



Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)

ISSN: 0065-1737

azm@ecologia.edu.mx

Instituto de Ecología, A.C.

México

GARCÍA-BURGOS, Jorge; GALLINA, Sonia; GONZÁLEZ-ROMERO, Alberto  
RELACIÓN ENTRE LA RIQUEZA DE MAMÍFEROS MEDIANOS EN CAFETALES Y LA  
HETEROGENEIDAD ESPACIAL EN EL CENTRO DE VERACRUZ

Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), vol. 30, núm. 2, agosto-, 2014, pp. 337-356

Instituto de Ecología, A.C.

Xalapa, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57531721006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## RELACIÓN ENTRE LA RIQUEZA DE MAMÍFEROS MEDIANOS EN CAFETALES Y LA HETEROGENEIDAD ESPACIAL EN EL CENTRO DE VERACRUZ

JORGE GARCÍA-BURGOS,<sup>2</sup> SONIA GALLINA<sup>1</sup> & ALBERTO GONZÁLEZ-ROMERO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Red de Biología y Conservación de Vertebrados. Instituto de Ecología, A.C. Carretera Antigua a Coatepec #351, El Haya, Xalapa, Veracruz, C.P.91070.

<sup>2</sup> Domicilio actual. Grupo SELOME S. A. de C.V. Louisiana No.104, Col. Nápoles, Del. Benito Juárez, México D.F. C.P. 03810

<biologojorgegb@gmail.com>, <sonia.gallina@inecol.mx>, <alberto.gonzalez@inecol.mx>

**García-Burgos, J., Gallina, S. & González-Romero, A.** 2014. Relación entre la riqueza de mamíferos medianos en cafetales y la heterogeneidad espacial en el centro de Veracruz. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 30(2): 337-356.

**RESUMEN.** Los cafetales son agrosistemas de gran importancia biológica y económica a nivel nacional e internacional, y forman parte de los principales cultivos en el centro de Veracruz, que en muchos casos han sustituido al bosque mesófilo de montaña, no obstante, son capaces de mantener parte de la biodiversidad original de la región. Para analizar la relación entre los patrones de diversidad alfa, beta y gamma de mamíferos medianos, y la heterogeneidad espacial de los cultivos de café con distinto grado de manejo, se registraron los rastros, se utilizaron cámaras fotográficas automatizadas, trampas Tomahawk, y además se tomó en cuenta la información proporcionada por los habitantes de la zona, en cinco fincas cafetaleras (1 cafetal rústico, 3 cafetales con policultivo y 1 finca sin sombra) y dos fragmentos de bosque mesófilo como control en dos zonas de montaña: Coatepec y Huatusco. Para medir la heterogeneidad espacial, se utilizaron las variables del paisaje de población humana, densidad de caminos, Índice de Vegetación Diferencial Normalizado y la entremezcla de hábitats en un área de influencia de 2 km alrededor de los sitios de muestreo. La diversidad alfa se ve afectada por la heterogeneidad espacial, ya que se encontraron correlaciones negativas entre la riqueza de mamíferos medianos con la población humana total y con el porcentaje de zonas abiertas, mientras que por otro lado, hubo correlaciones positivas con el porcentaje de sombra incipiente (diversos cultivos y acahuals jóvenes) y la entremezcla de hábitats. La diversidad alfa por sitio varió de 5 a 13 especies, mientras que la diversidad beta, el porcentaje de complementariedad varió de 9.09% a 84.61 % y la diversidad gamma del paisaje fue de 15 especies. El análisis de agrupamiento mostró que la zona de Huatusco tiene características diferentes de la de Coatepec, como un menor impacto por caminos y está menos poblada, además de una mayor cobertura de sombra intermedia, por lo cual tiene un mayor valor para la conservación ya que presentó una mayor riqueza de especies, y 6 de ellas se encuentran en alguna categoría de riesgo.

**Palabras clave:** Bosque mesófilo de montaña, cafetales, mamíferos medianos, diversidad y heterogeneidad espacial.

**García-Burgos, J., Gallina, S. & González-Romero, A.** 2014. Relationship between richness of medium-sized mammals and the spatial heterogeneity in coffee plantations of central Veracruz. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 30(2): 337-356.

**ABSTRACT.** Coffee plantations are biologically and economically important agrosystems at both national and international level, and they are one of the main crops in central Veracruz which have replaced the cloud forest, however they are able to retain some of the original biodiversity of the region. In order to analyze the patterns between alpha, beta and gamma diversity of medium-sized mammals, and spatial heterogeneity of coffee plantations along a management gradient, there were considered registers from tracks, camera-traps, Tomahawk traps, and also information obtained from people who live around five coffee plantations (1 diverse polyculture, three simple polyculture and one unshaded coffee plantation) and two fragments of cloud forest as control in two areas: Coatepec and Huatusco. The spatial heterogeneity was measured through landscape variables that involved human population, roads density, Normalized Differential Vegetation Index and interspersión and juxtaposition of habitats in a buffer area of 2 km around the sampling sites. Alpha diversity was affected by spatial heterogeneity as negative correlations were found between mammal richness and total human population and the percentage of open areas, as well, on the other side, negative correlations were found between the percentage of shadow emerging vegetation (several crops and secondary vegetation) and juxtaposition of habitats. Alpha diversity varied from 5 to 13 species, while beta diversity, percentage of complementarity varied from 9.09% to 84.61 %, and gamma diversity of landscape was 15 species. A cluster analysis showed that Huatusco has features that are different from Coatepec, as less roads impact and less human population in addition the sites with greater intermediate shade cover are more adequate to conservation due a high species diversity in which six species were at some risk.

**Key words:** Cloud forest, coffee plantation, medium sized mammals, diversity and spatial heterogeneity.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de café (*Coffea arabica*) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial y es sembrado en más de 50 países de todo el mundo (Moguel & Toledo 1999). En México el 40 % de la superficie con cafetales está establecida en zonas de selvas altas y medianas (zona tropical húmeda), 23 % en zonas de bosque de pino y encino, 21 % en zonas de selva secas bajas caducifolias y el 15 % en zonas de bosque mesófilo de montaña (Bartra 2002). Estos datos reflejan que las regiones cafetaleras se encuentran en zonas que originalmente albergaron alta diversidad de flora y fauna.

En la zona de estudio, los agrosistemas cafetaleros, presentan distintos grados de manejo, que va desde cafetales rústicos, con poco manejo e intervención, donde se introducen numerosas especies vegetales bajo el dosel nativo de sombra, y las plantas del sotobosque se sustituyen por arbustos de café creando agrosistemas altamente diversos (Calo & Wise 2005), cafetales de policultivo, con modificaciones en la sombra por numerosas especies de plantas útiles, y cafetales sin sombra, sumamente tecnificados e intervenidos (Moguel & Toledo 1999). Sin embargo, la mayoría de los cafetales mantienen una complejidad estructural y diversidad biológica mayor que otros agrosistemas (Perfecto *et al.* 1996), a excepción de aquellos cafetales de sol en donde no existe un estrato arbóreo.

