selva mediana.

En Oaxaca la selva mediana se distribuye en la Planicie Costera del Golfo en los distritos de Choapan, Mixe y Tuxtepec y en la planicie costera del Pacifico en el distrito de Pochutla y en relictos del distrito de Juquila.

En la selva mediana se puede diferenciar tres estratos arbóreos en este tipo de vegetación: árboles de 20 a 30 m de altura, de 10 a 15 m y de 4 a 8 m, además en estratos inferiores es posible encontrar a *Rinorea hummelii*, *Chamaedorea elatior*, *Ch. tepejilote*, *Anthurium schlechtendalii* y varias especies de helechos. Son notables las trepadoras o bejucos como *Desmoncus chinantlensis*, *Dioscorea mexicana*, *Philodendron spp* y *Syngonium spp*. En lo que respecta a la región de Tuxtepec, las especies como *Sabal mauritiiformis* y *Diion spinulosum* son importantes en la fisonomía y estructura de la vegetación (Torres- Colín, 2004).

Se considera que las selvas medianas son las mas antiguas, diversas y ecológicamente complejas (Whitmore, 1997). Sostienen probablemente más de la mitad de todas las formas de vida del planeta (Myers, 1984) y brindan diversos servicios ambientales.

El aumento en la atención que han recibido éstas selvas medianas se ha debido principalmente a las implicaciones de la deforestación (Brown y Lugo, 1994), que genera la pérdida del uso forestal, deterioro físico y químico del suelo, alteración del balance hídrico y desestabilización de cuencas, además altera el albedo y el balance de agua atmosférica, afectando los patrones climáticos y contribuyendo al calentamiento global (Houghton, 1991; Lugo, 1992; Whitmore y Sayer, 1992; Whitmore, 1993).

Otras consecuencias importantes de la deforestación son la reducción y fragmentación del hábitat (Meffe y Carroll, 1994; Murcia, 1995), con la consecuente pérdida de la biodiversidad y la eliminación de variabilidad genética, de poblaciones y hasta de especies (Saunders et al., 1991 Whitmore y Sayer, 1992; Brooks et al., 2002).

La regeneración de las plantas en las selvas depende en gran medida de su capacidad para dispersar sus propágulos y colonizar o recolonizar algún sitio. Por ello, los animales son muy importantes como dispersores de semillas ya que favorecen la reproducción, colonización y establecimiento de especies de plantas (Howe y Smallwood, 1982).

En las selvas húmedas neotropicales al menos el 80 % de las especies leñosas dependen de vertebrados frugívoros para la dispersión de sus semillas, siendo los murciélagos y roedores los dispersores más importantes (Howe y Smallwood, 1982). Además se ha puesto en evidencia niveles altos de diversidad de mamíferos en las selvas neotropicales en donde algunos grupos taxonómicos muestran una radiación adaptativa compleja y representan elementos claves dentro de la dinámica de estos ecosistemas (Ochoa, 2000).

Considerando la importancia biológica de los mamíferos pequeños dentro de los ambientes selváticos, deriva la necesidad de conocer aspectos demográficos, ecológicos y etológicos de estos organismos, para ello se debe tomar en consideración cuatro aspectos fundamentales que influyen en la aptitud de los animales para sobrevivir, los cuales se enfocan a la designación de la zona en que habitan, a la elección de los alimentos y la forma de obtenerlos, a las estrategias implementadas para evitar a sus depredadores y a las tácticas utilizadas para la reproducción (Alcock, 1984).

Los aspectos relacionados con la elección y uso de la zona en que habitan los organismos son importantes, ya que el tamaño del área que utiliza así como la frecuencia y la lejanía con que se mueve un animal son aspectos fundamentales de su ecología, e indicadores importantes de los requerimientos de los recursos de los animales (Plummer y Congdon, 1994), puesto que los animales tienden a moverse por varias razones: a una escala geográfica amplia obedece por ejemplo, a cambios en las condiciones climáticas globales y a una escala pequeña o local a la búsqueda de alimentos, protección contra depredadores, búsqueda de pareja y sitios para crianza, entre otros (Servín, 2000).

Los movimientos efectuados por los animales a escala local son realizados en áreas confinadas en donde realizan sus actividades de alimentación, reproducción, crianza y descanso día a día, excluyendo a los viajes esporádicos, tales áreas son llamadas área de actividad (AA), se le ha dado otras denominaciones como área de habitación, área de campeo, ámbito hogareño o dominio vital (Boitani y Fuller, 2000; Burt, 1943).

En área de actividad es definida como una extensión espacial, en el cual se encuentra implícito la capacidad del área para sostener a los individuos que ahí habitan, de ésta manera los recursos necesarios de un individuo para la alimentación, apareamiento y transporte de crías forman parte inherente del área de actividad (Laver, 2002).

El concepto de territorio está asociado al área de actividad y se define como la parte del área de actividad que es protegida activamente por los individuos, la cual puede consistir, en únicamente el sitio de crianza por citar un ejemplo, pero en algunos casos el total del área de actividad resulta ser protegido por lo que se convierte en su territorio (Burt, 1943).

Kaufmann (1983), menciona que la territorialidad es una forma de dominancia relacionada al espacio, al que la mayoría de los biólogos le agregan una función importante, que consiste en que el territorio es mantenido debido a que incluye un suministro seguro de recursos críticos para el individuo. Define al territorio como una porción fija del área de un individuo o grupo de individuos, en el que tienen prioridad sobre otros individuos para acceder a los recursos críticos que ahí se encuentran, los que a su vez tendrán prioridad en otro lugar o en otro tiempo. Esta prioridad de acceso se lograría a través de la interacción social.

Por otro lado, los animales presentan conductas territoriales, debido a que con ello aumentan su aptitud genética individual, por el incremento al acceso de los recursos. De tal manera que los costos de energía, tiempo y los daños causados por las conductas territoriales son menores en comparación con los beneficios que obtienen los individuos territoriales (Kaufmann, 1983).

Por su parte Maher y Lott (1995) mencionan que un territorio es un espacio fijo en el cual un individuo o grupo de individuos que se toleran mutuamente excluyen a competidores de un(os) recurso(s) específico(s) a través de la interacción social. La protección del área o territorio se realiza por medio de la defensa activa, de sonidos, cantos o esencias (McLoughlin et al., 2000).

Existen varias hipótesis acerca de la delimitación de las áreas de actividad de las especies, una de ellas argumenta que los animales tienen área de actividad porque los individuos aprenden “programas consecutivos de sitios específicos”, los cuales son visualizados, casi como un reflejo, de las mejores rutas que el animal frecuenta por seguridad. Estos movimientos aumentarían la habilidad de los animales para maniobrar a través de su ambiente y así evitar o escapar de los predadores (Stamps, 1995).

Otra hipótesis menciona que probablemente muchas especies tienen mapas cognitivos del lugar donde viven, en donde guardan información acerca de la localización de diferentes recursos y de las características de su área de actividad. Tales mapas cognitivos deben permitir al animal reconocer donde se encuentra dentro de su área (Peter, 1978).

Los animales con frecuencia categorizan los recursos, por lo tanto un mapa cognitivo del área de actividad, puede ser considerado como una integración de contornos de mapas, uno (o más) para recursos alimenticios, uno con rutas de escape, otro para rutas de viaje, otro más para conocer el área de actividad de los miembros de otro sexo (Boitani y Fuller, 2000).

Se considera que un mapa cognitivo cambia a través del tiempo, en la medida en que el animal aprenda cosas nuevas acerca de su ambiente, con el desarrollo o descubrimiento de nuevos recursos y con la desaparición de otros, éstos cambios pueden ocurrir rápidamente, ya que un animal tiene un concepto instantáneo de su mapa cognitivo (Boitani y Fuller, 2000). Por lo tanto los animales no necesariamente cubren la misma área de actividad durante toda su vida, ya que con frecuencia se mueven de una área a otra, abandonando una antigua y estableciéndose en una nueva (Burt, 1943).

El tamaño promedio del área de actividad de los individuos de una población y la amplitud en la cual se superponen éstas áreas pueden mostrar una variación considerable entre poblaciones dentro de una especie (McLoughlin et al., 2000). Además está influenciada por diversos factores como hábitos alimenticios, talla del animal y necesidades metabólicas (Gittleman y Harvey,

1982), así como por la calidad del hábitat, la distribución y abundancia del alimento, la densidad poblacional, el sexo, la edad, la condición social, la actividad reproductiva (Corbalán y Ojeda, 2005), los regimenes de humedad y la depredación (Ostfeld, 1985 y 1990). De éstas, el factor más prominente probablemente sea la disponibilidad de alimento (Boutin, 1990).

Las diferencias en el tamaño del AA entre sexos pueden estar relacionadas a las estrategias reproductivas y a sistemas de apareamientos (Gentile et al., 1997); considerando que un sistema de apareamiento, se refiere al conjunto de estrategias e interacciones sociales que ocurren entre los individuos de una población sexual y que constituyen el contexto dentro del cual tiene lugar la unión de gametos (Carranza, 1994), en estas estrategias se incluyen la forma de obtención, el número de parejas y las características de los vínculos dentro de la pareja y del cuidado parental de cada sexo (Emlen y Oring, 1977; Davies, 1991).

Considerando el número de parejas por cada individuo (proporción de sexos) y la naturaleza del vínculo dentro de la pareja (el cual puede ser inferido con la superposición de AA), se considera la siguiente clasificación para los sistemas de parejas (Emlen y Oring, 1977; Davies, 1991).

- 1) Monogamia; es la asociación prolongada y apareamiento “casi” exclusivo entre un macho y una hembra.
- 2) poliginia; asociación prolongada o durante la temporada reproductiva y apareamiento exclusivo entre un macho y dos o mas hembras.
- 3) poliandria: se refiere a la asociación prolongada o durante la temporada reproductiva y apareamiento exclusivo entre una hembras y dos o mas machos.
- 4) promiscuidad: no existe asociación entre ambos sexos y existen apareamientos múltiples por miembros de al menos un sexo.

Por lo general se sabe que los machos presentan AA mayores para permitir el acceso a varias hembras (Corbalán y Ojeda, 2005). Las especies más

agresivas o dominantes tienden a excluir a las especies subordinadas, resultando en una baja superposición espacial en los individuos de las especies dominantes o más agresivas y en una alta superposición de áreas de actividad en los individuos de las especies subordinadas (O'Farrell, 1980).

Además se conoce que las especies de mayor tamaño requieren más energía en términos absolutos, para mantener su metabolismo (Kotler et al., 1994), y muchas veces existe una relación positiva entre tamaño corporal y área de acción (Corbalán y Ojeda, 2005). Por ejemplo, estudios comparativos entre mamíferos en general y carnívoros terrestres, indican en repetidas ocasiones que el tamaño del AA aumenta positivamente con el tamaño corporal o algunos parámetros fisiológicos de los organismos (Gompper y Gittleman, 1991).

Así mismo se ha demostrado que el tamaño del AA *versus* necesidades metabólicas, los carnívoros requieren de una mayor área de actividad, seguidos por los omnívoros, los frugívoros, los herbívoros y por último los insectívoros. La explicación de esta tendencia es que la carne es escasa comparada con la fruta, follaje e insectos y por ello estas diferencias en el tamaño del AA de las especies, que refleja la variación en la disponibilidad de estos alimentos (Gittleman y Harvey, 1982).

Por otro lado se encuentra la estructura física de un hábitat, la cual ha recibido relativamente poca atención, pero es un factor importante que afecta la organización social de las poblaciones de roedores, y también a vertebrados pequeños vulnerables a la depredación. Entre otras cosas, la estructura física puede afectar la habilidad de los roedores para excluir a sus coespecíficos de su territorio y el grado de contacto entre grupos vecinos (Barnard et al., 1991).

En hábitat abiertos con poca cobertura, un macho puede ser capaz de dominar y excluir agresivamente de amplias áreas a otros (Crowcroft, 1966), áreas más complejas pueden ser más difíciles y costosas para defender, además los objetos y la cobertura permiten a los intrusos ocultarse y evitar ser atacados por los individuos residentes (Crowcroft, 1966; Poole y Morgan, 1976).

La estructura física de los límites del territorio también afecta la facilidad con que puede ser defendido; los territorios con bordes o límites abiertos (aquellos con puntos de accesos múltiples o ilimitados) son difíciles de inspeccionar, mientras aquellos con puntos de accesos limitados son más fáciles de defender contra los intrusos (Crowcroft, 1966). Muchos roedores y otros mamíferos pequeños habitan en pastizales y selvas donde la vegetación es densa, la cual provee una estructura ambiental más compleja, permitiendo a los intrusos ocultarse (Gray, et. al., 1998).

En hábitat más pobres, el tamaño del área de actividad suele ser mayor que en los más ricos, ya que el animal necesita explorar un área mayor en la búsqueda de recursos (Corbalán y Ojeda, 2005). En densidades poblacionales altas los individuos responden restringiendo su área de actividad o aumentando la superposición espacial con individuos de la misma especie o de otras especies (Ribble y Stanley, 1998).

La delimitación del ámbito hogareño es importante para estudiar la interacción entre individuos, así como las interacciones con el ambiente (Samuel, et al., 1985), por ejemplo los patrones de apareamiento y reproducción, organización social e interacciones, forrajeo y elección de alimento, recursos limitantes y componentes importantes del hábitat entre otros (Powell, 2000). El conocimiento de los movimientos y patrones espaciales es también requerido para el desarrollo de reservas biológicas de tamaño apropiado (Dodd, 1987), dado que permite conocer el área viable para el desarrollo adecuado de la(s) especie(s).

Por otro lado, los ecólogos han reconocido la importancia del espaciamiento social es decir de la superposición de las AA entre coespecíficos, ya que la superposición de AA tiene consecuencias importantes para la regulación de la población. El espaciamiento social media las interacciones competitivas e incrementa la aptitud minimizando los costos asociados con los encuentros de coespecíficos (Wilson, 1975).

El grado de superposición entre AA de los individuos de la población provee información acerca del sistema social y estructura poblacional (Saiful, 2001), y también del grado de territorialidad (McLoughlin et al., 2000). Aunque es mejor estudiar a la organización social y a las interacciones entre coespecíficos mediante observaciones directas, los índices de superposición pueden ser medidas indirectas de las relaciones entre individuos (Laver, 2002).

Para la obtención de datos que permitan estimar y analizar el área de actividad y los movimientos de los animales, es necesario ubicar al (los) organismo (s) en un momento o periodo dado, para ello pueden emplearse diferentes técnicas como las marcas visuales, la colocación de carretes de hilo en el animal, adición de fibras coloreadas no digeribles en los alimentos, la inyección de sustancias con isótopos radiactivos, radioseguimiento y la utilización de trampas (Sánchez-Rojas, 1995).

Los mastozoólogos han desarrollado técnicas de trampeo para explorar la biología de los mamíferos, una de éstas técnicas es el uso de trampas que capturan animales vivos, puesto que se comprobó que cada uno de los animales limita sus actividades alrededor de varias trampas vecinas, ésta limitación espacial de movimiento se ha conocido como área de actividad. Las trampas son por lo general distribuidas a lo largo de cualquier área de actividad, logrando que muchos animales sean capturados (Calhoun, 1958).

