



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

FACULTAD DE CIENCIAS

**PATRONES DE DIVERSIDAD MASTOFAUNÍSTICA EN
FRAGMENTOS DE BOSQUE CON MANEJO FORESTAL EN LA
REGIÓN DEL VOLCÁN PARICUTÍN, MICHOACÁN, MÉXICO**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS (ECOLOGÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES)**

P R E S E N T A

ALEJANDRO TORRES GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Gerardo Jorge Ceballos González. Instituto de Ecología, UNAM

Dr. José Alejandro Velazquez Montes. Centro de investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM.

COMITÉ TUTOR

Dr. Gerardo Ruben Bocco Verdinelli. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM

Dr. Rodolfo Dirzo Minjarez. Universidad de Stanford



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

FACULTAD DE CIENCIAS

**PATRONES DE DIVERSIDAD MASTOFAUNÍSTICA EN
FRAGMENTOS DE BOSQUE CON MANEJO FORESTAL EN LA
REGIÓN DEL VOLCÁN PARICUTÍN, MICHOACÁN, MÉXICO**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS (ECOLOGÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES)**

P R E S E N T A

ALEJANDRO TORRES GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Gerardo Jorge Ceballos González. Instituto de Ecología, UNAM

Dr. José Alejandro Velazquez Montes. Centro de investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM.

COMITÉ TUTOR

Dr. Gerardo Ruben Bocco Verdinelli. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM

Dr. Rodolfo Dirzo Minjarez. Universidad de Stanford

MÉXICO, Cd. Mx.

MARZO, 2018



**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
División Académica de Investigación y Posgrado**

OFICIO FCIE/DAIP/067/18

ASUNTO: Asignación de Jurado

LIC. IVONNE RAMÍREZ WENCE
DIRECTORA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E

At'n: Dr. Jorge Ramón Morales Pineda

Comunico a usted que el Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas ha asignado al(a) **ALEJANDRO TORRES GARCÍA**, el jurado para presentar Examen de Grado de Maestro(a) en Ciencias (Ecología y Ciencias Ambientales).

CARGO	GRADO	NOMBRE COMPLETO
PRESIDENTE	DRA.	LIVIA SOCORRO LEÓN PANIAGUA
VOCAL	DR.	LUIS DANIEL ÁVILA CABADILLA
SECRETARIO	DR.	JORGE IGNACIO SERVÍN MARTÍNEZ
SUPLENTE	DR.	FERNANDO ALFREDO CERVANTES REZA
SUPLENTE	M. EN M. DE V.S.	JAIME MARCELO ARANDA SÁNCHEZ

El trabajo aprobado como tesis es:

"Patrones de Diversidad Mastofaunística en fragmentos de Bosque con Manejo Forestal en la Región del Volcán Parícutín, Michoacán, México" Bajo la dirección y la codirección del Dr. José Alejandro Velázquez y del Dr. Gerardo Jorge Ceballos González.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 30 de enero de 2018
**JEFE DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA DE
INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

DR. VÍCTOR MANUEL VELÁZQUEZ AGUILAR

VMVA/ASR/mnm*



AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la formación académica.

A la División Académica de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme el apoyo necesario para mi titulación.

Este trabajo se logró realizar gracias al apoyo financiero de la UNAM, a través del proyecto Biodiversidad en Comunidades Indígenas (DGAPA-IN10-11-96), así como del USFWS a través de su Programa Vida Silvestre sin Fronteras, 2007, y por último a la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro por apoyar con toda la logística financiamiento.

A la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, quién siempre creyó en nosotros y nos dio el apoyo y la cabida en su proyecto de desarrollo sustentable.

Mi más profundo agradecimiento a los Doctores Alejandro Velázquez Montes, Gerardo Ceballos González, Gerardo Bocco Verdinelli, Rodolfo Dirzo Mijares y Jorge Soberón Mainero que en un período importante de este trabajo fueron parte de mi Comité Tutorial y siempre apoyaron mi formación académica.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Expreso mi reconocimiento y agradecimiento a Alejandro Velazquez, Gerardo Bocco, Gerardo Ceballos, Rodolfo Dirzo y Victor Toledo por su apoyo para este trabajo, pero más aún por su amistad de muchos años y su ejemplo como académicos sobresalientes y personas de gran valía.

Al Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), al Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) y al Instituto de Ecología de la UNAM por albergarme durante mi trabajo de tesis y cada vez que lo he requerido.

A la Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia que me apoya actualmente al ser parte de su personal y que me ha permitido concluir con mi titulación.