En la zona de Xalapa y Coatepec, el bosque mesófilo no perturbado cubre solo el 10 % de la superficie, y el 90 % restante lo ocupan zonas de uso urbano, cafetales, potreros y bosques secundarios (Williams-Linera *et al.* 2002). Es evidente la pérdida de la biodiversidad y el deterioro de los servicios ambientales del bosque mesófilo de montaña, por ello es urgente diseñar estrategias de conservación y de restauración ecológica que tengan una perspectiva de paisaje (Franklin 1993), y además, involucrar una visión de policultivo para lograr aprovechamientos diversificados.

A pesar de que el café es una planta exótica, los estudios sobre cafetales y su ecología han demostrado el valor que tiene este tipo de plantío para la conservación, particularmente, los plantíos de café tradicional han demostrado tener valor ecológico, por sus servicios ambientales, ya que regulan y conservan suelos, clima, agua y biodiversidad de distintos grupos de plantas y animales (Jiménez-Ávila & Correa-Peña 1980, Gallina *et al.* 1996, Perfecto *et al.* 1996, Moguel & Toledo 1999, Vandemeer & Carvajal 2001, Soto-Pinto *et al.* 2002, Peraza *et al.* 2004, Pineda *et al.* 2005 y Manson *et al.* 2008).

La comunidad de mamíferos medianos incluye especies arborícolas, terrestres, escansoriales, fosoriales y acuáticas, y los tipos de alimentación son muy diversos (carnívoros, frugívoros, omnívoros, insectívoros, herbívoros y granívoros) por lo que sus exigencias de hábitat en cuanto a alimento, refugio y protección, son muy particulares. Son en sí un grupo sensible a las perturbaciones antropogénicas que responden a las variaciones del ambiente, y a pesar de que son un grupo clave en el mantenimiento de los ecosistemas, son un grupo poco estudiado. La mayoría de las investigaciones están enfocadas a pequeños mamíferos, mamíferos voladores o incluso grandes mamíferos.

En cuanto a mamíferos medianos, existen algunas publicaciones en cafetales, una de ellas es la de Cruz-Lara *et al.* (2004) que estudian algunos cafetales en Chiapas y reportan una riqueza de 12 especies de mamíferos medianos en cafetales con sombra de selva mediana caducifolia, mientras que Gallina *et al.* (1996, 2008) registraron en el centro de Veracruz, 24 especies en cafetales de policultivo.

La riqueza de mamíferos medianos en cultivos de café, no sólo depende del nivel de manejo que reciben las fincas, sino también depende de las características específicas del paisaje, ya que los animales, rara vez viven dentro de las fincas (Gallina *et al.* 1996), sino en terrenos cercanos, como son barrancas, pastizales, fragmentos de bosques, vegetación riparia, zonas rocosas, otros cultivos, o incluso utilizan varios parches a la vez, para complementar sus diversas actividades, en el caso de animales con amplio ámbito hogareño. Muchos animales requieren de un paisaje heterogéneo, sobre todo aquellos que necesitan dos o más tipos de hábitats para cubrir sus requerimientos biológicos (Forman & Gordon 1986).

En la escala del paisaje, los cafetales funcionan como corredores biológicos entre los fragmentos forestales y contribuyen al equilibrio entre la conservación de la bio-

diversidad y el uso de la tierra, dadas las actuales tasas de deforestación y fragmentación de hábitats (Vandermeer & Carvajal 2001; Peraza *et al.* 2004), además, conectan los fragmentos de bosque con los demás hábitats en el paisaje, y representan un recurso altamente funcional para la preservación de la biodiversidad que sirven como complemento, pero no como sustituto, del bosque mesófilo en este paisaje altamente modificado (Pineda *et al.* 2005; López-Arévalo *et al.* 2011).

El objetivo general de este trabajo fue conocer si existe relación entre la heterogeneidad ambiental en el paisaje con la diversidad de mamíferos medianos en el gradiente de manejo de los cafetales del centro de Veracruz. Se plantearon los siguientes objetivos particulares: 1) Medir la diversidad alfa ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ ) en el gradiente de manejo de los cafetales; 2) Medir la diversidad y equitatividad ecológica con base al tipo de locomoción y alimentación para comparar los sitios; 3) Determinar el grado de similitud y complementariedad de especies entre cafetales y 4) Determinar si existe una relación significativa entre la riqueza de mamíferos y las variables del paisaje.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Área de estudio.** La zona de estudio se encuentra comprendida dentro de las coordenadas UTM extremas: 708 501 N, 2 159 117 O y 724 888 N, 2 103 753 O. Todos los sitios de muestreo se encuentran en Huatusco y Xalapa, entre los 1200 y 1340 msnm en el Eje Neovolcánico Transversal. La precipitación anual varía entre 1350 y 2200 mm, mientras que la temperatura media anual oscila entre los 12 y los 19.5° C (Manson *et al.* 1999).

Se seleccionaron siete sitios de muestreo que representan un gradiente de manejo: cafetal de sol sin sombra (SOL) con un manejo intensivo; cafetal de sombra de policultivo con un manejo moderado (ORD, VEQ y ONZA); cafetal rústico con poco manejo y sombra de árboles nativos (MIR); y dos fragmentos de bosque mesófilo de montaña (CAÑ y MAS) como control (Cuadro 1). Uno de los bosques, Las Cañadas, es un bosque con 15 años de restauración. Todos los sitios estuvieron comprendidos en el proyecto Biocafé (Manson *et al.* 2008) y se adoptaron sus identificadores (Id).

**Muestreo de mamíferos.** Se obtuvieron registros de los mamíferos medianos con tres métodos diferentes y simultáneos (trampas Tomahawk, cámaras trampa y registro de rastros) de octubre de 2005 a marzo de 2006. En cada sitio, se colocaron 10 trampas Tomahawk aproximadamente cada 50-100 m cebadas con una mezcla de pollo, chorizo y plátano. El esfuerzo de muestreo fue de 40 noches/trampa/sitio, haciendo un total de 280 para todos los sitios. Simultáneamente se instalaron en cada sitio cinco trampas- cámara (Marca Stealth Cam, modelo MC2-GV) separadas 50-100 m entre sí. Las trampas se ubicaron en lugares estratégicos, tales como sitios con rastros, madrigueras, rascaderos, etc. El esfuerzo de muestreo fue de 40 días/cámara/sitio, haciendo un total de 280 días cámara por todos los sitios. Además, durante los

**Cuadro 1.** Descripción de los sitios incluidos en el estudio.

<b>Id.</b>	<b>Sitio</b>	<b>Municipio</b>	<b>Tipo de manejo</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>msnm</b>
CAÑ	Las Cañadas	Huatusco	Bosque control	298.62	1080
MAS	La Mascota	Coatepec	Bosque control	135.27	1300
MIR	El Mirador	Totutla	Rústico	138.64	1100
VEQ	La Vequia	Totutla	Policultivo	113.84	1075
ONZ	La Onza	Coatepec	Policultivo	1.96	1150
ORD	Orduña	Coatepec	Policultivo	195.98	1210
SOL	Buenavista	Teocelo	Sin sombra/Sol	45.03	1200

recorridos para la colocación y revisión de las trampas Tomahawk y cámaras trampa se registraron los rastros encontrados y se obtuvo información de los habitantes de la región a través de pláticas informales para conocer las especies más comunes.