Los estudios de marca-recaptura son una herramienta poderosa para los estudios de conservación, y pueden ser usados en cualquier situación en donde un animal pueda ser marcado (o identificado de otro modo) y detectado más tarde por la recaptura o avistamiento (Lettink y Armstrong, 2003).

Las marcas son usualmente específicas de un individuo, y pueden consistir en bandas de metal (aves o murciélagos), bandas de colores (aves), aretes (mamíferos), combinaciones de mutilación de falanges (ranas, lagartijas, pequeños mamíferos), o marcas de lapicero (lagartijas, tuatara, invertebrados) y los radiotransmisores (Lettink y Armstrong, 2003).

Se han propuesto diversos métodos para convertir los registros de capturas en estimaciones de densidad, que se refiere al número de animales por unidad de área. Algunos de ellos ignoran los movimientos del animal en relación a la trampa. Otros intentan utilizar el área de actividad en el cálculo de densidad, pero la carencia de una expresión matemática del área de actividad ha obstaculizado tal intento (Calhoun, 1958).

Adicionalmente a los problemas conceptuales para la comprensión del AA de un animal se encuentran los problemas en estimarlo y cuantificarlo. No existen métodos estadísticos completamente objetivos que usen datos de localización para obtener información biológica significativa acerca del AA de un animal (Powell, 2000).

En la actualidad existen estimadores que han sido implementados para conocer el AA de los animales, los cuales por lo general delimitan la zona en donde un animal puede ser encontrado (p. e. polígono mínimo convexo, círculos y aproximaciones de elipses), la probabilidad de encontrar al individuo en un lugar determinado (p. e. estimadores kernel) y la importancia que presentan diferentes lugares para el animal (p. e. distribuciones de la utilidad y método de rejillas) (Powell, 2000).

Muchos métodos para cuantificar el AA proveen un poco más que límites crudos del área en la cual un animal ha sido localizado. Para algunas preguntas de investigación esa información es suficiente, sin embargo cuando se quiere conocer por qué un animal ha elegido para vivir cierto lugar, los estimadores necesitan ser más complejos. Para medir la importancia, el índice más comúnmente utilizado es la cantidad de tiempo que el animal permanece en las diferentes áreas en su AA. Por ello algunos autores proponen que la importancia está positivamente asociada con la longitud o frecuencia de uso, el cual es una medida del tiempo (Powell, 2000). Los principales estimadores de AA son los siguientes (Powell 2000):

Distribuciones de utilidad (DU): la utilidad en este contexto se refiere a los beneficios que obtienen los animales de los diferentes elementos (alimento,

agua, refugio etc.) presentes en la zona. Con éste método es posible describir la intensidad de uso de diferentes áreas por un animal, la cual puede ser transformada en una función de probabilidad de densidad, entendida como la probabilidad de un animal de estar en cualquier parte de su AA. Se considera que probablemente éste estimador define objetivamente las actividades normales del individuo y puede eliminar las salidas exploratorias mencionadas por Burt (1943), sin embargo adolece de algunos problemas que comparte con otros métodos, dado que las DU raramente conforman modelos parámétricos, además que los datos usados pueden ser observaciones dependientes.

Rejillas (*grids*): Consiste en superponer una rejilla sobre el área de estudio, así como las localizaciones obtenidas del individuo, cada celda tiene una cúspide que representa el número de veces que el animal fue localizado o estimado dentro de esa celda. La superficie que resulta es una estimación de la DU del animal. El uso de rejillas supone que el ajuste de los datos a algún tipo de distribución y es posible identificar fácilmente salidas ocasionales, sin embargo el mayor problema es la elección del tamaño de celda, puesto que con ello cambian los resultados.

Polígono mínimo convexo (PMC): Es el método más común y antiguamente usado para la estimación del AA. Consiste en unir los puntos externos formando un polígono de vértices convexos (Servín y Huxley, 1993), el cual encierre a todas las localizaciones conocidas o estimadas de un animal. El PMC es conceptualmente simple, fácil de dibujar y no está restringida por suponer que el movimiento animal o AA se debe ajustar a una distribución estadística, provee solamente límites crudos del AA de un animal y es altamente sensible a puntos extremos, ya que puede incorporar áreas considerables que nunca son usadas, por lo que se utiliza el 95% de las localizaciones totales del animal para tratar de eliminar visitas exploratorias fuera del área de actividad, cabe mencionar que el porcentaje de localizaciones eliminadas, no tiene un sustento biológico, ya que fue elegido de forma arbitraria.

Círculos y aproximaciones de elipses: Consiste en dibujar un círculo que encierra el 95 % de las localizaciones del animal, considerando como centro del círculo y como único centro de actividad a la media aritmética de dos dimensiones de todas las localizaciones, mientras que con el uso de una elipse se consideran dos centros de actividad que son los focos de la elipse. Supone que el uso de espacio de un animal presenta una distribución bivalente normal, sin embargo los animales no usan su espacio con este patrón, además incluyen dentro de un AA estimada muchas áreas que no son usadas por el animal.

Estimadores kernel: Produce una DU en un plano x-y que representa el área de estudio, en el cual se coloca cada localización estimada de un animal en colinas de tres dimensiones llamado kernel, cuyo volumen es 1, la forma y ancho de éste es elegido por el investigador y puede ser elegida usando el error de localización, el radio de percepción del animal u otra información pertinente. No está influenciado por el tamaño y localización de rejillas y es un método estadístico no paramétrico para la estimación de densidades. Los estimadores kernel estiman la probabilidad de un animal de encontrarse en alguna parte de su AA, pero no estima la importancia que representa cierto lugar para el animal. Se han publicado pocos trabajos utilizando este método.

Se han realizado estudios sobre AA o ámbito hogareño en especies con potencial económico o que están amenazadas, tanto en mamíferos grandes como en pequeños, en el que se incluyen a los heterómidos.

Estudios en diferentes especies del género *Liomys* han sido realizados, los cuales se han efectuado en diferentes zonas pero en tipos de vegetaciones similares. En el sureste de Morelos, en un bosque tropical caducifolio, se observó que el AA promedio de las hembras de *L. irroratus* fue mayor que para el AA de un macho (hembra= 226.8 m² Vs machos= 74.2 m²), sin embargo éstas diferencias no fueron significativas, así mismo el tamaño promedio del AA utilizada en la temporada lluviosa fue mayor que en la de sequía (lluvia= 311.5 m² Vs sequía=130.8 m²) sin reportar diferencias significativas (García-Estrada, 1999).

En la Pacífica, Costa Rica, en un bosque tropical seco; los machos de *L. salvini* se movieron mayores distancias que las hembras en todo los meses del año, además que los machos efectuaron mayores movimientos en la estación lluviosa, la cual correspondió al periodo reproductivo, que en la temporada de sequía (sequía= 37.8 m Vs lluvia= 47.1 m), para el caso de las hembras las diferencias entre temporadas no fueron significativas (secas =31.5 Vs lluvia= 32.8 m), en cuanto al tamaño del AA, se observó que los machos utilizaron AA de mayor tamaño que las hembras (hembras: lluvia= 1.55 ha Vs sequía=1.67 ha; machos: lluvia= 1.95 ha Vs secas= 2.31 ha) (Fleming, 1974).

En Rodman, Panamá, en un bosque tropical seco se observó que los machos de *L. adspersus* recorrieron distancias mayores que las hembras en todo el año, además se registraron mayores movimientos en la temporada seca, (periodo en el cual estaban activos reproductivamente) que en la temporada lluviosa, sin embargo para las hembras las diferencias entre ambas temporadas del año no fueron significativas (Fleming, 1971).

Las diferencias estacionales tanto en distancias promedios recorridas como en el tamaño del AA de *Liomys* parece estar relacionada con la condición reproductiva de los individuos, puesto que se observó que los machos reproductivos se movieron distancias más grandes que las hembras tanto en *L. salvini* como en *L. adspersus* (Fleming, 1974; Fleming, 1971). Sin embargo difieren de *Heteromys* en el hecho de que en las hembras del género *Liomys* no existieron diferencias significativas tanto en las distancias recorridas como en el tamaño del AA. Por otro lado un experimento de laboratorio demostró que *Liomys* es menos tolerante a sus coespecíficos que *Heteromys* y se sugiere un comportamiento agresivo más pronunciado en *Liomys* (Sánchez-Cordero y Fleming, 1993).

Para *Heteromys desmarestianus* se han publicado tres estudios en diferentes zonas, pero en un tipo de vegetación similar entre ellos, que consiste en un bosque tropical húmedo. En Veracruz, México se determinó que las hembras de ésta especie recorrieron distancias mayores entre recapturas en la estación seca que en la estación lluviosa (20 m Vs 16.5 m) en comparación con los machos, en el que se observó un patrón inverso (12.5 Vs 17.8 m). Además las

hembras mantuvieron AA mayores en la estación seca que en la húmeda y en los machos se observó un patrón inverso (Sánchez-Cordero y Fleming, 1993).

En Monte Verde, Costa Rica se observó que la distancia promedio recorrida por *H. desmarestianus* (17 meses de muestreo), fue mayor para los machos que para las hembras (20 m Vs 19 m), y que el tamaño de las AA fueron iguales para ambos sexos (0.15 ha) (Anderson, 1982).

Por otra parte, en La Selva, Costa Rica las hembras de *H. desmarestianus*, no mostraron diferencias significativas en las distancias promedio recorridas entre la temporada lluviosa y la seca (26.5 Vs 24.8 m), sin embargo en los machos se observó que éstos recorrieron mayores distancias en la estación lluviosa que en la de sequía (39.4 Vs 28.1 m). Además el AA tanto de hembras como de machos fueron mayores en la estación lluviosa que en la de sequía (hembras: lluvia=1.23 ha Vs seca=1.17 ha; machos: lluvia=1.60 ha Vs seca=1.51 ha) (Fleming, 1974).

De manera general se observa que los machos de *H. desmarestianus* se movieron distancias más grandes y presentaron AA mayores que las hembras, además al igual que en *Liomys*, parece ser que las diferencias estacionales en sus movimientos y en el tamaño de las AA está relacionado a la condición reproductiva de los individuos, esto último considerando la comparación realizada entre las distancias recorridas por machos reproductivos contra hembras y machos no reproductivos, observando que los primeros recorrieron en promedio mayores distancias que los segundos (Fleming, 1974; Sánchez-Cordero, 1989).

En cuanto a la superposición de AA, tanto en experimentos en laboratorio como en observaciones en campo se ha documentado una amplia superposición de AA en *H. desmarestianus*, con lo cual se concluye que ésta especie fue tolerante a sus coespecíficos (Fleming, 1974).

Finalmente, en *H. gaumeri* en una selva mediana en Yucatán, México se observó que las distancias promedios recorridas por hembras y machos no presentaron diferencias significativas, sin embargo tanto en la temporada

lluviosa como en la de sequía, las distancias recorridas por los machos fueron mayores que las distancias recorridas por las hembras.

En cuanto al tamaño del AA no se obtuvieron diferencias significativas entre sexos, ni entre temporadas, además se obtuvieron bajos porcentajes de superposición de AA, los cuales fluctuaron entre el 32.2 y 39.4 %, no existieron diferencias significativas en el grado de superposición de AA entre sexos, ni entre las hembras y machos en la temporada de sequía, pero sí entre ambos sexos en la temporada lluviosa; además se sugiere un comportamiento social y un sistema de pareja promiscuo para esta especie (Hernández-Betancourt, et al., 2003).

Cabe mencionar que la mayoría de los estudios sobre el uso de espacio, el sistema de apareamiento y la estructura de la población de roedores se han realizado en mayor cantidad en regiones templadas, mientras que pocos estudios se han realizado en roedores tropicales (Mark y Adler, 2005).

OBJETIVOS

Objetivo General

- ❖ Describir el área de actividad y los movimientos de *Liomys irroratus* en una selva mediana en el Ejido Tepezcuintle, Tuxtepec, Oaxaca.

Objetivos Específicos

- ❖ Estimar las distancias promedio y máxima recorrida por *Liomys irroratus* y sus variaciones entre sexos y entre la temporada de lluvia y de sequía.
- ❖ Estimar el tamaño del área de actividad que utilizan estos organismos y sus variaciones entre sexos y a través del tiempo.
- ❖ Estimar el porcentaje de superposición de AA entre sexos a través del tiempo.
- ❖ Caracterizar las AA y observar sus variaciones entre sexos.

MÉTODOS

Área estudio

El estudio se realizó en el Ejido Cerro Tepezcuintle (18°08'51" latitud Norte y 96°20'28" longitud oeste, a una altitud de 81 msnm), pertenece al municipio San Miguel Soyaltepec, ubicado en la región del Papaloapam. Colinda al Norte con Acatlán de Pérez Figueroa, al sur con San Juan Bautista Tuxtepec, San Juan Ojitlán y San Pedro Ixcatlán, en el este con el Estado de Veracruz y al oeste con San José Independencia y San Pedro Ixcatlán (INEGI, 2007) (Figura 1).

Presenta un clima cálido subhúmedo, una temperatura promedio de 25.5 °C, la precipitación pluvial promedio es de 2790.1 mm, comprendiendo los meses de mayo a octubre a la temporada lluviosa, siendo julio y agosto los meses con mayor precipitación pluvial y la temporada seca comprende los meses de noviembre a abril, siendo los meses de febrero y marzo los más secos (Fig. 2, cuadro A).

El tipo de suelo es luvisol y rendzina (INEGI, 2007), el suelo de esta selva es pedregoso con un gran número de pequeñas cuevas y oquedades, que sirven como refugios a algunas especies de mamíferos pequeños. La vegetación predominante está constituida por selva mediana, conformada por aguacatillo, higo, hormiguillo, amate, caoba (*Swietenia macrophylla*), ceiba (*Ceiba pentandra*), guapinol (*Bursera simarruba*), lináloe (*Bursera aeloxilon*), palma (*Chamaedorea elegans*), pastizal y roble (INEGI, 2007).

Captura de organismos

Se efectuaron visitas mensuales de julio del 2007 a julio del 2008, cada visita comprendió 5 días consecutivos de muestreo. Se trazaron dos cuadrantes de 1.1025 ha, cada uno. En cada uno se colocaron 64 trampas plegables Sherman (7.5*9.0*30.0 cm.) arregladas en 8 columnas y 8 filas, separadas por 15 m cada una (Figura 3).

Cabe mencionar que el tamaño del cuadrante, el número y la distancia entre trampas fue elegido considerando que con esta área se puede abarcar el AA de los individuos que ahí habitan, dado que es mayor que el AA estimada para otros heterómidos en tipos de vegetación similares como por ejemplo en *L. irroratus* en un bosque tropical caducifolio presenta un AA promedio de 0.0185 ha, *H. desmarestianus* en un bosque tropical húmedo el AA promedio es de 0.15 ha y *H. gaumeri* en una selva mediana ocupa un AA promedio de 0.081 ha (García-Estrada, 1999; Anderson, 1982; Hernández-Betancourt, et al., 2003).