A los miembros de la Comunidad Infigena de Nuevo San Juan que apoyaron en el trabajo y que después de muchos años seguimos teniendo una amistad y colaboración constante; especialmente a Nicolás Aguilar, Adolfo Chavez, Lourdes Anguiano, Luis Toral, Don Fidel, Doña Luz y Faustino Velazquez.

A la Dra. Livia Socorro León Paniagua, al Dr. Luis Daniel Ávila Cabadilla, al Dr. Jorge Ignacio Servín Martínez, al Dr. Fernando Alfredo Cervantes Reza y al M.M.V.S. Jaime Marcelo Aranda Sanchez, por aceptar ser parte de mi jurado para el exámen de grado.

Al grupo de trabajo del proyecto: Jaime Lobato, Gabriela Ortiz, Neyra Sosa, Consuelo Medina, José Sanchez, Cristina Siebe, Manuel Mendoza y Fernando Rosete.

A Leo quién me motivo para terminar este proceso y que todos los días da sentido a lo que hago con su amor, apoyo y comprensión. Mi reconocimiento y admiración para ella.

A mis hijos Constanza y Jerónimo, que son motor de todo lo que hago, y de quienes he recibido enormes satisfacciones y sigo orgulloso de ellos.

A mis padres Concepción y Ricardo quienes siempre apoyaron mi formación personal y generaron un ambiente familiar propicio para mi desarrollo.

A mis hermanos Rosa María, Jorge, Ricardo y Belinda, de quienes siempre recibí apoyo y cariño, así como aprendizajes de vida que siempre tengo presentes.

A Noé, Mayra y Frida, que han formado últimamente parte de mi vida, y a quienes agradezco que me hayan aceptado formar parte de la suya.

*Esta tesis la dedico a la memoria de Ricardo...
Ejemplo de fortaleza y optimismo ante las
adversidades de la enfermedad
y la cercanía de la muerte.*

CONTENIDO

RESUMEN

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL.....	6
OBJETIVOS PARTICULARES.....	6
HIPOTESIS DE TRABAJO.....	6
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	7
<i>Ubicación.....</i>	<i>7</i>
<i>La Comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro</i>	<i>7</i>
<i>Fisiografía.....</i>	<i>9</i>
<i>Geología</i>	<i>10</i>
<i>Suelos.....</i>	<i>10</i>
<i>Hidrografía.....</i>	<i>12</i>
<i>Clima.....</i>	<i>12</i>
MÉTODOS	15
<i>Selección y caracterización de los Fragmentos</i>	<i>15</i>
<i>Diversidad Mastofaunística</i>	<i>18</i>
<i>Heterogeneidad Ambiental en los Fragmentos.....</i>	<i>22</i>
<i>Evaluación Paisajística de la Fragmentación.....</i>	<i>26</i>
RESULTADOS.....	27
<i>Diversidad Mastofaunística</i>	<i>27</i>
<i>Riqueza y Composición.....</i>	<i>27</i>
<i>Patrones de Diversidad en los Fragmentos</i>	<i>34</i>
<i>Evaluación Paisajística de la Fragmentación.....</i>	<i>40</i>
DISCUSION	43
<i>Riqueza y Composición de las Comunidades de Mamíferos.....</i>	<i>43</i>
<i>Patrones de Diversidad en los Fragmentos</i>	<i>46</i>
<i>Conservación y Uso de Suelo</i>	<i>50</i>
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	55
LITERATURA CITADA.....	57
ANEXOS.....	66

RESUMEN

El presente trabajo muestra los resultados de un estudio realizado en los terrenos de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro del Estado de Michoacán, México, que evaluó los patrones de diversidad de la fauna de mamíferos terrestres en fragmentos de bosque en función de variables como el tamaño del fragmento, la heterogeneidad ambiental, el manejo forestal y la influencia de la erupción del Volcán Parícutín.

Se analizaron los patrones de diversidad de la mastofauna terrestre en 6 fragmentos de bosque con diferentes superficies (2,395 ha, 893 ha, 516 ha, 329 ha, 81 ha y 21 ha.) Para el análisis de hábitat se efectuaron levantamientos de vegetación (relevés), con el fin de obtener la diversidad de comunidades vegetales y el grado de heterogeneidad ambiental de cada sitio. El grado de afinidad entre los sitios se realizó a través de un análisis de clasificación multivariada no jerárquica divisiva (TWINSPAN).

