

Informe final* del Proyecto K038
Parámetros para medir la biodiversidad y su cambio: 2a etapa, desarrollo de ejemplos

Responsable: Dr. Gonzalo Halffter Salas
Institución: Instituto de Ecología AC
Dirección: Km 2.5 Antigua Carretera a Coatepec # 351, Congregación El Haya, Xalapa, Ver, 91070 , México
Correo electrónico: gonzalo.halffter@inecol.edu.mx
Teléfono/Fax: Tel/Fax: 01(228)812 1897, Tel: 842 1842, 842 1800 ext. 4103 y 4113,
Fecha de inicio: Diciembre 15, 1997
Fecha de término: Julio 31, 2001
Principales resultados: Base de datos, Informe final
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Halffter Salas, G. 2001. Parámetros para medir la biodiversidad y su cambio: 2a etapa, desarrollo de ejemplos. Instituto de Ecología A.C. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. K038**. México, D.F.

Resumen:

Este proyecto es una segunda etapa del proyecto P168 "Parámetros para medir la biodiversidad y su cambio: Análisis ecológico y biogeográfico" que tiene como objetivos generales consolidar los planteamientos desarrollados en la primera etapa, afinar los aspectos metodológicos y poner en marcha la estrategia propuesta para la evaluación de los componentes alfa, beta y gama de la diversidad a nivel paisaje mediante el uso de grupos indicadores. Pretendemos ampliar los estudios llevados a cabo con cuatro grupos de coleópteros en el centro de Veracruz utilizando ahora como parámetros a los diplópodos, anfibios y murciélagos. Esto nos permitirá realizar comparaciones entre la diversidad de cada grupo (taxonómica y funcionalmente distintos) y sus cambios con relación a las modificaciones humanas. Además iniciaremos una nueva etapa con los escarabajos copronecrófagos como grupos indicadores pero ahora en una región biogeográficamente distinta: el transecto Cofre de Perote-Oaxaca, que incluye el valle de Tehuacán. Paralelamente contribuiremos a la resolución de problemas taxonómicos y generaremos información geográfica precisa para los siete grupos parámetro mencionados.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

INFORME TÉCNICO FINAL DEL PROYECTO CONABIO
FB532/K038/97
**PARÁMETROS PARA MEDIR LA BIODIVERSIDAD Y SU CAMBIO: ETAPA II.
DESARROLLO DE EJEMPLOS**
1997-2000

PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Colaboradores principales:

Dr. Gonzalo Halffter. Responsable del Proyecto.

Dra. Claudia E. Moreno Ortega

Biól. Lucrecia Arellano Gámez. Coordinación y recopilación de información.

Biól. Eduardo O. Pineda Arredondo

Biól. Julián Bueno Villegas

Biól. Miguel Angel Pensado Cadena

Colaboradores:

Dr. Mario Enrique Favila

Dra. Luz del Carmen Huerta Crespo

M. en C. Edith García (Universidad de Guadalajara)

M. en C. Enrique Montes de Oca

M. en C. Luis Eugenio Rivera (Universidad de Guadalajara)

M. en C. Alfonso Díaz Rojas

M. en C. Rafael Sánchez García

Sra. Violeta Marcet de Halffter

Biól. Ma. del Rosario López Hernández

CONTENIDO

ANTECEDENTES

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

I. REGIÓN COFRE DE PEROTE

1. Métodos

1.1. Unidades espaciales

1.2. Trabajo de campo

1.2.1. Sitios de muestreo

1.2.2. Métodos de captura

1.3. Compilación de registros

1.4. Evaluación del trabajo de campo

1.5. Cálculo y análisis de las diversidades alfa, beta y gamma

2. Resultados

2.1. Estimación de riqueza de especies mediante curvas de acumulación y estimadores no paramétricos

2.1.1. Murciélagos

2.1.2. Escarabajos

2.2. Análisis de la diversidad alfa, beta y gamma

2.2.1. Murciélagos

2.2.2. Anfibios

2.2.3. Escarabajos

2.2.3.1. Diversidad alfa

2.2.3.2. Efecto del tipo de sustrato y de la edad de los derrames de lava

2.2.3.3. Riqueza máxima de especies por comunidad

2.2.3.4. Diversidad beta

2.2.3.5. Diversidad gamma

3. Conclusiones

3.1. Análisis de la diversidad alfa, beta y gamma

3.1.1. Murciélagos

3.1.2. Anfibios

3.1.3. Escarabajos

4. Los diplópodos en la región Cofre de Perote

II. RESERVA DE LA BIOSFERA “ EL TRIUNFO”

1. Métodos

1.1. Unidades espaciales

1.2. Trabajo de campo

1.2.1. Sitios de muestreo

- 1.2.2. Métodos de captura
- 1.3. Compilación de registros
- 1.4. Evaluación del trabajo de campo
- 1.5. Cálculo y análisis de las diversidades alfa, beta y gamma

2. Resultados

- 2.1. Base de datos
- 2.2. Curvas de acumulación de especies
- 2.3. Análisis de la diversidad alfa, beta y gamma
 - 2.3.1. Riqueza máxima por comunidad
 - 2.3.2. Diversidad beta entre comunidades
 - 2.3.3. Diversidad beta por zonas con diferentes grados de fragmentación

3. Conclusiones

III. RESERVA TEHUACÁN-CUICATLÁN

1. Métodos

- 1.1. Trabajo de campo
 - 1.1.1. Sitios de muestreo
 - 1.1.2. Métodos de captura

2. Resultados

IV. GRADIENTE CONEJOS-PICO DE ORIZABA

1. Métodos

- 1.1. Trabajo de campo
 - 1.1.1. Sitios de muestreo
 - 1.1.2. Métodos de captura
- 1.2. Evaluación del trabajo de campo

2. Resultados

- 2.1. Curvas de acumulación de especies
- 2.2. Diversidad de especies

V. COMPARACIONES PRELIMINARES DE LA DIVERSIDAD DE LOS GRUPOS PARÁMETRO

1. Uso de diferentes grupos parámetro en un mismo paisaje

- 1.1. Paisaje tropical
- 1.2. Paisaje de transición

2. Uso del mismo grupo parámetro en comunidades semejantes pero en diferentes regiones del trópico mexicano

3. Uso del mismo grupo parámetro en dos gradientes altitudinales semejantes en la misma región

4. Uso del mismo grupo parámetro en dos regiones biogeográficas distintas

VI. PRODUCTOS DEL PROYECTO

1. Información para la base de datos

2. Biodiversidad
 - 2.1 Trabajos publicados
 - 2.2. Trabajos en prensa
 - 2.3 Conferencias exponiendo resultados del proyecto
 - 2.4 Formación de recursos humanos
 - 2.4.1. Tesis
 - 2.4.2. Estancias

3. Escarabajos
 - 3.1 Trabajos publicados
 - 3.2. Trabajos en prensa
 - 3.3 Trabajos en proceso de revisión final
 - 3.4 Trabajos en redacción
 - 3.5 Formación de recursos humanos
 - 3.5.1. Tesis
 - 3.6. Conferencias exponiendo resultados del proyecto
 - 3.7. Investigadores invitados

4. Murciélagos
 - 4.1 Trabajos publicados
 - 4.2. Trabajos en prensa
 - 4.3 Conferencias exponiendo resultados del proyecto

VII. SÍNTESIS DE RESULTADOS

VIII. EVALUACIÓN FINAL

IX. LITERATURA CITADA

ANTECEDENTES

Este proyecto es la continuación de una serie de investigaciones realizadas con los apoyos de CONABIO y CONACYT (desde ahora I Etapa). A su vez muchos de los estudios efectuados durante la II Etapa, a la que corresponde este proyecto, están en proceso de elaboración dentro de lo que es la III Etapa del planteamiento original. Por todo ello, la II Etapa (Proyecto K038) tiene mucho de puente. Ha servido para consolidar las ideas y planteamientos hechos en la I Etapa y, a su vez, mucha de la información que ha reunido se terminará de procesar en la III Etapa.

El ejemplo más importante de trabajo que utiliza datos de la II Etapa (proyecto K038) y que está en los últimos ajustes de la redacción final para la publicación, es el estudio de “La diversidad gamma de un paisaje: su condición tanto derivada como determinante de las diversidades alfa y beta. Análisis de tres paisajes tropicales”. Se trata de un trabajo muy amplio que reúne mucho de lo hecho con escarabajos. El texto terminado será uno de los productos más importantes de la III Etapa.

En la I Etapa propusimos la utilización de grupos parámetro para la medida de la biodiversidad a nivel de especies y definimos las características para su selección. Demostramos la factibilidad de usar como grupos indicadores a los Scarabaeinae, Geotrupidae y Silphidae (Coleoptera: Insecta) en el estudio de la biodiversidad puntual como elemento para la interpretación de la estructura y función de las comunidades. También los empleamos en el análisis de la biodiversidad con orientación biogeográfica, a nivel de paisaje.

Para desarrollar la estrategia que estamos implementado, ha sido necesario contar con un conocimiento taxonómico adecuado de los grupos trabajados. Por eso hemos dedicado una especial atención a resolver algunos problemas taxonómicos que se relacionan con los estudios que estamos realizando.

Como productos de la I Etapa proporcionamos a la CONABIO la mayor parte de los datos correspondientes a las capturas realizadas en el centro del Estado de Veracruz, así como

en Los Tuxtlas, la Sierra de Manantlán y Palenque (con un esfuerzo de 16,780 hrs./hombre). Entregamos un total de 2700 registros correspondientes a 21,931 ejemplares, de 79 especies de coleópteros. Se publicaron 13 artículos de investigación, 9 capítulos de libro y se terminaron 9 tesis (1 de doctorado, 3 de maestría, tres de licenciatura y dos de especialidad).

Con base en la experiencia obtenida, planteamos esta segunda etapa de trabajo que incluye la evaluación de los componentes alfa, beta y gama de la diversidad a nivel de paisaje mediante distintos grupos parámetro.

INTRODUCCIÓN

Hasta ahora, la forma más usada para conocer la diversidad de especies en nuestro país ha sido la realización de inventarios o listados. Sin embargo, son pocos los grupos de los que se tiene una información satisfactoria. Considerando lo anterior, desarrollamos una estrategia, complementaria a los inventarios biológicos, que consiste en medir y comparar las diversidades alfa, beta y gamma utilizando grupos parámetros a nivel de unidades de paisaje. Entendiéndose como grupo parámetro un conjunto de organismos que permite estimar la diversidad de especies de una área en función de su propia diversidad.

Debido a que un sólo grupo no puede responder a una amplia gamma de escenarios y condiciones ambientales, seleccionamos grupos funcional y taxonómicamente distintos: escarabajos copronecrófagos, murciélagos, anfibios, reptiles, roedores y diplópodos.

Para poner en marcha la estrategia propuesta, es necesario cumplir varios requisitos. Primero, determinar los límites de la unidad geográfica que se analiza. Segundo, hay que seleccionar el grupo parámetro y emplear técnicas de muestreo adecuadas. Tercero, los resultados deben expresarse en términos de alfa o diversidad puntual, gama o diversidad conjunta de la unidad de paisaje y beta o medida de recambio entre comunidades distintas. Sólo la expresión conjunta de los tres valores nos permitirán apreciar qué tanto se debe la

diversidad a la complejidad intrínseca de las comunidades dominantes y que tanto se debe a la heterogeneidad del paisaje o a la fragmentación del hábitat.

La mayor utilidad de esta estrategia está relacionada con las posibilidades de medir y predecir los efectos de las alteraciones de origen humano en la biodiversidad a nivel de paisaje. Lo anterior es importante considerando la magnitud de los problemas de degradación y fragmentación de casi todos los ambientes y la imposibilidad de contar con inventarios biológicos a corto plazo que permitan tomar decisiones acertadas para la conservación.

Trabajamos en la Región Cofre de Perote-Orizaba, una región prioritaria desde el punto de vista de su biodiversidad, cuya característica principal es su gran heterogeneidad ambiental y sus paisajes antropizados. Los ecosistemas naturales ubicados dentro de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), también están siendo fragmentados y transformados. En la mayoría de las ANP's existe escasa información sobre la biodiversidad que contienen. Estudiamos dos reservas de la biosfera: la Reserva El Triunfo, en Chiapas, donde el establecimiento de grandes centros productores de café, ejerce una fuerte presión, generando una severa fragmentación del hábitat; y la Reserva Tehuacán-Cuicatlán, en Puebla-Oaxaca, donde la cría de ganado caprino es una de las actividades pecuarias más extendidas en la región y, tal vez el principal agente de perturbación de la vegetación.

En todas las regiones estudiadas delimitamos los paisajes, entendiéndose por paisaje una unidad de espacio, heterogénea, con límites geográficos y una caracterización geomorfoedafológica y climática, cuyos componentes físicos y biológicos tienen una historia y forman un conjunto de interrelación e interdependencia. Su extensión puede comprender decenas o miles de hectáreas.

La estrategia propuesta está pensada para facilitar los estudios comparativos tanto en el espacio como en el tiempo. Con los resultados de este proyecto podremos establecer comparaciones entre la información aportada por diferentes grupos indicadores, métodos de colecta, aproximaciones de análisis y ecosistemas, para refinar, ajustar, modificar y/o consolidar

nuestra propuesta inicial de una estrategia para la evaluación de la biodiversidad a escala de paisaje.

OBJETIVOS

1. Fortalecer los planteamientos, afinar los aspectos metodológicos y poner en marcha la estrategia para la evaluación de la biodiversidad a nivel paisaje, mediante el uso de diferentes grupos parámetro (diplópodos, escarabajos copronecrófagos, anfibios y murciélagos).
2. Analizar los factores históricos y geográficos que han influido en la conformación de la diversidad de los diferentes grupos parámetro en la región Cofre de Perote, Veracruz.
3. Obtener resultados comparables para lograr un diagnóstico de la biodiversidad bajo distintas situaciones utilizando diferentes grupos parámetro en la región Cofre de Perote.
4. Contribuir a la resolución de problemas taxonómicos y generar información geográfica precisa para cuatro grupos parámetro.
5. Ampliar los horizontes geográficos del estudio con escarabajos copronecrófagos hacia una zona biogeográficamente distinta: Reserva Tehuacan-Cuicatlán.
6. Proporcionar información para las bases de datos de la CONABIO.
7. Formar recursos humanos en las diferentes líneas de investigación que involucra el estudio de la biodiversidad.
8. Fortalecer las colecciones de referencia de los grupos para las zonas trabajadas.

Enseguida se describen los trabajos desarrollados durante este proyecto por región y grupo parámetro. Después se incluye una discusión sobre los resultados obtenidos y sobre la estrategia desarrollada para medir la diversidad. Finalmente se presentan los productos logrados en el periodo 1997-2000.

I. REGIÓN COFRE DE PEROTE

1. 1. Unidades espaciales

En la región Cofre de Perote (19°38', 19°01' lat. N - 96°08', 97°12' long. W) se definieron, con base en los sistemas terrestres propuestos por INEGI (1988), tres paisajes que se suceden en un gradiente altitudinal:

a) Paisaje Tropical.- Entre 0 y 1000m de altitud. Llanura costera, lomeríos y hondonadas. Suelos: feozems, luvisoles y rendzinas (Zolá 1987). Tipos de roca: transición desde calizas y areniscas hasta volcánicas (INEGI 1988, 1991). Clima: Aw'(i)g, cálido subhúmedo, con lluvias de verano (García 1981). Temperatura media anual de 22.3°C a 24.5°C. Precipitación total anual: entre 1500 y 2000 mm. Comunidades vegetales: manglares, vegetación halófito en las hondonadas de las dunas fijas y /o alrededor de los manglares, selva baja caducifolia en los lomeríos, encinares tropicales, selva mediana subcaducifolia y subperenifolia en las cañadas más húmedas (Castillo-Campos 1985, 1991, Acosta 1986, Robles 1986, Cházaro-Basáñez 1992). Usos del suelo: agricultura de riego, caña, mango y ganadería extensiva (Cisneros *et al.* 1993).

b) Paisaje de transición.- Entre 1000 - 2000 m de altitud. Conjunto de lomeríos con mesetas y cañadas-sierras. Suelos: andosoles, litosoles y feozems (INEGI 1988, 1991). Tipos de roca: cenizas volcánicas, basalto, escoria, lapilli y andesita (Zolá 1987). Clima: frontera de dos climas: C (fm)w"b(i)g, templado húmedo con lluvias todo el año y (A)C (fm) w"a(i)g, semicálido húmedo (Soto y Angulo 1990, Angulo 1991). Temperatura media anual entre 12.26°C y 22.3°C. Precipitación total anual: de 1200 a 2500 mm. Comunidades vegetales: encinar de mediana altitud, bosque mesófilo de montaña, bosque de encino, bosque de pino-encino (Castillo-Campos 1991, Zamora 1992, Narave 1985). Usos del suelo: maíz, ganadería lechera, pero sobre todo plantaciones de café (Cisneros *et al.* 1993).

c) Paisaje de alta montaña.- A más de 2000 m de altitud. Suelos: andosoles (De Luna 1983). Tipos de roca: cenizas volcánicas, basalto y andesitas. Climas: C (fm) templado húmedo con

lluvias todo el año, C (m) templado húmedo con lluvias en verano, Cw₂ templado subhúmedo con lluvias en verano, Cw₁" templado subhúmedo seco y semifrío (Soto y Angulo 1990). Temperatura media anual: oscila entre 11.04°C y 12.85°C. Precipitación total anual: 800 a 1500 mm. Comunidades vegetales: bosques de pino, bosques de pino e ilite (*Pinus spp-Alnus jorullensis*), bosques de oyamel y pastizales de altura (Narave 1985). Usos del suelo: agricultura de temporal (maíz, trigo, papa, avena, etc.), huertos de manzanas, ciruelas, peras y principalmente ganadería lechera (Narave 1985, Cisneros *et al.* 1993).

1.2 Trabajo de campo

1.2.1. Sitios de muestreo

Los muestreos de murciélagos se llevaron a cabo entre julio de 1995 y junio de 1997 dentro del paisaje tropical, en un área aproximada de 42 km², cuyo intervalo altitudinal varía de 300 a 900 m. Se trabajó en 14 sitios, que incluyen siete comunidades y usos del suelo: selva mediana, selva baja, vegetación riparia, palmar, vegetación secundaria, plantaciones de mango y maizales. También se realizaron algunos muestreos en el paisaje de transición, en los mismos sitios que se usaron para anfibios y diplópodos.

Los muestreos de anfibios y diplópodos se llevaron a cabo en un área de aproximadamente 102 km², ubicada dentro del paisaje de transición, cuyo intervalo altitudinal oscila entre los 1150 y 1670 msnm. Los fragmentos de bosque seleccionados para muestreo comprenden, en conjunto, 184 ha; más los remanentes riparios, 23 ha; cafetales con sombra, 219 ha, y pastizal 51 ha.

El trabajo de campo con anfibios se llevó a cabo de junio de 1998 a julio de 2000. Se trabajó en cinco remanentes de bosque mesófilo, dos corredores riparios, tres cafetales con sombra y dos pastizales para ganado. Cabe mencionar que todos los sitios de muestreo poseen cuerpos de agua, ya que es un elemento que determina la presencia de algunos grupos de anfibios.

Para el grupo de los diplópodos se establecieron los sitios de muestreo en bosques mesófilos y cafetales, así como muestreos prospectivos en un pastizal y en un parche de bosque secundario. Además se cuenta con material de diplópodos de los tres paisajes de la región Cofre de Perote, donado por el M. en C. Enrique Montes de Oca, del Instituto de Ecología, A.C.

En el paisaje tropical se trabajaron tres sitios entre los 280 y los 450 m de altitud; en el paisaje de transición en cuatro sitios ubicados entre los 1300 y los 1550 m y en el paisaje de montaña siete sitios entre los 2100 y los 3300 m de altitud.

Las capturas de escarabajos se realizaron dentro de los tres paisajes de la región, en 26 tipos de comunidades y usos del suelo. Se tienen datos de 135 sitios, 66 donde se llevaron a cabo muestreos desde seis meses a más de dos años y 69 con capturas ocasionales. Los sitios están distribuidos en un gradiente altitudinal que va de los 20 a los 3900 m. El número de sitios trabajados en cada paisaje y los tipos de comunidades que comprenden se muestran en el Cuadro 1.

1.2.2. Métodos de captura

Las colectas de murciélagos se restringieron al gremio que vuela a nivel del suelo (0-2.5 m) durante las primeras horas de la noche. Se utilizaron redes de niebla de 12 m de largo por 2.6 m de alto en cada sitio de muestreo, evitando siempre los días de luna llena debido a la fobia lunar de los murciélagos. Las redes permanecieron abiertas durante 1-4 h (en función de las condiciones ambientales) a partir del anochecer una sola noche, ya que regularmente la tasa de captura disminuye con el tiempo cuando se trabaja en el mismo sitio en días sucesivos.

Los individuos capturados en el paisaje tropical fueron determinados en el campo, marcados con collares de plástico y liberados en el mismo sitio de captura por lo que no se tiene una colección de referencia. De los ejemplares capturados en el paisaje de transición, un macho y una hembra de cada especie y sitio se prepararon en piel y cráneo y se incorporaron a

la colección mastozoológica del Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana.

Las colectas de anfibios fueron crepusculares mediante captura directa, detección auditiva y encuentros visuales, durante recorridos de longitud variable y tiempo fijo. Cada ejemplar fue georreferenciado mediante GPS u ortofotografía digital. Cabe mencionar que sólo dos ejemplares de cada especie (ejemplares testigo) fueron colectados y preservados en alcohol al 70%. Estos ejemplares serán depositados en la Colección Herpetológica del Instituto de Biología (IBH) de la UNAM.

Cuadro 1. Tipo de comunidad y número de sitios donde se realizaron muestreos y capturas ocasionales en los paisajes de la Región Cofre de Perote.