Además se tomó en cuenta la temperatura de la zona y el tiempo necesario para revisar todas las trampas, ya que de utilizar un número mayor de trampas los organismos que fueran capturados en trampas más alejadas estarían expuesto por un tiempo prolongado a las altas temperaturas que se presentan en la zona, poniendo en peligro la integridad física y sobrevivencia de los organismos.

La disposición de las trampas en rejilla fue elegida dado que presenta una disposición homogénea en el área de estudio y con ello una igualdad en la probabilidad de captura de individuos en cada uno de los puntos muestreados, en comparación con otros tipos de distribución de trampas como el arreglo en “web” la cual teóricamente es válida para la estimación de densidades poblacionales absolutas (Parmenter *et al.*, 2003; Anderson *et al.*, 1983), sin embargo, para el estudio de movimiento animal presenta la inconveniencia de heterogeneidad en la distribución de trampas, por su parte el arreglo “triangular”, aunque presenta una distribución homogénea de las trampas en la zona de estudio, se requiere colocar una rejilla triangular suficientemente grande para obtener ésta homogeneidad (Abramson, *et al.*, 2006).

Las trampas se colocaron el primer día de la llegada a la zona, se revisaron y recebaron diariamente (en caso necesario) con una mezcla de semillas de girasol con vainilla, colocando menos de 10 semillas para evitar eventos de trampofilia (Figura 4). Se empleó el método de captura-marcaje-liberación-recaptura (Krebs, 1985).

Cada organismo capturado fue marcado con grapas para oreja de numeración consecutiva para su identificación individual, y se registraron los siguientes datos: sexo, peso (g), edad (adulto o joven) y condición reproductiva (activo o inactivo).

Se consideraron como adultos aquellos individuos de pelaje denso, de mayor tamaño corporal y con evidencia de actividad reproductiva y como jóvenes aquellos que no presentaron estas características. En cuanto a la condición reproductiva para los machos, se consideró como activos a aquellos individuos con testículos escrotados, y en el caso de las hembras, cuando se encontraron preñadas o presentaban pezones con leche o el área periférica del pezón carente de pelo, si no se observaron ninguna de estas características se consideraron a los individuos como inactivos (Santos-Moreno et al., 2007).

Posterior a la toma de datos los organismos se liberaron en el mismo lugar de la captura, el tiempo de manipulación de cada organismo fluctuó de dos a cinco minutos. Cabe mencionar que cada una de las trampas en las que se obtuvieron las capturas y recapturas de los individuos fueron considerados como localizaciones de cada individuo, los cuales fueron utilizados para los análisis posteriores.

Descripción de área de actividad

Se tomaron en cuenta únicamente los sitios de captura de los individuos residentes, es decir, aquellos que fueron recapturados al menos en 3 meses durante el periodo de muestreo (Hernández-Betancourt, 2003). En cada uno de los sitios de trampeo, se caracterizó un área circular de muestreo de 3.14 m², tomando al sitio de captura (trampa) como el centro (García-Estrada, et al., 2002), en ésta área se obtuvieron las siguientes características del sitio de captura: i) número de árboles y arbustos ii) presencia / número de oquedades formados por las rocas, troncos caídos y iii) grado de pendiente (Figura 5), cabe mencionar que éstas variables fueron tomados en cuenta, considerando que la textura del suelo y la vegetación, son factores físicos que afectan directamente a los roedores a través de su influencia sobre las madrigueras, locomoción y forrajeo (Brown y Harney, 1993).

Análisis de datos

a) Estimación de la densidad poblacional y área de actividad

El esfuerzo de captura anual se estimó multiplicando el número de trampas colocadas diariamente por los cinco días de muestreo, a su vez el resultado fue multiplicado por 12, es decir por todos los periodos de muestreo durante todo el año, reportándolo entonces como trampas/noche/año. El éxito de captura se obtuvo dividiendo el número total de trampas colocadas en cada periodo de muestro (128 trampas) entre el número de individuos capturados en ese mismo periodo de muestreo, se obtuvo un promedio anual y el dato se reporta como individuos*día/año.

El tamaño de la población se estimó con el conteo directo de individuos presentes en cada periodo de muestreo. La densidad poblacional se estimó dividiendo el tamaño de la población por el área efectiva de trampeo (Mares y Ernest, 1995). El área efectiva se calculó añadiendo una franja de 45.54 m (distancia promedio recorrida por *L. irroratus* en el área de estudio) al perímetro de los cuadrantes.

La permanencia de los individuos fue considerado como el tiempo promedio (días) que los individuos capturados permanecieron en la zona desde la primera captura hasta la ultima vez que fue recapturado. La proporción de sexos es reportada como número de machos por cada hembra.

El AA, se calculó por medio del método del polígono mínimo convexo, dado el número de datos obtenidos, utilizando para calcularlo el programa *Arc View 3.0* y las extensiones *Animal movement* y *Home range* (Hooge y Eichenlaub, 1997), se analizaron el 95 % de las localizaciones obtenidas (recapturas), excluyendo los datos atípicos (muy grandes o muy pequeños).

b) Estimación de los movimientos: distancias promedio recorrida y distancia máxima recorrida

Para el análisis del movimiento, se realizaron estimaciones de las distancias promedio recorridas i) por periodo de muestreo (5 días; en el caso que se obtuvieron datos), ii) para cada época del año: lluviosa y seca, considerando a la temporada lluviosa a los meses de junio a noviembre y de diciembre a mayo como la temporada seca (según últimos 10 años de registros obtenido en la estación metereologica localizada en San Lucas Ojitlán) y iii) para los 12 meses de muestreo (total), tanto para machos como para hembras. Para el cálculo de todas las distancias se utilizó el programa *Arc View 3.0* extensión *Animal movement* (Hooge y Eichenlaub, 1997).

La distancia promedio (DPR) se calculó como:

$$DPR(\text{periodo} / \text{ind}) = \sum_{i=1}^5 DL / TV - 1$$

$$DPR(\text{sequia} / \text{sexo}) = \sum_{i=1}^n DL_{HoM \text{ en sequia}} / n$$

$$DPR(\text{lluvia} / \text{sexo}) = \sum_{i=1}^n DL_{HoM \text{ en lluvia}} / n$$

$$DPR(\text{temporada}) = \sum_{i=1}^n DL_{\text{lluvia o seca}} / n$$

$$DPR(\text{total} / \text{sexo}) = \sum_{i=1}^n DPR_{H \text{ ó } M} / 12$$

Donde:

DL = Desplazamiento lineal entre sitios de captura.

TV = número de trampas visitadas por los individuos machos y/o

hembras (lugar donde se obtuvieron las capturas y recapturas).

n = número de organismos

H ó M = Subíndices para referirse a hembras o machos respectivamente.

DPR = Distancias promedio recorridas.

Para la estimación de la DMR, se consideró como el promedio de desplazamientos lineales más largos entre dos estaciones de trapeo recorrido por los individuos (machos o hembras) (Hernández-Betancourt 2003) en los 12 meses de muestreo.

c) Estimación de la superposición de área de actividad.

Se utilizó el índice de superposición de O'Farrell (1980):

$$IS_{(i)} = M_i \cap M_j / M_{i\ total}$$

Donde:

$M_i \cap M_j$ = número de trampas que el grupo i (sexo y/o edad) comparte con los individuos del grupo j en un periodo, temporada o año según sea el caso.

$M_{i\ total}$ = número total de sitios de captura para el grupo i (sexo y/o edad).

El valor de este índice fue multiplicado por 100 para expresar el grado de superposición en porcentaje.

Análisis estadísticos

Para analizar si existieron efectos o diferencias significativas entre sexos y a través del tiempo, utilizando como variables de respuesta el AA, DPR, DMR y superposición de AA, se utilizó la prueba t-student, utilizada en muestras pequeñas o en su defecto la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney-Wilcoxon, cuando no se cumplieron los supuestos de normalidad.

Para analizar diferencias entre el número de árboles, arbustos, oquedades y grado de pendiente presentes en el AA de hembras y machos, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para comparar más de dos conjuntos de datos (Zar 1999), se estimó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar si existió alguna relación entre las variables (árboles, arbustos, oquedades y pendiente) con el tamaño del AA.

Además se realizó un Análisis de Componentes Principales para observar si existió alguna agrupación por sexo en las áreas de actividad utilizadas por los individuos, así como identificar las variables físicas que permiten ésta diferenciación sexual. Para determinar si la proporción de sexos difería de 1:1 se utilizó la prueba de proporciones basada en coeficientes binomiales. En todos los casos las pruebas se consideraron significativas a un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS

Se realizaron un total de 12 periodos de muestreo, comprendiendo tanto la estación de lluvia como la de sequía. Se registraron un total de 64 organismos: 21 *Liomys irroratus* (32.81%), 33 *Peromyscus aztecus* (51.56%) y 10 *Tylomys nudicaudus* (15.62%).

Con un esfuerzo de captura de 8320 trampas / noche se obtuvieron un total de 58 localizaciones para *L. irroratus*, se observó un número mayor de localizaciones en los meses de octubre, noviembre y diciembre, con 14,10 y 13, respectivamente. En tres periodos (febrero, abril y mayo) no se obtuvieron localizaciones. El éxito de captura promedio fue 0.944 individuos/día, observándose fluctuaciones considerables entre periodo de muestreo (Fig. 6).

Densidad poblacional

La densidad poblacional fluctuó de 0 a 13 ind/ha, teniendo un máximo en los meses finales de la temporada lluviosa y los dos primeros meses de la temporada seca, declinando drásticamente en los meses con menor precipitación (febrero, marzo, abril y mayo) (Fig. 7).

Proporción de sexos

Se observó que las hembras constituyen un 71.42 % de la población y los machos el 28.57%, obteniendo una proporción de sexos igual a 1:2.5, el cual presenta diferencias estadísticas significativas de la proporción 1:1 ($n=21$, $z=1.963$, $\alpha = 0.05$).

Estado reproductivo

Se encontraron tanto organismos activos reproductivamente como inactivos a lo largo del año, sin embargo se puede observar un predominio de individuos activos, de marzo a junio (Fig. 8), que corresponde al final de la temporada de sequía y principios de la temporada lluviosa, el porcentaje de individuos activos disminuye paulatinamente hasta el inicio de la temporada de sequía en el mes de noviembre.

Permanencia

La permanencia promedio fue de 140.62 días (D. E = 87.325), en cuanto a la variación entre sexos se observó que las hembras presentaron un promedio de 154.2 días (D. E=105.150) y en los machos fue de 118 (D. E= 57.861), no presentaron diferencias significativas ($n=8$, $p= 0.2647$) (Figura 9). Cabe mencionar que fueron considerados únicamente los organismos residentes de la zona de estudio. La permanencia máxima se observó en una hembra con 276 días, para el caso de los machos la permanencia máxima fue de 160 días. En general, el número de localizaciones mostraron diferencias estadísticas significativas entre ambas temporadas, con el mayor número en la temporada lluviosa.

Distancias promedio y máximas recorridas

En el 80.20 % del total de los periodos de muestreo (meses), los organismos no fueron recapturados durante más de dos días consecutivos, por lo que no fue posible calcular la DPR para el mismo periodo (mes); en el 13.54 % de los periodos de muestreo los individuos presentaron poco o nulo movimiento, ya que aunque los individuos sí fueron recapturados en más de dos ocasiones, éstos se encontraron de manera consistente en el mismo sitio de trampeo por lo que la DPR en el mismo periodo de muestreo es igual a cero, finalmente en el 4.68% de los periodos de muestreo, los individuos efectuaron movimientos en diferentes sitios de trampeo en un mismo periodo de muestreo, dado que fueron recapturados en más de dos días consecutivos.

Las distancias que en promedio recorrieron los individuos durante un mismo periodo de muestreo fluctuaron de 70.18 a 125.18 m para los machos y de 31.26 a 90.14 m en las hembras. La DMR por los individuos en los 12 periodos de muestreo fue de 103.84 m (D. E. =18.725).

Se observó que los individuos recorren en promedio durante la temporada de lluvias 63.054 m (D. E =46.340), mientras que en la temporada de sequía recorren 28.041 m en promedio (D. E = 33.941), éstas diferencias fueron significativas ($n= 13$, $t= 2.798$, $P= 0.0160$) (Fig. 10). En el mismo sentido, los machos recorren en promedio 73.805 m, (D. E = 51.861) y las hembras 30.599

m (D. E =28.717), estas diferencias fueron estadísticamente significativas (n=12, t=-2.997, P=0.0121).

En cuanto a la variación en las distancias recorridas por las hembras entre temporadas, fue mayor en la época de lluvias que en la de sequía (lluvia 40.208 m, D. E = 40.096, secas 25.795 m, D. E = 21.985) sin embargo estas diferencias no fueron significativas (n= 6, Z=0.67, p=0.50). En el caso de los machos se observó el mismo patrón con mayores distancias recorridas en la temporada de lluvias que en sequía (lluvias: 76.045 m, D. E = 48.817 Vs sequía. 65.590 m, D. E = 88.515) sin embargo estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (n= 12, t=1.0966, p=0.470) (Fig. 11).

Áreas de actividad: variaciones a través del tiempo y superposición

Se estima que la población posee un AA promedio de 275.947 m² (D. E. = 385.38). Para el caso de las hembras se observó un AA promedio de 214.610 m² (D. E.= 498.822), mientras que los machos ocuparon 337.285 m² (D. E.= 296.120) (Figura 12); sin embargo estas diferencias no fueron significativas (n=8, t=0.422, p=0.6870).

En la temporada de lluvia los machos utilizaron un AA promedio de 209.617 m² (D. E.= 245.285) y las hembras de 10.47 m² (D. E.= 6.622), mostrando diferencias significativas (n=3, Z=1.6035, P=0.0088). En el caso de la temporada de sequía, los machos presentaron un área de actividad de 42.385 m² (D. E.= 37.607) y las hembras de 34.9923 m², (D. E=8.313), sin embargo las diferencias no fueron significativas (n= 3, Z= 0.3560, P=0.7453) (Fig. 13 A, B y 14).

El tamaño del AA de las hembras en la temporada seca fue de 34.992 m (D. E =8.313) y en la de lluvias 10.47 m (D. E.= 6.622), estas diferencias fueron estadísticamente significativas (t=-4.529, gl=4, P=0.010). Para los machos se observa una mayor área en la temporada de lluvia que en la de sequía, es decir un patrón inverso al presentado por las hembras (lluvias: 209.617 m², D. E.= 245.28, sequía: 42.385 m², D. E.= 37.607) (t=0.90, gl=4, P=0.041) (Fig. 15).

Se observó que los machos no presentaron superposición ($IS=0$), mientras que las hembras mostraron un porcentaje de 14.8%. En el mismo sentido, existió un porcentaje de superposición entre sexos de 16.66%. En la temporada lluviosa los individuos presentaron el 7.14% de superposición en las AA, y en la temporada de sequía la superposición fue de 15.38%.