Para la identificación de las especies se utilizaron los trabajos de Hall & Dalquest (1963), Leopold (1977), Hall (1981), Coates-Estrada & Estrada (1986), Emmons (1990), Reid (1997), Aranda (2000), Kays & Wilson (2002), así como la asesoría de diversos expertos.

**Variables de diversidad.** Para comparar la diversidad alfa ( $\alpha$ ) entre los sitios se excluyó la información de la comunicación personal y se usaron curvas de acumulación de especies y estimadores de riqueza de especies para los demás métodos (registro de rastros, cámaras trampas y trampas Tomahawk). Las curvas de acumulación suavizadas se obtuvieron mediante reordenamiento repetido (100 repeticiones) de las muestras con el programa EstimateS ver. 7.5.0 (Colwell 2000). Los modelos de Clench fueron ajustados con el método cuasi Newton en el programa de cómputo Statistica, ver. 6.1 (StatSoft Inc. 2003). El nivel del inventario logrado se evaluó usando el estimador de riqueza Jackknife 1 (Soberon & Llorente 1993, Colwell & Coddington 1994, Colwell 2000), por ser apropiado para hábitats fragmentados (Palmer, 1991; López-Gómez & Williams-Linera 2006) y se basa en datos de presencia-ausencia y no de abundancias, por lo que es apropiado para muestras pequeñas (Hellman & Fowler 1999, Chiarucci *et al.* 2003).

La diversidad beta ( $\beta$ ), expresada mediante la complementariedad refiere al grado de disimilitud en la composición de especies y varía de 0 % cuando los dos sitios son idénticos a 100% cuando son completamente distintos (Colwell & Coddington 1994). La fórmula de complementariedad es:  $C = [(S_j + S_k) - 2V_{jk} / (S_j + S_k) - V_{jk}] (100)$ , donde:  $S_j$  y  $S_k$  es el número de especies en los sitios  $j$  y  $k$  y  $V_{jk}$  es el número de especies compartidas (Williams *et al.* 2005).

Con el programa de cómputo Statistica, ver. 6.1 (StatSoft Inc. 2003), se calculó el esfuerzo de muestreo (días) que se requiere para registrar el 80 % de la riqueza, valor

que se seleccionó como un nivel satisfactorio de eficacia de los inventarios, porque al usar diversas técnicas simultáneamente suponemos una mayor aproximación a la riqueza real.

Con respecto a la diversidad ecológica, las especies se clasificaron de acuerdo con dos atributos (Cuadro 2): la locomoción y el tipo de gremios alimenticios siguiendo los criterios de Robinson & Redford (1989; 1994) (ver Gallina *et al.* 2008). Usando el índice de Shannon-Wiener, con el programa de cómputo EstimateS ver. 7.5.0 (Colwell 2000) se calculó la diversidad ecológica ( $H'_{\text{ecol}}$ ), para conocer cuales tipos de manejo en los cafetales presentaron mayor diversidad. La fórmula para calcular la diversidad ecológica es:  $H'_{\text{ecol}} = - \sum (C_{ij} / \sum \sum) \ln (C_{ij} / \sum \sum)$ , donde,  $C_{ij}$  es el número de celdas de la matriz de locomoción y forrajeo, y  $\sum \sum$  es el número de especies de ese sitio o gran suma de la matriz. Para comparar el grado de equidad ecológica se utilizó Pielou,  $J'_{\text{ecol}} = H'_{\text{ecol}} / \ln (\# \text{ de gremios})$ .

**Variables explicativas del paisaje.** Para analizar la heterogeneidad espacial del paisaje se seleccionaron cuatro variables cuantitativas (explicativas), que fueron: densidad poblacional humana (INEGI 2002), densidad de caminos (INEGI 2002), Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI) y entremezcla de hábitats. Para ello, se utilizó un Sistema de Información Geográfica ya elaborado (López-Barrera & Landgrave 2008) y el programa de cómputo Arc View 3.3 con una imagen de satélite Landsat 7 del año 2000, con resolución espacial de 28.5 m/píxel.

Todos los cálculos y consultas por sitio se hicieron dentro de un área de influencia de 2 km a la redonda de los sitios muestreados, ya que de seleccionar valores mayores las superficies analizadas abarcarían zonas urbanas y se traslaparían entre sí.

**Cuadro 2.** Clasificación por tipo de locomoción y tipo de alimentación usada para los mamíferos medianos de este estudio.

Locomoción	Abreviatura	Definición
Arborícolas	(A)	Dosel arbóreo, rara vez bajan al suelo
Semiarborícolas	(E)	Combinan hábitos arborícolas y terrestres
Terrestres	(T)	Nivel del suelo, no suben a los árboles.
Acuáticos	(Ac)	Ríos, arroyos y cuerpos de agua
Semisubterráneos	(F)	Galerías y túneles subterráneos
<b>Alimentación</b>		
Herbívoros-pastadores	(H-P)	50% pastos
Frugívoros-granívoros	(F-G)	frutos y semillas
Frugívoro-omnívoro	(F-O)	50% frutos, invertebrados y vertebrados
Insectívoros-omnívoro	(I-O)	50% invertebrados
Mimercófago	(M)	75% hormigas y termitas
Carnívoro	(C)	50% vertebrados

Se generaron capas de información de densidad de población y caminos (INEGI 2002) en formato raster. Se obtuvieron dos valores respectivos a la población: la población total y la densidad poblacional (relativas a su área). Para el primero, se seleccionaron todas las localidades dentro del área de influencia de 2 km y se sumó la población total. Para el segundo, se dividió entre el área (índice de densidad de población).

Se sumó la longitud de los caminos comprendidos dentro del área de influencia y se dividió entre el área para poder compararlos entre sí. Posteriormente fueron asignados a cada camino un valor de intensidad de acuerdo al grado de impacto que ocasiona el tránsito vehicular dado por el tipo de vía de comunicación: cuatro carriles pavimentados (intensidad 3), dos carriles pavimentados (intensidad 2), y brechas y terrecerías (intensidad 1).

Se generó un Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI por sus siglas en inglés) para ello se utilizaron extensiones del programa Arc View 3.3. Para distinguir tipos de cubierta vegetal, se hizo una clasificación en cuatro clases: sombra densa = fragmentos de bosque mesófilo, o bien zonas con árboles grandes; sombra intermedia = cafetales de sombra y acahuals viejos; sombra incipiente = diversos tipos de cultivo y acahuals jóvenes; y finalmente, zonas abiertas sin sombra = zonas desprovistas de vegetación, como son asentamientos humanos, zonas rocosas y erosionadas. Se calculó el porcentaje de cada clase dentro de su área de influencia por sitio.