Paisaje	Tipo de comunidad	Número de sitios muestreados	Número de sitios con capturas ocasionales
Tropical	selva baja caducifolia	6	3
	selva baja subperennifolia	1	-
	selva baja caducifolia sobre mal país	2	-
	Potrero	7	16
	maizal en descanso	2	-
	cafetal con sombra monoespecífica	-	1
Totales	38	18	20
Transición	bosque mesófilo	5	6
	cafetal con sombra monoespecífica	2	-
	cafetal con sombra poliespecífica	2	1
	claro de bosque mesófilo	1	-
	Encinar	4	-
	encinar sobre mal país	1	-
	maizal en descanso	1	-
	bosque de pino-encino	3	2
	bosque de pino-encino sobre mal país	2	-
	Potreros	7	18
	bosques de pino	-	2
	borde de bosque de pino-encino	-	1
	Totales	58	28
Montaña	bosques de pino	9	-
	bosque de pino sobre mal país	1	-
	bosque de pino-ilite	1	-
	bosque de oyamel	1	1
	potreros	6	17
	ecotono de bosque-pastizal de altura	1	-
	pastizal de altura	1	-
	Encinar	-	1
Totales	39	20	19

Para las capturas de diplópodos se estableció una parcela de 400m² (20 x 20 m) en cada tipo de comunidad y dentro de cada parcela se ubicaron cinco cuadrantes de 50 x 50 cm (cuatro en los vértices y una en el centro) de donde se colectó la hojarasca y los primeros 10 cm del suelo. Este último se revisó manualmente en busca de diplópodos y las muestras de hojarasca se colocaron en embudos Berlese-Tulgren para la extracción de la fauna. Se realizaron también colectas directas revisando minuciosamente troncos podridos, debajo de piedras y de la corteza de los árboles.

Todos los individuos colectados en la hojarasca y en el suelo se fijaron directamente en alcohol al 70% y los colectados de manera directa se sacrificaron por congelación y posteriormente se fijaron. Los ejemplares colectados se encuentran depositados en la colección de diplópodos del Departamento de Biología de Suelos del Instituto de Ecología, A. C.

Los muestreos de escarabajos fueron realizados utilizando trampas de caída cebadas con excremento humano, excremento de vaca, calamar y fruta, así como colectas manuales en frutos y excrementos de animales silvestres y de ganado. En los lugares de captura ocasional sólo se hicieron colectas manuales. Para los análisis de la diversidad alfa, beta y gamma se seleccionaron los 55 sitios mejor colectados, es decir, aquellos en los que el muestreo fue suficiente, según los modelos de acumulación y los estimadores no paramétricos de riqueza de especies utilizados.

1.3. Compilación de registros

Con el propósito de conocer los registros de anfibios, previos a este trabajo, en el paisaje de transición de la región Cofre de Perote, se consultó, a través de la CONABIO, la base de datos del proyecto Herpetofauna del Estado de Veracruz (A027) cuyo responsable fue el Dr. Oscar Flores Villela. Los ejemplares de las especies señaladas fueron colectados entre los años 1893 y 1985 y se encuentran depositados en 11 colecciones científicas (dos

nacionales y nueve extranjeras. Cabe mencionar que después de recibir la información enviada por la CONABIO, se hizo una depuración, ya que se detectaron algunas inconsistencias.

Para obtener un diagnóstico general sobre el grado de conocimiento de la fauna de diplópodos de la Región Cofre de Perote, se realizó una búsqueda de los registros de distribución disponibles en diversas fuentes de información, como: ejemplares colectados y depositados en colecciones zoológicas nacionales y del extranjero, así como registros reportados en trabajos publicados y tesis.

1. 4. Evaluación del trabajo de campo

Se utilizaron curvas de acumulación de especies para evaluar los muestreos realizados. Se consideró como un nivel arbitrario, pero aceptable de eficiencia en cada sitio y en cada tipo de comunidad, el 85% o más de la fauna total estimada por los modelos de acumulación asintóticos utilizados: el modelo de dependencia lineal o de Von Bertalanffy y el modelo de Clench o de Michaelis-Menten (ver Soberón y Llorente 1993).

Debido a que el orden en el que las muestras son agregadas al total y la heterogeneidad entre las unidades muestreadas afecta la forma de las curvas de acumulación, se aleatorizó el orden de las muestras 100 veces. Para llevar a cabo estas aleatorizaciones se utilizó el programa EstimateS (Colwell 1997).

El siguiente paso fue ajustar los datos a los dos modelos de acumulación elegidos, realizando regresiones no lineales para cada sitio de muestreo con el programa SIGMASTAT (Jandel 1995). Se usó como variable independiente el esfuerzo de colecta y como variable dependiente el número de especies acumuladas. Con los parámetros obtenidos para cada modelo se obtuvieron los valores de la asíntota.

El esfuerzo realizado con murciélagos se cuantificó como el producto del total de metros de red por el total de horas trabajadas ($M \times H$), en escarabajos como las unidades de captura / día de muestreo y en anfibios como horas / hombre.

En los anfibios y diplópodos todavía no se ha realizado la evaluación del nivel en que se encuentran los inventarios (qué tan completos) de cada localidad.

En aquellos casos en que los datos no cumplían los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas necesarios para la aplicación de los modelos de acumulación, se utilizaron estimadores no paramétricos de riqueza (véase Colwell y Coddington 1994, Colwell 1997).

1.5. Cálculo y análisis de las diversidades alfa, beta y gamma.

Para todos los grupos parámetro y paisajes, la diversidad alfa y gamma se calculó simplemente como la riqueza o número de especies en cada unidad de muestreo (fragmento o parcela) y para cada comunidad.

Para comparar las diversidades alfa de murciélagos en las comunidades estudiadas se ajustó un modelo lineal generalizado (GLIM) con error Poisson.

La diversidad beta de escarabajos se calculó mediante el índice modificado de Whittaker (Harrison *et al.* 1992).

Para comparar los sitios con base en su composición de especies, se realizó un Análisis de Componentes Principales no centrado no estandarizado (55x59), usando el programa Orden (Ezcurra 1990), donde los sitios que son semejantes en número de especies y composición estarán más cercanos entre sí (Ter Braak 1983, Cody 1993).

Por otra parte, para saber el grado de disimilitud en la composición de especies de escarabajos entre los paisajes, se calculó la complementariedad entre pares de paisajes (Colwell y Coddington 1994).

Para los anfibios la diversidad beta fue estimada de las siguientes maneras:
El cálculo de la diversidad beta se realizó usando el inverso de número de hábitats o localidades ocupadas por especie (Ricklefs y Schluter 1993).

Para el cálculo de la diversidad beta para cada par de localidades o para cada par de ambientes se utilizó la ecuación de complementariedad propuesta por Colwell y Coddington (1994).

La diversidad beta de murciélagos se calculó mediante la ecuación de complementariedad de Colwell y Coddington (1994) y usando el índice de Whittaker modificado a porcentajes (Moreno 2000).

Para comparar, desde un punto de vista conceptual, la importancia de los distintos componentes de la diversidad gamma de escarabajos entre los paisajes (la diversidad alfa promedio, la heterogeneidad del paisaje, o la ocurrencia de las especies), se usó el índice propuesto por Schluter y Ricklefs (1993).

2. Resultados

2.1 Estimación de la riqueza de especies mediante curvas de acumulación y estimadores no paramétricos.

2.1.1. Murciélagos.

A nivel de paisaje se capturaron 20 especies de murciélagos, 16 filostómidos y 4 mormópidos (Cuadro 2). La riqueza de las siete comunidades vegetales varió entre 11 y 18 especies.

Los modelos ajustados a las curvas de acumulación de especies para los siete tipos de alcanzan una fase asintótica, excepto en el palmar (ver Fig. 1 en Apéndice 1). Los modelos de acumulación se ajustan bien a los datos observados de todos los inventarios ($r^2 = 0.95$, Cuadro 2). Para describir las predicciones derivadas de los modelos, se propone el uso de términos bursátiles empleados para predecir intervalos de confianza en el mercado de valores. Así, el modelo de dependencia lineal predice un “suelo” o límite inferior y el modelo de Clench representa “el techo” o límite superior. La curva real de acumulación de especies estaría entre estas dos predicciones.

Con excepción de la vegetación secundaria y el palmar, la asíntota predicha por el modelo de dependencia lineal es menor que el número de especies registradas, lo que indica que para el resto de las comunidades se ha alcanzado o sobrepasado el límite máximo predicho (Cuadro 3). De acuerdo a este límite inferior, el inventario de murciélagos en el palmar no alcanzó el nivel satisfactorio de eficiencia (85%) con las 13 noches de colecta invertidas, mientras que en los inventarios de las comunidades restantes se registró más del 95% de la fauna esperada. Por otra parte, sólo los inventarios de la vegetación riparia, y la selva baja alcanzaron más del 90% del techo o límite superior (Cuadro 3).

Considerando que cada modelo predice diferentes asíntotas debido a los supuestos en los que se basan (Soberón y Llorente 1993), las comparaciones se deben apoyar en las predicciones de un mismo modelo. En este caso es posible comparar la riqueza estandarizada en función del modelo de dependencia lineal (de 9.6 a 15.4 especies como diversidad alfa para las comunidades); o en función del modelo de Clench (de 11.3 a 20.3 diversidad alfa).

2.1.2. Escarabajos

Según el modelo de Clench y los estimadores no paramétricos de la riqueza de especies, se capturaron más del 85% de las especies potenciales en las comunidades de los tres paisajes, que es la estimación considerada como suficiente para los análisis realizados. En general los ajustes de los datos a los modelos utilizados fueron altos ($r^2 > 96\%$), excepto en el cafetal con sombra monoespecífica y en el bosque de pino-encino, donde sus valores fueron cercanos al 84%.

En el Cuadro 4 se muestran el número de especies capturadas, parámetros y predicciones de los dos modelos de acumulación de especies ajustados a cada comunidad. a es la pendiente de la curva de acumulación al inicio del muestreo, b es un parámetro relacionado con la forma de acumulación de nuevas especies durante el muestreo, a/b es la

asíntota y r^2 es el coeficiente de determinación. En las figuras 2 a 7 se presentan las curvas de acumulación resultantes.

Siguiendo a Moreno y Halffter (2000) para describir las predicciones derivadas de los modelos, se usó el modelo de dependencia lineal como un “suelo” o límite inferior y el modelo de Clench como un “techo” o límite superior del intervalo dentro del cual se encuentra la curva real de acumulación.

Cuadro 2. Número de especies capturadas, parámetros y predicciones de dos modelos de acumulación de especies ajustados a cada comunidad. a es la pendiente, b es un parámetro relacionado con la forma de acumulación de nuevas especies durante el muestreo, a/b es la asíntota y r² es el coeficiente de determinación.

Comunidad	Número de especies	Modelo de dependencia lineal				Modelo de Clench			
		a	B	a/b	r ²	a	b	a/b	r ²
Selva mediana	18	4.80	0.28	17.1	0.97	7.48	0.38	19.7	0.99
Selva baja	11	3.10	0.29	10.7	0.99	4.38	0.35	12.6	0.99
Vegetación riparia	13	5.44	0.44	12.4	0.97	8.15	0.56	14.4	0.99
Palmar	13	1.89	0.12	15.3	0.99	2.06	0.09	22.5	0.99
Vegetación secundaria	15	2.54	0.16	15.6	0.99	3.01	0.14	20.8	0.99
Mango	15	4.80	0.33	14.5	0.97	6.88	0.40	17.2	0.99
Cultivo de maíz	14	4.94	0.36	13.4	0.98	6.96	0.43	16.2	0.99

Cuadro 3. Comparación de dos modelos que describen el techo y el suelo del crecimiento de la curva de acumulación de especies, incluyendo el esfuerzo de muestreo estimado (expresado en número de noches) necesario para registrar el 90% de la riqueza de especies.

Comunidad	Modelo de dependencia lineal		Modelo de Clench	
	% de la asíntota ya registrado	Esfuerzo de muestreo estimado	% de la asíntota ya registrado	Esfuerzo de muestreo estimado
	Selva mediana	105.14	8.1	91.56
Selva baja	103.19	7.9	87.16	25.9
Vegetación riparia	105.01	5.2	90.39	15.9
Palmar	85.13	18.6	57.73	98.4
Vegetación secundaria	96.28	14.1	71.94	62.3
Mango	103.59	6.9	87.31	20.9
Cultivo de maíz	103.47	6.3	86.53	20.9

De acuerdo con el modelo de dependencia lineal en el paisaje tropical se llegó a más del 93% de la riqueza estimada, en el paisaje de transición a más del 91% y en el de montaña a más del 92% (Cuadro 5).

Con los límites inferiores y superiores se calculó el esfuerzo mínimo requerido para alcanzar el nivel de eficiencia de captura bajo las mismas condiciones ambientales. De acuerdo con el límite superior el esfuerzo mínimo en las comunidades del paisaje tropical es de 15-20 días, en el paisaje de transición es de 3- 42 días y en el paisaje de montaña es de 3-59 días. Para alcanzar el límite inferior el esfuerzo mínimo se reduce a 5-9 días en el paisaje tropical, de 1-22 días en el paisaje de transición y de 3-30 días en el paisaje de montaña (Cuadro 5).

En cuanto a los estimadores no paramétricos los datos observados representaron más del 85% de la riqueza estimada por estas medidas. En el selva baja caducifolia todos los estimadores no paramétricos calculados indicaron que se capturó más del 90 % de las especies. En los potreros adyacentes a las mismas todos los estimadores indicaron más del 86% del estimado, excepto el $Jack_2$ según el cual se colectó sólo el 83.33% de las especies potenciales. En el bosque mesófilo se obtuvo más del 93% de las especies, en el bosque de pino-encino sobre “mal país” se capturó más del 85% y en el bosque de pino más del 90% (Cuadro 6).

Cuadro 4. Ajuste por tipo de comunidad a los modelos de acumulación de especies en los tres paisajes estudiados

Modelo Tipo de comunidad	No. sp	Modelo de dependencia lineal				Modelo de Clench			
		r ²	a	b	asíntota	r ²	a	b	asíntota
Bosque tropical caducifolio sobre mal país	7	0.999	2.105	0.257	8.19	0.997	1.718	0.240	7.16
Potrero adyacente bosque tropical caducifolio sobre mal país	14	1.000	3.788	0.253	14.97	0.998	3.113	0.218	14.28
Maizal adyacente a bosque tropical sobre mal país	17	0.999	3.793	0.195	19.45	0.997	3.064	0.183	16.74
Cafetal con sombra poliespecífica	16	0.992	2.476	0.145	17.08	0.958	1.599	0.104	15.38
Cafetal con sombra	10	0.814	2.536	0.242	10.47	0.837	3.859	0.413	9.34
Claro de bosque mesófilo	8	0.999	1.552	0.169	9.18	0.996	1.237	0.152	8.14
Encinar	11	0.997	4.030	0.385	10.47	0.997	13.64	1.356	10.06
Maizal en descanso vecino a	7	0.997	10.64	1.356	7.85	0.997	6.472	0.928	6.97
Potrero sobre mal país vecino a bosque de pino-encino	11	0.997	2.935	0.230	12.76	0.992	2.489	0.218	11.42
Potrero adyacente a bosque	12	0.972	1.338	0.095	14.01	0.956	1.019	0.087	11.65
Bosque de pino-encino	8	0.846	3.621	0.398	9.09	0.996	1.474	0.169	8.72
Potrero vecino a bosque de pino-encino sobre mal país	13	0.990	2.845	0.210	13.55	0.969	2.040	0.159	12.83
Potrero sobre mal país vecino a encinar	6	0.995	2.733	0.392	6.97	0.999	2.340	0.360	6.50
Encinar sobre mal país	9	0.997	3.222	0.318	10.45	0.999	3.020	0.310	9.74
Bosque de pino-ilite	5	0.999	3.421	0.587	5.83	0.999	2.810	0.558	5.03
Bosque de oyamel	3	1.000	1.272	0.371	3.43	0.999	1.111	0.340	3.27
Potrero vecino a bosque de pino-oyamel	5	0.996	1.428	0.259	5.52	0.992	1.289	0.262	4.92
Potrero vecino a bosque de oyamel	2	0.967	1.819	0.816	2.23	0.981	1.664	0.854	1.95
Bosque de pino sobre mal país	2	0.995	2.662	1.202	2.21	0.947	1.276	0.690	1.85
Potrero vecino a bosque de pino	16	0.989	1.117	0.061	16.42	0.975	0.998	0.064	15.59
Vegetación de altura	2	0.994	0.277	0.120	2.31	0.993	0.305	0.147	2.07

Cuadro 5. Comparación de dos modelos que describen el techo y el suelo del crecimiento de la curva de acumulación de especies, incluyendo el esfuerzo de muestreo estimado (expresado en número de días) necesario para registrar el 85% de la riqueza de especies.

Comunidad	Modelo de dependencia lineal		Modelo de Clench	
	% de la asíntota ya registrado	Esfuerzo de muestreo estimado	% de la asíntota ya registrado	Esfuerzo de muestreo estimado
Paisaje tropical				
Selva baja sobre mal país (sbm)	93.52	7.9	85.47	15.56
Potrero adyacente a sbm	98.04	8.7	93.52	15.81
Maizal adyacente a selva baja	101.53	4.86	87.40	20.51
Paisaje de transición				
Claro de bosque mesófilo	98.28	12.48	87.14	23.63
Cafetal con sombra monoespecífica	107.06	4.59	95.51	16.53
Cafetal con sombra poliespecífica	104.03	18.24	93.68	27.59
Potrero adyacente a bosque mesófilo	103.00	21.81	85.65	42.10
Encinar	109.34	1.39	105.06	10.39
Potrero sobre mal país vecino a encinar	92.31	5.27	86.08	10.2
Maizal vecino a encinar	100.43	2.04	89.17	2.94
Encinar sobre mal país	92.40	6.12	86.12	12.58
Bosque de pino-encino (bpe)	91.74	11.23	88.00	10.05
Potrero sobre mal país vecino a bpe	96.32	8.7	86.21	17.39
Potrero adyacente a a bpe sobre mal país	101.33	11.93	95.94	19.04
Paisaje de montaña				
Bosque de pino-ilite	99.40	3.39	85.76	6.81
Bosque de oyamel	92.02	5.78	87.72	10.78
Bosque de pino sobre mal país	108.70	2.75	90.50	3.33
Potrero adyacentes a bosque de pino	102.63	29.64	97.44	58.82
Potrero vecino a bosque de pino-ilite	101.65	7.24	90.74	15.44
Potrero adyacente a bosque de oyamel	102.67	2.22	89.69	4.90
Vegetación de altura	96.62	12.91	86.96	33.33

Cuadro 6. Estimadores no paramétricos de la riqueza de especies en los tres paisajes de la Región cofre de Perote

Comunidad	No. de especies	ACE	ICE	Chao1	Chao2	Jack1	Jack2	Bootstrap	MMRuns	MMean
Paisaje tropical										
Selva baja caducifolia	18	18.73	18.19	17.00	17.00	18.99	19.97	18.37	18.89	18.97
Potrero adyacente a selva baja	19	20.24	20.57	21.00	21.95	21.94	22.80	20.40	21.04	21.03
Paisaje de transición										
Bosque mesófilo	18	18.00	18.35	18.00	18.17	18.99	17.08	18.94	19.33	19.27
Bosque de pino-encino sobre malbaís	8	8.00	8.34	8.00	8.5	8.97	9.00	8.54	9.32	9.19
Paisaje de montaña										
Bosque de pino	8	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	5.17	8.48	8.85	8.77

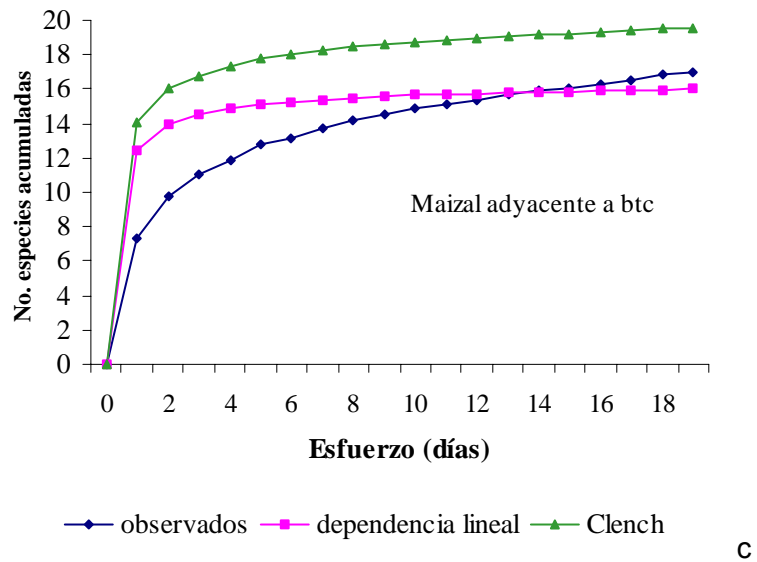
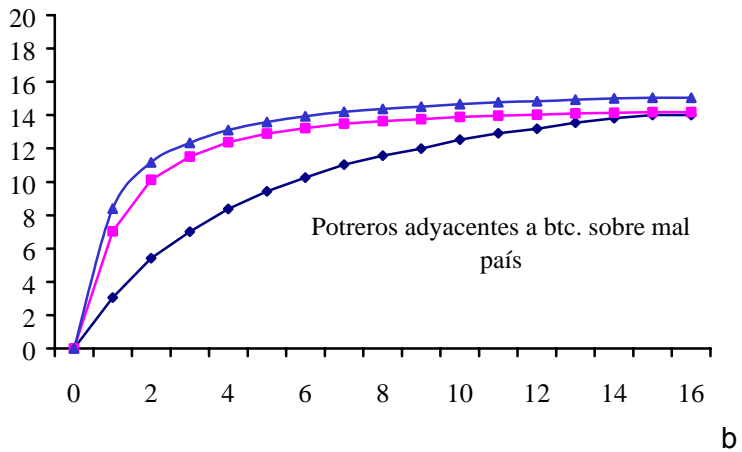
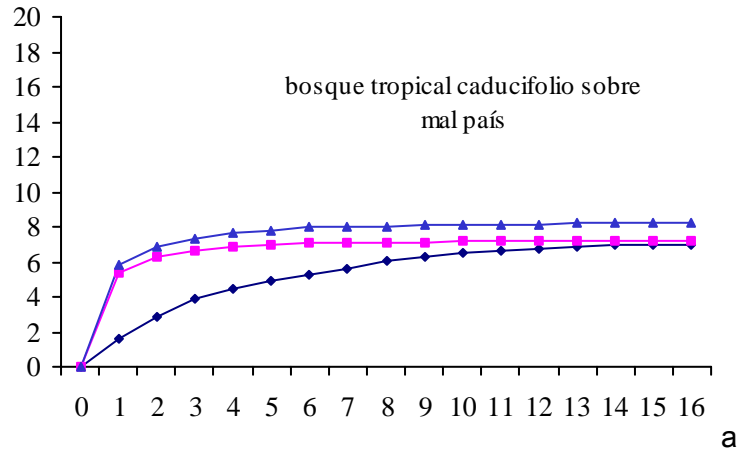


Fig. 2. Curvas de acumulación de especies de comunidades ubicadas en el paisaje tropical.