Caracterización del área de actividad

Se tomaron en cuenta para la descripción del AA, a 24 sitios de trampeo correspondientes a las localizaciones de organismos residentes, 13 de ellos correspondieron a hembras y el resto a machos.

No existieron diferencias en el número de árboles, arbustos, oquedades y grado de pendiente en las AA de las hembras y los machos (Figura 16, Cuadro C). Sin embargo el Análisis de Componentes Principales (ACP) muestra una tendencia a la separación de sitios de trampeo entre machos y hembras (Cuadro D, Figura 17), manifestada en el CP2, que explica un 27.78 % de la varianza de la muestra. Se observó que las hembras tendieron a ocupar sitios con mayor número de oquedades y mayor pendiente que los machos. Cabe mencionar que en el CP1 la principal fuente de variación no es el sexo, por lo tanto no fue tomado en cuenta.

Mediante un análisis de correlación entre el número de árboles, de arbustos, de oquedades y el grado de pendiente con el tamaño del área de actividad, tanto para machos como para hembras, se observó que las variables que se encuentran relacionadas significativamente, son para el caso de las hembras el número de árboles, que se relaciona con el numero de oquedades en forma inversa ($r=-73.5$), y presenta una relación positiva con el tamaño del área de actividad ($r=85.6$). En el caso de los machos no se observó significancia en ninguna de las correlaciones (Cuadro E).

DISCUSIÓN

Densidad poblacional

La densidad poblacional de *L. irroratus* fluctuó de 0 a 13 Ind/ha, teniendo valores máximos en los meses con precipitación pluvial moderada a inicios de la temporada de sequía (Octubre, Noviembre y diciembre), conforme ésta temporada avanzó la densidad poblacional declinó hasta los meses de sequía más intensa, ésta tendencia ha sido observado en otros estudios con el género *Liomys* (bosque deciduo en Morelos, García-Estrada et al., 2002; Cristóbal en Panamá, Fleming, 1974; La Pacífica en Costa Rica, Fleming, 1974) y también en *H. desmarestianus* (Yucatán México, Hernández-Betancourt, 2003; Monte Verde en Costa Rica; Anderson, 1982), pero difirió de *H. gaumeri* al menos en Yucatán, México en que los valores máximos de densidad se observaron en meses con precipitación pluvial moderada.

El aumento en la densidad poblacional en meses con precipitación moderada y principio de la de sequía pudo deberse a que en este periodo hay una mayor producción de semillas, en comparación con el resto del año. Este patrón apoya la idea general de que la densidad poblacional de los mamíferos terrestres de hábitos frugívoro/granívoro está determinada por la disponibilidad de frutos y semillas en hábitat tropicales (Smythe, 1986; Sánchez-Cordero, 1993), Otros factores que pueden afectar la densidad poblacional son la disponibilidad de los sitios de refugio, arquitectura del hábitat, vegetación, relaciones con otros animales (Kaufman y Kaufman 1989), la densidad y estratificación del follaje, de acuerdo al grado de madurez de las comunidades vegetales (Malcolm 1995, Pardini 2004).

La población en estudio presenta un comportamiento similar a lo observado en otros Heteromidos, y posiblemente la baja densidad poblacional de ésta especie en la zona de estudio con respecto a lo observado en la población estudiada en el estado de Morelos puede deberse a las altas temperaturas y a la disminución en la precipitación pluvial atípicos que se presentaron en Cerro Tepezcuintle, la cual posiblemente provocó la disminución en la producción de semillas y con ello la actividad reproductiva disminuyó, hasta que las

condiciones ambientales fueran las adecuadas para reclutar a más individuos a la población.

Por otra parte, la baja densidad observada en éste estudio con respecto a otros heterómidos, puede ser una característica inherente de la población por el tipo de vegetación; puesto que las poblaciones animales y en especial las de mamíferos, dependen del tipo de vegetación en el que habitan, por lo que éste juega un papel determinante en su distribución y abundancia (Hernández-Betancourt 2003). Además la abundancia está determinada principalmente por la medida en que los individuos pueden tolerar las condiciones y adquirir recursos esenciales (Brown y Harney, 1993), de tal forma que los heterómidos muestran variaciones temporales y espaciales fuertes en la densidad poblacional (Sánchez-Cordero y Fleming, 1993)

Estado reproductivo

La mayoría de adultos presentaron evidencias reproductivas de diciembre a abril, que corresponden al periodo de sequía más pronunciada, así como en mayo y junio, cuando inicia la temporada lluviosa. Éste comportamiento es similar a lo observado en el género *Liomys* en otros estudios (Sánchez-Cordero y Fleming, 1993; Chamela en Jalisco, Ceballos, 1990; Costa Norte en Jalisco, Zalapa et al., 2005; selva baja caducifolia, Pérez-Saldaña, 1978) y en *H. gaumeri* (Yucatán México, Hernández-Betancourt., 2003).

Sánchez-Cordero y Fleming (1993) mencionan que aunque la actividad reproductiva del género *Liomys* ha sido restringida principalmente en la temporada seca y principios de lluvias, existen algunas diferencias ínterespecíficas. En este estudio se encontró que *L. irroratus* se comporta como la mayoría de los heterómidos, presentando una actividad reproductiva concentrada en la temporada seca y principios de la lluviosa, pero se presentaron organismos activos e inactivos a lo largo del año.

La tendencia de la actividad reproductiva a lo largo del año o bien la continua presencia de individuos con actividad reproductiva, puede reflejar una alta o continua producción de frutos y semillas (Hernández-Betancourt, 2003), sin

embargo se requiere de otros estudios para concluir definitivamente. Por otro lado la concentración de la actividad reproductiva en finales de temporada seca y principio de la lluviosa, puede ser explicada como una estrategia que maximiza la disponibilidad de alimentos para las crías, puesto que nacen durante la temporada de mayor disponibilidad de alimento, el mismo patrón se ha observado en diversas especies del ratón *Peromyscus* (Banks, 1967).

Permanencia

Se observó que la permanencia promedio fue ligeramente mayor que lo encontrado para la misma especie en el estado de Morelos (140.62 días y 129 días, respectivamente), pero ambos valores son menores que en *H. gaumeri*, que presenta un promedio de 225 días en un tipo de vegetación similar a la zona de estudio (Hernández-Betancourt et al., 2003), éstas diferencias en las permanencias de los individuos, posiblemente reflejen el grado de la productividad de las zonas, dado que la presencia de recursos alimenticios principalmente, propician el mantenimiento de los individuos en una zona dada.

Sin embargo, la diferencia en la permanencia de los organismos puede indicar el grado de continuidad de los parches en la selva, en la zona de estudio se observó una amplia fragmentación, dado por terrenos forestales, agrícolas y potreros, de tal forma que se caracteriza como una zona con un bajo grado de continuidad entre los parches, provocando que los individuos no puedan desplazarse fácilmente entre parches y permanezcan en la zona por más tiempo.

Además la permanencia entre sexos fue similar, lo que también ocurre en *H. gaumeri* y *L. pictus* (Cimé-Pool et al. 2002; Romero, 1993). El tiempo de permanencia similar entre sexos es debido a que tanto las hembras como los machos encontraron condiciones adecuadas para permanecer en esos sitios en aproximadamente el mismo periodo.

Movimientos

En cuanto a las DPR y DMR por los individuos durante el mismo periodo de muestreo entre temporadas y entre sexos, no ha sido reportada para *L. irroratus*. En Cerro Tepezcuintle las DPR de las hembras en periodo de muestreo fluctuaron desde 31.62 a 90.14 m, y para los machos de 70.18 a 125.18 m, y son similares a los observados para *H. desmarestianus* en el cual las distancias recorridas fluctuaron entre 20 y 110 m (Quintero y Sánchez-Cordero, 1989).

Se observó que de forma general los machos recorren mayores distancias que las hembras, lo cual puede estar influenciado por la actividad reproductiva de los organismos (Sánchez-Cordero y Fleming, 1993), ya que los machos tienden a moverse más para acceder a las hembras, considerando además la proporción de sexos en la población en estudio (1:2.3), es probable que los machos realizan mayores movimientos para copular con un mayor número de hembras, dado que las hembras presentan un comportamiento solitario, es decir se encuentran dispersas en la zona, sus movimientos influyen en la medida en que los machos deben efectuar sus movimientos para copular con las hembras y con ello maximizar su éxito reproductivo, considerando lo anterior se puede suponer un sistema de apareamiento de poliginia.

Este patrón fue observado también para *L. salvini* en Costa Rica (Fleming, 1974), al igual que *L. aspersus* en Cristóbal Panamá (Fleming, 1971), pero difirió de lo encontrado para *H. desmarestianus*, en Monte Verde Costa Rica en el cual las hembras mostraron movimientos mayores que los machos (Anderson, 1982), éstas diferencias pueden deberse a las conductas sociales determinadas con anterioridad en otros estudios, para cada uno de los géneros, en los que se supone una conducta más agonística en el género *Liomys* que en *Heteromys* (Sánchez-Cordero y Fleming, 1993), lo cual reflejaría otro tipo de sistema de apareamiento *Heteromys*, como ha sido propuesto para *H. gaumeri* con un tipo de comportamiento social y un sistema de pareja promiscuo.

En cuanto a la DPR para cada temporada del año, se observaron mayores movimientos en la temporada de lluvia que en la temporada de sequía, esto probablemente por la actividad reproductiva que continua hasta inicio de la temporada de lluvias, por otro lado, éstas diferencias pueden estar relacionadas con la capacidad de almacenamiento de los recursos alimenticios (Espinosa y Chávez, 2005, Fleming, 1974), considerando al alimento como un factor importante en la supervivencia de la especie, además que la máxima producción de frutos y semillas coinciden con la temporada lluviosa en diferentes selvas neotropicales (Foster, 1982), de manera que en la temporada lluviosa, los individuos recorren distancias mayores probablemente para obtener y almacenar los alimentos necesarios aprovechando la abundancia de éstos, de modo que en la temporada de sequía, periodo en el que disminuye la producción de semillas, los individuos tendrían alimento almacenado y no resultaría necesario recorrer distancias mayores para buscarlo, dado que el forrajeo y el almacenamiento de alimentos promueven la eficiente explotación de recursos variables estacionalmente e impredecible (Brown y Harney, 1993).

Otra posible explicación puede ser la cobertura que presenta la zona, ya que en la temporada de sequía la vegetación es poca, lo que resulta en una baja cobertura por parte de árboles y arbustos y en consecuencia se presenta una baja protección para estos organismos, ya que los hace mas evidentes a los depredadores nocturnos, por lo cual los individuos restringen sus movimientos por precaución a no ser vistos y potencialmente depredados (Fleming, 1974).

Por otro lado, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre temporadas para machos y hembras, sin embargo sí se observó una disminución en la magnitud de sus recorridos en la temporada de sequía en ambos sexos, la misma tendencia fue observada para las hembras de *L. adspersus*, en el cual no se observaron diferencias significativas en las distancias de recaptura entre estaciones del año (Fleming, 1971), sin embargo para las hembras de *H. desmarestianus*, se observó un patrón inverso, y los machos mostraron movimientos menores en esta época (Quintero y Sánchez-Cordero, 1989).

Con lo anterior se puede observar que existen diversas tendencias de los heterómidos en cuanto a sus movimientos entre las temporadas del año, los cuales pueden deberse a la diferencia en el grado de estacionalidad ambiental en las zonas de estudio, siendo por lo general el hábitat del género *Liomys* más estacional que el hábitat de *Heteromys*, lo cual influye en la productividad del ambiente (la producción de frutos y semillas) (Sánchez-Cordero y Fleming, 1993), causando cambios en el comportamiento de forrajeo (movimientos) de las especies.

Áreas de Actividad

El AA promedio de *L. irroratus* es de 275.947 m², mayor a lo estimado para la misma especie en el estado de Morelos, el cual fue de 221.15 m², cabe señalar que este valor fue obtenido al promediar los datos de AA de la temporada de lluvia y de sequía que proporciona el autor, dado que en la publicación no menciona un promedio general para la especie (García-Estrada 1999).

La diferencia entre las AA calculadas puede deberse al método utilizado, ya que para la población de Morelos se aplicó el método del centro de actividad, el cual considera las desviaciones promedios de los puntos de captura como el radio de un círculo, y la superficie del círculo como el área de actividad y probablemente tiende a sobrestimar el tamaño del AA ya que, aunque no asume que toda el área calculada corresponde a la zona utilizada por el individuo, considera que el área encerrada contiene el total de la actividad del animal (Harrison, 1958; White, 1964), por lo tanto los resultados del tamaño del AA obtenidos en estudios que implementan este método, incluyen porciones no utilizadas por los individuos, así mismo en el presente trabajo se utilizó el polígono mínimo convexo, el cual al tomar en cuenta a los puntos de captura extremos para formar un polígono tiende también a sobreestimar el tamaño del AA de los individuos (Powell, 2000), por lo que debe ser tomado con cautela.

Por otro lado, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el tamaño de las AA de hembras y machos, se observó que éstos últimos hacen uso de un área un poco mayor que las hembras. Esta misma tendencia se observó en *L. pictus* en un tipo de vegetación semejante al

de la zona de estudio, en el que tampoco se observaron diferencias significativas entre sexos pero si existió una ligera tendencia de los machos a poseer un área de actividad mayor (hembras 408 m², machos 482.2 m²) (Sánchez-Rojas et al., 1994). Al igual que *H. gaumeri* (machos 826 m² y hembras 805 m²) (Hernández-Betancourt 2003), éstos resultados apoyan la idea de que *L. irroratus* es una especie polígama, ya que en éste sistema de apareamiento, en el cual los machos no proporcionan cuidado parental, la dispersión de recursos, la depredación y los beneficios y coste de la vida social influye en la dispersión y movimientos de las hembras, y éstos a su vez sobre la dispersión de los machos, favoreciendo la competencia entre machos por las hembras (Orians, 1969; Emlen y Oring, 1977), ésta última afirmación puede estar apoyada con el comportamiento territorial de los machos obtenido con el análisis de la superposición de AA.

En cuanto a las variaciones entre la temporada lluviosa y seca en hembras y machos, se observó para el caso de las hembras, que utilizan áreas mayores en la temporada seca que en la lluviosa, a diferencia de los machos, en el que se observó un patrón inverso, esta tendencia fue observada también para *H. desmarestianus*, en una selva alta perennifolia (Quintero y Sánchez-Cordero, 1989). Este patrón invertido puede ser explicado considerando la máxima actividad reproductiva y la producción de semillas en la zona, puesto que en el caso de las hembras, al inicio de la temporada lluviosa posiblemente se encuentran preñadas o en lactancia, periodo en el cual las hembras presentan áreas de actividad reducidas y excluyentes (Santos-Moreno et al., 2007), dado que la lactancia representa una etapa de gran demanda energética para las hembras (Millar, 1975), y requieren economizar energía para asegurar la supervivencia de los neonatos (Bond y Wolf, 1999; Ribble y Stanley, 1998).