Se estimó la entremezcla de hábitats para conocer el nivel de heterogeneidad espacial de los distintos tipos de hábitats en el paisaje. Este índice a menudo se emplea como un atributo descriptivo que refiere al arreglo espacial y tamaño de diferentes tipos de parches, que puede variar desde uno, o pocos bloques grandes de cada tipo (bajo nivel de entremezcla), hasta muchos parches pequeños de cada tipo (alto nivel de entremezcla). Esta última condición puede favorecer ciertas especies (Ojasti 2000). Para su medición, para cada cuadro o píxel se estimó un índice que varía de 0 a 1, dividiendo entre 8, que es el número de cuadros colindantes al píxel central que presentan un tipo de hábitat distinto (coberturas). Para hacer los cálculos por píxel se programó en Borland Pascal, Ver. 7.0 (Rosario Landgrave com. pers.) y se obtuvo el promedio de los valores de los píxeles dentro de las fincas, en sus áreas de influencia (2 km), y en toda la imagen, con el programa de cómputo Arc View 3.3.

**Análisis de la relación entre la riqueza de mamíferos y las variables del paisaje explicativas.** Se utilizó una correlación no paramétrica de Spearman con nivel de significancia de  $P < 0.10$ , con la finalidad de conocer si existe algún tipo de relación entre las variables del paisaje y la riqueza de mamíferos medianos registrada. Se utilizó este valor de significancia para hacer más evidente las tendencias detectadas, y por el bajo número de datos del grupo de estudio. Para los análisis de agrupación que permiten identificar la semejanza de los sitios estudiados de acuerdo a sus carac-



terísticas, se hizo una clasificación jerárquica representada en dendrogramas, con el método de enlace simple (Everitt 1980). Se estableció como criterio de división el 50 % de la distancia euclidiana del eje de las abscisas independientemente de las unidades, estas pruebas se hicieron con ayuda del programa de cómputo Statistica versión 6.1 (StatSoft Inc 2003).

## RESULTADOS

**Variables de diversidad.** Con el uso de los diferentes métodos se logró el registro de 26 especies, comprendidas en cinco órdenes, 11 familias y 23 géneros, de las cuales, 26 especies se registraron a través de la información de los habitantes de la región, 15 con registro de rastros, 7 con cámaras trampa y 4 con trampas Tomahawk. El sitio con mayor riqueza de especies fue el MIR con 13 especies, mientras que los sitios con menos riqueza fueron la MAS y SOL con 2 y 5 especies respectivamente (Cuadro 3).

Excluyendo los registros de comunicación personal, diez especies fueron registradas en los bosques control (CAÑ y MAS), 13 especies en el cafetales rústico (MIR), 11 en los cafetales de policultivo (VEQ, ONZA y ORD) y solo 5 en el cafetal de sol (SOL). La diversidad gamma de todo el paisaje fue de 15 especies, 10 familias y 13 géneros (Cuadro 3). Los sitios de la zona de Huatusco fueron más ricos en comparación con los sitios de la zona de Coatepec.

De acuerdo al estimador de Jackknife 1, el valor de la asíntota (100 % del inventario), se estima en 12 especies en el bosque control, 13 en el cafetal rústico y en los de policultivo, y cinco en el cafetal de sol. En promedio el nivel de inventario logrado fue del 80 %. El porcentaje de muestreo logrado con rastros fue en promedio del 80 %, 50 % con cámaras trampa, y más del 70 % con trampas Tomahawk.

Las especies con mayor número de registros, con las técnicas de captura y cámaras trampa, fueron *Didelphis marsupialis*, *D. virginiana*, *Dasypus novemcinctus* y *Urocyon cinereoargenteus*, mientras que las de menos registros fueron *Bassariscus sumichrasti*, *Nasua narica* y *Sciurus deppei*. Por otro lado, *Tamandua mexicana*, *Sphiggurus mexicanus*, *Cuniculus paca*, *Puma yagouaroundi*, *Leopardus pardalis*, *L. wiedii*, *Galictis vittata*, *Eira barbara*, *Mephitis macroura*, *Conepatus leuconotus* y *Potos flavus* se registraron solo por comunicación personal cerca de las fincas, no dentro de ellas.

El sitio con mayor riqueza de especies, diversidad de gremios y tipos de locomoción, fue MIR mientras que los más bajos fueron SOL y la MAS. La diversidad ecológica más alta la obtuvo la ONZA, seguido del MIR y CAÑ. La equitatividad ecológica más alta se obtuvo en la ONZA (Cuadro 4) y la más baja en la VEQ y la ORD. Los porcentajes de complementariedad (Cuadro 5) más alto se obtuvo en el IR (84.61%), mientras que el más bajo fue la ORD (9.09 %).

**Cuadro 3.** Especies de mamíferos medianos registradas durante el estudio bajo diferentes técnicas y sus tipos de locomoción y forrajeo.

Especie	Nombres locales	Loc	Forr	To	Cam	Ras	CP	BMM	Bos	Rus	Pol	Sol
<i>Philander opossum</i>	Chipe	T	I-O	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓
<i>Didelphis marsupialis</i>	Tlacuache apestoso	E	F-O	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache blanco	E	F-O	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Dasyurus novemcinctus</i>	Toche, armadillo	T	I-O	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<i>Tamandua mexicana (P)</i>	Brazo fuerte	A	M			✓	✓	✓				
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Conejo	T	H-P				✓	✓				
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo	T	H-P	✓		✓	✓	✓	✓	✓		
<i>Sciurus deppei</i>	Motito	A	F-G			✓	✓	✓		✓	✓	
<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla	A	F-G			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Orthogeomys hispidus</i>	Tuza, Topo	F	H-P			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Sphiggurus mexicanus (A)</i>	Viztlacuache	A	F-G			✓	✓	✓				
<i>Dasyprocta mexicana</i>	Guaqueche	T	F-G			✓	✓	✓		✓		
<i>Agouti paca</i>	Tuza pinta	T	F-G			✓	✓	✓				
<i>Puma yagouaroundi (A)</i>	Onza	E	C			✓	✓	✓				
<i>Leopardus pardalis (P)</i>	Ocelote	E	C			✓	✓	✓				
<i>Leopardus wiedii (P)</i>	Tigrillo	E	C			✓	✓	✓				
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	T	F-O		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Canis latrans</i>	Coyote	T	C			✓	✓	✓	✓			
<i>Lontra longicaudis (A)</i>	Nutria	Ac	C					✓				
<i>Mustela frenata</i>	Onzilla	T	C			✓	✓	✓		✓		
<i>Galictis vittata (A)</i>	Grisón	T	C			✓	✓	✓				
<i>Eira barbara (P)</i>	Onza real	E	C			✓	✓	✓				
<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo	T	F-O			✓	✓	✓				

Cuadro 3. (Continúa).