Se evaluó el estado de conservación de las mastofauna local a través del análisis de la riqueza potencial (registros en la literatura) y de la registrada (este trabajo), para conocer los grados de defaunación existentes en la zona. Estos análisis se realizaron por categoría taxonómica, por gremios alimenticios y masa corporal. Además se efectuaron análisis de la riqueza en función de variables como tamaño del fragmento, heterogeneidad ambiental, intensidad de manejo forestal y profundidad de cenizas volcánicas. Los resultados se analizaron a escala paisajística con datos de cobertura vegetal y uso de suelo, para extrapolar los resultados a toda el área de estudio y proponer algunas medidas de conservación.

En lo general se observó una pérdida de 41.8% de especies de mamíferos terrestres, que se mostró más evidente en los órdenes Insectívora y Rodentia. La diversidad de mamíferos en función del gremio alimentario y de la masa corporal, mostró una reducción principalmente en herbívoros y en los de menor masa corporal. La correlación de la riqueza de especies en función del área mostró una relación directa y positiva, pero evidenció no ser, por sí misma, un factor único y determinante. Los fragmentos mostraron una heterogeneidad ambiental baja y un nivel de heterogeneidad florística más alta, pero con un alto número de especies compartidas. La riqueza de especies de mamíferos en función de las comunidades vegetales no resultó ser significativo, sin embargo, en función de la diversidad florística sí presenta una relación significativa, por lo que se considera que sí representa una influencia en la composición de las comunidades de mamíferos en la región. Los datos del manejo forestal no fueron suficientes para cuantificar la influencia que tiene la intensidad y el tipo de manejo forestal sobre la mastofauna estudiada, sin embargo, con la poca evidencia, se trata de un factor importante que deberá ser estudiado más detalladamente. La relación de la profundidad de la ceniza volcánica como una medida indirecta de los efectos de la

erupción del Volcán Parícutín sobre las comunidades de mamíferos fue positiva, lo que muestra que este fenómeno catastrófico ha tenido un fuerte impacto en el establecimiento de comunidades vegetales y animales.

Los resultados del análisis paisajístico mostró un alto grado de fragmentación por cultivos de frutales, así como un adelgazamiento de las masas forestales, por lo que se recomienda la creación de corredores biológicos que interconecten las diferentes unidades forestales, una planeación en el crecimiento de dichos cultivos y la creación de áreas protegidas que sirvan como reservorio de especies a largo plazo.

ABSTRACT

This study was conducted in the lands of the Indigenous Community of Nuevo San Juan Parangaricutiro in the state of Michoacán, México. It consisted in the evaluation of diversity patterns of terrestrial mammals in forest fragments according to several variables like the size of the fragment, environmental heterogeneity, forest management and the influence of the eruption of the Parícutín Volcano.

We analyzed the diversity patterns of the terrestrial mastofauna in six forest fragments of different sizes (2,395 ha, 893 ha, 516 ha 329 ha, 81 ha y 21 ha). For the habitat analysis, a vegetation survey was conducted with the aim of describing the diversity of vegetal communities and the level of environmental heterogeneity in each site. The level of similarity between sites was obtained through a two-way indicator species analysis (TWINSPAN).

The status of conservation of local mastofauna was evaluated through the potential richness analysis (literature registers) and the registered richness (this work) in order to know the level of defaunation in the area. Those analyses were carried out by taxonomic category, feeding groups and body mass. In addition, we conducted richness analyses based on variables like the size of the fragment, environmental heterogeneity, forest management intensity and the depth of volcanic ashes. The results were analyzed with a landscape scale and with data of vegetal coverage and land use, in order to extrapolate the results to the whole area of study and recommend conservation measures.

We observed a loss of 41.8% of species of terrestrial mammals, which was more evident in the order insectivora and Rodentia. The diversity of mammals according to the feeding group and body mass showed a reduction mainly in herbivores and in those with less body mass. The correlation of richness of species according to the area showed a direct and positive relation but demonstrated not to be a unique and determinant factor. The fragments showed a low environmental heterogeneity and a high level of floristic heterogeneity, but with a large number of shared species.

The richness of mammal species based on the vegetal communities did not result significant, nonetheless, according to the floristic diversity it does present a significant relation; therefore, it is considered an influence in the composition of mammal communities in the region. The data was insufficient to quantify the influence of the intensity and the type of forest management in the studied mastofauna. However, the evidence deserves to be studied in detail. The relation between the volcanic ashes depth as an indirect measure of the effects of the Parícutín Volcano eruption to the mammal communities was positive, which demonstrates that this catastrophic phenomenon has had an intense impact in the

establishment of vegetal and animal communities.