En el caso de los machos se puede considerar que en la temporada lluviosa existe una mayor producción de semillas en la selva (Foster, 1982), de tal forma que utilizan la mayor cantidad de energía y por ende una mayor AA en la colecta y almacenamiento de semillas (Brown y Harney, 1993), que posiblemente es utilizado cuando hay una baja producción de semilla (temporada seca), de tal forma que esta capacidad de consumir alimentos

almacenados junto con el aletargamiento provocan que durante la temporada seca aumenten su supervivencia (Brown y Harney, 1993) y disminuyan su AA, dado que no requieren abarcar una área mas amplia para buscar alimento.

Por lo tanto se puede concluir que el tamaño del AA y los movimientos de *L. irroratus* parecen estar relacionados con su actividad reproductiva, pero muestran diferentes patrones entre sexos, esto posiblemente esta dado por los compromisos energéticos y conductuales que representa la reproducción (Quintero y Sánchez-Cordero, 1989).

En lo que respecta a las superposiciones de AA, en general se observaron porcentajes bajos en ambos sexos y entre temporadas. En el caso de los machos no existió superposición entre ellos, por lo que se puede inferir que son organismos territoriales y entre hembras fue baja (14.8 %), es decir se presentó poca tolerancia hacia el resto de las hembras, manteniendo la exclusividad de sus áreas de actividad entre ellas, esto puede sugerir que los organismos poseen territorios de buena calidad que les permite cubrir sus necesidades metabólicas y energéticas. Se ha sugerido la existencia de territorialidad marcada en hembras de *Liomys* y defensa activa durante la época reproductiva (Fleming, 19749). Por otro lado se menciona que en la mayoría de los casos de poliginia involucran territorialidad por parte del macho¹.

Este patrón difiere de los machos de *H. desmarestianus*, en el que éstos no fueron territoriales, aunque si presentaron bajos niveles de superposición (Quintero y Sánchez-Cordero, 1989), y en *H. gaumeri* se presentaron niveles bajos de superposición (Hernández-Betancourt, 2003), sin embargo en ambas especies la superposición de AA fue mayor que en *L. irroratus*, lo cual es congruente con la aseveración acerca de que el genero *Liomys* es menos tolerante a sus coespecíficos que el genero *Heteromys* y se sugiere un comportamiento agresivo mas pronunciado (Fleming, 1974).

Tomando en cuenta lo anterior, los resultados parecen soportar la hipótesis de Eisember (1963) que menciona que las poblaciones del género *Liomys* son consideradas dentro del contexto sistema social como “cerradas-dispersadas” mientras que las poblaciones del género *heteromys* presentan un contacto social más “abierto”.

En cuanto a la superposición entre machos y hembras, se observó que las hembras presentaron cierta tolerancia hacia los machos (16.66%), esto probablemente debido a la reproducción. En cuanto a las temporadas, se observó menor superposición de AA en la estación de lluvia (7.14 %) que en la de secas (15.38 %), lo cual pudo estar dado por la existencia de una mayor producción de semillas en la temporada lluviosa, de tal forma que no fue necesario superponer AA con otros individuos en zonas ricas en alimento.

Caracterización del área de actividad

No se encontraron diferencias significativas en cuanto a las variables analizadas para la descripción del AA de *L. irroratus*. Sin embargo, con la aplicación de ACP, se encontró que tanto para las hembras como para los machos, el número de árboles y de arbustos son factores importantes para la selección de un hábitat, puesto que posiblemente la vegetación expresa la cobertura que el sitio proporciona a los individuos, además de regular algunas variables microclimáticas como la temperatura y la humedad, y provee de alimentos (semillas) a los organismos, pero para concluir definitivamente es necesario comprobar que los árboles y arbustos que se encuentran en esta zona, producen las semillas de las que se alimentan éstos individuos.

Por otro lado se observó que existe una diferenciación en las AA de machos y hembras, en el cual las hembras tienden a utilizar un área de actividad provista de un mayor número de oquedades y un mayor grado de pendiente, esto puede explicarse considerando que las hembras tienen que buscar sitios que les ofrezca una mayor protección tanto para ellas como para sus crías, situación que puede ser solventada seleccionando sitios que tengan más oquedades.

Ésta diferenciación en las características del AA concuerda con las observaciones realizadas en *L. pictus* y *L. irroratus*, ya que los individuos se segregaron por sexo en diferentes partes de su hábitat (Sánchez-Cordero y Fleming, 1993), aunque los autores no mencionan la (s) características (s) que presentaban las áreas seleccionadas para cada sexo.

Considerando el análisis de correlación entre las variables y el tamaño del AA, se observó una relación del número de árboles y arbustos con el tamaño del AA de las hembras, posiblemente las hembras establecen su AA en zonas con mayor cantidad de árboles, dado que con ello aseguran el alimento necesario para su supervivencia. Para los machos no se observó alguna correlación significativa entre las variables, únicamente el grado de pendiente se relacionó moderadamente, pero no fue significativo, lo anterior puede ser explicado con el hecho que la dispersión de los recursos y la depredación influyen en los movimientos de las hembras, pero en los machos, son los movimientos de las hembras los que influyen directamente (Orians, 1969; Emlen y Oring, 1977).

CONCLUSIONES

La densidad poblacional y la actividad reproductiva de *L. irroratus* es poco estacional, y presenta un patrón semejante al de otros heterómidos. Los individuos permanecieron en la zona en promedio 140.62 días.

Las variaciones en los movimientos y del tamaño del AA, así como la proporción de sexos que presentan los individuos de la población, hacen suponer que la especie presenta un sistema de apareamiento poligínico, manteniendo su territorio hasta la llegada de la temporada reproductiva, afirmación que se ve reforzado con la presencia de conductas territoriales por parte de los machos y la poca tolerancia social entre las hembras, las cuales son características de especies polígamas.

Por otro lado, las diferencias en las distancias recorridas, así como en el tamaño del AA obtenida para esta especie en comparación con otros heterómidos, parece estar relacionado con el grado de la estacionalidad de su hábitat, el cual influye principalmente en la producción de alimentos para los individuos. Además, considerando el alto grado de territorialidad presentado por *L. irroratus* y los resultados obtenidos en otras especies de éste mismo género, en comparación con las especies del género *Heteromys*, parecen soportar la idea que los individuos pertenecientes al género *Liomys* pueden ser considerados dentro del contexto social como “cerradas-dispersadas” y los individuos del género *heteromys* como organismo con un comportamiento más “abierto”.

L. irroratus parece seleccionar su microhábitat en la zona, dado que muestra cierta agrupación por sexos, ya que las hembras utilizan áreas de actividad con mayor número de oquedades y con un mayor grado de pendiente que los machos. Para las hembras el tamaño del área de actividad está relacionado positivamente con la cantidad de árboles en la zona, en el caso de los machos ninguna de las variables medidas mostró correlación significativa. Lo anterior, puede ser apoyada con la idea que la localización de las hembras obedece a la

búsqueda de sitios de alimentación y refugio, mientras que en los machos su localización y desplazamiento está determinado por la localización de las hembras.

Finalmente, el estudio de los movimientos y la dinámica del AA de *L. irroratus* conforman conocimientos integrales de la historia de vida de la especie, por otro lado, aporta datos para que aunado al de diferentes especies, permitan desarrollar modelos teóricos para la descripción de propagación de epidemias tales como el Chagas, Hantavirus y Leishmaniasis.

Además, éste tipo de investigaciones con roedores permiten la comprobación de diversas hipótesis o teorías, como por ejemplo en los patrones de distribución de las especies, en el efecto del cambio climático global sobre la fauna y en el requerimientos de los recursos. Además éstas investigaciones son necesarias para encontrar patrones en la dependencia del tamaño del AA sobre la densidad poblacional de los roedores, así como en relaciones alométricas, como del tamaño del AA con el tamaño corporal, lo anterior dado por la relativa facilidad para la obtención de datos en comparación con especies de mayor tamaño, en el cual se requieren de mayores presupuestos y tiempo para su estudio.

LITERATURA CITADA

- Abramson, G., Giuggioli, L., Kenkre, V. M., Dragoo, J. W., Panmenter, R. R., Parmenter, C. A y Yates, T. L. 2006. Difussion and home range parameters for rodents: *Peromyscus maniculatus* in New Mexico. *Ecol. Complex.* 3:64-70
- Anderson, D. J. 1982. The home range: a new nonparametric estimation technique. *Ecol.* 63:103-112.
- Anderson, D.R., Burnham, K.P., White, G.C., Otis, D.L., 1983. Density estimation of small-mammal populations using a trapping web and distance sampling methods. *Ecol.* 64:674-680.
- Agrell, J., Erlinge, S, Nelson, J y Sandell, M. 1996. Shifting spacing behaviour of male field voles (*Microtus agrestis*) over the reproductive season. *Ann. Zool. Fennici.* 33:243-248.
- Alcock, J. 1984. Animal behavior. An evolutionary approach. Sinaver associates, Inc. Publisher. Suderland Massachusetts. 222-223p.
- Barnard, C. J., Hurst, J. L. y Aldhous, P. 1991. Of mice and kin: the functional significance of kin bias in social behaviour. *Biol. Rev.*, 66:379-430.
- Banks, R. C. 1967. The *Peromyscus guardia*-interparietalis complex. *J. Mamm.* 48:210-218.
- Brainbrige, D. A. 1990. The restoration of agricultural lands and dryland. *En: Berger, J. J. (Ed). Environmental restoration: science and strategies for restoring the earth.* Island press. Washington, D.C. E.U. Pp. 4-13.
- Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., Rylands, A. B., Konstant, W. R., Flick, P. P., Oldfield, J., Magin, S. y Hilton-Taylor, C. 2002. Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Cons. Biol.* 16:909-923.
- Brown, J. H y Harney, B. A. 1993. Population and community ecology of heteromyid rodents in temperate habitats. *En: H. H. Genoways (ed). Biology of the heteromyidae.* Special Publications American Society of Mammalogysts. 10:1-719
- Brown, J. H., Reichman, O y Davison, D. W. 1979. Granivory in the desert ecosystems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 10:1-227.
- Brown, S y Lugo, A. E. 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. *Restorat. Ecol.* 2:97-111.

- Bond, M. L. y Wolff, J. O. 1999. Does acces to female or competition among males limit male home range size in a promiscuous rodents? *J. Mam.* 80:1243-1250.
- Boitani, L. y Fuller, T.K. 2000. Research techniques in animal ecology-controversies and consequences. Columbia University Press. U.S.A. Pp 65-110.
- Boutin, S. 1990. Food supplementation experiments with terrestrial vertebrates: patterns, problems, and the future. *Canadian Journal of Zoology* 68: 203-220.
- Burt, W.H. 1943. Territoriality and homer range concept as applied to mammals. *J. Mamm.* 24: 346-352.
- Byron, K. W., James, D. N y Michel, J. C. 2002. Analysis and management of animal populations. Academic press. E.U.A. 793 pp.
- Calhoun, J. B. 1958. Calculation of home range and density of small mammals. *Public Health Rep.* 73:1143-1145.
- Canela-Rojo, M. y Sánchez-Cordero, V. 1984. Patrón del área de actividad de *Neotomodon alstoni* *alstoni* (Rodentia: cricetinae). *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Auton. Mex.* 55:285-306.
- Carey, A. B y Johnson, M. L. 1995. Small mammals in manager, naturally young, and old growth forests. *Ecol. Appl.* 5:336-352.
- Carranza, J. 1994. Sistemas de apareamiento y selección sexual. Pp. 363-406. *En: J. Carranza (ed.) Etología.* Universidad de Extremadura.
- Ceballos, G. 1990. Comparative natural history of small mammals from tropical forest in western Mexico. *J. Mamm.* 71: 263-266.
- Ceballos, G. 1999. Areas prioritarias para la conservacion de los mamíferos en México. *Biodiversitas.* 27:1-8.
- Ceballos G. y Oliva, G. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Fondo de Cultura Económica. México, D. F. Pp. 986.
- Cimé-Pool, J. A., Hernández-Betancourt, S y Medina-Peralta, S. 2002. Área de actividad de *Heteromys gaumeri* en una selva mediana subaducifolia de Yucatán, México. *Rev. Mex. Mastozool.* 6:5-18
- Corbalán, V. E. y Ojeda, R. A. 2005. Home range of a rodent population in the Monte desert (Mendoza, Argentina). *Mastozool. Neotrop.* 12:145-152.

- Crowcroft, P. 1966. Mice all over. London: Foulis.
- Chambers, L., Singleton, G. R. y Krebs, C. J. 2000. Movements and social organization of wild house mice (*Mus domesticus*) in the wheatlands of northwestern Victoria, Australia. *J. Mamm.* 81:59-69.
- Chávez, T. C. y Espinosa, L. 1993. Ecología de roedores del Estado de Hidalgo. Pp. 433-471, *En: M. Villavicencio y Marmolejo (eds). Investigaciones Recientes Sobre Flora y Fauna de Hidalgo. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo México.*
- Davies, N. B. 1991. Mating systems. Pp. 263-294. *En: J. R. Krebs y N. B. Davies (eds). An evolutionary approach. Blackwell ScientificPublic.*
- De Mattia, E. H., Curran, L. M y Rathcke, B. J. 2004. Effect of small rodents and large mammal on neotropical seeds. *Ecol.* 85:2161-2170
- Dodd, C.K. Jr. (1987). Status, conservation and management. *En: Siegel, R.A., Collins, J.T. y Novak, S.S. (eds). Snakes, ecology and evolutionary biology: 478–513. Caldwell: Blackburn Press.*
- Dowler, R. C. y Genoways H. H. 1978. *Liomys irroratus*. *Mamm. Species.* 82:1-6.
- Eisenberg, J.F. 1963. The behavior of heteromyid rodents. *Univ. California. Publ. Zool.* 63:1-100.
- Emlen, S.T y Oring, L. W. 1977. Ecology, sexual selection and evolution of mating systems. *Science* 197:215-223.
- Espinosa, L. A. y Chávez T. C. 2005. *Liomys irroratus*. *Ratón espinoso*. Pp. 628-629, *En: G. Ceballos y G. Oliva. (eds). Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 986 p.*
- Fleming, T. H. 1971. Population ecology of three species of neotropical rodents. *Misc. pub. mus of zool. university of Michigan*, 143: 1-47.
- Fleming, T. H. 1974. Social organization in two species of Costa Rican heteromyid rodents. *J. Mamm.* 55:543-56.
- Fleming, T. H. y Brown, G. J 1975. An experimental analysis of seed hoarding and burrowing behavior in two species of Costa Rican heteromyd rodents. *J. Mamm.* 56: 301-315.