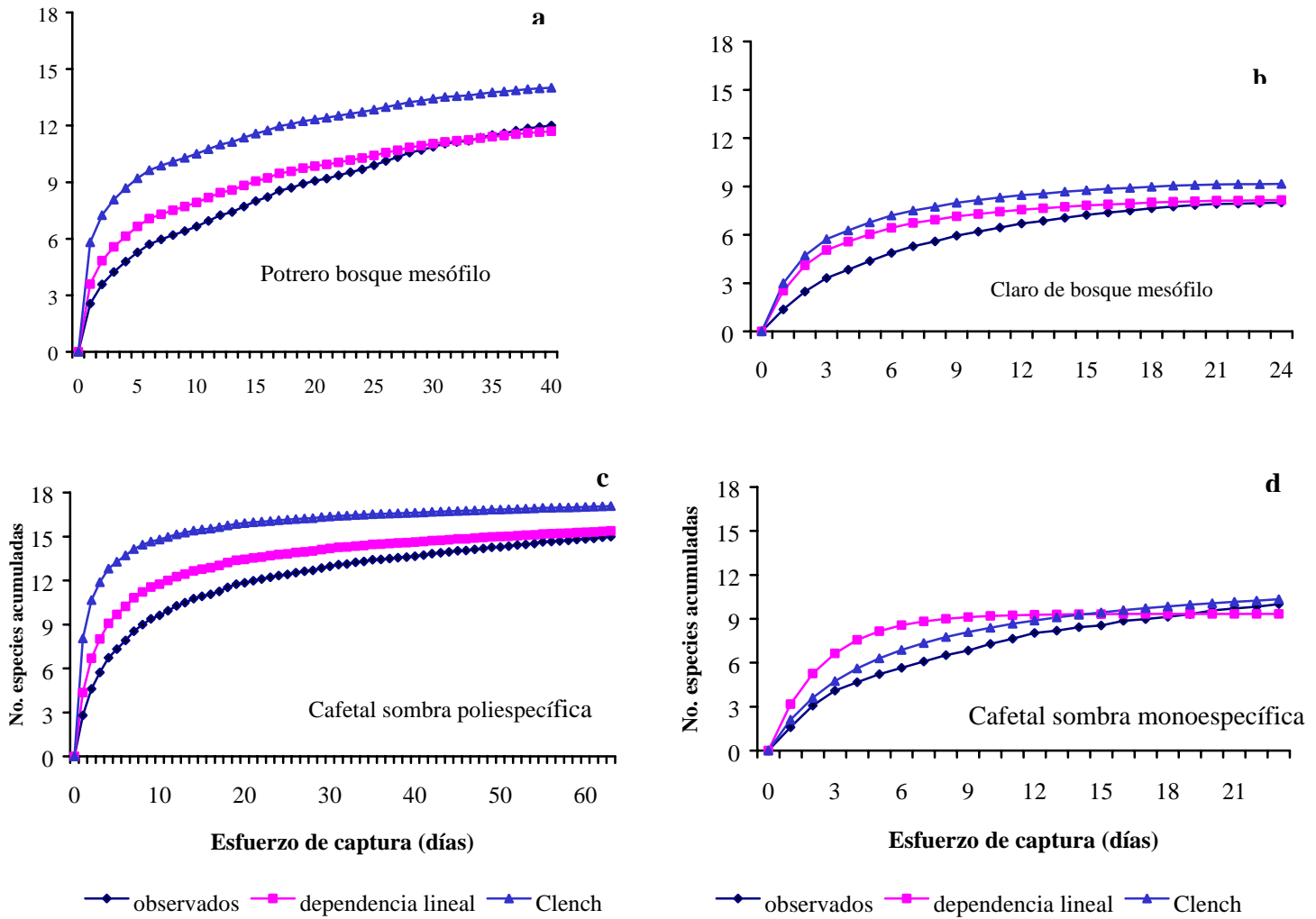


Fig. 3. Curvas de acumulación correspondientes a cafetales y comunidades adyacentes a bosques mesófilos.

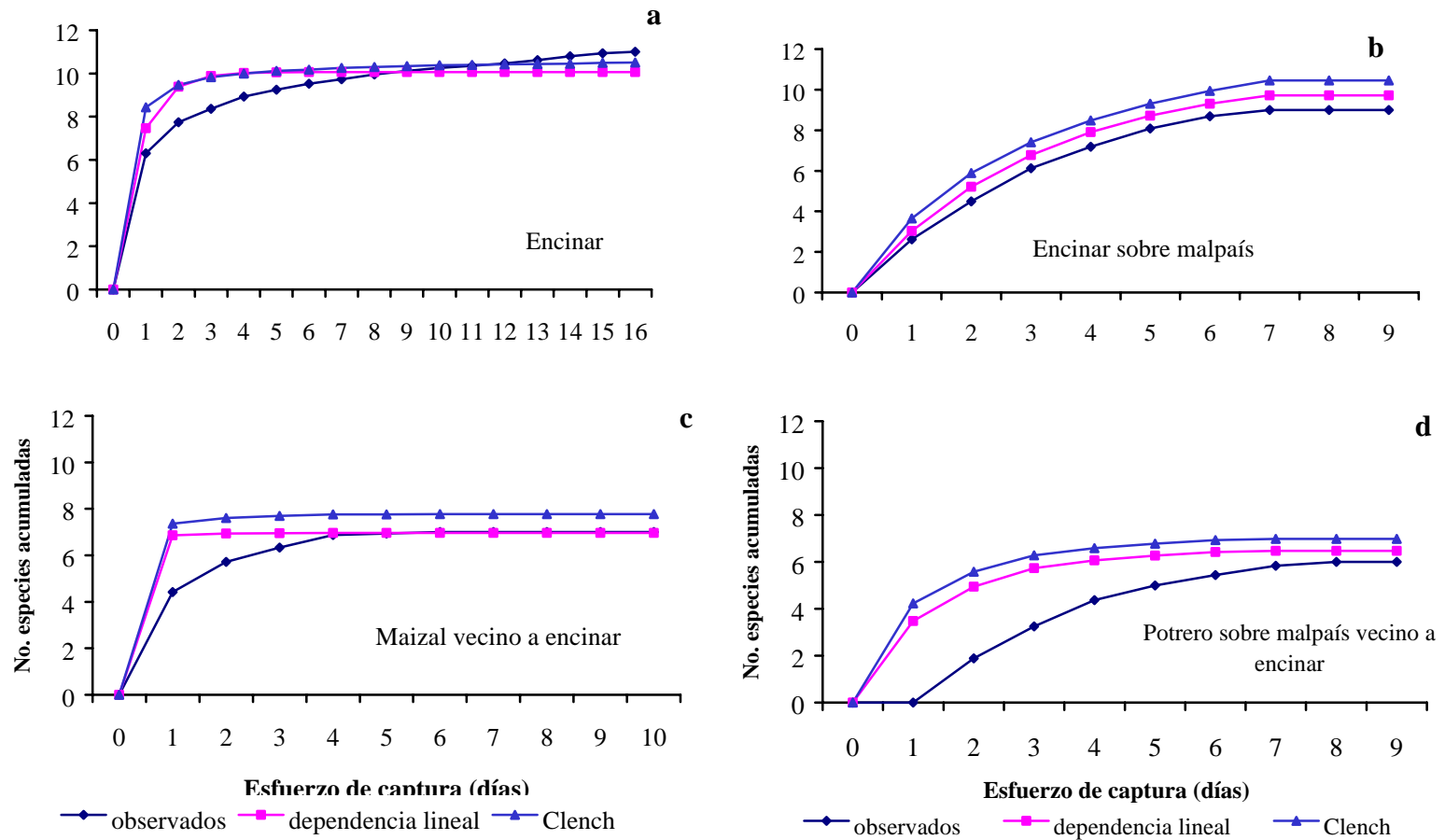


Fig. 4. Curvas de acumulación de especies de encinares y comunidades asociadas a ellos.

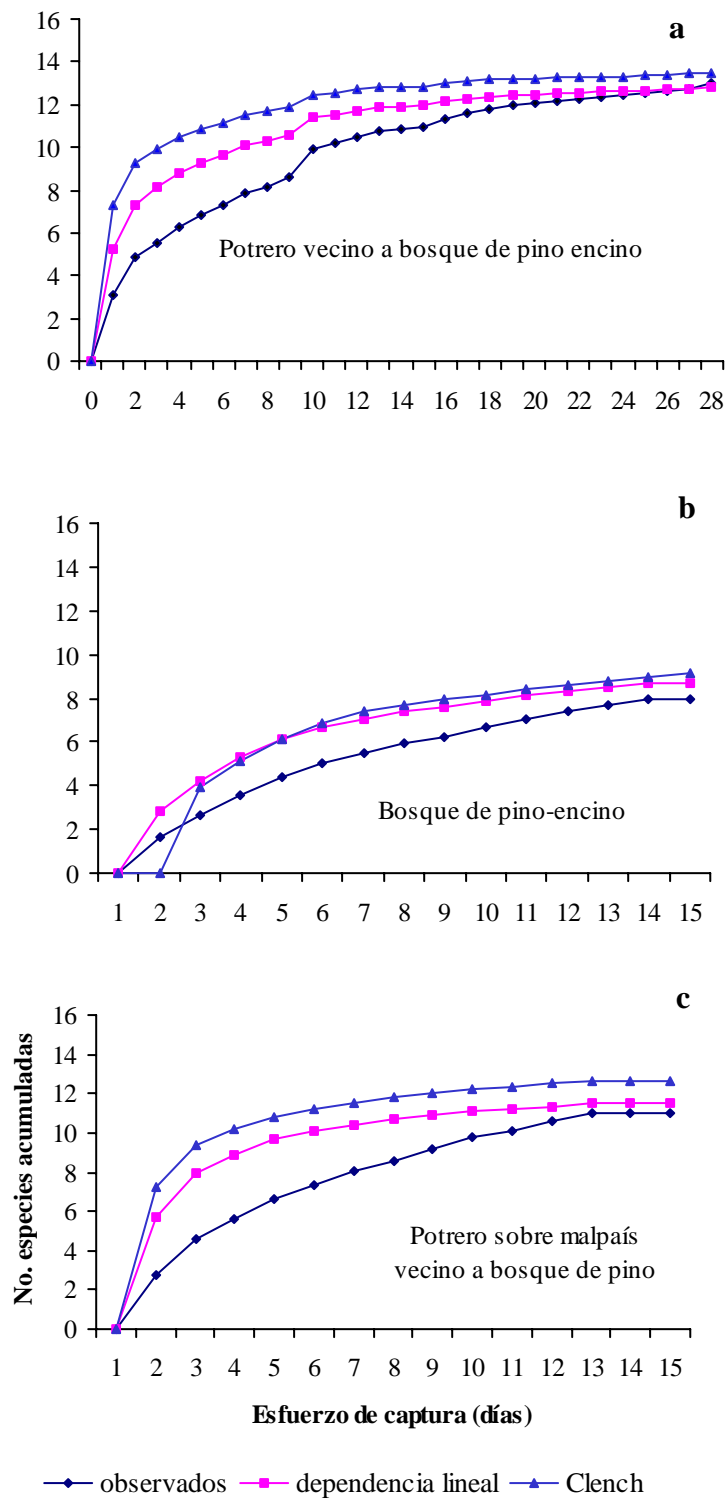


Figura 5. Curvas de acumulación correspondientes a comunidades ubicadas en el paisaje de transición

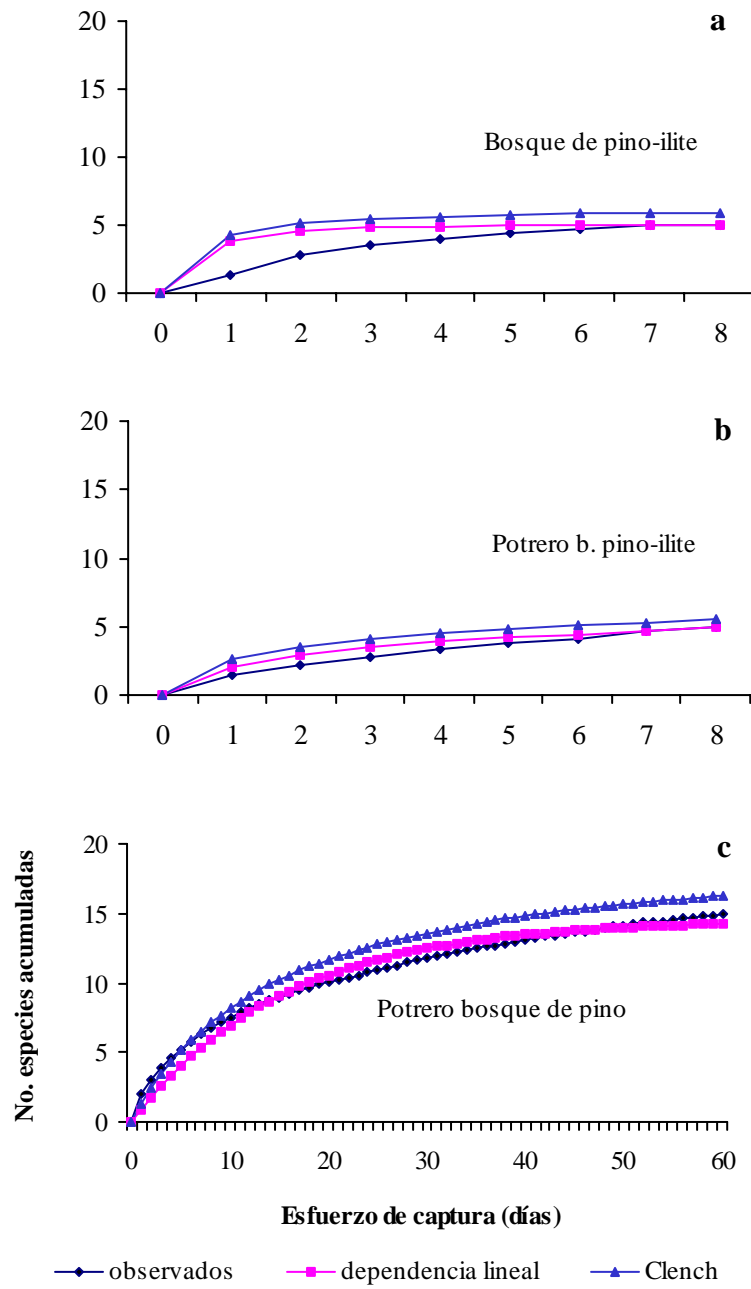


Fig. 6. Curvas de acumulación de especies correspondientes a bosque de pino ilite y potreros

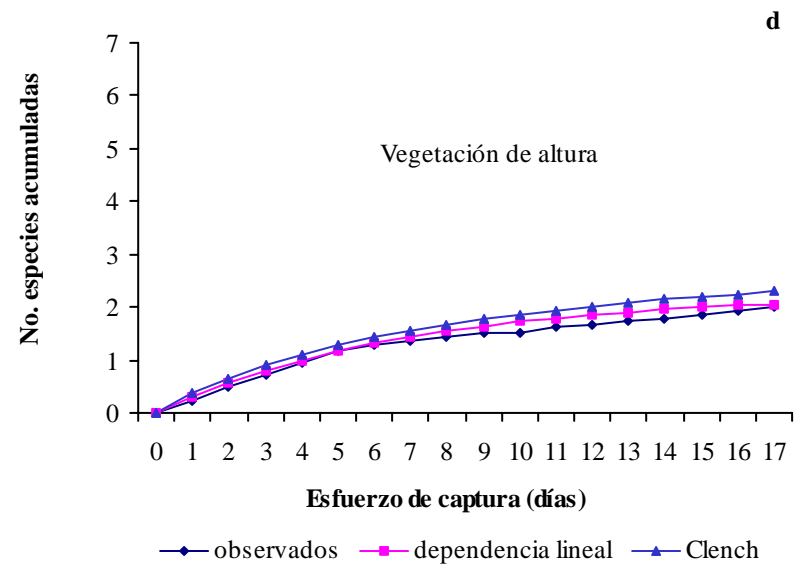
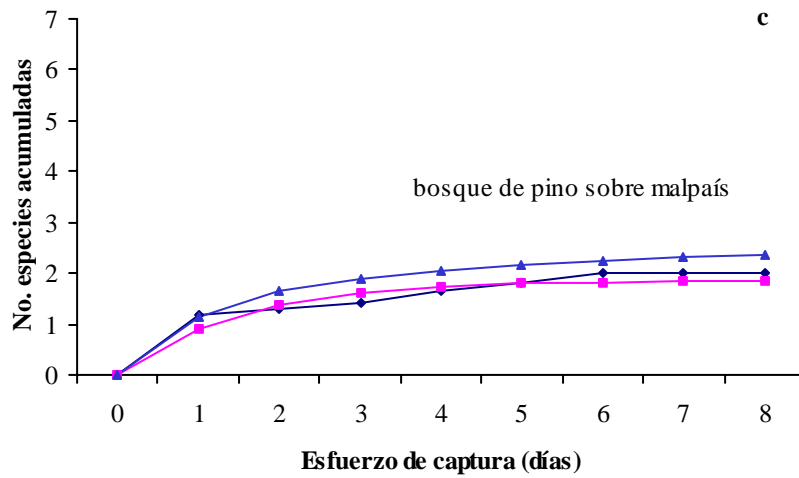
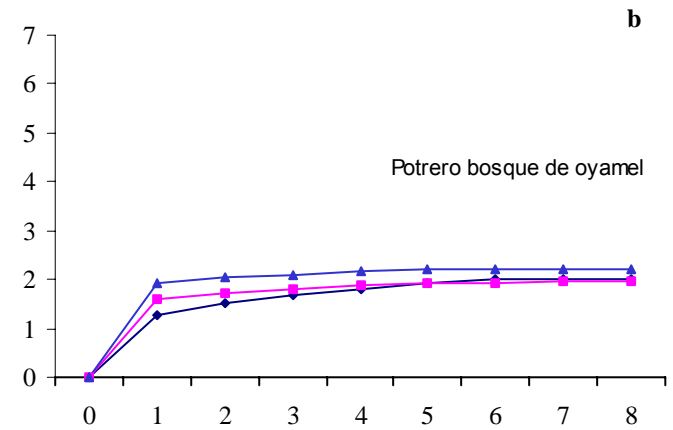
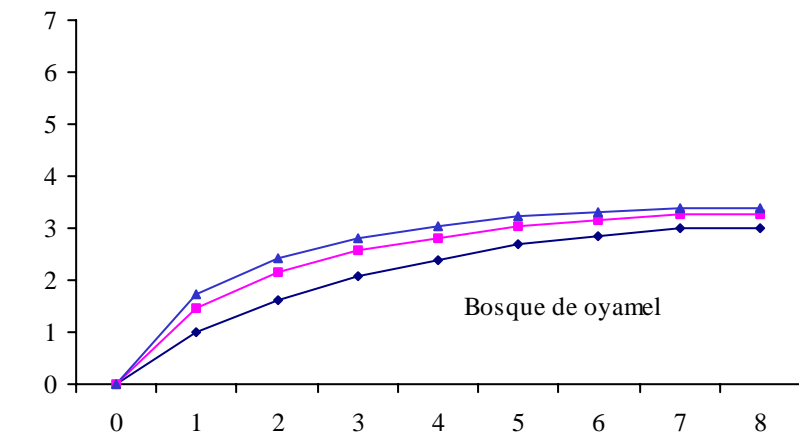


Fig. 7. Curvas de acumulación correspondientes comunidades ubicadas en el paisaje de montaña

2.2 Análisis de la diversidad alfa, beta y gamma

2.2.1 Murciélagos

La mayor diversidad alfa registrada correspondió a la selva mediana subcaducifolia. La lista de especies encontradas en cada comunidad se presenta en el Apéndice 1.

Hay diferencias significativas en las medias de las siete comunidades (cambio en devianza = 79.35, $p < 0.001$). Con base en estos valores de diversidad alfa promedio se detectaron dos grupos de comunidades: el primer grupo está integrado por la selva mediana subcaducifolia, vegetación riparia y las plantaciones de mango y maíz, cuyos valores de diversidad alfa promedio fluctúan entre 5.1 y 6.5 especies. El segundo grupo está integrado por la selva baja caducifolia, vegetación secundaria y palmar y su diversidad alfa promedio fluctúa entre 2.2 y 2.9 especies (Cuadro 7). Se realizaron pruebas de contraste para comparar entre si ambos grupos y probar las diferencias entre las comunidades de cada grupo. Los dos grupos son significativamente distintos (cambio en devianza = 75.16, $p < 0.001$).

Cuadro 7. Diversidad alfa de murciélagos en siete comunidades, medida como número de especies registradas por noche de muestreo. Se distinguen dos grupos de comunidades significativamente distintos entre sí ($p < 0.001$) y sin diferencias internas ($p > 0.05$) en función de su diversidad alfa promedio (a y b).

Comunidad	n	media	Máxima	mínima	Error estándar	Total acumulado
Selva mediana (a)	24	6.46	11	2	0.408	18
vegetación riparia (a)	14	5.86	8	3	0.329	13
Mango (a)	16	5.63	9	4	0.386	15
Milpa (a)	14	5.14	9	1	0.512	14
Selva baja (b)	20	2.85	6	0	0.379	11
Vegetación secundaria (b)	18	2.61	6	0	0.405	15
Palmar (b)	14	2.21	6	0	0.515	13

Contrario a lo esperado, la diversidad beta entre comunidades, ya sea medida como complementariedad o con el índice de Whittaker, es relativamente baja (Cuadro 8), lo que indica

un escaso reemplazo de especies entre comunidades y por ende, poca contribución de la diversidad beta a la diversidad gamma del paisaje.