Especie	Nombres locales	Loc	Forr	To	Cam	Ras	CP	BMM	Bos	Rus	Pol	Sol
<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo cadeno	T	F-O				✓	✓				
<i>Bassariscus astutus</i>	Sietillo	E	F-O					✓			✓	
<i>Bassariscus sumichrasti (Pr)</i>	Sietillo	E	F-O	✓	✓	✓	✓	✓		✓		
<i>Potos flavus (Pr)</i>	Martucha	A	F-O				✓	✓				
<i>Nasua narica</i>	Tejón	E	F-O			✓	✓	✓		✓		
<i>Procyon lotor</i>	Mapache	E	F-O		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<i>Ateles geoffroyi (P)</i>	Mono araña	A	F-G					✓				
Total				4	7	15	26	30	10	13	11	5

Simbología: (A) = Amenazado, (P) = Peligro de extinción, (Pr) = Sujeto a protección especial, T = Terrestre, A = Arboícola, E = Semi-arboícola, F = Semisubterráneo, Ac = Acuático, H-P = Herbívoro-Pastador, F-O = Frugívoro-Omnívoros, F-G = Frugívoro-Granívoro, C = Carnívoros, M = Mimercofago; Loc = Locomoción, Forr = Forrajeo, To = Trampa Tomahawk, Cam = Cámaras trampa, Ras = Rastros, CP = Comunicación Personal, BMM = Bosque Mesófilo de Montaña (bibliografía), Bos = Bosque Control, Rus = Cafetal Rústico, Pol = Cafetal de Policultivo, Sol = Cafetal de Sol.

**Cuadro 4.** Atributos ecológicos de las especies de mamíferos por sitio.

Sitio	Manejo	Riqueza	Alimentación	Locomoción	Gremios	H'ecol	J'ecol
CAÑ	Bosque	10	6	4	7	1.83	0.94
MAS	Bosque	2	2	2	2	0.64	0.92
MIR	Rústico	13	5	4	8	1.84	0.88
VEQ	Policultivo	11	4	4	6	0.81	0.45
ONZ	Policultivo	10	5	3	6	1.88	1
ORD	Policultivo	9	4	3	5	0.75	0.46
SOL	Sol	5	4	4	5	1.33	0.82

**Cuadro 5.** Riqueza por sitio (en gris), especies compartidas (triángulo superior) y porcentaje de complementariedad (triángulo inferior).

Riqueza	CAÑ	MAS	MIR	VEQ	ONZ	ORD	SOL
CAÑ	10	2	9	8	7	6	4
MAS	80	2	2	2	2	2	2
MIR	35.71	84.61	13	10	8	8	5
VEQ	38.46	81.81	28.57	11	8	8	5
ONZ	46.15	80	46.66	38.46	10	9	4
ORD	53.84	77.77	42.85	33.33	9.09	9	4
SOL	77.77	60	61.53	54.54	63.63	60	5

**Variables explicativas del paisaje.** La población total en los alrededores de los sitios de muestreo varió desde 305 habitantes (Mascota), hasta 10632 (SOL). La mayor densidad de población se presentó en la ONZA, y la menor en la MAS. El sitio con mayor densidad de caminos fue la ONZA, y el de menor fue las CAÑ (Cuadro 6).

En relación a la cubierta vegetal y los sitios con mayor porcentaje de sombra densa fueron CAÑ y MAS (bosques control), y los sitios con mayor porcentaje de zonas abiertas fueron ONZA y ORD por su cercanía a asentamientos humanos (San Marcos y Coatepec, respectivamente). En todos los sitios, el tipo de cobertura dominante fue sombra intermedia y la sombra densa aparece como manchones dispersos y sobre cañadas principalmente (Cuadro 7).

En cuanto a la entremezcla de hábitat, el promedio del NDVI de todos los sitios fue de 0.2821, y el promedio de toda la imagen Landsat (2000), fue de 0.2749. Más del 50 % de los valores de este índice, fueron valores  $\leq 0.50$ . Cabe mencionar que los índices de entremezcla de las áreas de influencia son distintos a los que se encontraron dentro de los sitios (Cuadro 8). Los sitios con índices de entremezcla más altos, fueron también los que tuvieron mayor diversidad (CAÑ, MIR y ONZA).

**Cuadro 6.** Variables del paisaje evaluadas. Los porcentajes de diferentes tipo de sombra fueron obtenidos a partir del Índice de Vegetación Diferencial Normalizado NDVI, (% abierto,

% sombra incipiente, % sombra intermedia y % sombra densa); PT = Población Total;  
 DC = Densidad de Caminos; DP = Densidad de Población; Entremezcla de hábitat;  
 y S' Mam = Riqueza registrada de mamíferos medianos.

Sitio	PT	Área de influencia (2 km)	% Abierto	% Sombra incipiente	% Sombra intermedia	% Sombra densa	DC	DP	Entremezcla	S' mam
<b>CAN</b>	2264	3396.83 ha	3.97	18.34	39.92	37.77	14.97	0.67	0.29	11
<b>MAS</b>	305	1832.52 ha	2.26	12.14	43.58	42.64	17.97	0.17	0.32	2
<b>MIR</b>	4175	2460.89 ha	0.96	17.54	53.38	28.12	19.46	1.7	0.3	13
<b>VEQ</b>	1999	2364.5 ha	1.17	20.33	55.9	22.59	19.49	0.85	0.28	11
<b>ONZ</b>	9165	1415.69 ha	12.6	14.94	46.36	26.11	47.13	6.47	0.23	10
<b>ORD</b>	7382	2821.05 ha	8.96	15.65	50.29	25.1	28.17	2.62	0.24	10
<b>SOL</b>	10632	1842.43 ha	4.78	14.68	44.63	35.92	26.32	5.77	0.28	5

**Cuadro 7.** Promedio de los índices de entremezcla de hábitats dentro de los sitios y en sus áreas de influencia.

SITIO	EMezcla (finca)	EMezcla (buffer)	EMezcla (finca y buffer)	Riqueza de Mamíferos
CAÑ	0.3031	0.2985	0.2989	11
MAS	0.2899	0.324	0.32	2
MIR	0.3029	0.2971	0.3	13
VEQ	0.297	0.2851	0.2857	11
ONZ	0.4185	0.2377	0.2385	10
ORD	0.0804	0.2531	0.2468	10
SOL	0.2462	0.2824	0.28155	5
Promedio	0.2746	0.2773	0.2752	8.85