- Flores, V. y Gerez, P. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad- Universidad Nacional Autónoma de México. 439 p.
- Foster, R. B. 1982. Famine on Barro Colorado island. En: E. G. Leigh Jr., A.S. Rand, y D. M. Windsor (eds). The ecology of a tropical forest. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. 468 p.
- García-Estrada. C. 1999. Estudio en dos comunidades de roedores en dos áreas con diferente grado de alteración en el sureste de Morelos. Tesis de maestría en ciencias. 107 pp.
- García-Estrada, C., Romero-Almaraz, M. L y Sánchez-Hernández, C. 2002. Comparison of rodent communities in sites with different degrees of disturbance in deciduous forest of southeastern Morelos, Mexico. Act. Zool. Mex. 85:153-168.
- Gentile, R., D' Andrea, P. S. y Cerqueira R. 1997. Home range of *Philander frenata* and *Akodon cursor* In a Brazilian restinga (Coastal shrubland). Mastzool. Neotrop, 4:105-112.
- Gittleman, J. L. y Harvey, P. H. 1982. Carnivore home range size metabolic needs ecology. Behavior and sociobiology. 10:57-63.
- Gómez-Pompa, A. 1992. Conservación de la Biodiversidad Tropical: Objeciones y responsabilidades. Pp. 259-267. En: J. Sarukán y R. Dirzo (eds.). México Ante Los Retos de la Biodiversidad. Comisión Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad. 343 p.
- Gompper, M. y Gittleman, J. L. 1991. Home range scaling: intraespecific and comparative trends. Oecol. 87: 343-348.
- Gray, S. J., Hurst, J. L., Stidworthy, R., Smith, J., Preston, R y Mac Dougall, R. 1998. Microhabitat and spatial dispersion of the grassland mouse (*Mus spretus lataste*). J. Zool. Lond. 246:299-308.
- Halffter, G. 1992. La diversidad de Iberoamérica. Acta Zoológica Mexicana. Vol. Especial. Instituto de Ecología, Secretaria de Desarrollo Social y Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. México.
- Harrison, J. L. 1958. Range of movement of some Malayan rats. J. Mamm. 38:190-206.
- Hawes, M. L. 1977. Home range, territoriality, and ecological separation in sympatric shrews, *Sorex vagrans* and *Sorex obscurus*. J. Mamm. 38: 354-367.
- Hayne, D. W. 1949. Calculation of size of home range. J. mamm. 30:1-18.

- Hedgal, P. L. y Colvin B. A. 1986. Radiotelemetry. *En*: A. Y. Coopeerrider, R. J. Boyd y H.R. Stuard (eds). Inventory and monitoring wildlife habitat. U.S. Bureau Of Land Management Service Center Denver, Colorado. Pp 679-698.
- Hernández, Betancourt. S., López-W. R., Cimé, P. J y Medina, P. S. 2003. Área de actividad, movimiento y organización social de *Heteromys gaumeri* Allen y Chapman, 1897 (Rodentia: Heteromyidae) en una selva mediana subcaducifolia de Yucatán, México. *Act. Zool. Mex.* 90:77-91.
- Houghton, R. A. 1991. Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. *Climatic change* 19: 99-118.
- Howe, H. F. y Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Ann. Rev. Ecol. System.* 13: 201-228.
- Hooge, P. N y Eichenlaub, B. 1997. Animal movement extension to arcview. ver. 1.1. Alaska Science Center - Biological Science Office, U.S. Geological Survey, Anchorage, AK, USA.
- Hooper, E.T. y Handley, Jr. C. O. 1948. Character gradients in the spiny pocket mouse, *Liomys irroratus*. *Occasional paper of the museum of zoology, University of Michigan*, 514:1-34.
- Hulme, P. E. 2002. Seed dispersal, seed predation and natural regeneration. Pp. 257-273. *En*: D. J. Levey, W. R. Silva, y M. Galetti (eds). *Frugivory and seed dispersal: ecological, evolutionary and conservation issues*. CAB international, New York.
- INEGI, 2007. Municipios del estado de Oaxaca. México, D.F.
- Johsson, P., Koskela, E. y Mappes, T. 2000. Does risk of predator affect to spacing behaviour of rodents?. Two large-scale experiments. *Oecol.* 122:487-492.
- Kaufmann, J. H. 1983. On the definitions and functions of dominance and territoriality. *Biol. Rev.* 58: 1-20
- Kenward, R. E. 1987. *Wildlife radio tagging*. Academic press. San Diego, CA. 222 p.
- Kerr, G. O. y Bull, M. C. 2006. Exclusive core areas in overlapping ranges of the sleepy lizard, *Tiliqua rugosa*. *Behavioral ecology*. :380-391.
- Kotler, B. P., Brown, J. S y Mitchell, W. A. 1994. The role of predation in shaping the behavior, morphology and community organization of desert rodents Australian. *J. Zool.* 42:449-466.

- Krebs, C. J. 1985. Ecología. Estudio de distribución y la abundancia. Ed. Harla. México. 2ª Edición. 753 pp.
- Kruuk, 1978. Spatial organization and territorial behavior of the European badger *Meles meles*. J. Zool. 184:1-19.
- Laver, P. N. 2002. Cheetah of the Serengeti plains; a home range analysis. Plan de trabajo de Tesis. Maestría en Ciencias en pesquerías y ciencias de la vida Silvestre.
- Lettink, M y Armstrong, D. P. 2003. An introduction to using mark-recapture analysis for monitoring threatened species. Department of conservation technical series 28A: 5-32.
- Lugo, A. 1992. Tropical forest uses. *En*: T. E. Downinf, S. B. Hecht, H. A. Pearson, D. C. Garcia (eds). Development or destruction. Westview Press. San Francisco, E.U. pp. 117-132.
- Magnusson, W. E., Francisco, A., Sanaiotti, M. T. 1995. Home range and territoriality in *Bolomys lasiurus* (Rodentia: muridae) in an Amazonian savanna. J. Trop. Ecol. 11:179-188.
- Maher, C. R y Lott, D. F. 1995. Definitions of territoriality used in the study of variation in vertebrate spacing systems. Anim. Behav. 49: 1581-1597.
- Mark J. E. y Adler, H. H. 2005. Spacing patterns of a tropical forest rodent, the spiny rat (*Proechimys semispinosus*), in Panama. J. Zool., 265:147-155
- Mares M. A y Lacher Jr. T. E. 1987. Social spacing in small mammals: Patterns of individual variation. Amer. Zool. 27:293-306.
- Mares, M. A. y Ernest, K. A. 1995. Population and community ecology of small mammals in a gallery forest of Central Brazil. J. Mammal. 76:750-768.
- McLoughlin, P. D., Ferguson, T. E. y Messier, T. E. 2000. Intraspecific variation in home range overlap with habitat quality: a comparison among brown bear populations. Evol. Ecol.14: 39-60.
- Meffe, G. K y Carrol, C. R. 1994. Principles of conservation biology. Sinauer. E.U. Pp 237-264.
- Meli, P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. *Ínterciencia*, 28:10 pp. 581-589.
- Millar, J. S. 1975. Tactics of energy partitioning in breeding *Peromyscus*. Can. J. Zool. 53:267-276.

- Morzillo, A. T., Feldhamer, A. G. y Nicholson, C. M. 2003. Home range and nest use of the golden mouse (*Ochrotomys nuttalli*) in southern Illinois. *J. Mamm.* 84: 553-560.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. *Trends Ecol. Evol.* 10: 58-62.
- Myers, N. 1984. *The primary source: tropical forest and our future*. Norton. Nueva York, E. U. 399 p.
- Moorhouse, T. P. y Macdonald, D. W. 2008. What limits male range size at different population densities? Evidence from three populations of water voles. *J. Zool.* 274: 395-402.
- Nowak, R.M. 1991. *Walker's mammals of the world*. 5ª edición, John Hopkins University Press, Baltimore, USA.
- O' Farrel, M J. 1980. Spatial relationships of rodents in a sagebrush community. *J. Mamm.* 61:589-605.
- Ochoa, G. J. 2000. Efectos de la extracción de maderas sobre la diversidad de mamíferos pequeños en bosques de tierras bajas de la Guayana Venezolana. *Biotrop.* 32: 146-164.
- Ostfeld, R. S. 1985. Limiting resources and territoriality in microtine rodents. *Am. Nat.* 126:1-15.
- Ostfeld, R. S. y Klosterman, I. I. 1990. Microtine social systems, adaptation and the comparative method. Pp. 35-44. *En: R. H. Tamarin, R.S. Ostfeld, S. R. Pugh y G. Bujalska (Eds.). Social system and population cycles in voles*. Birkhauser Verlag. Basel. Bosto. Berlin, Berlín.
- Parmenter, R.R., Yates, T.L., Anderson, D.R., Burnham, K. P., Dunnum, J. L., Franklin, A. B., Friggens, M. T., Lubow, B. C., Miller, M., Olson, G. S., Parmenter, C., Pollard, J., Rexstad, E., Shenk, T. M., Stanley, T.R., White, G.C., 2003. Small-mammals density estimation: a field comparison of grid-based vs. web-based density estimators. *Ecol. Monogr.* 73:1-26
- Pérez-Saldaña, G. 1978. Observaciones sobre la variación morfológica, alimentación y reproducción de *Liomys pictus pictus*, Rodentia: Heteromyidae. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Perry, A. E y Fleming, T. H. 1980. Ant and rodent predation on small animal-dispersed seeds in tropical dry forest. *Brenecia* 17: 11-22.
- Peter, R. 1979. Communication cognitive mapping and strategy in wolves and hominids. *En: R. L. Hall y H.S. Sharp (eds). Wolf and man. Evolution in parallel*. American Press. New York. 96-108 p.

- Poole, T. B. y Morgan, H. D. 1976. Social and territorial behaviour of mice (*Mus musculus*) in small complex areas. *Anim. Behav.* 24:476-480.
- Powell, R. A. 2000. Behaviour and home range. *En*: L. Bointani, y T. Fuller, (Eds). *Research techniques in animal ecology. Controversies and consequences.* Columbia university press. USA.
- Plummer, M.V. y Congdon, J.D. (1994) Radiotelemetric study of activity and movements of racers (*Coluber constrictor*) associated with a Carolina bay in South Carolina. *Copeia*, **1994**, 20–26.
- Quintero, G. y Sanchez-Cordero, V. 1989. Estudio del área de actividad de *Heteromys desmarestianus* (Rodentia: Heteromyidae) en una selva alta perennifolia. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Mex. Serie Zool.*, 60:223.240.
- Ramírez-Pulido, J. y Castro-Campillo, A. 1993. Diversidad mastozologica en México. Vol. Especial XLIV. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*
- Randolf, S. E. 1997. Changing spatial relationship in a population of *Apodemus sylvaticus* with onset of breeding. *J. Anim. Ecol.* 46:653-676.
- Retana, O. G. y Lorenzo, C. 2002. Lista de los mamíferos terrestres de Chiapas: endemismo y estado de conservación. *Acta Zool. Mex.* 85:25-49.
- Reichman, O. J. y Price, M. V. 1993. Ecological aspects of Heteromyid foraging. Pp. 539-574. *En*: H. H. Genoways y J. H. Brown (eds). *Biology of the heteromyidae.* Special publication 10. Amer. Soc. Mamm. 719 p.
- Ribble, D. O y Stanley. 1998. Home ranges and social organization of syntopic *Peromyscus boylii* and *P. truei*. *J. Mamm.* 79:932-941
- Ribble, D. O., Wurtz A. E., Mc Connell, E. K., Buegge, J. J. y Welch Jr, K. C. 2002. A comparison of home ranges of two species of *Peromyscus* using trapping and radiotelemetry data. *J. Mamm.* 83:260-266.
- Rodríguez-Moreno, A., Sánchez-Cordero, V., Ibarra-Cerdeña, C. N y Ramsey, J. M. 2008. Mamíferos reservorios de *Tripanosoma cruzi*, en Oaxaca y Jalisco. Memoria del IX congreso Nacional de Mastozoología. AMMAC. Universidad de Guadalajara, Autlán de la Grana, Jalisco.
- Romero, M. 1993. Biología de *Liomys pictus*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F.

- Saiful, A. A., Hidris, A. H., Tamura y Hayashi, N. F. 2001. Home range size of sympatric squirrel species inhabiting a lowland dipterocarp forest in Malaysia. *Biotróp.* 33: 346-351.
- Samuel, M. D., Pierce, D. J. y Garton, E. O. 1985. Identifying areas of concentrated use within the home range. *J. Anim. Ecol.* 54: 711-719.
- Sánchez-Cordero, V. 1993. Estudio poblacional de la rata espinosa *Heteromys desmarestianus* en la selva húmeda en Veracruz, México, Pp. 301-316. *En:* R. A. Medellín y G. Ceballos (eds.). Avances en el estudio de los mamíferos de México. Asociación mexicana de mastozoología, A. C.
- Sánchez – Cordero, V y Fleming, T. H. 1993. Ecology of tropical heteromyidae. Pp 596-617, *En:* H. H. Genoways y J. H. Brown (eds). *Biology of the heteromyidae.* Spec. Publ. 10. Amer. Soc. Mamm. 719 p.
- Sánchez-Rojas, G., Briones-Salas, M. A y Sánchez-Cordero, V. 1994. Área de actividad del ratón espinoso de abazones (*Liomys pictus*), en un BTC. Memoria del II Congreso Nacional de Mastozoología. AMMAC. Universidad de Guadalajara. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Sánchez-Rojas, G. 1995. Ámbito hogareño y uso de hábitat del venado cola blanca en un bosque tropical caducifolio. Tesis de maestría en ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ciencias. México, D. F.
- Santos-Moreno, A., Briones-Salas, M. A. y López-Wilchis, R. 2007. Diferencias en algunos parámetros demográficos de *Oryzomys chapmani* (rodentia: muridae) asociadas a tres estados sucesionales de bosque mesófilo de montaña en Oaxaca, México. *Act. Zool. Mex.* 23:123-137.
- Saunders, D. A., Hobbs, R. J y Margules, C. R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Cons. Biol.* 5:18-32.
- Servín, J. 2000. Ecología conductal del coyote en el sureste de Durango. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de México. México D.F. 211 pp.
- Servín, J., Huxley, C., 1993. Biología del coyote (*Canis latrans*) en la Reserva de la Biosfera “La Michilia Durango. *En:* R. A. Medellín y G. Ceballos (eds). Avances en el Estudio de los Mamíferos de México. Publicaciones especiales, Asociación Mexicana de Mastozoología, México, D. F. pp. 197–204.