La diversidad gamma, medida como el número de especies acumulado a nivel de paisaje, es de 20 especies. Este valor es superior a la riqueza máxima promedio en el paisaje (14.14 especies), pero muy similar al número de especies de la comunidad con mayor riqueza (selva mediana subcaducifolia 18 especies). De hecho, las dos especies ausentes en esta comunidad se registraron en la vegetación riparia, por lo que estas dos comunidades se complementan para reunir las 20 especies del paisaje. Esto, aunado a la baja diversidad beta promedio, indica que la diversidad gamma de murciélagos en esta unidad de paisaje está fuertemente determinada por la mayor diversidad.

Cuadro 8. Complementariedad y diversidad beta de murciélagos entre pares de comunidades dentro del paisaje (n= 21)

Diversidad beta	Media	Error Estándar
Complementariedad	33.86	2.52
Índice de Whittaker modificado a porcentajes	20.54	1.73

2.2.2 Anfibios

La información consultada a través de CONABIO y su posterior depuración, indicó que para la unidad de paisaje de estudio hay 142 registros de 25 especies de 11 géneros, siete familias y dos órdenes de la clase Amphibia (Cuadro 9), cabe destacar que existe una diferencia notable entre la cantidad de registros de anuros (130 de 22 especies) y de caudados (12 registros de 3 especies).

Durante los dos años de muestreo se registraron 23 especies de anfibios (Cuadro 9) de las cuales, 20 ya habían sido registradas anteriormente, es decir, se detectó al menos el 80 % de las especies reportadas en otros estudios. Cabe mencionar que después de cinco meses de

haber iniciado el trabajo de muestreo, nos percatamos que la colecta y detección de especies del Orden Anura fue notablemente más fácil que las del Orden Caudata. Se conseguía un mayor número de registros con menos tiempo de búsqueda. Este hecho nos obligó a redefinir o acotar el grupo parámetro, es decir, en lugar de considerar a toda la Clase Amphibia como parámetro, ahora sólo nos enfocamos al orden Anura, por lo tanto, los análisis posteriores están basados solamente en anuros.

Los tres nuevos registros reportados en el presente trabajo aumentan la lista de especies para la zona a 28 anfibios.

La diversidad alfa de anfibios para cada sitio, así como la riqueza máxima por comunidad se muestra en el Cuadro 10. La diversidad alfa promedio para el bosque mesófilo fue de 9.4, para la vegetación riparia fue de 8.5, para el cafetal fue de 7.66 y para los potreros fue de tres especies. La diversidad alfa promedio para la unidad de paisaje fue de 7.75.

El bosque mesófilo fue la comunidad con mayor riqueza máxima (19), aun sin ser el sistema con mayor área; en segundo lugar estuvieron los remanentes riparios, seguidos de los cafetales con sombra y por último, el potrero (Cuadro 10).

Cuadro 9. Listado de anfibios de la región Centro de Veracruz El asterisco indica nuevo registro para la zona.

Base consultada en CONABIO (1998)	Muestras Región Cofre Perote (paisaje de transición)
ORDEN ANURA	ORDEN ANURA
Familia Bufonidae	Familia Bufonidae
<i>Bufo cristatus</i> Wiegmann, 1833	<i>Bufo cristatus</i> Wiegmann, 1833
<i>B. marinus</i> Wiegmann, 1833	<i>B. valliceps</i> Wiegmann, 1833
<i>B. valliceps</i> Wiegmann, 1833	
Familia Centrolenidae	Familia Centrolenidae
<i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i> (Boettger, 1893)	<i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i> (Boettger, 1893)
Familia Hylidae	Familia Hylidae
<i>Hyla arborescandens</i> Taylor, 1939	<i>Hyla arborescandens</i> Taylor, 1939
<i>H. dendroscarta</i> Taylor, 1940	<i>H. eximia</i> *
<i>H. euphorbiacea</i> Günther, 1869	<i>H. miotypanum</i> Cope, 1863
<i>H. miotypanum</i> Cope, 1863	<i>H. picta</i> (Günther, 1901)
<i>H. mixomaculata</i> Taylor, 1950	<i>H. taeniopus</i> Günther, 1901
<i>H. picta</i> (Günther, 1901)	<i>Scinax staufferi</i> (Cope, 1865)
<i>H. taeniopus</i> Günther, 1901	<i>Smilisca baudini</i> (Duméril y Bibron, 1841)
<i>Scinax staufferi</i> (Cope, 1865)	
<i>Smilisca baudini</i> (Duméril y Bibron, 1841)	
Familia Leptodactylidae	Familia Leptodactylidae
<i>Eleutherodactylus berkenbuschi</i> Peters, 1870	<i>Eleutherodactylus berkenbuschi</i> Peters, 1870
<i>E. cystignatus</i>	<i>E. cystignatus</i>
<i>E. decoratus</i> Taylor, 1942	<i>E. decoratus</i> Taylor, 1942
<i>E. mexicanus</i> (Brocchi, 1877)	<i>E. mexicanus</i> (Brocchi, 1877)
<i>E. pygmaeus</i> Taylor, 1937	<i>E. pygmaeus</i> Taylor, 1937
<i>E. rhodopsis</i> (Cope, 1867)	<i>E. rhodopsis</i> (Cope, 1867)
<i>Leptodactylus melanonotus</i> (Hallowell, 1861)	<i>E. sp.</i> *
	<i>Leptodactylus labialis</i> *
	<i>L. melanonotus</i> (Hallowell, 1861)
Familia Microhylidae	Familia Microhylidae
<i>Gastrophryne usta</i> (Cope, 1866)	<i>Gastrophryne usta</i> (Cope, 1866)
Familia Ranidae	Familia Ranidae
<i>Rana berlandieri</i> Baird, 1854	<i>Rana berlandieri</i> Baird, 1854
ORDEN CAUDATA	ORDEN CAUDATA
Familia Plethodontidae	Familia Plethodontidae
<i>Bolitoglossa platydactyla</i> (Gray, 1831)	<i>Bolitoglossa platydactyla</i> (Gray, 1831)
<i>B. rufescens</i> (Cope, 1869)	<i>B. rufescens</i> (Cope, 1869)
<i>Parvimolge townsendi</i> (Dunn, 1922)	

Cuadro 10. Valores de diversidad alfa de anfibios por sitio y riqueza máxima por comunidad. Las claves que inician con B son bosque mesófilo, con C son cafetal de sombra, con R son remanentes riparios y con P son potreros.

	BSA	BBA	BPE	BMI	BOT	CLC	CBO	CTE	RSA	RTR	POT	PSA
Alfa por sitio	12	10	9	8	8	8	9	6	7	10	3	3
Alfa por comunidad					19			13		15		5

En el Cuadro 11 se muestran los valores obtenidos para la diversidad beta. La complementariedad promedio en la unidad de paisaje fue del 69%, es decir, en promedio, dos sitios comparten menos de la tercera parte de su riqueza de especies, por lo tanto, hay casi un 70% de recambio. En esta unidad de paisaje una especie se encuentra, en promedio, en 4.4 localidades o sea que una especie está sólo en la tercera parte de los sitios

Cuadro 11. Diversidad beta de anfibios. Los números en la parte superior derecha representan valores de complementariedad (en porcentaje) o diversidad beta entre pares de sitios. Los valores en la parte inferior izquierda indican la riqueza de especies entre dos sitios. Las claves que inician con B son bosque mesófilo, con C son afetal de sombra, con R son remanentes riparios y con P son potreros.

	BSA	BBA	BPE	BMI	BOT	CLC	CBO	CTE	RSA	RTR	POT	PSA
BSA	*	53	69	57	57	57	83	80	42	78	85	85
BBA	15	*	73	71	62	71	64	77	45	75	82	82
BPE	16	15	*	94	69	45	50	50	86	27	67	67
BMI	14	14	16	*	67	86	94	92	50	94	90	100
BOT	14	13	13	12	*	77	69	60	64	71	78	78
CLC	14	14	11	14	13	*	69	60	75	62	63	78
CBO	18	14	12	16	13	13	*	50	86	27	67	80
CTE	15	13	10	13	10	10	10	*	82	40	71	71
RSA	12	11	14	10	11	12	14	11	*	87	75	57
RTR	18	16	11	17	14	13	11	10	15	*	70	70
POT	13	11	9	10	9	8	9	7	8	10	*	80
PSA	13	11	9	11	9	9	10	7	7	10	5	*

La diversidad gamma para la unidad de paisaje fue de 21 especies, además se aplicó la ecuación que Ricklefs y Schluter (1993) sugieren para analizar gamma en función de beta y alfa, con el propósito de realizar comparaciones con otros paisajes similares o para en un futuro, detectar cambios en la expresión de cada componente. Por lo tanto, el valor de gamma y sus componentes quedan conformados de la siguiente manera:

Diversidad gamma = 21 especies

Diversidad alfa promedio= 7.75

Amplitud de hábitat de las especies = 0.23

Número de sitios =12.

2.2.3. Escarabajos

2.2.3.1. Diversidad alfa

En los sitios muestreados se capturaron en total 16152 individuos (15716 en los sitios seleccionados) de 59 especies, 51 de Scarabaeinae, cuatro de Geotrupinae y cuatro de Silphidae (ver Apéndice 2).

La diversidad alfa promedio de escarabajos por paisaje fue de 10.19 especies en el paisaje tropical, de 8.65 especies en el de transición, siendo de sólo 3.37 especies en el paisaje de montaña.

Se encontraron diferencias significativas en las diversidades alfa promedio por comunidad entre los paisajes ($F = 18.274$, $p < 0.005$). Sus valores (Cuadro 12) fueron semejantes entre las comunidades de los paisajes de transición y tropical (Tukey, $q = 1.027$, $p > 0.005$), pero no entre las comunidades del paisaje de montaña y las del paisaje tropical (Tukey, $q = 7.011$, $p < 0.005$), ni entre las comunidades del paisaje de transición y de montaña ($q = 7.692$, $p < 0.005$).

2.2.3.2. Efecto del tipo de substrato y de la edad de los derrames de lava

La riqueza promedio, así como los valores máximos y mínimos del número de especies de comunidades que crecen sobre suelos de mal país y de las que crecen sobre otro tipo de suelo, se muestran en el Cuadro 12. En general, en los tres paisajes se encontraron diferencias significativas entre el número de especies que se observaron dentro de comunidades sobre “mal país” y el número de especies en comunidades adyacentes ($t = -2.59$, $p = 0.02$), así como en el número de individuos entre estos dos grupos de comunidades ($t = -2.34$, $p = 0.03$).

2.2.3.3. Riqueza máxima de especies por comunidad

En la Fig. 8 se puede observar la riqueza máxima encontrada en los 26 tipos de comunidades trabajadas en la región Cofre de Perote. Las comunidades con mayor número de

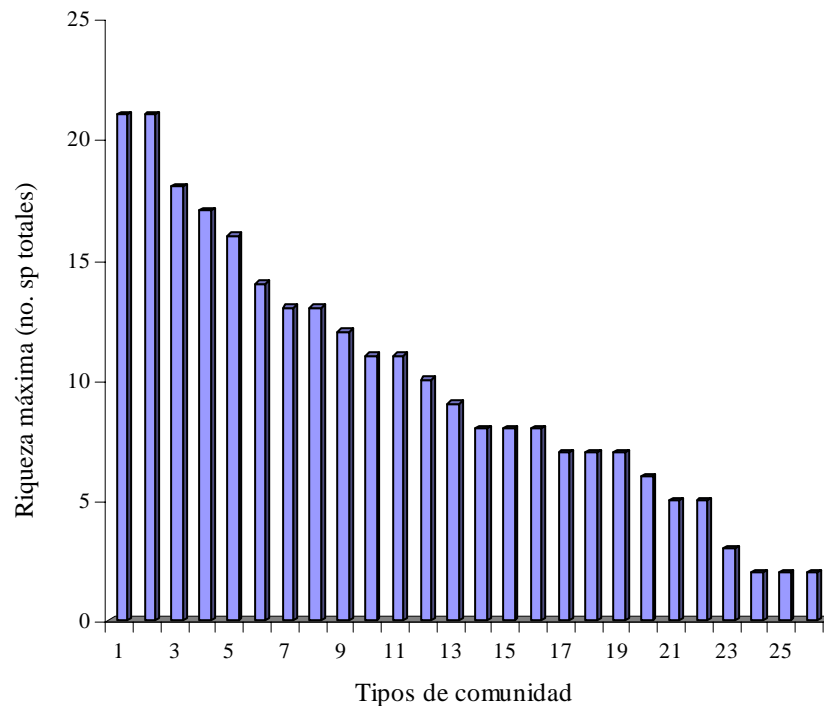
especies fueron los bosques tropicales caducifolios y sus potreros adyacentes (21 especies) y las más pobres (< 3 especies) fueron las correspondientes a la vegetación de altura y al bosque de pino sobre “mal país”.

En las comunidades de los tres paisajes se encontraron diferencias significativas entre la diversidad alfa promedio por comunidad y la riqueza máxima de especies por comunidad ($t = -2.883$, $p = 0.007$). Esta última alcanzó aproximadamente el doble del valor que la diversidad alfa promedio por comunidad (Cuadro 12).

Cuadro 12. Diversidad alfa promedio y riqueza máxima por comunidad y paisaje.

Tipo de comunidad	Diversidad alfa promedio/ comunidad	Min	Max	Riqueza máxima/ comunidad
Paisaje tropical				
Selva baja caducifolia	10.86 ± 0.98	8	15	21
Potreros vecinos a selva baja	11.00 ± 0.84	9	14	21
Maizales en descanso	11.00 ± 2.00	9	13	17
Potreros adyacentes a selva baja caducifolia sobre mal país	9.5 ± 2.50	7	12	14
Bosques tropicales caducifolios sobre mal país	4.5 ± 0.50	4	5	7
Paisaje de transición				
Bosques mesófilos	11.67 ± 0.88	10	13	18
Cafetales sombra poliespecífica	12.50 ± 0.50	12	13	16
Potreros vecinos a bosque de pino-encino sobre mal país	8.33 ± 1.76	5	11	13
Potreros vecinos a bosques mesófilos	8.5 ± 1.50	7	10	12
Encinares	9.00 ± 1.00	8	10	11
Potrero sobre mal país, vecino a bosque de pino-encino	11.00 ± 0.00	11	11	11
Cafetales sombra monoespecífica	6.50 ± 1.50	5	8	10
Encinar sobre mal país	9.00 ± 0.00	9	9	9
Bosques de pino-encino sobre mal país	5.67 ± 0.33	5	6	8
Bosque de pino-encino	8.00 ± 0.00	8	8	8
Claro de bosque mesófilo	8.00 ± 0.00	8	8	8
Maizal en descanso vecino a encinar	7.00 ± 0.00	7	7	7
Potrero sobre mal país, vecino a encinar	6.00 ± 0.00	6	6	6
Paisaje de montaña				
Potreros vecinos a bosques de pino	5.75 ± 0.96	3	7	13
Bosques de pino	3.25 ± 0.63	2	5	7
Bosque de pino ilite	5.00 ± 0.00	5	5	5
Potrero vecino a bosque de oyamel	2.00 ± 0.00	2	2	2
Bosque de oyamel	3.00 ± 0.00	3	3	3
Potrero vecinos a bosque de pino ilite	5.00 ± 0.00	5	5	5
Bosque de pino mal país	2.00 ± 0.00	2	2	2
Vegetación de altura	0.67 ± 0.33	1	1	2

Fig. 8. Riqueza máxima en los 26 tipos de comunidad de la Región Cofre de Perote. 1. Bosques tropicales caducifolios. 2. Potreros vecinos a bosques tropicales caducifolios. 3. Bosques mesófilos. 4. Maizales en descanso vecinos a bosques tropicales caducifolios. 5. Cafetales con sombra poliespecífica. Potreros vecinos a bosques tropicales caducifolios sobre mal país. 7. Potreros vecinos a bosque de pino-encino sobre mal país. 8. Potreros vecinos a bosques de pino. 9. Potreros vecinos a bosque mesófilo. 10. Potreros sobre mal país vecinos a bosque de pino-encino. 11. Encinares. 12. Cafetales con sombra monoespecífica. 13. Encinares sobre mal país. 14. Claro de bosque mesófilo. 15. Bosques de pino-encino sobre mal país. 16. Bosques de pino-encino. 17. Bosques tropicales caducifolios sobre mal país. 18. Maizal en descanso vecino a encinar. 19. Bosque de pino. 20. Potreros sobre mal país vecinos a encinares. 21. Potreros vecinos a bosque de pino-ilite. 22. Bosque de pino-ilite. 23. Bosque de oyamel. 24. Potreros adyacentes a bosque de oyamel. 25. Bosque de pino sobre mal país. 26. Vegetación de altura.



2.2.3.4. Diversidad beta

Como resultado del Análisis de Componentes Principales (ACP) se formaron siete grupos de sitios con un recambio promedio entre cada grupo mayor al 50% (ver Fig. 9). El grupo A incluyó a todos los bosques tropicales caducifolios y el grupo B a los bosques tropicales caducifolios sobre “mal país”. El grupo C se formó con los potreros vecinos a selva baja caducifolia y con maizales en descanso vecinos a las mismas. El grupo D incluyó a los potreros vecinos al bosque mesófilo y a un cafetal con sombra monoespecífica que fue sometido a

tratamiento con herbicidas. El grupo E se formó con los bosques mesófilos, el encinar sobre “mal país”, los cafetales restantes y el claro de bosque mesófilo. El grupo F incluyó a los encinares y su vegetación inducida adyacente y a los bosques de pino-encino (sobre “mal país” y sobre suelo profundo) y sus potreros adyacentes. Por último el grupo G se formó con los tres tipos de bosque de pino ubicados a altitudes mayores a 2400 m, bosque de oyamel, sus potreros vecinos y la vegetación de altura. Los ejes 2 y 3 explicaron un 29.86% de la varianza común.

Los valores de la diversidad beta promedio por comunidad siguieron diferentes tendencias según el paisaje. En el paisaje tropical la mayor diversidad beta promedio se presentó entre los ambientes más nuevos: los bosques tropicales caducifolios sobre “mal país” (77.5%), seguida por el recambio entre los diferentes tipos de selva baja caducifolia y sus potreros adyacentes (> 68%). La diversidad beta entre los bosques tropicales caducifolios y sus maizales vecinos fue de 51.8%. En el Análisis de Componentes Principales se refleja claramente lo anterior, ya que el eje 3 separa a los bosques tropicales caducifolios y sus diferentes usos del suelo.

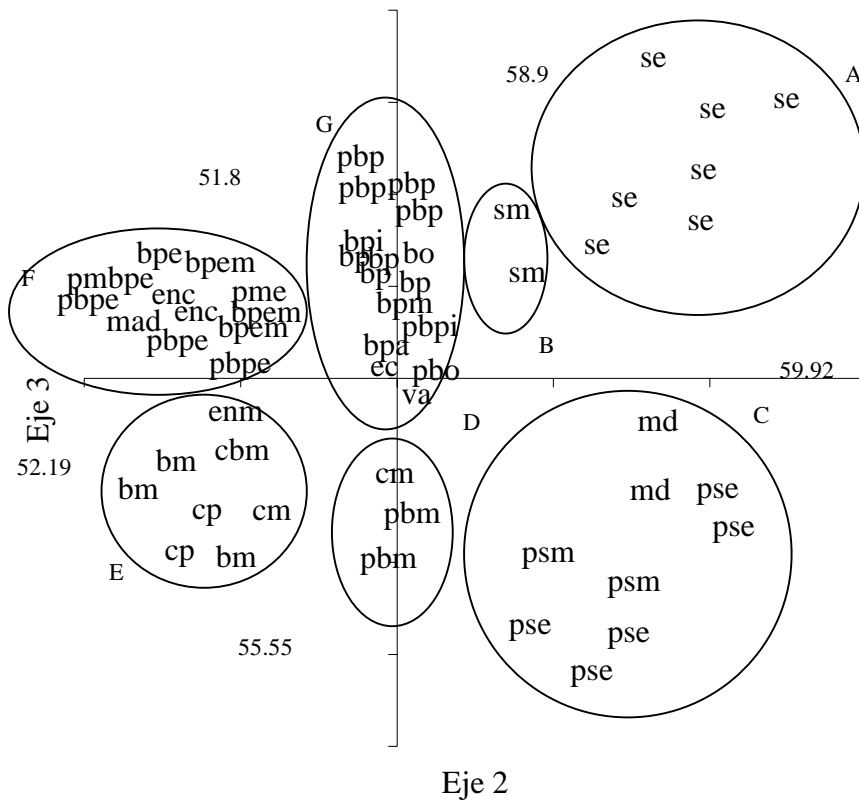


Fig. 9. Análisis de Componentes Principales no centrado no estandarizado de los sitios con más del 85% de la fauna estimada. Las letras mayúsculas (A-G) indican los grupos formados. Los porcentajes de recambio se indican en medio de cada par de grupos. Cada tipo de comunidad estudiada se simboliza con sus iniciales, a saber: se = bosques tropicales caducifolios, sm = bosques tropicales caducifolios sobre mal país; md = maizales en descanso vecinos a bosques tropicales caducifolios, pse = potreros adyacentes a bosques tropicales caducifolios, psm = potreros adyacentes a bosques tropicales caducifolios sobre mal país; cm = cafetales con sombra monoespecífica, pbm = potreros adyacentes a bosques mesófilos, bm = bosques mesófilos, cp = cafetales con sombra poliespecífica, enm = encinar sobre mal país, pbpe = potrero vecino a bosque de pino-encino, pmbpe = potrero sobre mal país, vecino a bosque de pino-encino; bpe = bosque de pino-encino, bpem = bosque de pino-encino sobre mal país, enc = encinar, mad = maizal en descanso vecino a encinar; potrero sobre mal país, vecino a encinar; bp= bosque de pino, pbp= potreros vecinos a bosques de pino, bpi= bosque de pino ilite, pbpi= potrero vecino a bosque de pino ilite, bpm= bosque de pino sobre mal país, bo = bosque de oyamel, pbo = potrero adyacente a bosque de oyamel, va = vegetación de altura.

La menor diversidad beta se encontró entre los maizales, entre los bosques tropicales caducifolios y entre los potreros (Cuadro 13).