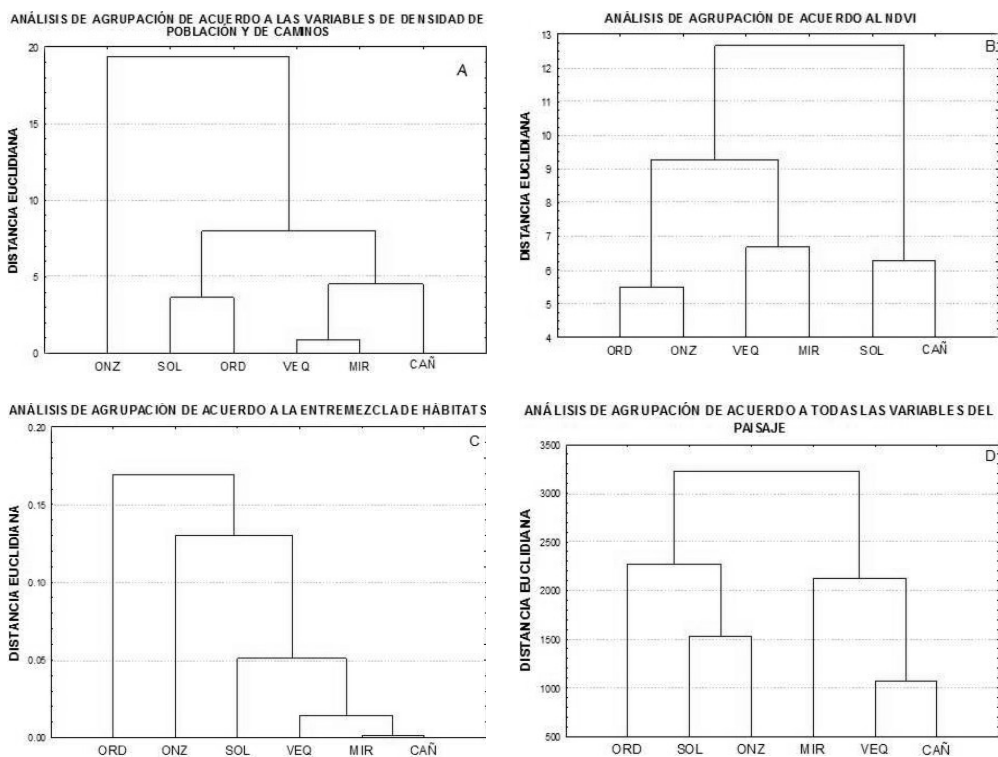
$\gamma$  = diversidad en todo el paisaje (gamma) = 15 especies.

**Cuadro 8.** Promedio de los índices de entremezcla de hábitats dentro de los sitios y en sus áreas de influencia.

SITIO	EMezcla (finca)	EMezcla (buffer)	EMezcla (dentro y buffer)	Riq. Mam
CAÑ	0.3031	0.2985	0.2989	11
MAS	0.2899	0.324	<b>0.32</b>	2
MIR	0.3029	0.2971	0.3	13
VEQ	0.297	0.2851	0.2857	11
ONZ	<b>0.4185</b>	0.2377	<b>0.2385</b>	10
ORD	<b>0.0804</b>	0.2531	0.2468	10
SOL	0.2462	0.2824	0.28155	5
Promedio	0.2746	0.2773	0.2752	8.85

$\gamma$  = diversidad en todo el paisaje (gamma)=15.

Los análisis de agrupación mostraron distintos arreglos, según las variables tomadas en cuenta (en este caso se decidió quitar el sitio MAS debido al escaso número de especies de mamíferos registradas). Al considerar las variables de población y caminos, se obtuvo que la ONZA es distinto a todos los demás sitios que forman otro grupo (Figura 1A). De acuerdo a las variables del NDVI se formaron 3 grupos; ONZA y ORD, MIR y VEQ, y, CAÑ y SOL (Figura 1B). Al considerar la entremezcla de los hábitats, se obtuvieron tres grupos; ORD, ONZA, y todos los demás sitios (Figura 1C). Al tomar en cuenta todas las variables del paisaje, se clasificaron los sitios en dos grupos; los sitios de la zona de Coatepec (ORD, ONZA y SOL), y zona de Huatusco (CAÑ, VEQ y MIR; Figura 1D).



**Figura 1.** Análisis de agrupación de acuerdo a las variables de heterogeneidad espacial horizontal. A) Densidad de Caminos y de población; B) Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI); C) Entremezcla de hábitats; y D) Todas las variables de heterogeneidad horizontal.

Se encontró que diferentes características de la configuración del paisaje sí afectan significativamente la riqueza de mamíferos medianos: el porcentaje de sombra incipiente, y la entremezcla del hábitat presentaron correlaciones positivas, mientras que la población total y el porcentaje de zonas abiertas, presentaron correlaciones negativas (Cuadro 9).

## DISCUSIÓN

En la zona de estudio, se encontró que de las 30 especies de mamíferos medianos reportadas en la literatura para la región, varias de ellas ya han desaparecido (Gallina *et al.* 1996). Solo se confirmó la presencia de 15 especies (50 %), de las cuales los gremios más afectados han sido los carnívoros. En cuanto al tipo de locomoción, los organismos más afectados fueron los arborícolas. En general, las principales causas han sido la transformación de los ecosistemas naturales, la pérdida de

**Cuadro 9.** Correlaciones no paramétricas entre la riqueza de mamíferos medianos y las variables de heterogeneidad del paisaje. Las correlaciones marcadas fueron significativas ( $p < 0.10$ ).

<b>Correlación:</b>	<b>N</b>	<b>R</b>	<b>t(N-2)</b>	<b>P-level</b>
<b>Población Total :Mam</b>	6	<b>-0.7945</b>	-2.6163	0.0590
Área de influencia : Mam	6	0.4708	1.0673	0.3460
<b>% Zonas Abiertas : Mam</b>	6	<b>-0.7945</b>	-2.6163	0.0590
<b>% Sombra Incipiente : Mam</b>	6	<b>0.7945</b>	2.6163	0.0590
% Sombra Intermedia : Mam	6	0.4414	0.9837	0.3809
% Sombra Densa & S' Mam	6	-0.0294	-0.0589	0.9559
Densidad de Caminos : Mam	6	-0.7062	-1.9948	0.1168
Densidad de Población : Mam	6	-0.7062	-1.9948	0.1168
Entremezcla (finca) : Mam	6	0.3531	0.7548	0.4924
<b>Entremezcla (área de influencia) : Mam</b>	6	<b>0.7945</b>	2.6163	0.0590

hábitats, sobreexplotación de recursos, contaminación, introducción de especies exóticas, sobrepoblación y cacería furtiva (Primark *et al.* 2001, Tlapaya & Gallina 2010).

El 60 % de las especies registradas de mamíferos medianos dentro de los cafetales con sombra tienen hábitos frugívoros-omnívoros, lo que reafirma la idea del importante papel que están desempeñando los árboles frutales de sombra de los cafetales. En los agrosistemas cafetaleros el estrato arbóreo juega un papel muy importante en la complejidad estructural de los ecosistemas y por lo tanto, es un elemento vital para la comunidad de mamíferos arborícolas y frugívoros (Gallina *et al.* 1996). La heterogeneidad estructural en los estratos verticales está positivamente relacionada con la diversidad de especies (Mac Arthur & Mac Arthur 1961). La estructura del hábitat, particularmente la vegetación, es una variable importante que afecta la diversidad animal (Rabinowitz 1997).

CAN y MIR son los sitios con más gremios y tipos de locomoción debido a que estos sitios conservan parte fundamental de la estructura original del paisaje, con gran variedad de árboles nativos. El sitio con mayor diversidad ecológica fue la ONZA, debido a que la finca recibe protección de sus propietarios restringiendo cualquier tipo de aprovechamiento sobre la fauna, su orografía accidentada y está rodeada de fincas abandonadas, lo que favorece hábitats menos perturbados, más complejos y extensos.

Se registraron seis especies en categoría de riesgo, de las cuales dos son arborícolas frugívoros (*Sphiggurus mexicanus* y *Potos flavus*) y cuatro carnívoros depredadores (*Puma yagouarondi*, *Leopardus wiedii*, *Galictis vittata* y *Bassariscus sumichrasti*); todas ellas importantes para el mantenimiento de la estructura y función de los eco-



sistemas. La ausencia de depredadores conlleva cambios drásticos en la composición y estructura de las comunidades (Dirzo & Mendoza 2001).