- Smyte, N. 1986. Competition and resource partitioning in the guild of neotropical terrestrial frugivorous animals. *Annual Review of ecology and systematics*. 17:169-188.
- Stamps, J. 1995. Motor learning and value of familiar space. *Amer. nat.* 146:41-58.
- Toledo, V. M y Ordóñez, M. de J. 1998. El panorama de la biodiversidad de México: Una revisión de habitats terrestres. Pp. 739-757. *En: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. F (eds). Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 792 p.*
- Torres-Colín, R. 2004. Tipos de vegetación. *En: A. J. García- Mendoza, M. de J. Ordoñez y M. Briones Salas (eds). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza- World Wildlifefun. México D.F.*
- White, D. E. 1964. An index of the range of activity. *The American Midland Naturalist*. 71:369-373.
- Whitmore, T. C. 1997. Tropical forest disturbance disappearance and species loss. *En: W. F. Laurence, R. O. Bierregard (eds) Tropical forest remnants. Ecology, management, and conservation of fragmented communities. The University of Chicago Press. E.U. pp. 3-12.*
- Whitmore, T. C. 1993. *An introduction to tropical rain forests. Oxford University press. New York, E. U. 226 pp.*
- Whitmore, T. C. y Sayer, J. A. 1992. Deforestation and species extinction in tropical forest. *En: Tropical deforestation and species extinction. IUCN. Chapman y Hall. Londres, Inglaterra. Pp. 1-14.*
- Wilson, E. O. 1975. *Sociobiology: the new synthesis. Cambridge, M. A: Belknap Press.*
- Zalapa, S. S., Badii, M. H., Cervantes, F. A y Guerrero S. 2005. Ecología poblacional de *Liomys pictus* en tres áreas del bosque tropical subcaducifolio con diferente tiempo de regeneración en la costa norte de Jalisco. *Act. Zool. Mex.* 21:1-14.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis. 4a Edición. Prentice-Hall. New Jersey, USA. 663 pp.*

¹ <http://www.ege.fcen.uba.ar/eyca/eyca2006/Teoricas/Teorica14.pdf>

FIGURAS Y CUADROS

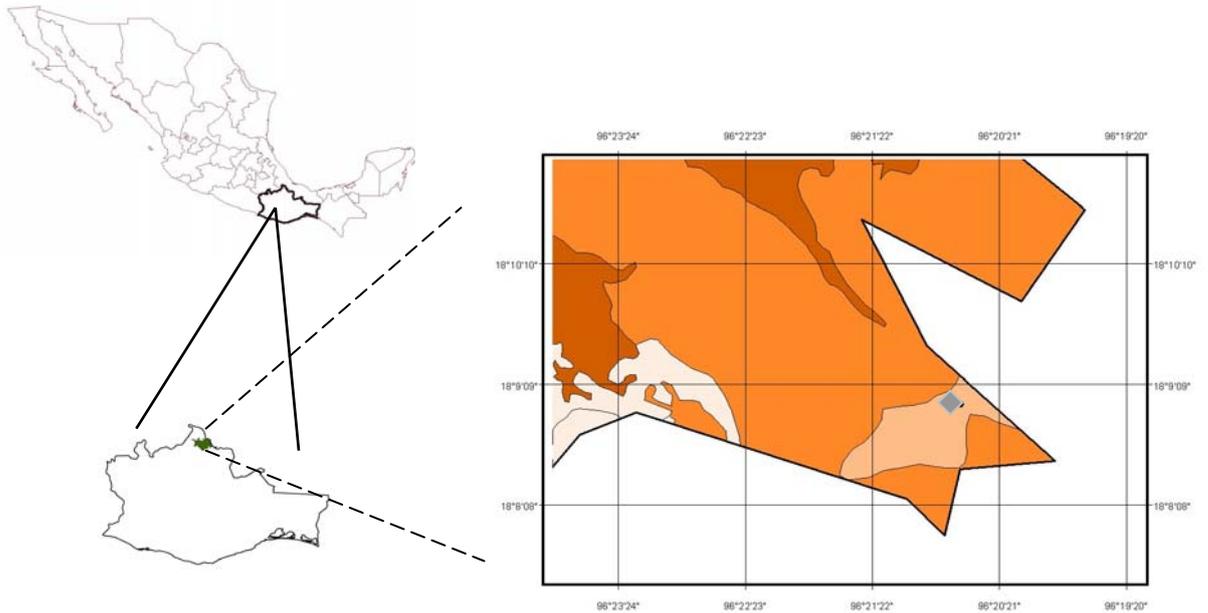


Fig. 1. Localización de Ejido Cerro Tepezcuintle, Tuxtepec Oaxaca

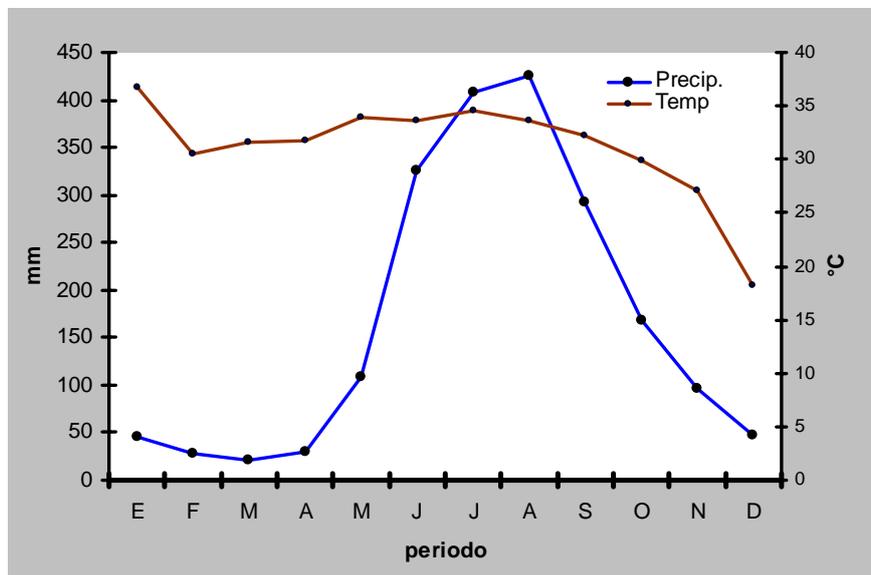


Fig. 2. Precipitación pluvial y temperatura promedio mensual en la zona de estudio. Fuente: promedio de datos obtenidos del periodo 1999-2008 de la estación meteorológica de San Lucas Ojtlán, Tuxtepec. Oaxaca y CONAGUA 2008.

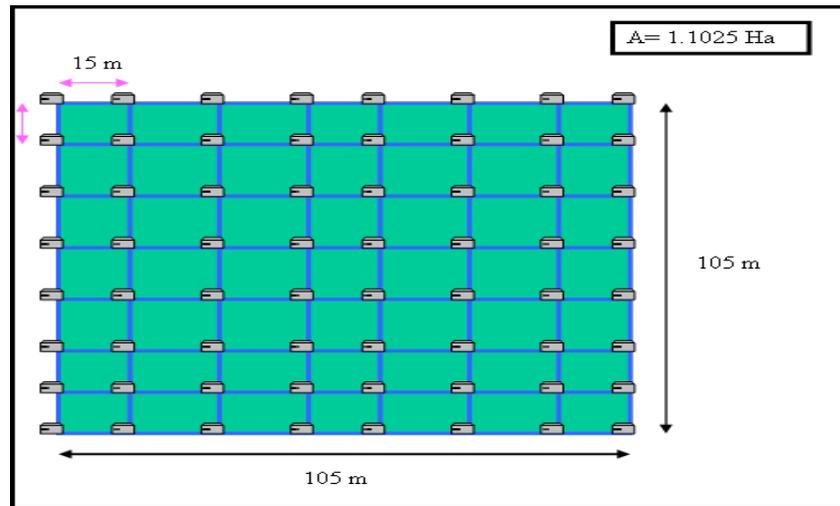


Fig. 3. Disposición de sitios de trampeo en ocho columnas y ocho filas.



Fig. 4. Método de captura –recaptura: señalización de sitios de captura, preparación y colocación del cebo, captura de individuos, marcaje y liberación de los roedores (de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo).



Fig. 5. Descripción del Área de actividad

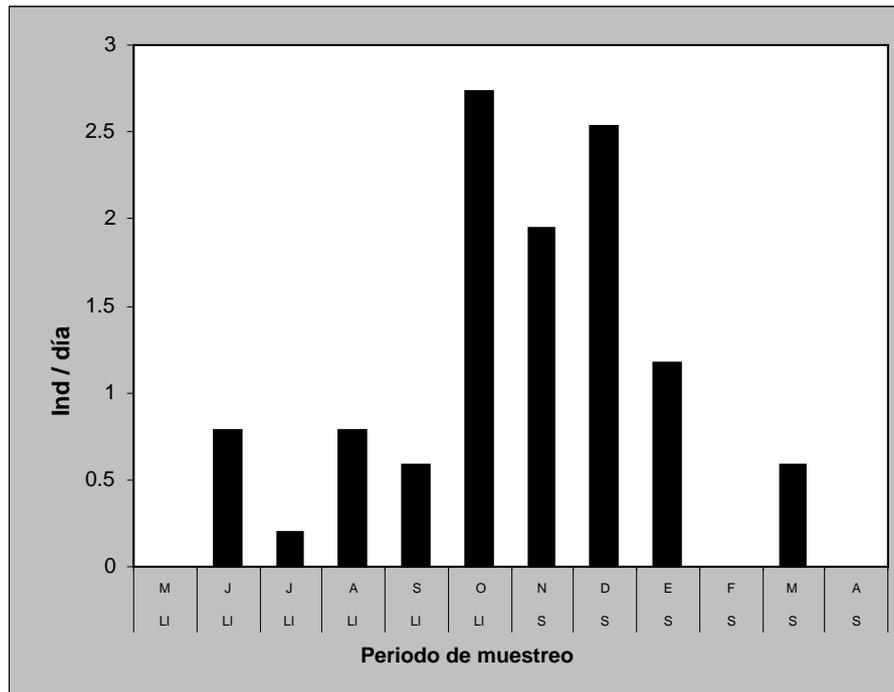


Fig. 6. Éxito de captura en 12 periodos de muestreo

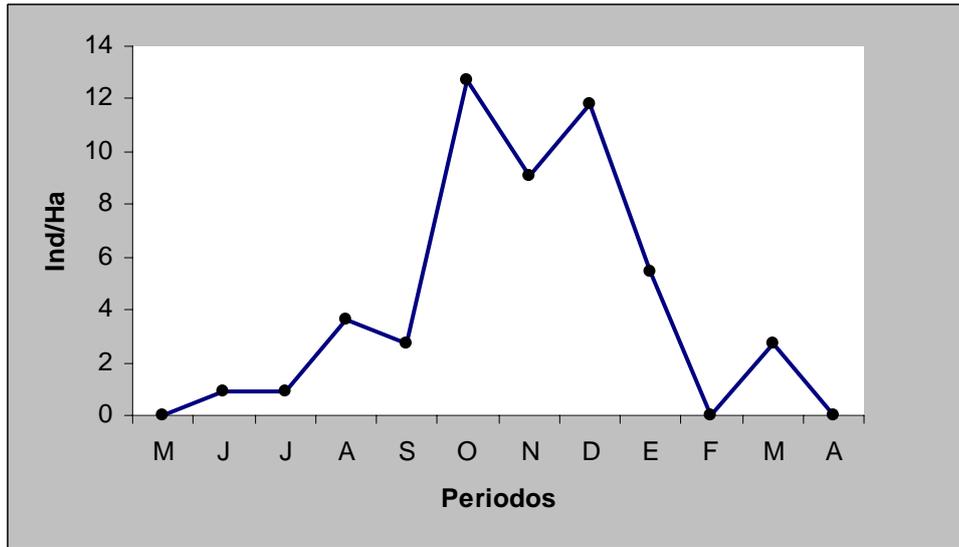


Fig. 7. Densidad poblacional de *L. irroratus*.

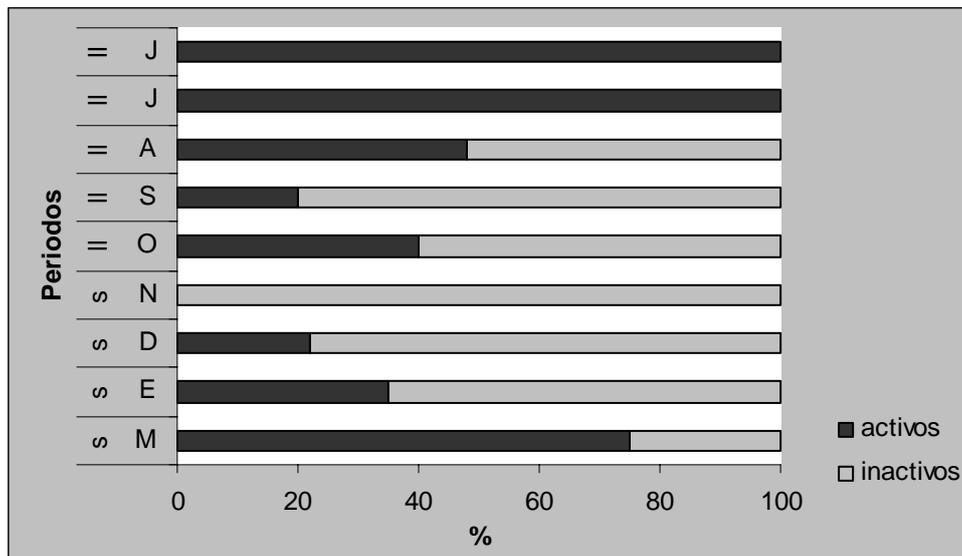


Fig. 8. Actividad reproductiva de *L. irroratus* a través del tiempo

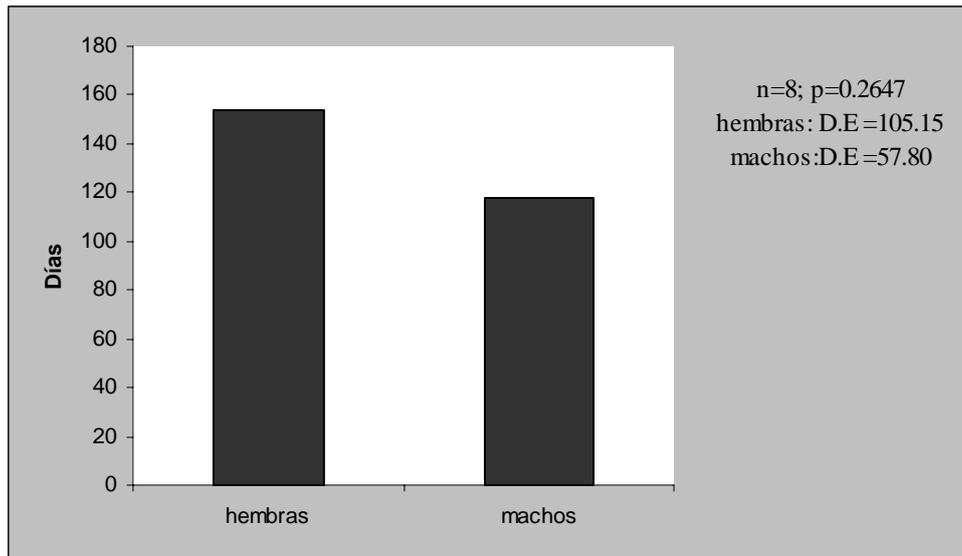


Fig. 9. Permanencia de machos y hembras

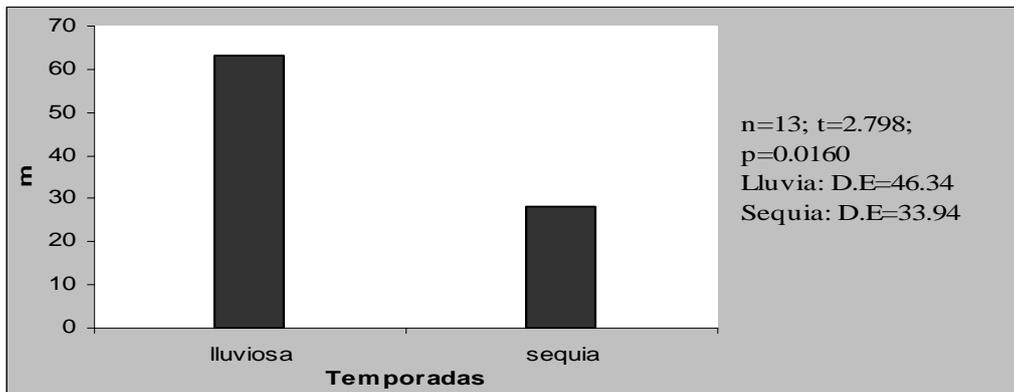


Fig. 10. Distancias recorridas por *L. irroratus* en cada temporada del año.