En el paisaje de transición la mayor diversidad beta promedio se presentó entre el encinar y el potrero sobre “mal país” vecino a encinar (62.50%), entre bosques mesófilos y cafetales con sombra monoespecífica, así como entre los bosques mesófilos y sus potreros vecinos (55.55%). Sin embargo el ACP separó solamente a los mesófilos de sus potreros, en dos grupos en el eje 2, pero no a los encinares. Las comunidades con mayores similitudes en su composición fueron los bosques mesófilos y cafetales con sombra poliespecífica, el bosque mesófilo y su claro y el encinar-maizal en descanso adyacente al encinar. Lo anterior se ve claramente en el ACP.

En el paisaje de montaña la mayor diversidad beta promedio se presentó entre las comunidades que integran la vegetación de altura (100%) y entre los potreros vecinos a los bosques de pino (63.92%). Los valores más pequeños se encontraron en los bosques de pino entre sí y entre los bosques de pino y el bosque de pino sobre “mal país” (Cuadro 13). Todas las comunidades del paisaje de montaña formaron un sólo grupo en el ACP.

2.2.3.5. Diversidad gamma

En el paisaje tropical (0-1000 msnm) formado por bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios fragmentados y alterados, intercalados con pastizales, se encontró una diversidad gamma de 30 especies: 29 de Scarabaeinae y una especie de Silphidae. En el paisaje de transición (1100-2000 msnm) que incluye pequeños fragmentos de bosque mesófilo, encinar, cafetales y potreros principalmente; la diversidad gamma fue de 30 especies, 26 especies de Scarabaeinae y cuatro de Silphidae. En el paisaje de montaña (>2000 msnm) donde se encuentran fragmentos de bosques templados y pastizales la diversidad gamma fue de 17 especies: 11 de Scarabaeinae, cuatro de Geotrupinae y dos de Silphidae.

La composición de especies en el paisaje tropical fue muy distinta con respecto a los otros dos paisajes. La complementariedad entre el paisaje tropical y el de montaña fue de 97.82%, y con respecto al paisaje de transición fue de 82.35%. La complementariedad entre el paisaje de transición y de montaña fue del 79.48%.

El paisaje tropical compartió el 30% de sus especies con el paisaje de transición y sólo el 3.33% de las mismas con el paisaje de montaña, además fue el paisaje que tuvo mayor número de especies exclusivas (70%). El paisaje de transición compartió el 26.67% de sus especies con el paisaje de montaña, valor muy semejante al porcentaje de especies compartidas con el paisaje tropical, sin embargo, a pesar de su carácter transicional, el 43.33% de sus especies se encontraron únicamente en ese paisaje. El 47.06% de las especies del paisaje de montaña fueron exclusivas.

Cuadro 13. Diversidad beta en los paisajes de la Región Cofre de Perote

Comunidades	Diversidad beta			
	(β)	Error estándar	min	max
Paisaje tropical				
Entre bosques tropicales caducifolios	37.33	3.43	10.00	64.70
Entre potreros vecinos a bosques tropicales caducifolios	39.02	3.02	22.20	54.55
Entre maizales en descanso	30.00	indef.	30.00	30.00
Entre bosques tropicales caducifolios sobre mal país	77.50	2.50	75.00	80.01
Entre potreros adyacentes a bosques tropicales caducifolios sobre mal país	44.40	indef.	44.40	44.40
Entre bosques tropicales caducifolios-potreros	68.61	14.64	42.90	100.0
Entre bosques tropicales caducifolios sobre mal país-potreros	69.57	12.63	44.44	100.0
Entre bosques tropicales caducifolios-maizales	51.80	11.80	40.00	63.61
Paisaje de transición				
Entre bosques mesófilos	37.37	6.82	23.80	45.40
Entre encinares	15.79	indef.	15.79	15.79
Entre bosques mesófilos-encinar sobre mal país	35.47	7.30	22.20	47.40
Entre bosques mesófilos-encinares	47.64	4.16	33.30	57.90
Entre bosques de pino-encino sobre mal país	34.85	7.58	27.27	50.00
Entre bosques de pino-encino mal país-bosques de pino-	31.61	13.34	7.70	53.80
Entre potreros vecinos a bosque mesófilo	28.60	indef.	28.60	28.60
Entre cafetales con sombra mono-específica-poliespecífica	46.41	4.94	33.33	55.50
Entre potreros vecinos a bosques de pino-encino	47.37	1.35	45.50	50.00
Entre bosques de pino encino-potrero	38.26	6.56	27.30	50.00
Entre bosques mesófilos y potreros	55.55	11.11	44.44	66.66
Entre encinar y maizal	17.61	indef.	17.60	17.60
Entre bosques de pino encino mal país-potreros	32.40	5.10	27.30	37.50
Entre bosque mesófilos y cafetal mono-específico	55.55	indef.	55.55	55.55
Entre bosque mesófilos y cafetal poliespecífico	14.30	indef.	14.30	14.30
Entre encinar y potrero sobre mal país vecino a encinar	62.50	indef.	62.50	62.50
Entre bosque mesófilo y claro	15.80	indef.	15.80	15.80
Paisaje de montaña				
Entre bosques de pino	30.59	6.31	11.30	50.00
Entre bosques de pino-potreros adyacentes	57.77	13.09	40.00	83.33
Entre bosques de pino-bosque de pino mal país	32.92	7.15	15.00	50.00
Entre bosques de pino-bosque de pino-ilite	35.71	9.37	11.11	55.50
Entre bosques de pino-bosque de oyamel	47.18	4.28	42.90	60.00
Entre potreros vecinos a bosques de pino	63.92	7.99	46.60	100.0
Entre potreros bosque de pino-potreros de bosques de pino-	37.13	6.25	20.00	50.00
Entre potreros bosque de pino-potreros de bosques de	79.20	8.29	60.00	100.0
Entre vegetación de altura	100.00	indef.	100.00	100.0

3. Conclusiones

3.1 Análisis de la diversidad alfa, beta y gamma

3.1.1 Murciélagos

- a. La diversidad gamma de murciélagos en el paisaje tropical de la región Cofre de Perote está determinada en gran medida por la diversidad alfa, particularmente por la contribución de la comunidad de mayor riqueza específica: la selva mediana.
- b. El aporte de la diversidad beta entre comunidades a la diversidad gamma es mínimo, pues solamente dos especies de la unidad de paisaje no fueron registradas en la selva mediana (abundantes en la vegetación riparia).

3.1.2 Anfibios

- a. El análisis conjunto de los valores de las diversidades alfa, beta y gamma sugiere que la diversidad de anfibios en el paisaje de transición esté influida más por la heterogeneidad intrínseca del sistema que por la riqueza de cada uno de sus elementos.
- b. El 76% de la riqueza de especies de todo el paisaje se encuentra en los fragmentos de bosque y ya sea con los remanentes riparios o con los cafetales de sombra alcanza el 100% de la riqueza de todo el paisaje.
- c. La lista potencial o esperada de anfibios para la zona asciende a 28 especies

3.1.3. Escarabajos

- a. El tipo y edad del sustrato influye en la diversidad de especies de escarabajos en la región Cofre de Perote.
- b. En los derrames de lava más nuevos hay menor número de especies y de individuos.
- c. La mayor diversidad alfa promedio de escarabajos por paisaje se encontró en el paisaje tropical y la menor en el paisaje de montaña.

- d. En los tres paisajes, el recambio en la composición de especies de escarabajos entre zonas de bosque y sus correspondientes potreros, hace que la diversidad gamma sea superior a la mayor diversidad alfa encontrada.
- e. La composición de especies de escarabajos en el paisaje tropical fue muy distinta con respecto a los otros dos paisajes, donde se compartieron un mayor número de especies, su complementariedad fue del 79.49%.
- f. El número de especies exclusivas en cada paisaje fue alto debido a que la región Cofre de Perote se ubica en una zona de transición, en donde cada paisaje tiene una fauna no sólo muy característica, sino incluso con afinidades biogeográficas diferentes.
- g. La diversidad gamma de escarabajos copronecrófagos parece estar determinada en gran medida por la diversidad beta. El tipo de diferencias que se encontraron entre las comunidades comparadas corresponde con la gran heterogeneidad de la región Cofre de Perote.

4. Los diplópodos en la región Cofre de Perote

Para la región Cofre de Perote se han registrado hasta ahora 77 especies de diplópodos, tomando en cuenta los datos provenientes de la literatura existente y de las capturas realizadas (ver Apéndice 3). De los ejemplares colectados, se depositó material de referencia en la Colección de Diplopoda del Departamento de Biología de Suelos del Instituto de Ecología, A. C.

En el paisaje de transición se han determinado 10 órdenes, 19 familias, 22 géneros y 29 especies y morfoespecies, de las cuales 23 se encontraron en bosque mesófilo y en cafetal únicamente dos, aunque todavía falta material por revisar. Es importante señalar que en México se han reportado un total de 13 órdenes de los 15 existentes en el mundo, lo que habla de la alta riqueza de diplópodos a este nivel taxonómico, en la región Cofre de Perote.

Los datos obtenidos hasta ahora sugieren que la riqueza específica del grupo se ve afectada al modificar las comunidades originales (23 especies en bosque y solamente dos en

cafetal). *Anadenobolus potosianus* (Spirobolida: Rhinocricidae), es la única especie se ha encontrado tanto en bosque mesófilo como en cafetal. *Oxidus gracilis* (Polydesmida: Paradoxosomatidae) es una especie introducida que se ha encontrado solamente en bosque y en sitios perturbados como cultivos, sin embargo no en cafetales.

Los diplópodos son animales predominantemente edáficos y muy sensibles a la pérdida de la cubierta vegetal del bosque y a la introducción de prácticas agrícolas y ganaderas (Bueno-Villegas y Rojas 1999). Parece ser que factores microambientales como humedad en el suelo e intensidad de luz, el tipo de hojarasca para su alimentación y el uso de agroquímicos pueden estar afectando la permanencia de este grupo en sitios donde cambia el tipo de vegetación aunque permanezca la cobertura vegetal.

A pesar de su importancia ecológica y de ser la tercer clase más grande de artrópodos después de Insecta y Arachnida (Golovatch *et al.* 1995), su taxonomía es poco conocida, sobretodo en las regiones tropicales (Hoffman 1989) y actualmente muchos de los grupos se encuentran en revisión.

La problemática taxonómica del grupo, ha sido un factor importante al que nos hemos enfrentado durante el desarrollo de este trabajo, lo cual ha dado como resultado un número alto de ejemplares determinados como morfoespecie. Históricamente la región neotropical, ha sido una de las regiones en las que el grupo ha sido menos estudiado y desde hace aproximadamente una década, las especies descritas para esta área están siendo sujeto de una exhaustiva revisión sistemática, teniendo como resultado un número importante de sinonimias incluso al nivel de familia.

Para la parte Neotropical de México se han registrado 12 órdenes, 24 familias, 80 géneros y aproximadamente 570 especies. Dentro de los estados del país, Veracruz es de los más estudiados y hasta antes de este estudio se conocían 87 especies (Bueno-Villegas y Rojas 1999). Considerando los resultados obtenidos en el tiempo que va de este trabajo y comparando estos con los datos mencionados anteriormente para el país y el estado, es

importante señalar también que la riqueza específica así como la riqueza a nivel de orden son una contribución importante al conocimiento de la fauna de diplópodos del país.

Otro punto a resaltar, es el número de especies nuevas encontradas, correspondiendo al patrón observado para la fauna de diplópodos del neotrópico comentado por Hoffman y Shear (com. pers.) quienes han mencionado que de diez especies colectadas en el trópico, de tres a cinco serán nuevas.

En los ejemplares determinados se han encontrado numerosas especies nuevas de las familias Holistophallidae, Sphaeriodesmidae, Fuhrmannodesmidae y Rhachodesmidae (Polydesmida). De la familia Cleidogonidae (Chordeumatida) todos los ejemplares colectados están confirmados como nuevas especies por expertos en el grupo. Hemos contado con la valiosa colaboración de los Dres. Richard L. Hoffman y William Shear del Virginia Museum y del Sydney College respectivamente.

Existe una buena cantidad de ejemplares que se están tratando de determinar, aunque ha sido difícil debido a la falta de claves y literatura apropiada para muchas de las familias y géneros, cosa que ya se ha mencionado con anterioridad. Las morfoespecies, así como las especies nuevas, seguirán trabajándose hasta poderlas determinar, para su próximo registro en la base de datos de la tercera etapa del proyecto. Es importante recalcar la importancia de continuar los estudios que favorezcan el conocimiento taxonómico de grupos que como los diplópodos, que tienen un papel ecológico importante en los procesos del suelo y que debido a su susceptibilidad al cambio ambiental, una vez resuelta su problemática taxonómica pueden ser considerados para estudios más profundos sobre la diversidad a nivel de paisaje.

II. RESERVA DE LA BIOSFERA “EL TRIUNFO”

1. Métodos

1.1 Unidades espaciales

Para determinar las diferentes zonas ambientales de la Reserva (15° 09' 10" y 15° 57' 02" norte y 92° 34' 04" y 93° 12' 42" oeste) de acuerdo a su grado de fragmentación, se generó una cobertura geográfica constituida por una retícula que dividió a la superficie del área protegida en cuadrantes de 2 x 2 kilómetros (400 Ha). Posteriormente, se asignaron los atributos ambientales correspondientes a cada cuadrante con base a los polígonos en los que se ubicaron.

Los resultados de este solapamiento fueron transferidos a matrices de cuadrantes y variables ambientales. Estas matrices fueron transformadas a tablas de contingencia, las cuales consistieron en el número de observaciones de cada categoría ambiental por cuadrante. Posteriormente con los datos procedentes de estas tablas se realizó un análisis de componentes principales. La relación existente entre los ejes de la ordenación y las variables ambientales fueron comparadas por un examen visual directo. Los puntos obtenidos de la expresión gráfica del análisis de componentes principales, que estuvieron altamente asociados o agrupados fueron considerados como diferentes zonas ambientales.

Existen tres áreas que tienen características ambientales similares y que difieren sustancialmente de las otras áreas. Las variables que más influyen sobre estas unidades de paisaje son la temperatura promedio anual y el clima. La zona 1 contiene, en casi toda su extensión, bosque mesófilo en muy buen estado de conservación, aunque también presenta pequeños rodales de bosque de pino y pocas áreas de zonas perturbadas. Las zonas 2 y 3 presentan bosque mesófilo, bosque de pino y selva alta y mediana, predominando en ambos casos el primero. En cuanto a su grado de fragmentación, en ambas zonas se presentan desde pequeñas hasta grandes áreas de cultivos de café, pastizales, acahuales en diferentes estadios

y otras zonas perturbadas. Las características generales de las zonas ambientales se muestran en el Cuadro 14.

1.2. Trabajo de campo

1.2.1. Sitios de muestreo

En total se establecieron tres estaciones, cada una de ellas en una zona ambiental. La estación 1, considera solo bosque mesófilo en muy buen estado de conservación. La estación 2, contempla bosque mesófilo, cafetal de sombra y unos manchones de bosque de pino. La estación 3, abarca bosque de pino, cafetal de sombra, acahual y pastizal. Los muestreos tuvieron una duración de seis días de trabajo de campo efectivo y se realizaron cada mes durante dos años.

Para evaluar el grado de fragmentación de los sitios trabajados se usó el índice de diversidad (heterogeneidad) de Shannon (Magurran 1988). El valor del índice oscila entre 1.5 y 3.5 y sólo muy rara vez sobrepasa los 4.5. Para los cálculos anteriores se usó el programa DEFrag para PC.

De cada sitio de muestreo se obtuvo el número y tamaño de las zonas alteradas mediante el solapamiento con imágenes de Satélite LandSat de 1995 y 1996, y la utilización del programa Arc-Info y Arc-View.

1.2.2. Métodos de captura

Para registrar las especies de anfibios y reptiles cuya actividad generalmente es diurna, se llevaron a cabo recorridos de 1,000 a 3,000 m, por caminos secundarios o veredas, en los cuales se realizaron observaciones de las especies más frecuentes. El tiempo de recorrido (esfuerzo de captura) fue siempre de cuatro horas/hombre/sitio/mes. También se utilizaron cercas de desvío de lamina de aluminio (15 m de longitud por 50 cm de altura) con trampas de embudo (captura indirecta). Las trampas de embudo (cilíndricas) fueron construidas con malla

de alambre y su longitud era de 76 cm y el diámetro del embudo de 20 cm. En total se colocaron diez cercas de desvío en cada estación de muestreo, su disposición y colocación fue variada, de tal forma que se lograra la mayor efectividad posible. Las trampas se revisaron dos veces al día, a las 09:00 horas y a las 18:00 horas, con el propósito de determinar patrones de actividad diurna y nocturna. Para esta técnica de captura se considero un esfuerzo de captura de 24 horas/hombre/sitio/mes.

Cuadro 14 . Características de las zonas ambientales de la Reserva “El Triunfo”.

Zona Ambiental	Características Ambientales	Tipos de comunidad
1	Clima: C(m).	Bosque Mesófilo
	Altitud: 2000 a 2500 m; 2500 a 3000 m.	Bosque de Pino
	Temperatura: 14 a 16 ° C; 16 a 18 ° C	
	Precipitación 3000 a 3500 mm	
2	Clima: Am	Bosque Mesófilo
	Altitud: 1000 a 1500 m; 1500 a 2000 m	Bosque de Pino
	Temperatura: 22 a 24° C	Selva Alta y Mediana
	Precipitación: 2000 a 2500 mm; 2500 a 3000 mm	Areas Perturbadas
3	Clima: A (C)m; (A)C(fm)	
	Altitud: 500 a 1000 m; 1000 a 1500 m	
	1500 a 2000 m	Bosque de Pino
	Temperatura: 18 a 20° C; 20 a 22° C	Selva Alta y Mediana
	Precipitación: 2500 a 3000 mm; 3000 a 3500 mm	
	3500 a 4000 mm	Areas Perturbadas

Para los registros de los anuros se utilizaron también triangulaciones con base a vocalizaciones durante los recorridos nocturnos (Zimmerman 1994). En caso de los anfibios y las lagartijas la captura fue manual, en caso de las serpientes se utilizaron ganchos y pinzas herpetológicas. Los ejemplares capturados se identificaron y se marcaron en forma permanente

por mutilación de falanges en caso de anuros y lagartijas, y para el caso de serpientes con marcaje por medio de muescas en las escamas ventrales (Tellería 1986).

En promedio se recolectaron tres ejemplares, solo de aquellas especies muy importantes y difíciles de determinar en el campo. De las especies que aparecen en la norma oficial (Diario Oficial de la Federación, mayo 1994) en algún estatus (en peligro, amenazado, raro, endémico) sólo se tomaron fotografías. Los especímenes colectados se depositarán en la colección herpetológica de ECOSUR (registro SEMARNAP CHI.RE.032.0697 y CHI.AN.031.0697).

Para la captura de roedores se utilizaron trampas Sherman y Tomahawk, las cuales se cebaron con mezcla de avena, esencia de vainilla y crema de cacahuete, y en algunos casos se utilizaron frutas (mango y guayaba). El diseño de trampeo fue el de transecto lineal, con la aplicación de 30 trampas (20 trampas Sherman y 10 Tomahawk) por cada transecto, distribuyendo una trampa Tomahawk después de cada cinco trampas Sherman. Las trampas se colocaron a una distancia de 15 metros entre sí. Las trampas se revisaron y se recibieron una vez al día, en la mañana (aproximadamente a las 07:00 hrs.).

Después de la toma de información, los individuos se liberaron en el sitio de captura. Se colectaron únicamente tres especímenes por especie y por localidad para formar una colección de referencia de los roedores de la Reserva. Estos ejemplares fueron depositados en la Colección Mastozoológica de ECOSUR (Chi.Ma.0130997).

1.3. Compilación de registros

Para obtener un diagnóstico general sobre el grado de conocimiento de la fauna de anfibios, reptiles y roedores de la Reserva El Triunfo, se llevó a cabo una búsqueda de los registros de distribución disponibles en diversas fuentes como especímenes colectados y depositados en colecciones zoológicas nacionales y del extranjero. Asimismo registros señalados en trabajos publicados, tesis e informes internos no publicados. Los registros fueron

aceptados únicamente cuando procedían de fuentes fidedignas. Con base a los diversos trabajos publicados, se identificaron las principales colecciones zoológicas y museos nacionales y extranjeros que contenían especímenes colectados dentro de la zona de estudio y sus alrededores y se les solicitó a sus curadores el envío de la información correspondiente a manera de listados o en medio magnético. Todos los registros obtenidos fueron ingresados a una base de datos computarizada. No se capturó ningún registro extremadamente dudoso para mantener la calidad de la información.

1.4. Evaluación del trabajo de campo

Se realizó una evaluación del trabajo de campo en función del esfuerzo de muestreo (horas / hombre) mediante curvas de acumulación de especies basadas en el modelo de Clench. Mediante esta herramienta también se estableció la duración mínima de los muestreos para registrar 90 % de la fauna total y se cuantificó el número de especies potenciales.

Los datos de acumulación de especies en función de los días de muestreo, fueron aleatorizados 500 veces (reordenamiento repetido de muestras al azar) con el programa EstimateS Versión 5.0 (Colwell 1997).

1.5. Cálculo y análisis de las diversidades alfa, beta y gamma.

La diversidad alfa se cuantificó a través del simple conteo de las especies registradas en los diferentes sitios de muestreo. La diversidad beta se calculó usando la fórmula propuesta por Schluter y Ricklefs (1993). Esta fórmula nos permitió determinar el reemplazo de especies entre sitios contiguos con diferentes tipos de vegetación y se analizó por grupos de hábitat: naturales-naturales, modificados-modificados y naturales-modificados.

La diversidad gamma se estimó aplicando la fórmula propuesta por Schluter y Ricklefs (1993).

2. Resultados

2.1. Base de datos

La información recabada durante las consultas a las colecciones regionales del Instituto de Historia Natural y ECOSUR y la revisión de museos nacionales y extranjeros, así como, los registros bibliográficos dio como resultado la obtención de 299 registros, de los cuales 192 corresponden a roedores, 34 a anfibios y 73 a reptiles. En el caso de los roedores, se obtuvo una lista de 25 especies, comprendidas en 12 géneros y dos familias. Para la herpetofauna, se registró un total de 53 especies, agrupadas en siete familias, 12 géneros y 20 especies de anfibios y 10 familias, 26 géneros y 33 especies de reptiles (Apéndice 4) (Espinoza *et al.* 1999, Hall, 1981, Luna 1997).