The landscape analysis resulted in a high level of fragmentation due to farming and a reduction in the forest patches that is why we recommend the creation of biological corridors which connect the different forest patches, a plan for the crops growth and the creation of protected areas which serve as a species storage in a long term.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ubicación de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro en el Estado de Michoacán.
- Figura 2.** Mapa de suelos de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.
- Figura 3.** Comunidades vegetales y uso de suelo en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.
- Figura 4.** Fotointerpretación de las unidades de cobertura vegetal y selección de los fragmentos a partir de una imagen de satélite Landsat TM (abril, 1993).
- Figura 5.** Mapa de ubicación de los 6 fragmentos estudiados dentro de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan.
- Figura 6.** Curva de acumulación de especies del muestreo realizado en los fragmentos de bosque estudiados
- Figura 7.** Número y porcentaje total de especies potenciales y registradas de mamíferos en el área de estudio.
- Figura 8.** Número de especies potenciales y registradas de mamíferos a nivel de orden en el sitio de estudio.
- Figura 9.** Número de especies de mamíferos potenciales y registradas en el sitio de estudio agrupadas de acuerdo a su masa corporal.
- Figura 10.** Número de especies de mamíferos potenciales y registrados en el sitio de estudio agrupadas por gremio alimenticio.
- Figura 11.** Análisis de regresión entre la riqueza de especies de mamíferos y el área en cada fragmento.
- Figura 12.** Comunidades vegetales resultantes del análisis de indicador de especies de dos vías (TWINSPAN) en los 6 fragmentos estudiados.
- Figura 13a.** Análisis de regresión entre la riqueza de especies de mamíferos y la heterogeneidad ambiental de acuerdo con la representatividad de las comunidades vegetales.
- Figura 13b.** Análisis de regresión entre la riqueza de especies de mamíferos y la heterogeneidad ambiental de acuerdo con la diversidad florística.
- Figura 14.** Análisis de regresión entre la riqueza de especies de mamíferos y el tiempo de intervención por aprovechamiento forestal.
- Figura 15.** Análisis de regresión entre la riqueza de mamíferos y la profundidad de cenizas en los sitios de estudio.
- Figura 16.** Mapa de cobertura vegetal y uso de suelo en la comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.** Comunidades vegetales forestales en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan.
- Cuadro 2.** Tabla fitosociológica de la composición de especies en cada comunidad con los valores de cobertura.
- Cuadro 3.** Especies de mamíferos registradas en los 6 fragmentos.
- Cuadro 4.** Lista de mamíferos registrados y potenciales para el sitio de estudio y la región.
- Cuadro 5.** Índice de heterogeneidad por comunidades vegetales y diversidad florística en los fragmentos estudiados.
- Cuadro 6.** Métodos de aprovechamiento forestal, fecha de intervención, volumen de extracción y existencia de madera en los 6 fragmentos estudiados.
- Cuadro 7.** Superficie y número de polígonos por unidad de vegetación y uso de suelo en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

INTRODUCCIÓN

Los bosques han sido fuente de materia prima para la construcción, el transporte y la comunicación, fuente de alimentos y del combustible necesario para cocinarlos y, una vez desmontada la superficie boscosa, fuente de tierras donde levantar explotaciones agrícolas y ciudades (FAO, 1992). La creciente demanda por el uso de la tierra para cubrir las necesidades humanas, aunadas a los efectos del crecimiento poblacional han sido factores importantes en la alteración y la fragmentación de los ambientes naturales (Harris, 1984). Esto ha provocado una disminución importante en las masas forestales, ha modificado la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y ha provocado la fragmentación de los ambientes naturales (Ehrlich y Ehrlich, 1981; Harris, 1984).

La Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro es un pueblo ubicado en la meseta purépecha muy cerca a la Ciudad de Uruapan en el Estado de Michoacán, México. Actualmente basa su economía en el aprovechamiento racional de sus bosques, actividad que implementó como resultados de la dotación de nuevas tierras, como consecuencia del abandono de sus terrenos agrícolas a causa de la erupción del Volcán Parícutín en febrero de 1943 (Plá, 1987). Se trata de una Comunidad indígena que ha sido reconocida por su organización social y el aprovechamiento económico del recurso forestal que está orientado a la sustentabilidad (Alvarez-Icaza, 1993). Es en este sentido que dicha comunidad buscó el acercamiento con la UNAM para generar diagnósticos ambientales y biológicos, y mejorar sus esquemas de conservación y aprovechamiento del bosque, ya que actualmente presenta procesos de adelgazamiento de la masa forestal y fragmentación de bosques, producto de la erupción volcánica y el aprovechamiento forestal (Bocco, et al., 1997). Para tal fin se propuso acercarnos al problema desde la perspectiva de análisis del paisaje, la fragmentación de los hábitats y sus efectos en la fauna mastozoológica local, como un indicador de las consecuencias de eventos naturales, como la erupción reciente de un volcán, y la intervención del hombre en la utilización de los recursos forestales.