Los datos sugieren que la población total humana y el porcentaje de zonas abiertas están afectando negativamente a los mamíferos medianos, mientras que las zonas con sombra incipiente (diversos cultivos y acahuales jóvenes), y la entremezcla de hábitats, los benefician. Un alto nivel de entremezcla de tipos de parches o coberturas, puede favorecer a ciertas especies.

La densidad de población se correlacionó negativamente con el porcentaje de sombra incipiente, y con la densidad de caminos, esto sucede porque en la región, cuando hay más población, hay más cultivos, más zonas perturbadas y más caminos, afectando la calidad de los ecosistemas y al número de especies encontradas en un área (Gastón & Spicer 1998). Además la población también se relaciona con otros tipos de impacto sobre la fauna, como reducción y modificación de hábitats, caminos y cacería (Tlapaya & Gallina 2010).

Es importante considerar que el nivel de impacto refleja sólo el nivel de infraestructura de los caminos, así como la cantidad de vehículos que en ellos transitan, sin embargo, hay que tomar en cuenta, que los caminos de terracerías y brechas, aunque tienen un valor bajo de impacto asignado, pueden estar afectando de manera importante por servir como vías de acceso para los cazadores a sitios ecológicamente relevantes.

Los mamíferos medianos de la región requieren de heterogeneidad ambiental, para cubrir todas sus necesidades como son refugio para no ser depredados (cañadas y fragmentos de bosque mesófilo), alimentación (bosques, pastizales, acahuales, cultivos, frutales y cafetales) y reproducción (barrancas, arroyos y fragmentos de bosque), por lo que todos los elementos del paisaje son importantes. El número de mamíferos se ha encontrado que se correlaciona positivamente con la complejidad del hábitat (August 1983).

La razón por la cual se obtuvieron dos grupos definidos en el análisis de agrupación, tomando en cuenta todas las variables del paisaje es porque los sitios de la zona de Huatusco (MIR, VEQ y CAÑ) comparten los siguientes escenarios: tienen los índices de densidad poblacional más bajos y los índices de densidad de caminos más bajos, valores más altos de zonas con sombra intermedia y densa, lo que hacen que la zona de Huatusco, tenga mayor valor para la conservación ya que además de tener más riqueza de mamíferos, también tiene más especies en alguna categoría de riesgo.

Tomando en cuenta sólo el tipo de cobertura vegetal, mediante el NDVI, resultó que CAÑ y SOL son similares. Esto se debe a que CAÑ alberga un bosque mesófilo en regeneración rodeado por zonas perturbadas (potreros principalmente), mientras que SOL es un cafetal sin sombra, muy intervenido y transformado, pero a su alrededor tiene cañadas con parches de vegetación conservada. Esto ocasiona que sus

valores de sombra densa, y de sombra incipiente sean muy similares. El siguiente grupo fueron todos los demás sitios, agrupados de dos maneras: VEQ-MIR y ONZA-ORD. En los dos análisis de agrupación, salieron juntos MIR y VEQ, ya que están muy próximos uno del otro, y sus áreas de influencia se traslapan, por ello, comparten características del paisaje.

La conservación a largo plazo de diversos grupos de fauna y flora, dependerá de los fragmentos de bosque, en conjunción con los cafetales de sombra. Pineda & Halffter (2004) opinan que el mantenimiento de fragmentos extensamente distribuidos (tanto horizontal, como altitudinalmente) en conjunto con los cultivos de café, aparentan ser una aproximación para las estrategias de conservación en el paisaje.

Los cafetales conectan diversos tipos de hábitats del paisaje, proporcionando a los mamíferos medianos una conectividad entre los sitios que necesitan para sobrevivir, como son sitios de alimentación, refugio, descanso, reproducción y crianza

## CONCLUSIONES

Los agrosistemas cafetaleros, sobre todo los de sombra, mantienen parte de la fauna silvestre original de la región. Por eso, es importante conservar estos tipos de agrosistemas conjuntamente a los fragmentos de bosque que aún persisten, porque son un complemento en el paisaje, que conectan los fragmentos de bosque y otros hábitats del paisaje. La heterogeneidad en el paisaje cafetalero beneficia a la fauna silvestre, por lo que resulta importante alentar a los productores para seguir manteniendo los agrosistemas de ambas regiones (Huatusco y Coatepec).

Los datos de este trabajo, sugieren que la población total y la proporción de zonas abiertas afectan negativamente a los mamíferos medianos, mientras que la proporción de zonas con sombra incipiente (cultivos diversos y acahuales) y la entremezcla de hábitats los beneficia.

De acuerdo con las características del paisaje consideradas, la zona puede dividirse en dos grupos: la zona Huatusco, como más conservada y mayor valor para la conservación de mamíferos medianos, mientras que la zona de Coatepec-Teocelo con más impacto humano por densidad de población y densidad de caminos. Sin embargo, un factor negativo que está afectando seriamente la comunidad de mamíferos, es la cacería furtiva que deberá tratarse de controlar en las fincas y zonas relicto de bosque mesófilo.

**AGRADECIMIENTOS.** A CONACyT por la Beca No. 190535 y al INECOL por el apoyo académico y económico. A Rosario Landgrave por la programación en Borland Pascal para el índice de entremezcla. A los propietarios de las fincas, especialmente a Jorge y Alan Muller, Ricardo García y Ricardo Rodríguez. A los revisores: Carlos López-González, Fabiola López, Jairo Pérez, Hugo López-Arévalo y Norma Fernández. A los que apoyaron el trabajo de campo: Alejandro Abundís, Lenin Ríos, Lilián Juárez, Liliana Tlapaya, Odilón Sánchez y Bernal Robles.