2.2. Curvas de acumulación de especies

Como resultado de los ajustes al modelo de Clench, encontramos que en el caso de los anfibios hemos llegado casi a la asíntota de la curva, lo cual nos indica que encontramos cerca del 90 % de las especies esperadas; 87.5 % para los bosques mesófilos, el 81.8 % para el cafetal y solo tenemos el 72.7 % del alfa real en el bosque de pino-encino (Fig.10). Parece ser que para esta última comunidad es necesario un poco más de esfuerzo de muestreo.

En el caso de los reptiles, en todas las comunidades necesitamos realizar más trabajo de campo, ya que el alfa observada se encuentra entre el 50 y 65 % de la riqueza esperada (Fig.11). Los resultados en este caso resultan interesantes, ya que extrapolando a 100 días de muestreo, solo alcanzaríamos entre el 75 y 78 % del alfa esperada en las diferentes asociaciones vegetales. Esto nos podría indicar que el grupo de los reptiles es un taxón poco útil para cuantificar el efecto de la fragmentación del hábitat sobre la diversidad, ya que se necesita un esfuerzo de captura muy alto para obtener más del 85% de las especies potenciales de cada comunidad. Esta característica podría estar afectando los resultados en

cuanto a la riqueza encontrada y esperada en los cafetales y bosque mesófilo fragmentado, pues es precisamente en estas comunidades, donde la curva del modelo es menos asintótica.

En los roedores encontramos que en el bosque mesófilo conservado tenemos un 88 % de la fauna esperada, mientras que en el cafetal y en el pastizal tenemos el 100 % de las especies potenciales. En el bosque de pino-encino y en el bosque mesófilo fragmentado, tenemos el 73 % y 66 % de a riqueza esperada. Aunque parecería que en estas comunidades falta por realizar bastante trabajo de campo, solo nos faltan por encontrar tres y dos especies respectivamente (Fig.12). Por consiguiente podemos afirmar, que en el caso de roedores, la modificación del hábitat o su fragmentación, afecta seriamente a este grupo animal.

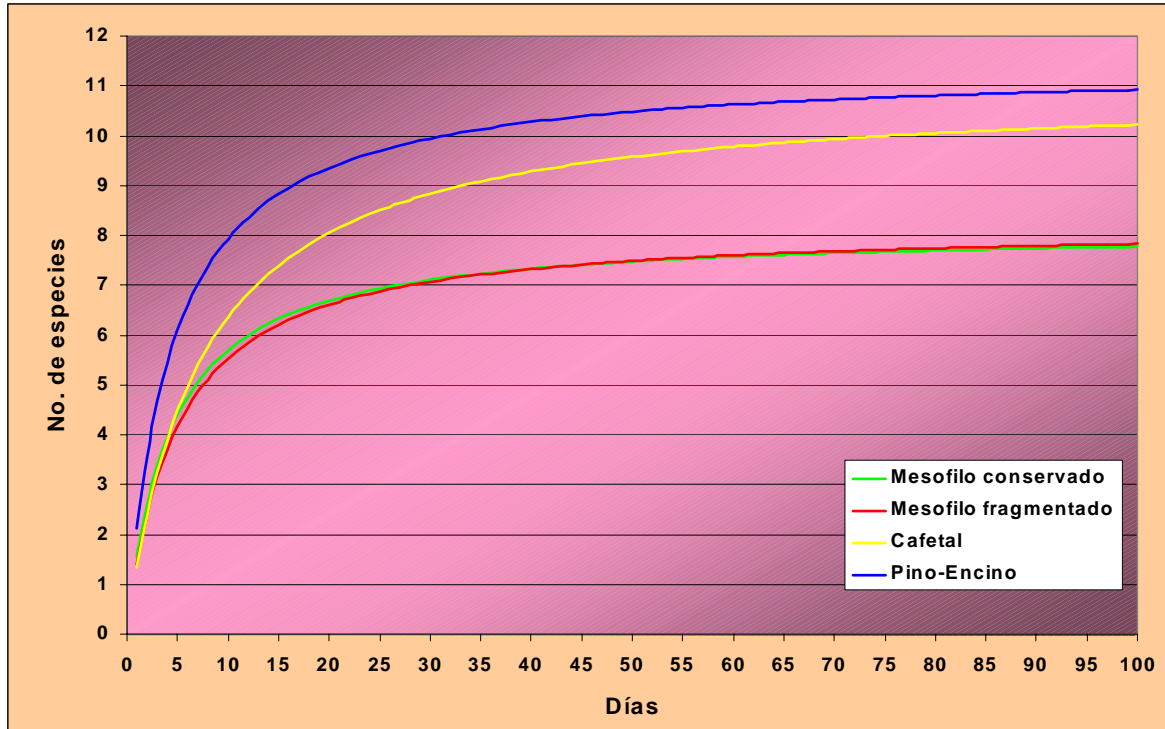


Figura 10. Curva de acumulación de especies de anfibios en las diferentes comunidades muestreadas

Utilizando el modelo de Clench, se demostró que para el grupo de los anfibios y ratones se alcanza una fase asintótica para la Reserva “El Triunfo”, (Fig.13) es decir que tenemos mas del 90 % de las especies esperadas (92.3 % para los anfibios y 91.5 % para los ratones). Con los reptiles, solo tenemos registradas el 72 % de las especies esperadas, por consiguiente es necesario realizar más trabajo de campo en este grupo animal.

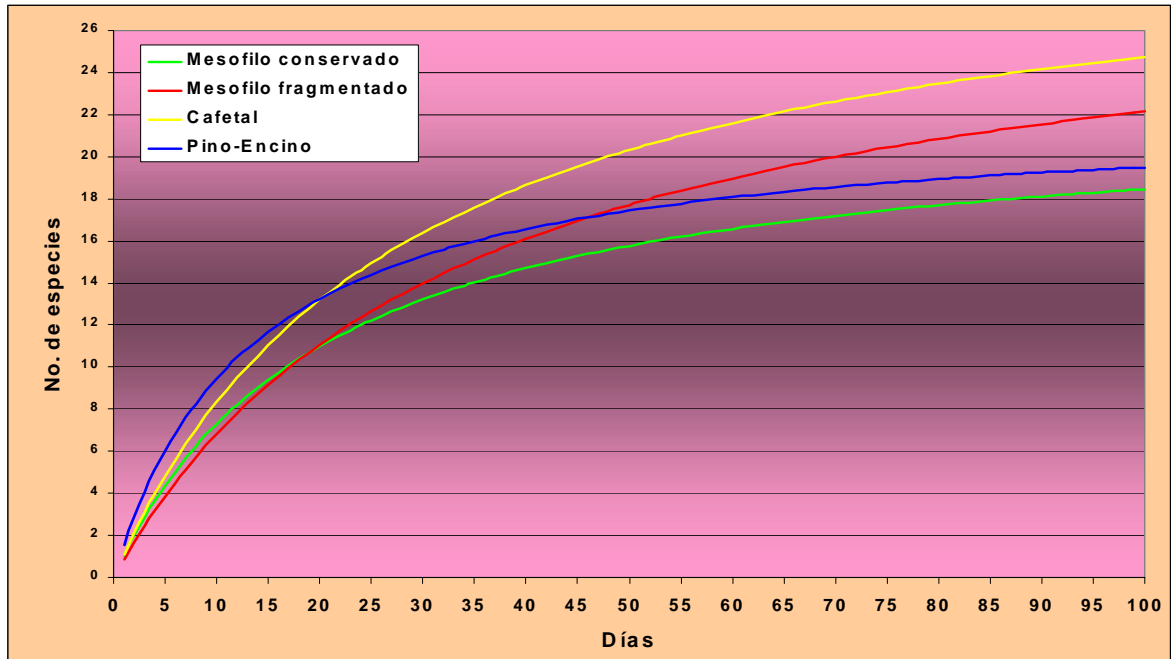


Figura 11. Curvas de acumulación de especies de reptiles en las comunidades muestreadas

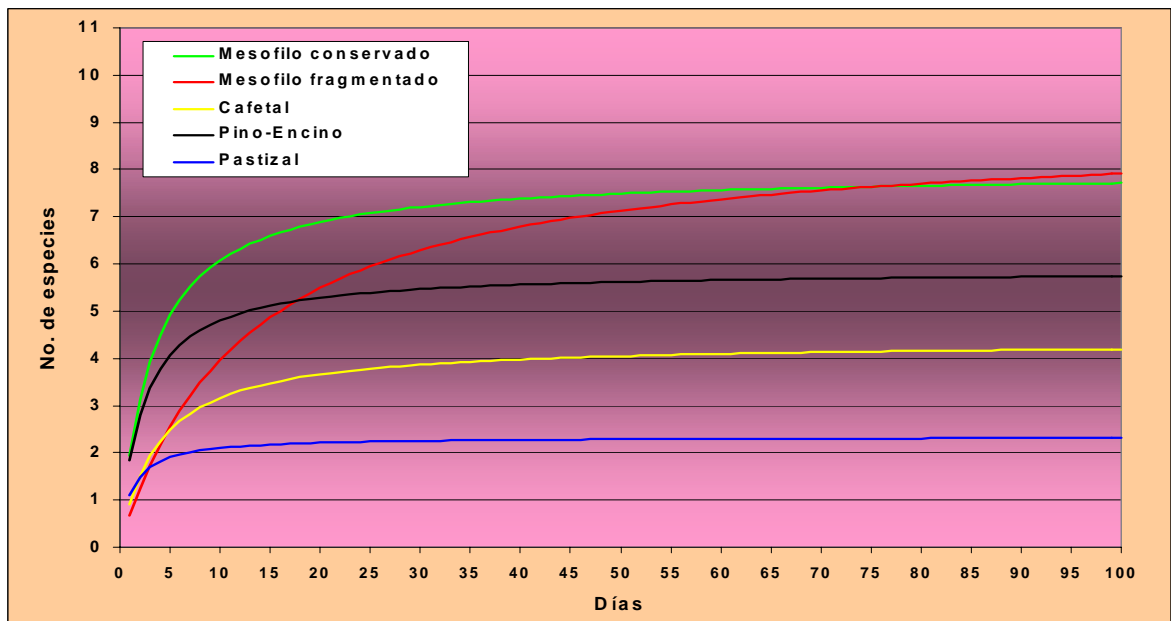
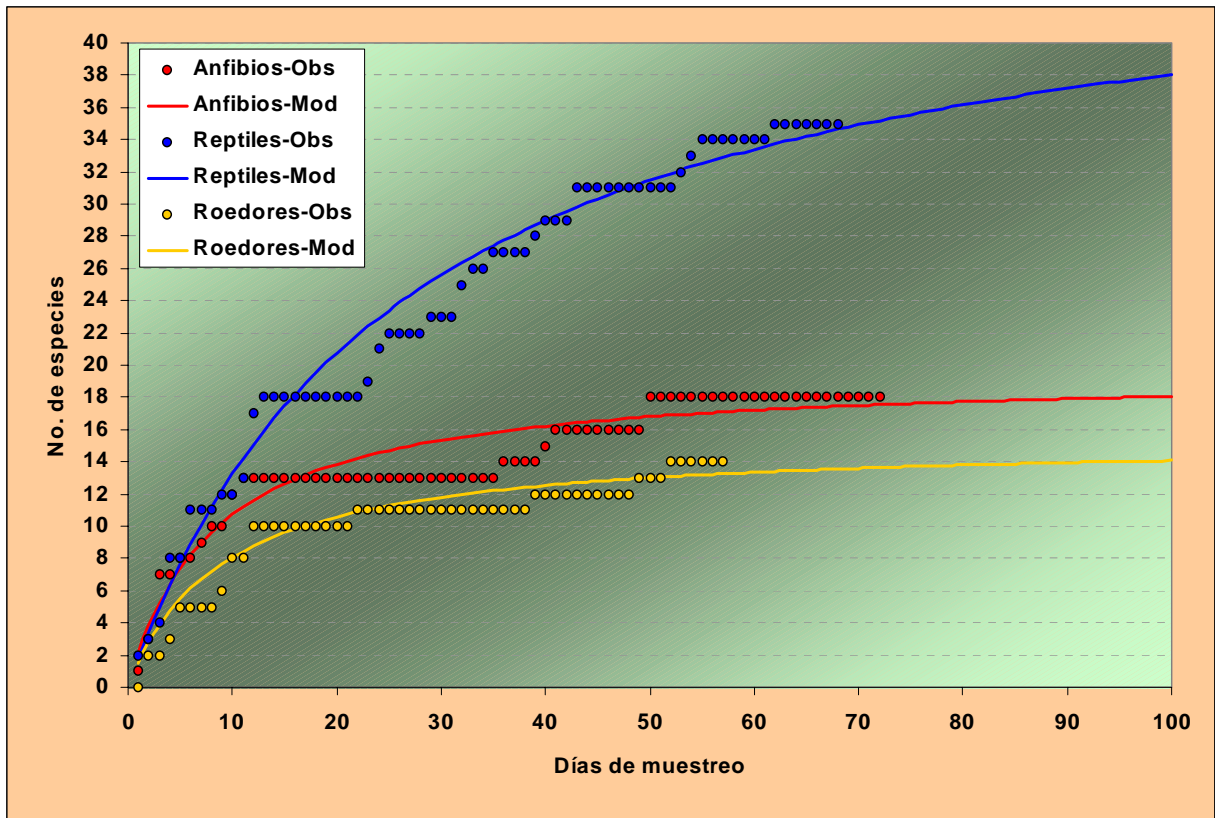


Figura 12. Curva de acumulación de especies de roedores en los diferentes tipos de vegetación.

Fig. 13 Curvas de acumulación de especies de acuerdo con el modelo de Clench (Mod) y a los datos observados para los tres grupos parámetro



2.3. Análisis de la diversidad alfa, beta y gamma

En total se registraron cinco familias, nueve géneros y 18 especies de anfibios y nueve familias, 24 géneros y 35 especies de reptiles. Para el caso de roedores se registró un total de dos familias, siete géneros y 14 especies de roedores mórvidos y heterómidos (Apéndice 4).

2.3.1 Riqueza máxima por comunidad

La riqueza máxima, sin considerar el grado de fragmentación e incluyendo a los tres grupos parámetro, tuvo los valores más altos en el bosque mesófilo y la menor en el pastizal. Cada grupo presentó las siguientes tendencias:

a) En los anfibios, la riqueza en cafetales y bosques de pino-encino fue semejante a la encontrada en bosque mesófilo, abatiéndose en el pastizal. b) En los reptiles la diversidad alfa en el bosque mesófilo fue dos veces mayor que la encontrada en el bosque de pino y casi cuatro veces mayor a la encontrada en pastizales y vegetación secundaria. El cafetal tuvo una alta diversidad alfa. c) En los roedores el bosque mesófilo tuvo una diversidad alfa tres veces mayor que el cafetal y el bosque de pino y seis veces mayor que los pastizales y la vegetación secundaria (Cuadro 15)

Cuadro 15. Riqueza máxima de especies por grupo y total por tipo de comunidad en la Reserva El Triunfo.

	Mesófilo	Cafetal	Pino-Encino	Pastizal/Veg. Secundaria
Anfibios	11	9	8	2
Reptiles	23	19	11	6
Roedores	12	4	4	2
Total	46	32	23	10

Hasta este punto se encontró que la transformación del hábitat natural, ya sea convirtiendo el bosque mesófilo a cafetal o el bosque de pino-encino a pastizal o vegetación secundaria (acahuales), afectó a la riqueza de especies, siendo mucho más drástico el efecto en el grupo de los roedores. El efecto fue menor en los reptiles y en anfibios. Cabe enfatizar que cuando se transforma la vegetación original a pastizal o acahuales recientes, el efecto es mucho más severo, que cuando se convierte a cafetal, debido principalmente a que el cafetal contiene una estructura arbórea, que aunque parece simple (compuesta por sola una especie *Inga* sp.), favorece la conservación de la biodiversidad, esto solamente tomando en cuenta la riqueza de especies, que es un componente muy importante de la biodiversidad.

Por otra parte, cuando se separó el bosque mesófilo en conservado y fragmentado, la riqueza máxima tuvo sus mayores valores en el cafetal y los menores en el bosque mesófilo

conservado. Para la herpetofauna la riqueza fue más alta en los cafetales, en comparación con los bosques mesófilos, y para los roedores disminuyó (Cuadro 16).

Cuadro 16 . Riqueza máxima de especies por grupo y total en comunidades conservadas y fragmentadas.

	Mesófilo Conservado	Mesófilo fragmentado	Pino-Encino	Cafetal	Pastizal / Veg. Secundaria
Anfibios	7	7	8	9	3
Reptiles	13	15	11	19	6
Roedores	7	7	4	4	2
Total	27	29	23	32	11

2.3.2. Diversidad beta entre comunidades

La diversidad beta arrojó resultados interesantes. A nivel de todas las comunidades, los índices de recambio de especies más altos se presentaron entre el bosque mesófilo y la vegetación secundaria, con un valor que va desde $\beta=0.852-1.0$. Lo anterior, nos indica que existe un fuerte cambio en la composición de especies dentro de las comunidades de estos grupos. Es decir, que el pastizal/vegetación secundaria, además de ser un hábitat pobre en especies, tiene una composición muy diferente y particular. Por lo tanto, la transformación de un hábitat conservado (ya sea bosque de pino-encino o bosque mesófilo) a pastizal/vegetación secundaria, afecta fuertemente la biodiversidad del tipo de vegetación original.

La otra gran diferencia en la composición de especies en todos los grupos, se da entre el bosque de pino-encino y el bosque mesófilo. Este es un resultado esperado, ya que estas comunidades presentan condiciones ambientales diferentes, tanto en estructura, fisonomía y en composición florística.

Otro resultado importante, se presentó entre los bosques conservados y el cafetal, donde la diversidad beta en todos los grupos estuvo alrededor del 50 % ($\beta=0.4-0.62$).

Lo anterior indica que en promedio el cafetal contiene el 50% de las especies que se distribuyen tanto en el bosque mesófilo como en el bosque de pino-encino, además, indica que la fauna del cafetal es una combinación de la fauna del mesófilo y del bosque de pino-encino. Esto confirma una vez más, el papel del cafetal como un sistema de uso de suelo que es amigable con la biodiversidad.

Por otra parte, si analizamos el recambio de especies en los dos gradientes vegetacionales que existen en la zona de estudio, desde la comunidad más conservada hasta la más alterada; desde bosque mesófilo hasta pastizal y desde bosque de pino-encino hasta pastizal, encontramos que hay algunas diferencias entre los diferentes grupos faunísticos en cada uno de estos gradientes.

En el caso del gradiente bosque mesófilo conservado-bosque mesófilo fragmentado-cafetal-pastizal, los tres grupos se comportaron de manera similar, presentando primero un gran recambio de especies entre el mesófilo bien conservado y el mesófilo fragmentado, cuyos valores más altos se dieron entre los roedores y los reptiles. Otro hecho importante, fue la gran similitud entre el bosque mesófilo fragmentado y el cafetal, quizá debido a que son hábitats contiguos.

Cuando analizamos el otro gradiente existente en la zona de estudio (bosque pino-encino-bosque mesófilo fragmentado-cafetal- pastizal), encontramos que los roedores presentaron una mayor tendencia al recambio de especies entre más perturbado estaba el hábitat. Las comunidades de anfibios y reptiles en cambio, fueron más similares entre el bosque mesófilo de montaña fragmentado y el cafetal, es decir, que el cafetal afectó menos a los anfibios y a los reptiles que a los roedores.

2.3.3. Diversidad beta por zonas con diferentes grados de fragmentación.

En cuanto al recambio de especies entre los sitios con diferentes grados de fragmentación, se encontró que los tres grupos siguen el mismo patrón y existe un reemplazo

de especies relativamente alto. Los cambios más diferenciados se da en el grupo de los roedores. Se concluye con esto que la fragmentación del hábitat dentro de la Reserva El Triunfo, está afectando por igual a todos los grupos analizados, pero el efecto es mayor en el grupo de los roedores.

Las especies que son exclusivas de bosques bien conservados son: *Bolitoglossa franklini*, *Eleutherodactylus alfredi*, *Hyla sp1.*, *Plectrohyla sagorum*, *Anolis crassulus*, *Mesaspis moreleti*, *Coniophanes fissidens*, *Drymobius chloroticus*, *Sibon fisheri*, *Cerrophidion godmani*, *Habromys lophurus*, *Heteromys goldmani*, *Peromyscus guatemalensis*, *Peromyscus levipes* y *Reithrodontomys sumichrasti*, estos taxa al parecer no soportan grandes alteraciones en su hábitat, por lo tanto, podrían ser utilizadas como especies indicadoras de hábitats conservados.

Otro aspecto muy importante que se refleja aquí, es del 30 al 40 % de los anfibios y roedores no soportan altos grados de fragmentación. Por lo tanto estos grupos animales son muy útiles como un sistema o herramienta para determinar los efectos de la fragmentación sobre la biodiversidad. Por el contrario, son muy pocas las especies que pueden soportar altos grados de fragmentación, estas son las serpientes *Dryadophis melanolomus*, y *Geophis immaculatus*; y el ratón *Peromyscus aztecus*. Estas especies se encontraron en todas las zonas de muestreo, a diferentes altitudes y en diferentes hábitat.

Los resultados del análisis de diversidad beta, confirman de nuevo que las zonas con un disturbio intermedio, son las de mayor riqueza, ya que son capaces de mantener poblaciones que soportan cambios graduales en la estructura del hábitat. Lo anterior los podemos observar en el apéndice 3, donde el 60 % de las especies presentes en Santa Cruz, también se distribuyen ya sea en el polígono El Triunfo o en la zona de El Plan.

El disturbio intermedio que se presenta en la zona de Santa Cruz, es generado precisamente porque el bosque mesófilo de montaña se ha transformado en un 90 % a cafetal y este hábitat tal como los confirma nuestros análisis de diversidad alfa, favorece el mantenimiento y la presencia de gran número de especies. Esto puede deberse a que

probablemente el cafetal presenta un mayor número de presas disponible como los insectos, que son el principal alimentos de los anfibios y lagartijas. Asimismo el cafetal presenta la mayor abundancia de ratones, los cuales son depredados principalmente por serpientes, esto concuerda con lo reportado por Arnold (1972), que menciona que el aumento de serpientes esta correlacionada con el número de presas disponibles. Además de que la diversidad de artrópodos en estos agroecosistemas (tradicional, moderadamente sombreado) es similar en magnitud a lo reportado para bosques tropicales (Perfecto *et al.* 1997).