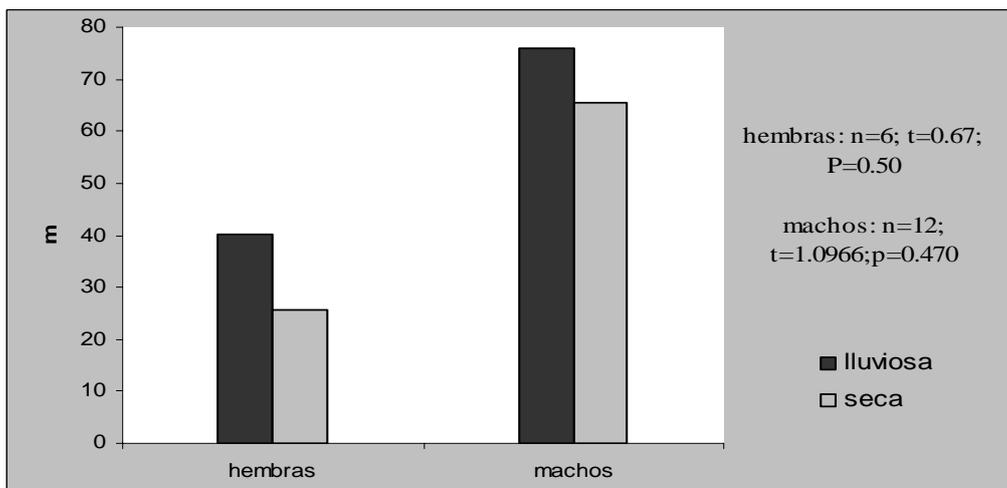


Fig. 11. DPR en ambas temporadas del año por hembras y machos

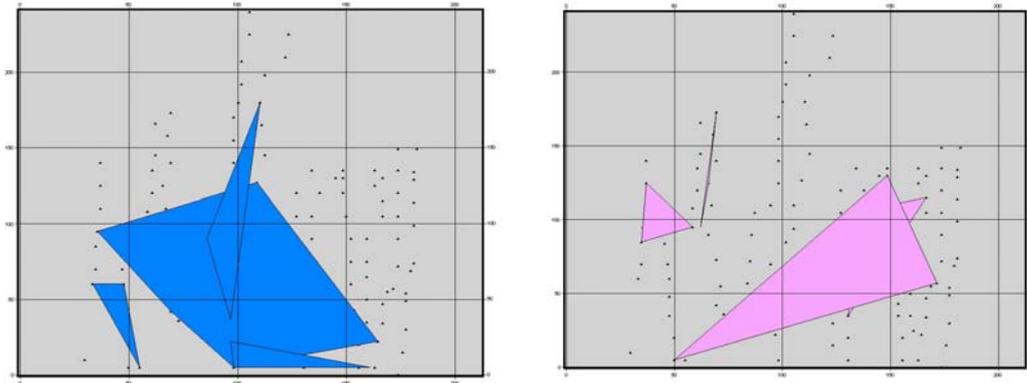


Fig. 12. Áreas de actividad de machos (izquierda) y hembras (derecha). Los puntos negros representan los sitios de trapeo en los cuadrantes y los polígonos representan las áreas de actividad de *L. irroratus*

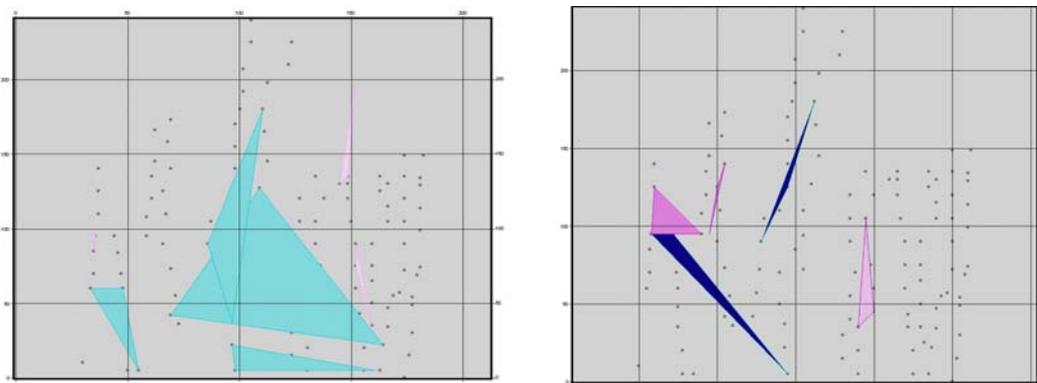


Fig. 13 A. Machos y hembras: lluvia

Fig. 13 B. Machos y hembras: sequía

Los puntos negros representan los sitios de trapeo en los cuadrantes y los polígonos representan las áreas de actividad de *L. irroratus*, en tonos de color rosa a las hembras y en tonos de color azul a los machos

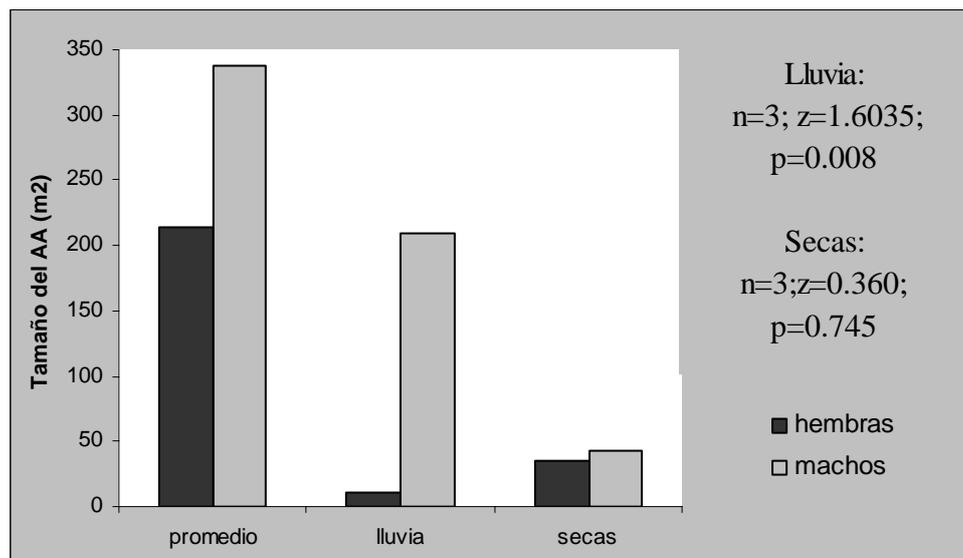


Fig. 14. Comparación del tamaño del AA entre machos y hembras utilizada en la temporada lluviosa o seca.



Fig. 15. Comparación del tamaño del AA entre la temporada lluviosa y seca utilizada por las hembras o los machos

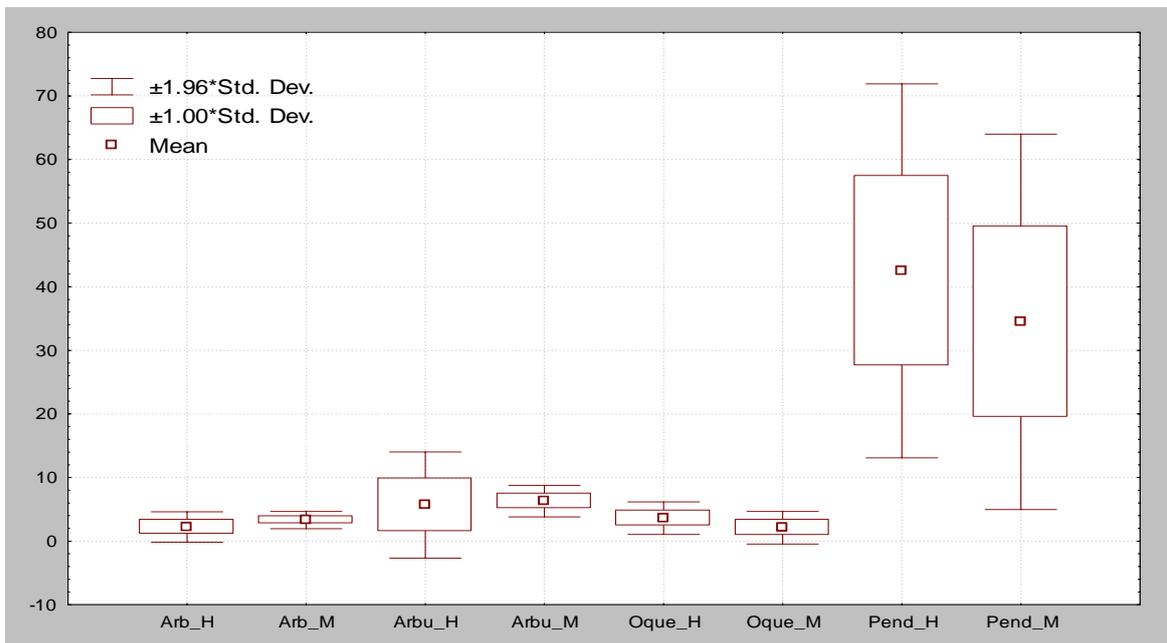


Fig. 16. Promedio y desviación estándar de las variables medidas en las AA (Arb: Árboles, Arbu: arbustos, Oque: oquedades y Pend: pendiente) de hembras H) y machos (M).

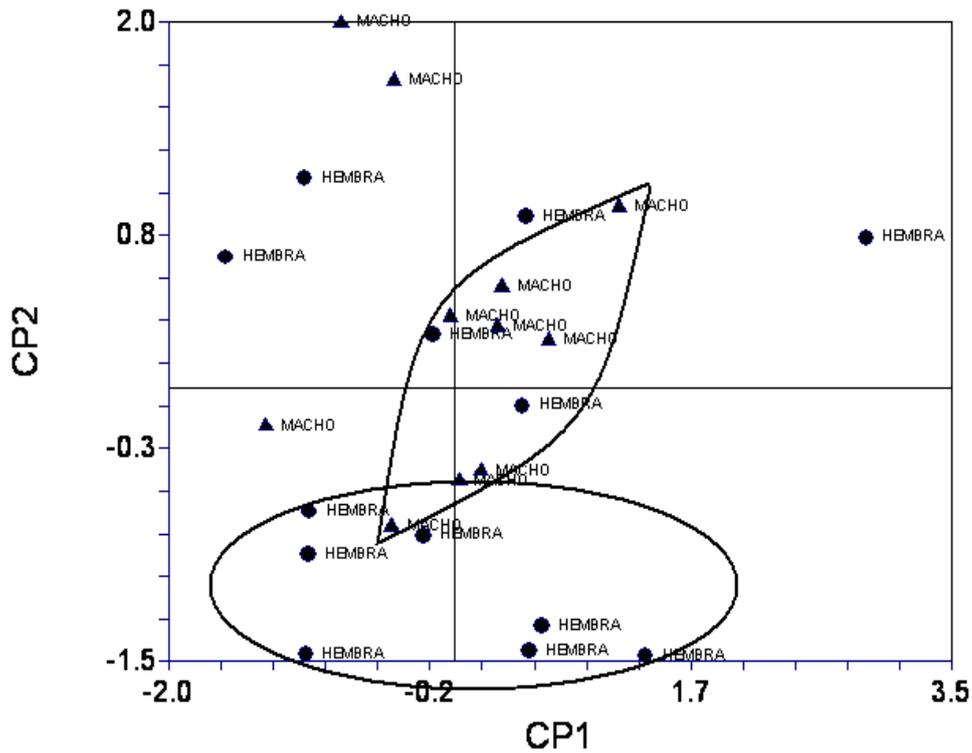


Fig.17. Grafica de dispersión de datos de las AA de hembras y machos con el ACP. Puntos encerrados en la parte inferior representa la tendencia a la agrupación de las AA de las hembras y en la parte inmediata superior a los machos

Mes	Precip. (mm)	Temp (°C)	Época
Mayo	108.796	33.9333	Lluvia
Junio	325.158	33.6774	Lluvia
Julio	407.188	34.6129	Lluvia
Agosto	425.479	33.55	Lluvia
Septiembre	293.071	32.1613	Lluvia
Octubre	168.344	29.85	Lluvia
Noviembre	96.6625	27.0968	Secas
Diciembre	47.8275	18.1882	Secas
Enero	45.6722	36.7419	Secas
Febrero	27.9822	30.4677	Secas
Marzo	20.94	31.5671	Secas
Abril	30.1622	31.8	Secas

Cuadro A. Épocas del año utilizadas para el análisis de datos.

VARIABLES	Hembras	Machos
Número de Árboles	2.214 ± 1.22	3.312 ± 0.68
Número de Arbustos	5.670 ± 4.26	6.290 ± 1.27
Número de Oquedades	3.607 ± 1.31	2.100 ± 1.30
Pendiente	42.50 ± 15.0	34.47 ± 15.0

Cuadro B. Datos físicos de los sitios de recaptura (micro hábitat). Media y desviación estándar por sexo.

Variables	Eigenvectores			
	CP1	CP2	CP3	CP4
Árboles	-0.653157	0.23591	0.208248	0.688741
Arbustos	0.640308	0.211666	-0.361272	0.643961
Oquedades	-0.32095	-0.612343	-0.712351	0.120761
Pendiente	0.245728	-0.724279	0.564509	0.31043
Eigenvalor	1.389298	1.111176	0.848864	0.650663
Porcentaje de varianza explicada	34.73	27.78	21.22	16.27

Cuadro C. Reporte del ACP.

	Número árboles	Número arbustos	Número oquedades	Pendiente	Área de actividad
Número de árboles	1	-0.3298	-0.7355**	-0.1521	-0.8565**
Número de arbustos	-0.0911	1	-0.3918	-0.1025	-0.7293**
Número de oquedades	0.8080	0.5072	1	0.3035	-0.3293
Pendiente	0.6338	-0.0172	0.4720	1	-0.2542
Área de actividad	-0.2863	0.1154	0.2578	0.5589	1

Cuadro D. Matriz de correlación de variables para las hembras (parte superior de la diagonal) y para los machos (parte inferior de la diagonal). Los datos marcados con (**) son correlaciones significativas al $P < 0.05$.