## LITERATURA CITADA

- Aranda, J. M.** 2000. *Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México*. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz. México. 212 pp.
- August, P.** 1983. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology*, 64: 1495-1507.
- Bartra, A.** 2002. *Virtudes Económicas, Sociales y Ambientales del Café Certificado: El caso de la Coordinación Estatal de Productores de Café de Oaxaca*. Instituto Maya, Oaxaca, México. 168 pp.
- Calo, M. & Wise, T. A.** 2005. *Revaluing Peasant Coffee Production: Organic and Fair Trade Markets in México*. Global Development and Environment Institute. Tufts University. U.S.A. 57 pp.
- Chiarucci, A., Enright, N. J., Miller, B. P. & Lamont, B. B.** 2003. Performance of non-parametric species richness estimators in a high diversity plant community. *Diversity and Distributions*, 9: 283-295.
- Coates-Estrada, R. & Estrada, A.** 1986. *Manual de identificación de campo de los mamíferos de la estación biológica "Los Tuxtlas"*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. 151 pp.
- Colwell, R. K. & Coddington, J. A.** 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B*, 345: 101-118.
- Colwell, R. K.** 2000. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and shared Species from Samples. Verion 7.5.0. En: <http://77viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>.
- Cruz-Lara, L. E., Lorenzo, C., Soto, L., Naranjo, E. & Ramírez-Marcial, N.** 2004. Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las Cañadas de la selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 20: 63-81.
- Dirzo, R. & Mendoza, E.** 2001. Extinciones de procesos ecológicos: Las interacciones entre plantas y mamíferos tropicales. Pp. 153-159. In: Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., Dirzo R. & Massardo, F. (Eds.). *Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica. México D.F.
- Emmons, L. H.** 1990. *Neotropical rainforest mammals. A field guide*. University of Chicago Press. 307 pp.
- Estrada A., Cammarano, P. & Coates-Estrada, R.** 2000. Bird species richness in vegetation fences and strips of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, México. *Biodiversity Conservation*, 3: 1399-1416.
- Everitt, B.** 1980. *Cluster Analysis*. Second Edition. Social Science Research Council. U.S.A. 136 pp.
- Forman, R. & Gordon, M.** 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. 613 pp.
- Franklin, J. F.** 1993. Preserving biodiversity: species, ecosystems or landscapes? *Ecological Applications*, 3: 202-205.
- Gaston, K. J. & Spicer, J. I.** 1998. *Biodiversity: An Introduction*. Blackwell Publishing. UK, 131 pp.
- Gallina, S., Mandujano, S. & González-Romero, A.** 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, México. *Agroforestry Systems*, 33: 13-27.
- Gallina, S., González-Romero, A. & Manson, R.** 2008. Mamíferos pequeños y medianos, pp. 161-180, In: Manson, R., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S. & Mehltreter K. (Eds.) *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*. INECOL, INE-SEMARNAT.
- Hall, E. R.** 1981. *The Mammals of North America*. Vols. 1 y 2 John Wiley: New York. 1175 pp.
- Hall, E. R. & Dalquest, W. W.** 1963. The Mammals of Veracruz. University of Kansas *Publications, Museum of Natural History*, 14: 165-362.
- Hellmann, J. J. & Fowler, G.W.** 1999. Bias, precision, and accuracy of four measures of species richness. *Ecological Applications*, 9: 824-834.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).** 2002. *Localidades de la República Mexicana 2000*. XII Censo de Población y Vivienda 2000.
- Jiménez-Ávila, E. & Correa-Peña C.** 1980. Producción de materia orgánica en un bosque caducifolio de la zona cafetalera de Xalapa, Veracruz, México. *Biótica*, 5: 157-167.
- Kays, R. & Wilson, D. E.** 2002. *Mammals of North America*. Princeton Field Guides. University Press. U. K. 240 pp.
- Leopold, A. S.** 1977. *Fauna Silvestre de México*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México. Reimpresión. Editorial Pax. México. 940 pp.
- López-Arévalo, H., Gallina, S., Martínez-Meyer, E., Langrave, R. & Muñoz, L.** 2011. Local knowledge and species distribution models' contribution towards mammalian Conservation. *Biological Conservation*, 144: 1451-1463.
- López-Gómez, A. M. & Williams-Linera, G.** 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*, 78: 7-15.
- MacArthur, R. H. & MacArthur, J. W.** 1961. On bird species diversity. *Ecology*, 42: 594-598.
- Manson, R. H., Ostfeld, R. S. & Canham, C. D.** 1999. Responses of a small mammal community to heterogeneity along forest-old-field edges. *Landscape Ecology*, 14: 335-367.
- Manson, R., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S. & Mehlreter, K.** (Eds.) 2008. *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*. INECOL, INE-SEMARNAT. 330 pp.
- Moguel, P. & Toledo, V. M.** 1996. El café en México: ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias*, 43: 51.
- Moguel, P. & Toledo, V. M.** 1998. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. *Conservation Biology*, 13: 11-21.
- Ojasti, J.** 2000. *Manejo de Fauna Silvestre Neotropical*. F. Dallmeier (ed.) SIMAB Series No.5. Smithsonian Institution/MAB Program, Washington, D. C. U.S.A, 290 pp.
- Palmer, M. W.** 1991. Estimating species richness: the second-order jackknife reconsidered. *Ecology*, 72: 1512-1513.
- Perfecto, I., Rice, R., Greenberg, R. & Van der Voort, M. E.** 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*, 46: 598-608.
- Peraza, C., Cifuentes, Y., Alayon, Y. & Clavijo, C.** 2004. Adiciones a la avifauna de un cafetal con sombrío en la mesa de los Santos (Santander, Colombia). *Universitas Scientiarum*, 9: 19-32.
- Pineda, E. & Halffter, G.** 2004. Species diversity and habitat fragmentation: frogs in a tropical montane landscape in Mexico. *Biological Conservation*, 117: 499-508.
- Pineda, E., Moreno, C., Escobar, F. & Halffter, G.** 2005. Frog, bat, and Dung Beetle Diversity in the Cloud Forest and Coffee Agroecosystems of Veracruz, Mexico. *Conservation Biology*, 19: 400-410.
- Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., Dirzo, R. & Massardo, F.** 2001. *Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica. México D.F., 797 pp.
- Rabinowitz, A. R.** 1997. *Wildlife field research and conservation training manual*. Wildlife Conservation Society. Bronx, New York, U.S.A, 281 pp.
- Reid, F. A.** 1997. *A field guide to the mammals of central America and southeast Mexico*. Oxford University Press, Inc. New York. USA. 333 pp.
- Robinson, J. G. & Redford, K. H.** 1989. Body size, diet, and population in Neotropical forest mammal species: predictors of local extinction? *Advances in Neotropical Mammalogy*, 1989: 567-594.
- Robinson, J. G. & Redford, K. H.** 1994. Measuring the Sustainability of Hunting in Tropical Forest. *Oryx*, 28: 249-256.
- StatSoft, Inc.** 2003. Statistica for Windows (data analysis software system), version 6.

- Soberon, J. & Llorente, J.** 1993. The Use of Species Accumulation Functions for the Prediction of Species Richness. *Conservation Biology*, 7: 480-488 pp.
- Soto-Pinto, L., Perfecto, I. & Cabalero-Nieto, J.** 2002. Shade cover coffee: its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems*, 55: 37-45.
- Tlapaya, L. & Gallina, S.** 2010. Cacería de mamíferos medianos en cafetales del centro de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 26: 259-277.
- Vandermeer, J. & Carvajal, R.** 2001. Metapopulation Dynamics and the quality of the matrix. *American Naturalist*, 158: 211-220.
- Williams-Linera, G.** 2002. Tree species richness complementarity, disturbance and fragmentation in a Mexican tropical montane cloud forest. *Biology and Conservation*, 00: 1-19.
- Williams-Linera, G., López-Gómez, A. M. & Muñoz-Castro, M. A.** 2005. Complementariedad y patrones de anidamiento de especies de árboles en el paisaje de bosque de niebla del centro de Veracruz, México. Páginas 153-164 In: Halffter, G., J. Soberon, P. Koleff y A. Melic (Eds.). 2005. *Sobre diversidad biológica: el significado de la diversidades Alfa, Beta y Gamma*. m3m-Monografías 3er Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACyT, Zaragoza. España.