Considerando este trabajo, la revisión de la literatura y la revisión de colecciones científicas dentro de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, se encontró que la gama acumulada es de 30 especies de anfibios, 55 de reptiles y 26 de ratones. Lo que equivale a que dentro de la Reserva se encuentran representados el 29.7 % de los anfibios, el 25.6 % de los reptiles y el 61.9 % de los ratones reportados para el Estado de Chiapas.

3. Conclusiones

- a. Dentro de la Reserva se encuentran representados el 29.7 % de los anfibios, el 25.6 % de los reptiles y el 61.9 % de los ratones reportados para el Estado de Chiapas.
- b. El bosque mesófilo es el que mayor diversidad alfa observada presenta, tanto en los diferentes grupos, como en total.
- c. La transformación del hábitat natural afecta a la riqueza de especies, siendo mucho más drástico el efecto en el grupo de los roedores. Este efecto es menor en el grupo los reptiles y es poco severo en los anfibios.
- d. La transformación de la vegetación original a pastizal o acahuals recientes, tiene un efecto mucho más severo, que cuando modificamos a cafetal. Los cafetales tienen un papel importante en cuanto a la conservación de la riqueza de especies, en comparación con otros usos del suelo como maizales y pastizales.

- e. El grupo de los reptiles, parece ser un taxón poco útil para cuantificar el efecto de la fragmentación del hábitat sobre la biodiversidad, ya que es necesario un esfuerzo de muestreo muy alto para conocer la riqueza real o acercarnos al 90 % de las especies potenciales en cada hábitat.
- f. La mayor diversidad se encuentra en las zonas con una fragmentación intermedia, ya que aquí se presenta tanto la mayor riqueza de especie (45), así como la mayor abundancia de individuos totales (730). La menor diversidad (menor riqueza y abundancia de especies) se encuentra en las regiones más transformada (zona de El Plan).
- g. El recambio de especies entre los sitios conservados y los sitios fragmentados, es alto en los tres grupos estudiados. El recambio de especies entre los sitios conservados y los sitios fragmentados es mayor en el grupo de los roedores. Lo que sugiere que la fragmentación tiene un efecto mayor sobre ese grupo.
- h. Del 30 al 40 % de los anfibios y roedores no toleran cambios drásticos en el ambiente. Por lo tanto estos grupos animales pueden ser útiles como herramienta para determinar los efectos de la fragmentación sobre la biodiversidad en ambientes similares.

III. RESERVA DE LA BIOSFERA TEHUACÁN-CUICATLÁN

1. Métodos

1.1. Trabajo de campo

1.1.1. Sitios de muestreo

De acuerdo a un plan de colecta previamente diseñado para la evaluación de los componentes alfa, beta y gamma de la diversidad biológica, se realizaron muestreos durante 13 días en un paisaje con características biogeográficas muy distintas a los de Veracruz central, que cuenta con cuatro asociaciones vegetales bien definidas: el matorral espinoso,

tetecheras, cardonales, isotales y selva baja mezclada con algunas especies de tetecheras y cardonales (17°20' y 18°53' lat.norte y los 96°55' y 97°44' long. Oeste). .

1.1.2. Métodos de captura

Se colocaron en cada tipo de comunidad trampas cebadas con excremento humano y calamar. Se mantuvieron en campo durante 48 hrs. Además se realizaron colectas directas en excrementos de pequeños mamíferos y de ganado.

2. Resultados

Se colectaron 2412 individuos de aproximadamente 20 especies de Scarabaeinae y Aphodiinae en 337 muestras. Además, se capturaron aproximadamente 1000 ejemplares de otras familias de Scarabaeoidea y Syrphidae.

La realización de la expedición a la reserva Tehuacan-Cuicatlán fue relevante debido la cantidad y calidad de los participantes que integraron la expedición (además de los elementos mexicanos, cinco especialistas extranjeros de gran prestigio internacional) y a que todos los resultados a partir de ella serán nuevos registros para la base de datos de la Reserva de la Biósfera y para la base de datos de la CONABIO.

Paralelamente al objetivo central de la salida, se logró realizar un trabajo importante con larvas y adultos de la familia Syrphidae (Diptera) que contó con la participación de investigadores españoles, escoceses y mexicanos. Este grupo de insectos, hasta donde sabemos, nunca se había estudiado en la reserva y muy ocasionalmente en México.

IV. GRADIENTE CONEJOS-PICO DE ORIZABA

1. Métodos

1.1. Trabajo de campo

1.1.1. Sitios de muestreo

El gradiente Conejos-Parque Nacional Pico de Orizaba (19°00' a 19°20' Lat. N y 96°30' a 97°15' Long. W) incluye siete localidades separadas por 500 m de altitud y comprende cinco comunidades vegetales (ver Cuadro 17).

Las localidades del gradiente altitudinal a 250 y 750 metros se establecieron en la Llanura Costera del Golfo Sur y las localidades a 1250, 1750, 2250, 2750 y 3250 metros en el Sistema Volcánico Transversal.

Cuadro 17. Sitios de muestreo en el gradiente Conejos-Pico de Orizaba

Sitios	Separación entre sitios (km)	Latitud N	Longitud W	Comunidades vegetales
El Crucero	0.0	19°17'	96°30'	Selva baja caducifolia
El Encinal	36.0	19°12'	96°48'	Bosque de encino
Coxcontla	38.0	19°06'	97°00'	Bosque mesófilo
Tecoac	20.0	19°03'	97°06'	Bosque mesófilo
Cuiyachapa	8.0	19°03'	97°09'	Bosque de pino-encino
Potrero Nuevo	8.0	19°01'	97°10'	Bosque de pino-encino
Parque Nacional	7.0	19°02'	97°13'	Bosque de pino

1.1.2. Métodos de captura

En cada localidad de muestreo se distribuyeron ocho trampas NTP-80, cuatro cebadas con excremento humano y cuatro con calamar en un cuadro de 100 metros por lado (1 Ha). En cada vértice del cuadro se colocaron dos trampas una con atrayente calamar y otra con excremento humano, separadas aproximadamente 10 metros para evitar el enmascaramiento de olores entre los atrayentes. Por consiguiente, se distribuyeron 56 trampas a lo largo del gradiente altitudinal. El ciclo anual se dividió en 13 periodos de 28 días cada uno.

1.1.3. Evaluación del trabajo de campo

Los procedimientos para evaluar la eficiencia del muestreo en este gradiente fueron semejantes a los que se usaron en la región Cofre de Perote, con la diferencia de que los datos originales no fueron aleatorizados. El esfuerzo de captura se cuantificó en horas / hombre.

2. Resultados

2.1 Curvas de acumulación de especies

De acuerdo con la evaluación del trabajo de campo, en todos los sitios se alcanzó más del 85% de la riqueza estimada por las curvas de acumulación. Según el modelo de Clench, se capturaron más del 97% de las especies estimadas, excepto en el bosque de pino-encino ubicado a 2250 m de altitud, donde se alcanzó el 91.95%. Todas las estimaciones calculadas mediante el modelo de dependencia lineal o exponencial, estuvieron por debajo de los datos observados, excepto en el sitio situado a 2250 m, donde se alcanzó un 95.23% de la fauna estimada por los modelos. Las curvas de acumulación se muestran en la Fig. 14 (ver Apéndice 5).

2.2. Diversidad de especies

En el gradiente Conejos-Pico de Orizaba se capturaron 7585 ejemplares de 38 especies (Apéndice 5). La diversidad alfa promedio en el paisaje fue de 11 especies.

En la selva baja se encontró una diversidad alfa promedio de 16 especies. En el bosque mesófilo la diversidad alfa promedio fue de 11.5, en los encinares de 15 especies y en el bosque de pino-encino seis. En este gradiente no se encontró ninguna especie ni de Scarabaeoidea, ni de Silphidae entre los 3000 y 3500 msnm. La diversidad beta en el gradiente fue de 49.56%.

V. COMPARACIONES PRELIMINARES DE LAS MEDIDAS DE LA DIVERSIDAD CON LOS GRUPOS PARÁMETRO

1. Uso de diferentes grupos parámetros en un mismo paisaje

La evaluación de la diversidad de murciélagos, anfibios, y diplópodos, así como la continuación del trabajo iniciado con coleópteros, se desarrolló en la región Cofre de Perote, en dos paisajes reconocidos por INEGI (1988).

1.1. Paisaje tropical

En este paisaje se obtuvieron datos de dos grupos parámetro: los murciélagos de las familias Phyllostomidae y Mormoopidae y los escarabajos copronecrófagos de las subfamilias Scarabaeinae, Geotrupinae (Scarabaeoidea) y de la familia Silphidae. En ambos grupos se alcanzó más del 85% de las especies estimadas para las comunidades estudiadas dentro del paisaje.

La diversidad gamma de murciélagos a nivel de paisaje fue de 20 especies. Esta diversidad parece estar determinada en gran medida por la diversidad alfa, particularmente por la contribución de la comunidad con mayor riqueza específica: la selva mediana (18 especies). La diversidad beta promedio entre pares de comunidades dentro del paisaje fue de 20.54%. Su aporte a la diversidad gamma fue mínimo, pues solamente dos especies insectívoras, abundantes en la región riparia del paisaje, no fueron registradas en la selva mediana. Lo anterior sugiere que el paisaje, aún con la marcada heterogeneidad con la que cuenta, resulta homogéneo para los murciélagos. Al parecer, la fragmentación ha permitido la persistencia de las especies en los remanentes de dos tipos de vegetación originales: la selva mediana y la vegetación riparia. El resto de los elementos del paisaje presenta una fauna empobrecida con relación a los dos tipos de vegetación anteriormente mencionados.

Por otra parte, la diversidad gamma de escarabajos copronecrófagos a nivel de paisaje fue mayor que la de murciélagos (30 especies). La diversidad alfa promedio para el paisaje fue

de 10.18 y la riqueza máxima por comunidad fue de 21 especies (en la selva baja). La diversidad beta promedio entre pares de comunidades dentro del paisaje fue de 40% , aproximadamente el doble que la encontrada en murciélagos. Por lo anterior la diversidad gamma parece estar determinada en gran medida por la diversidad beta. El tipo de diferencias que se encontraron entre las comunidades comparadas corresponden a la heterogeneidad del paisaje de la parte baja de Veracruz central. Los principales aportes de especies se encontraron en las selvas bajas y a diferencia de lo que sucede con los murciélagos, elementos antropomórficos del paisaje: los potreros adyacentes a las selvas bajas. Entre todos los tipos de comunidades estudiadas hay un alto número de especies compartidas.

De lo anterior se puede decir que cada uno de los grupos está relacionado de manera diferente con los cambios antropogénicos. En los murciélagos, no hubo un aporte de especies relacionadas con elementos antropogénicos del paisaje. Para los escarabajos, la selva baja caducifolia o subcaducifolia original no ha sido cambiada a un solo tipo de formación, sino a una gran gama de comunidades que integran un mosaico en parches en el que sobrevive una rica fauna de especies del bosque junto y un alto número de especies asociadas a ambientes abiertos (heliófilas). El resto de los elementos del paisaje presentó una fauna semejante a la encontrada en la selva, pero disminuida.

1.2. Paisaje de transición.

Se obtuvieron datos de dos grupos parámetro: los anuros (Amphibia) y los escarabajos copronecrófagos de las subfamilias Scarabaeinae, Geotrupinae (Scarabaeoidea) y de la familia Silphidae. Aunque en este paisaje la información está en una etapa menos avanzada que en paisaje tropical, se pueden adelantar algunos resultados comparando las comunidades para las cuales ya se tiene datos: el bosque mesófilo, el cafetal y el potrero:

Cuadro 18. Comparación de la diversidad de anfibios y escarabajos en un mosaico de comunidades en el paisaje de transición.

Diversidad	anfibios	escarabajos
Gamma	21	22
Alfa promedio en el mosaico	7.75	10
Alfa promedio bosque mesófilo	9.4	11.67
Alfa promedio cafetal sombra poliespecífica	7.66	12.5
Alfa promedio potrero	3	8.5
Riqueza máxima bosque mesófilo	19	18
Riqueza máxima cafetal sombra poliespecífica	13	16
Riqueza máxima potrero	5	12
Amplitud en distribución de especies	0.22	0.29

Como puede observarse en el cuadro anterior, la diversidad gamma de ambos grupos es muy semejante y la diversidad alfa promedio/comunidad disminuye desde el bosque mesófilo hasta el potrero. Existe entonces, en los dos grupos aunque con mayor énfasis en anuros, una disminución en el número de especies conforme aumenta la modificación o alteración del ambiente. Los remanentes de bosque y los cafetales con sombra (sistemas derivados del bosque) son los elementos que participan en la diversidad de ranas en el paisaje; los potreros no aportan especies exclusivas. Por el contrario en escarabajos, los potreros sí participan en la conformación de la diversidad del paisaje. Al parecer, las condiciones del potrero facilitan la entrada a una especie exótica y permiten la mejor detección de otras. Con respecto a los anfibios, parecen ser más sensibles que los escarabajos a la simplificación del bosque a cafetal con sombra poliespecífica y marcadamente afectados cuando el bosque se sustituye por potreros. Lo anterior probablemente se deba a cambios en la humedad y temperatura de los sitios.

En ambos grupos la mayor riqueza máxima por comunidad se presentó en el bosque mesófilo (Cuadro 18). Esta comunidad aportó el 60% de las especies del mosaico tanto en las ranas como en los escarabajos, sin embargo todas las comunidades contribuyeron con

especies. La riqueza máxima en el bosque mesófilo representó el 85.72% de las especies del mosaico en escarabajos y el 90% en las ranas.

El recambio entre sitios tanto en escarabajos como en ranas es alto y más grande que entre ambientes, lo que sugiere que en el mosaico estudiado, la heterogeneidad espacial esta vinculada a una heterogeneidad de conjuntos de especies y que las diferencias en el grado de conservación de cada sitio, tienden a marcar diferencias en la composición de los grupos parámetro. Esto se apoya con el hecho de que los cafetales con sombra (nivel moderado de perturbación), presentan un valor de complementariedad intermedia con los demás ambientes.

En cuanto a los componentes de la diversidad gamma, la amplitud en la distribución de las especies es semejante en ambos grupos y la diversidad alfa promedio es un poco mayor en escarabajos que en ranas (Cuadro 18).

En resumen, la expresión de los componentes de la diversidad de dos grupos taxonómica y biológicamente distintos, es similar bajo las mismas características o condiciones del paisaje.

2. Uso del mismo grupo parámetro en comunidades semejantes pero en diferentes regiones del trópico mexicano.

El grupo de los anfibios se trabajó tanto en la Reserva El Triunfo como en Veracruz central en los mismos tipos de vegetación: bosque mesófilos, cafetales y pastizal.

En la Reserva El Triunfo ya se concluyeron los muestreos, se analizaron los datos y sólo falta terminar de interpretarlos y publicarlos. En la región Cofre de Perote todavía no concluyen los muestreos. Para cada elemento del paisaje seleccionado como unidad de muestreo se obtuvieron recientemente las variables de tamaño, perímetro y distancia al vecino más cercano, así como el área total del paisaje. Se están preparado las bases de datos para posteriormente llevar a cabo una evaluación del estado actual del inventario de especies en cada fragmento y sistemas derivados.

Podemos decir que de acuerdo con los resultados obtenidos hasta ahora, a nivel de paisaje se marcan las diferencias en el grado de transformación que tiene cada región. En la Región Cofre de Perote, cuyos paisajes son muy heterogéneos y están muy transformados se encontró una diversidad gamma de 21 especies de anfibios y una riqueza máxima de 19 especies en el bosque mesófilo. En la Reserva El Triunfo, que tiene una superficie mucho mayor de bosques, la riqueza máxima de anfibios en bosques mesófilos fue de 11 especies, nueve en cafetal y tres en pastizal. En los dos casos se observa una tendencia hacia la disminución del número de especies conforme aumenta el nivel de alteración del hábitat; de hecho, en el caso del pastizal, hay una disminución drástica de especies.

A nivel local, los resultados obtenidos con ambos grupos son semejantes, la diversidad alfa promedio de anfibios fue de 7.75 en la Región de Perote y de 7.5 en El Triunfo. Con respecto a la diversidad beta cabe hacer notar que en los dos lugares se presenta un alto recambio de especies, en el Triunfo está por encima del 50% y en la región Cofre de Perote es casi del 70%, lo que sugiere que el bosque mesófilo es un sistema heterogéneo intrínsecamente y que esa heterogeneidad se acentúa con el grado de fragmentación, al menos en los niveles de disturbio aquí estudiados y tomando como parámetro a los anfibios.

3. Uso del mismo grupo parámetro en dos gradientes altitudinales distintos en la misma región.

Se estudiaron los cambios altitudinales en la diversidad de escarabajos coprófagos (Scarabaeinae y Geotrupinae) en la parte central de Veracruz en el gradiente El Crucero-Pico de Orizaba (CPO) y en el gradiente Jalcomulco-Cruz Blanca (JCB). En el Cuadro 19 se muestra el tipo de vegetación y la altitud de los sitios comparados:

Cuadro 19. Características de los puntos de muestreo

Tipo de comunidad	Altitud (m)	
	gradiente CPO	gradiente JCB
selva baja caducifolia	250	450
	-	900
Encinar	750	-
	1250	1360
bosque mesófilo de montaña	1750	1530
	2250	1770
bosque de pino-encino	2750	2000
	-	2340

Los resultados en los dos gradientes son semejantes en cuanto a su diversidad de escarabajos copronecrófagos, lo que comprueba que estos insectos tienen un comportamiento regular en condiciones parecidas:

La diversidad gamma en el gradiente CPO fue de 38 especies y en el gradiente JCB fue de 32 especies. La diversidad alfa promedio en CPO fue de 11 especies y en JCB fue de 8.14. La diferencia más marcada se encontró en la diversidad beta, porque se observó un mayor recambio en el gradiente JCB (61.85%) que en CPO (49.56%). En las inmediaciones del Pico de Orizaba hubo un mayor número de especies compartidas entre los sitios y se encontraron especies como *Uroxys micros* y *Deltochilum pseudoparile*, que son especies típicas de la selva alta perennifolia en selva baja y encinar de mediana altitud. *Canthidium puncticolle*, una especie típica de selva en JCB, se capturó en bosque caducifolio en CPO. Además en sitios a 250 m se colectó una especie que en JCB sólo se encontró a más de 1400 m: *Onthophagus mextexus*. La complementariedad entre ambos gradientes fue del 60%, lo que nos habla de diferencias marcadas en composición de especies, resultado de equivalentes ecológicos, por ejemplo *Uroxys micros* en lugar de *Uroxys boneti*.

Los dos gradientes estudiados forman parte de la región prioritaria Perote-Orizaba de la CONABIO.

4. Uso del mismo grupo parámetro en dos regiones biogeográficamente distintas.

Se realizaron los primeros muestreos para poner a prueba la estrategia propuesta por Halffter para evaluar los componentes alfa, beta y gamma de la diversidad biológica, utilizando el mismo grupo parámetro (los escarabajos del estiércol (Scarabaeoidea) en dos regiones biogeográficamente distintas: Por ahora se está procesando el material, pero se puede mencionar que a diferencia de lo que sucede en la región Cofre de Perote, el recambio de especies de escarabajos entre las comunidades de la Reserva Tehuacan Cuicatlán es bajo y la diversidad gamma es menor.

VI. PRODUCTOS DEL PROYECTO

1. Información para la base de datos

Hemos entregado a CONABIO una base de datos que incluye 3018 registros de 241 especies y 27,273 individuos. En Veracruz central se encontraron un total de 176 especies: 15 especies de anfibios, 14 especies de murciélagos, 70 especies de escarabajos copronecrófagos y 77 especies de milpiés. Para otras regiones de la República Mexicana, diferentes a Veracruz central, se ingresaron un total de 23 especies de escarabajos copronecrófagos. En la Reserva El Triunfo se observaron en total 68 especies, 19 de las cuales pertenecen al grupo de los anfibios, 35 a los reptiles y 14 a los roedores.

La geo-referenciación de las localidades de registro, se llevó a cabo a través de dos métodos: para los registros de campo se utilizó un Geoposicionador MAGELLAN GPS 2000 XL y para los registros de literatura se utilizó cartografía 1:50,000.

2. Biodiversidad

2.1. Trabajos publicados

- Halffter, G. 1998. A Strategy for Measuring Landscape Biodiversity. *Biology International* 36: 3-17.
- Acot, P. J.M. Camarasa, R. Folch y G. Halffter. 1998. Biosfera. 11. Vol. 11, 221 págs. *Enciclopedia Catalana*, S.A. Barcelona, España.
- Halffter, G. 1999. Una estrategia para medir la biodiversidad a nivel de paisaje. *En* G. Halffter (ed.). La diversidad biológica de Iberoamérica. CYTED (España) - Instituto de Ecología. A. C. Pp 3-17.
- Lobo, J. M. y Mario E. Favila. 1999. The log normal distribution: the consequences of constructing octaves in different ways on the interpretation of ecological and biogeographical studies. *Oikos*, 87:321-326.
- Halffter, G. 1999. Áreas protegidas y conservación de la biodiversidad: Una Perspectiva Latinoamericana. *In*: Morello J., O. Solbrig y S. Matteucci. *Estilos de desarrollo y conservación de la biodiversidad en América Latina y el Caribe*. Ed. EUDEBA, Argentina. Pp 55-70.
- Halffter, G. 1999. La biodiversidad y el uso de la tierra. *In*: Morello J., O. Solbrig y S. Matteucci. *Estilos de desarrollo y conservación de la biodiversidad en América Latina y el Caribe*. Ed. EUDEBA, Argentina. Pp 17-27.
- Favila, M. E. y Gonzalo Halffter. 1999. Los Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) en el monitoreo de la diversidad biológica: ensayos y perspectivas. *In*: Morello, J. O. Solbring, S. Matteucci. *Estilo de desarrollo y conservación de la biodiversidad en América Latina y el Caribe*. Ed. EUDEBA, Argentina. Pp 225-241.
- Halffter, G. y M. E. Favila. 2000. Como medir la biodiversidad. *In*: J. E. Péfaur (Ed.). *Ecología Latinoamericana*. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. Pp 29-40.

2.2. Trabajos en prensa

- Halffter, G. y M. E. Favila. 1999. ¿Cómo medir la biodiversidad? En V. Sosa, H. Rodríguez y E. Portilla (Eds.). *Políticas de uso y conservación de la biodiversidad en Veracruz*. Instituto de Ecología-Fundación Friedrich Eberth.
- Halffter, G., C. E. Moreno y E. O. Pineda. Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. Sociedad Entomológica Aragonesa, CYTED, ORCYT-UNESCO.
- Moreno, C. Métodos para medir la biodiversidad. Universidad Veracruzana.
- Moreno, C. Métodos para medir la biodiversidad. SEA, CYTED, ORCYT-UNESCO.
- Moreno, C. E. y G. Halffter. 2001. On the measure of sampling effort used in species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*.

2.3. Conferencias exponiendo resultados del proyecto:

- Marzo 1999. C.E. Moreno. Evaluación de la biodiversidad a nivel de paisaje. V Congreso Internacional de Ciencias en el Área Químico-Biológica. Universidad de la Américas, Puebla, Pue.
- Julio 1999. C.E. Moreno y G. Halffter. Assessing biodiversity at the landscape level. 5th World Congress on Landscape Ecology. International Association for Landscape Ecology. Snowmass Village, Colorado, U.S.A.
- Agosto 1999. C.E. Moreno. ¿Como se mide la biodiversidad? V Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Panamá, SENACYT. Cd. de Panamá, Panamá.
- Octubre 1999. C. E. Moreno. Biodiversidad y Desarrollo Sustentable. Primer Foro Estudiantil sobre la Problemática Ambiental. Servicios Técnicos en Recolección de Residuos. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- Agosto 2000. G. Halffter y C. E. Moreno. Indicator groups for biodiversity assessment: results and perspectives of a strategy. XXI International Congress of Entomology. Foz do Iguassu, Brazil.

2.4. Formación de recursos humanos

2.4.1. Tesis

- Arellano Gámez, Lucrecia. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Maestría en Ecología y Ciencias Ambientales. Título de tesis: "Evaluación de la diversidad alfa, beta y gamma de Scarabaeoidea y Silphidae (Insecta: Coleoptera) en la zona centro de Veracruz, México" En revisiones finales.
- Moreno Ortega, Claudia E. Posgrado en Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Instituto de Ecología. Título de tesis: "Análisis de la diversidad de quirópteros en un paisaje del Centro de Veracruz" Examen doctoral presentado el 14 de enero del 2000.
- Muñoz Alfonso, Luis Antonio. Posgrado en Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Instituto de Ecología, A. C. Título de tesis: "Patrones de diversidad, distribución y endemismos herpetofaunísticos en el Estado de Chiapas, México". Avance 95%.
- Pineda Arredondo, Eduardo. Posgrado en Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Instituto de Ecología, A. C. Título de la tesis: "Diversidad de anfibios en bosque mesófilo de la región central del estado de Veracruz". Avance 75%.

2.4.2. Estancias:

1998:

Dos biólogas de la Universidad Complutense de Madrid, España; realizaron una estancia en nuestro Departamento de junio a noviembre de 1998. Sus objetivos principales fueron aprender las técnicas de muestreo y colecta de los diferentes grupos animales con los que se trabaja como indicadores de biodiversidad y desarrollar proyectos de investigación sobre la relación entre comunidades vegetales y fauna asociada. En seguida se mencionan los trabajos efectuados por cada una de ellas:

Biól. Marta Valle

Diversidad de murciélagos en cafetales y fragmentos de bosque mesófilo en los alrededores de Xalapa, Ver. México.

Biól. Susana Cárcamo.

Estudio de la diversidad alfa de anfibios en varias condiciones de hábitat, en los alrededores de Xalapa, Ver. México.

3. Escarabajos copro-necrófagos

3.1. Trabajos publicados

- Arellano G. L. 1998. Distribución de Silphidae (Coleoptera: Insecta) en la región central de Veracruz, México. *Dugesiana* 5 (2): 1-16.
- Pensado, M. y L. Delgado. 1998. Una nueva especie mexicana de *Onthophagus* del grupo *Clypeatus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Folia Entomol. Mex.* 103: 75-80.
- Delgado, L. y M. Pensado. 1998. Primer registro de *Omorgus* (*Omorgus*) *rubricans* (Robinson) (Coleoptera: Trogidae) para el estado de Veracruz, México. *Folia Entomol. Mex.* 102: 71.
- Lobo, J. M. y Gonzalo Halffter. 2000. Biogeographical and ecological factors affecting the altitudinal variation of mountainous communities of coprophagous beetles (Coleoptera, Scarabaeoidea): a comparative study. *Annals of the Entomological Society America*, 93 (1):115-126.
- Montes de Oca, E. y G. Halffter. 1998. Invasion of Mexico by two dung beetles previously introduced into the United States. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 33:37-45
- Villalobos, F. J., A. Díaz y M. E. Favila. 1998. Two Species of *Canthon* Hoffmannsegg (Coleoptera: Scarabaeidae) Fedd on Dead and Live Invertebrates. *The Coleopterists Bulletin*, 52(2): 101-104.
- Zunino, M. y Gonzalo Halffter. 1998. Sobre *Onthophagus* Latreille, 1802 Americanos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Elytron*. Vol. 11: 157-178.

- Rivera-Cervantes, L.E. y G. Halffter. 1999. Monografía de las especies mexicanas de *Canthon* del subgénero *Glaphyrocanthon* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 77: 23-150.
- Huerta, C. y G. Halffter. 2000. Factores involucrados en el comportamiento subsocial de *Copris* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Folia Entomol. Mex.* 108:95-120.
- Edmonds, W. D. 2000. Revision of the Neotropical dung beetle genus *Sulcophanaeus* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Folia Heyrovskyana*, Suppl. 6:1-60.

3.2 Trabajos en prensa

- Favila, M. E., G. Ruíz-Lizárraga y J. Nolasco. Inheritance of a Red Cuticular Color Mutation in the Scarab Beetle, *Canthon cyanellus cyanellus* LeConte (Coleoptera: Scarabaeidae). *Coleopterists Bulletin*.
- López-Guerrero, Y. and G. Halffter. Evolution of the spermatheca in the Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera). *Fragmenta Entomologica* 32 (1).
- Halffter, G. y L. Arellano. Response of dung beetle diversity to human-induced changes in a tropical landscape. *Biotropica*.

3.3. Trabajos en proceso de revisión final.

Los siguientes artículos se están revisando para someter su publicación a una revista internacional:

- Díaz, A. y M. E. Favila. Patrones diarios y estacionales de actividad de vuelo de los escarabajos del estiércol diurnos (Coleoptera: Scarabaeidae) de la selva tropical de “Los Tuxtles”, Veracruz, México.
- Halffter, G. y V. Halffter. Estudio de las especies de *Canthon* del grupo *humectus*.
- Arellano, L. y M. E. Favila. “Assemblage of dung and carrion beetles in a mexican fragmented lower montane-tropical rain forest”.

3.4. Trabajos en redacción

Se está realizando un trabajo con el género *Eurysternus*, cuya finalidad será: 1) el conocimiento del estado del arte en este momento, 2) Trabajo experimental sobre “infanticidio” y 3) revisión de la colección estudiada de *Eurysternus* y puesta en base de datos para CONABIO.

Se ha terminado totalmente el estudio de las especies de *Canthon* del grupo *humectus*. Se está revisando para someter su publicación a una revista internacional.

3.5. Formación de recursos humanos

3.5.1. Tesis:

- Chamorro Florescano, Ivette Alicia. 1998. Duración de Cópula y Estimación de Paternidad en *Canthon cyanellus cyanellus* Le Conte (Coleoptera: Scarabaeidae). Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Fecha de exámen: 25 de septiembre de 1998.
- Díaz Rojas, Alfonso. 1998. Ecología y Comportamiento de Escarabajos Rodadores del Estiércol (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Selvas y Pastizales en Los Tuxtlas Veracruz. Tesis de Maestría. UNAM. Fecha de examen: 7 de mayo de 1998.
- López Hernández, Ma. Del Rosario. Posgrado del Instituto de Neuroetología. Universidad Veracruzana. Título de la tesis: “Factores relacionados con el infanticidio en *Eurysternus* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae)”. En revisiones finales.
- Nolasco, S. Janet. 1998. Análisis morfométrico en *Canthon cyanellus cyanellus* Le Conte (Coleoptera: Scarabaeidae) y un marcador genético, usando métodos estadísticos multivariados. Universidad Veracruzana. Facultad de Estadística e Informática. Especialización en Métodos Estadísticos. 28 pp. Presentado en marzo de 1998.
- Pensado Cadena, Miguel Angel. Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Título de la tesis: “Diversidad y distribución de Scarabaeidae, Trogidae y Silphidae (Coleoptera) en el gradiente altitudinal Conejo-Parque Nacional Pico de Orizaba, Veracruz, México. El profesor Miguel Pensado fue elegido para

ocupar un cargo en el Sindicato de Trabajadores de la Universidad Veracruzana, por lo que por el momento no ha podido darle avance a sus trámites de titulación. Su tesis está casi concluida.

- Sánchez García, Rafael. Centro de Genética Forestal. Maestría en Ecología forestal. Título de la tesis: Análisis de la diversidad del gremio Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) en un Sistema de Manejo Tradicional Indígena en la Región del Totonacapan, Veracruz. Fecha de examen: 25 de septiembre de 1998

3.6 Conferencias exponiendo resultados del proyecto:

- Mayo 2000. L. Arellano. Evaluación de la diversidad alfa, beta y gamma de Scarabaeoidea y Silphidae (Insecta: Coleoptera) en tres paisajes antropizados de Veracruz, México. Iquitos, Perú. Universidad de la Amazonia Peruana. Simposio estudiantil (Organización para Estudios Tropicales).

3.7 Investigadores invitados

1998:

Dr. Eduardo Galante Patiño y Dra. María Angeles Marcos-García. Universidad de Alicante. España. Estancia por 15 días en el Departamento de Ecología y Comportamiento Animal del Instituto de Ecología. Su trabajo de campo estuvo relacionado con la diversidad de Scarabaeidae y Syrphidae en el Cofre de Perote. Impartieron varias conferencias en el Instituto.

1999:

Dr. Jean Pierre Lumaret.- Université Paul Valéry-Montpellier, Francia

Dr. Eduardo Galante.- Universidad de Alicante, España

Dra. Ma. Angeles Marcos.- Universidad de Alicante, España

Dr. Graham Rotheray.-National Museum of Scotland)

Dr. Geoff Hancock.- Zoology Museum Insect Project, Scotland

Participación en la expedición a la Reserva de la Biosfera. Tehuacán-Cuicatlán. Del 6 al 19 de julio

2000: Dr. José Ramón Verdú. Universidad de Alicante, España. Estudio de termoregulación en escarabajos copronecrófagos (Canthonina) en relación con su distribución en el área central de Veracruz.

4. Murciélagos

4.1.Trabajos publicados

- Moreno, C. E. & G. Halffter. 2000. Assessing the efficiency of biodiversity inventories using species accumulation curves for bat fauna. *Journal of Applied Ecology*. 37: 149-158.

4.2.Trabajos en prensa

- Moreno, C. E. & G. Halffter. 2000. Gamma diversity of bats in a heterogeneous landscape as a function of its alpha and beta diversity. *Biodiversity and Conservation*
- Moreno, C. E. y G. Halffter. 2001. Spatial and temporal analysis of the alpha, beta and gamma diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation*.

4.3. Conferencias exponiendo resultados del proyecto:

- Noviembre 1998. C.E. Moreno y G. Halffter. Evaluación de inventarios de murciélagos mediante curvas de acumulación de especies. IV Congreso Nacional de Mastozoología. Xalapa, Ver.
- Noviembre 2000. C. E. Moreno y G. Halffter. Análisis espacial y temporal de las diversidades alfa, beta y gamma de murciélagos en un paisaje fragmentado. V Congreso Nacional de Mastozoología. Mérida, Yuc., México.

VII. SÍNTESIS DE RESULTADOS

En este informe se anexan copias de todos los estudios que han aparecido publicados en el periodo al que nos estamos refiriendo y de las tesis concluidas, también se anexan copias de las cartas de aceptación de los manuscritos en prensa.

Trabajos publicados	19
Trabajos en prensa	10
Trabajos en proceso de revisión final	6
Tesis terminadas	6
Tesis en proceso	5
Conferencias	8

VIII. EVALUACIÓN FINAL

En el transcurso de este proyecto hemos podido fortalecer los planteamientos, afinar los aspectos metodológicos y poner en marcha la estrategia desarrollada para la evaluación de la biodiversidad a nivel paisaje mediante el uso de diferentes grupos parámetro (diplópodos, escarabajos copronecrófagos, anfibios, reptiles, roedores y murciélagos).

Parece ser que esta estrategia ha resultado adecuada como protocolo de investigación, pues utiliza una unidad geográfica con dimensiones claras (el paisaje) y se trabaja con métodos de captura y análisis de eficacia comprobada. Es recomendable, de acuerdo con nuestros resultados parciales, la utilización de varios grupos (con características biológicas y ecológicas contrastantes) para conocer la relación entre su propia diversidad y la de otros grupos bajo un mismo escenario.

Estamos terminado de analizar nuestros resultados y comenzando a recabar otros para la próxima elaboración de estudios comparativos. Tenemos resultados comparables para lograr un diagnóstico de la biodiversidad y sus cambios en relación a las modificaciones

antropogénicas, utilizando diferentes grupos parámetro en Veracruz Central y en la Reserva del Triunfo, Chiapas. Al concluir la tercera etapa de este proyecto lograremos comprobar si la estrategia propuesta funciona y aportaremos novedosos datos para el estudio de la biodiversidad *per se*.

El conocimiento actual de la biodiversidad dista mucho de ser completo. Es tal la magnitud del problema que son pocos los grupos donde se tiene información a nivel de especies, existiendo otros donde ni siquiera se tiene conocimiento taxonómico preciso a niveles de familias y géneros, como en el caso de los diplópodos. Con este proyecto hemos contribuido a la resolución de problemas taxonómicos y hemos encontrado numerosas especies nuevas. Paralelamente hemos desarrollado trabajos ecológicos y de comportamiento que nos han permitido resolver algunos aspectos concretos referentes a estos grupos de coleópteros en diversas áreas.

Hemos fortalecido las colecciones de referencia de los grupos para las zonas trabajadas y generado información geográfica precisa para seis grupos parámetro.

Una parte importante de este proyecto ha consistido en formar recursos humanos en las diferentes líneas de investigación que involucra el estudio de la biodiversidad y como resultado se han concluido seis tesis, una de licenciatura, dos de especialidad, dos de maestría y una de doctorado. Además se están terminando cinco de posgrado.

IX. LITERATURA CITADA

Acosta, P. R. 1986. *La vegetación de la Sierra de Manuel Díaz, Veracruz, México*. Tesis Profesional. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 113 pp.

Angulo, M. J. 1991. *Atlas climático de los municipios: Rafael Lucio, Banderilla y Tlalnehuayocan (Estado de Veracruz)*. Instituto de Ecología. Xalapa, Ver. 46 pp.

- Casas-Andreu, G., Méndez-De la Cruz y J. L. Camarillo. 1996. Anfibios y reptiles de Oaxaca. Listado, distribución y conservación. *Acta Zoológica Mexicana* Núm. 69, 1-35.
- Castillo-Campos. G. 1985. *Integración de paisajes en la región de Jalcomulco, Veracruz*. Tesis profesional. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver.
- Castillo-Campos. G. 1991. *Vegetación y Flora del municipio de Xalapa*. Instituto de Ecología, A. C.- H. Ayuntamiento de Xalapa, Veracruz. 148 pp.
- Cházaro- Basáñez. M. J. 1982. Flora Apícola de la zona cafetalera de Coatepec, Ver. *In: Ávila-Jiménez E. y A. Gómez-Pompa (eds.). Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero*. Xalapa, Ver. México. Compañía Editorial Continental-INIREB. Pp 95-102.
- Cházaro-Basáñez. M. J. 1992. Exploraciones botánicas en Veracruz y estados circunvecinos. I. Pisos altitudinales de vegetación en el centro de Veracruz y zonas limítrofes con Puebla. *La Ciencia y el Hombre*, 10:67-115.
- Cisneros S. V., P. D. Martínez, C. S. Díaz, R. J. A. Torres, Z. C. Guadarrama y L. A. Cruz. 1993. *Caracterización de la agricultura de la zona central de Veracruz*. Centro Regional Universitario Oriente. Universidad Autónoma de Chapingo. Dirección de Centros Regionales. Texcoco, México. 339 pp.
- Cody, M. L. 1993. Bird diversity components within and between habitats in Australia. *In: R. E. Ricklefs and D. Schluter (Eds.). Species Diversity in Ecological Communities. Historical and Geographical Perspectives*. pp 136-146. U.S.A. The University of Chicago Press.
- Colwell, R. K. y J. A. Coddington. 1994. Estimating Terrestrial biodiversity through extrapolation. *In D. L. Hawksworth (Edit.). Biodiversity: Measurement and Estimation*. Pp 75-79. Chapman and Hall.
- Colwell, R. K. 1997. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 5.0 User's Guide and application. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>. Accessed on 25/05/98.

- Diario Oficial de la Federación. 1994. Determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestre terrestre y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que se establece especificaciones para su protección. Tomo CDLXXXVIII. No. 10. Lunes 16 de Mayo de 1994: 1-60.
- Espinoza, E., H. Núñez, P. González, R. Luna, M.A. Altamirano, E. Cruz, G. Cartas y C. Guichard. 1999. Listado preliminar de los vertebrados terrestres de la Reserva de la Biosfera "El Triunfo", Chiapas. Publicaciones Especiales del Instituto de Historia Natural No. 1. Gobierno del Estado de Chiapas. 38 pp.
- García, E. 1981. Los climas del Estado de Veracruz. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Serv. Bot.*, 41(1): 3-42.
- Golovatch, S.I., R.L. Hoffman, J. Adis y J.W. de Morais. 1995. Identification plate for the millipede orders populating the Neotropical Region South of Central Mexico (Myriapoda, Diplopoda). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 30(3): 159-164.
- Guichard. 1999. Listado preliminar de los vertebrados terrestres de la Reserva de la Biosfera "El Triunfo", Chiapas. Publicaciones Especiales del Instituto de Historia Natural No. 1. Gobierno del Estado de Chiapas. 38 pp.
- Hall, E. R. 1981. The mammals of north america. Edit. John Wiley and Son. New York. U.S.A. (Vol. I y II).
- Hoffman, R.L. 1989. Diplopoda. *In: Dindal, D. L. (ed.). Soil Biology Guide. John Wiley & Sons, Inc. p. 835-860.*
- INEGI. 1988 *Síntesis Geográfica, Nomenclator y Anexo Cartográfico del Estado de Veracruz..* Aguascalientes, México. 69 pp.
- INEGI. 1991. *Cuaderno de Información Básica Región Cofre de Perote.* Aguascalientes, México. 58 pp.
- Jandel Corporation. 1995. *Sigma Stat for Windows. Version 2.0*

- León Cortés, J. L. 1994. *Curvas de acumulación y modelos empíricos de riqueza específica: Los Sphingidae (Insecta: Lepidoptera) de México como un modelo de estudio*. Tesis Profesional. Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 77 pp.
- León Cortés, J. L., J. Soberón M. y J. Llorente-Bousquets. 1998. Assessing completeness of Mexican sphinx moth inventories through species accumulation functions. *Diversity and Distribution* 4, 37-44.
- López-Ramos, E. 1981. *Geología de México*. Tomo III. 2ª edición. Tesis Resendiz. Impreso en México.
- Luna, R. 1997. *Distribución de la herpetofauna por tipos de vegetación en el polígono I de la reserva de la Biosfera El Triunfo. Chiapas, México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 144 pp.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 179 pp.
- Miranda, F. y E. Hernández X, 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. (28):29-179
- Moreno, C. 2000. *Análisis de la diversidad de quirópteros en un paisaje del Centro de Veracruz*. Tesis Profesional. Postgrado en Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Instituto de Ecología. A. C. 150 pp.
- Narave, F. H. 1985. La Vegetación del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Biótica.*, 10 (1): 35-63.
- Perfecto, I., J. Vandermeer, P. Hanson and V. Cartin. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agroecosystem. *Biodiversity and Conservation* 6: 935-945.
- Ricklefs, R.E. y D. Schluter. 1993. Species diversity: Regional and historical influences. In R.E. Ricklefs y D. Schluter (Eds.). *Species Diversity in Ecological Communities*. University of Chicago Press, Chicago, USA. Pp. 350-363.

- Robles, H. L. 1986. *La vegetación y uso tradicional de las plantas de la Barranca de Monterrey, Municipio de Axoxuapan, Ver., y sus alrededores*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 70 pp.
- Rojas-Martínez, A. & A. Valiente-Banuet. 1996. Análisis comparativo de la quiropterofauna del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana* Núm. 67, 1-23.
- Soberón, J. y J. Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7 (3): 480-488.
- Soto E., M. 1986. Localidades y climas del estado de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz, México.
- Soto, M. y E. García, 1989. Atlas climático del estado de Veracruz. 1ª edición. Instituto de Ecología, A. C. Impreso en México.
- Soto, M. y Angulo, M. J. 1990. *Estudio climático de la región del Cofre y Valle de Perote*. Instituto de Ecología. Xalapa, Ver. México. 103 pp
- Tellería, J.J.L. 1986. *Manual para el censo de los Vertebrados Terrestres*. Editorial Raices. España. 273 pp.
- Ter Braak, C. J. 1983. Principal components biplots and alpha and beta diversity. *Ecology*, 64(3): 454-462.
- Zamora, P. 1992. *Flora vascular del municipio de San Andrés Tlalnehuayocan*. Tesis Profesional. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 110 pp.
- Zolá, B. M. G. 1987. *La Vegetación de Xalapa, Veracruz*. INIREB. Xalapa, Veracruz, México. 155 pp.
- Zimmerman, B.L. 1994. Audio Strip Transects. *In*. Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R. McDiarmid, L.C. Hayec y M.S.Foster. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press. Washington. Pp 92-97.