La teoría de biogeografía de islas propuesta por MacArthur y Wilson (1963; 1967) fué durante muchos años la hipótesis más aceptada para explicar los procesos de migración, extinción y colonización en las islas, de acuerdo con variables tales como el tamaño de las islas y la distancia de estas con respecto al continente. Esta teoría se aplicó a ambientes terrestres para tratar de explicar las consecuencias de la fragmentación en los hábitats continentales (Simberloff, 1974; Simberloff y Abele, 1982; Saunders et al. 1991), e incluso sus bases fueron utilizadas como propuesta para el diseño y planeación de áreas naturales protegidas (Terborgh, 1974; Simberloff y Abele, 1976; Diamond, 1975; 1976; Gilipin y Diamond, 1980; Lovejoy, 1984). Sin embargo, el proceso de la fragmentación de hábitats puede presentarse con diferentes intensidades y representar efectos variables, que van desde los remanentes de vegetación rodeados por campos agrícolas, plantaciones y desarrollos urbanos, hasta ambientes conformados por un mosaico de paisajes con diferentes grados de alteración (Harris, 1984; Forman y Godron, 1981; 1986). Además, la relación entre estas variables se ajusta mejor en algunos grupos de vertebrados como las aves y en algunas especies de mamíferos (Picton, 1979; Lomolino, 1986). No obstante existen otras variables ecológicas que intervienen conjuntamente con la distancia y el aislamiento y que contribuyen a determinar los efectos de la fragmentación.

La fragmentación presenta dos componentes de importancia para la continuidad de los procesos biológicos. Por un lado modifican y reducen los hábitats naturales y consecuentemente modificación los paisajes naturales; y por otro, se experimenta una pérdida de la diversidad biológica regional como consecuencia de la alteración de los procesos ecológicos (Diamond, 1975; Harris, 1984; Wilcox y Murphy, 1985). Los ambientes que se forman como resultado del aislamiento pueden significar verdaderas barreras para muchas especies, lo que ha hecho que los procesos de fragmentación hayan sido homologados con los procesos de migración y extinción que se presentan en auténticas islas (MacArthur y Wilson, 1963; 1967).

Trabajos más recientes han mostrado que en muchos casos cada fragmento es el resultado de una historia única como consecuencia, por un lado, del proceso de la fragmentación, y por otro, de la propia dinámica del fragmento (Simberloff y Cox,

1987; Noss, 1987; Arita, 1993). Cada porción de bosque adquiere características propias en cuanto a sus procesos de extinción local y a sus cambios en los patrones de composición y abundancia de las especies, lo que provoca diferencias en la heterogeneidad ambiental de cada sitio y por lo tanto diferencias en las calidades de hábitats, en donde las poblaciones se están moviendo entre un parche y otro, a manera de pequeñas poblaciones que en su conjunto forman lo que se ha denominado las metapoblaciones (Hanski, 1989).

Los efectos de la alteración y fragmentación de hábitats en los vertebrados, depende, entre otras cosas del tamaño y distancia entre los fragmentos (conectividad), la densidad y el tamaño de las poblaciones, la capacidad reproductiva de cada especie, el uso que los organismos hacen de su entorno y el grado de alteración de los ecosistemas (Wilcove, et al., 1986). La fauna silvestre, en particular los mamíferos, presentan diferentes niveles de sensibilidad a la alteración que dependen de sus requerimientos de espacio, de la disponibilidad de alimento (gremio alimenticio) y de sus patrones de comportamiento, por lo que su vulnerabilidad a la fragmentación y a la perturbación es diferente para cada especie, ya que su historia de vida es diferente (Bennett, 1990; Soulé et al., 1992). Se ha determinado una vulnerabilidad diferenciada con respecto a la fragmentación en donde los patrones de respuesta a la alteración muestran un escenario complejo de factores naturales y antrópicos. Algunas especies se ven beneficiadas por las modificaciones de los ecosistemas; otras muestran niveles de impacto negativos bajos y otras son muy susceptibles a las perturbaciones generadas por los efectos de la perturbación y fragmentación de los hábitats (Cutler, 1991; Schonewald-Cox *et al.* 1991; Soulé *et al.*; Velázquez, 1993; 1992; Beissinger, 2000; Gretchen, *et al.*, 2003).

Muchos de los fragmentos derivados de actividades humanas como la agricultura, la ganadería y el desarrollo humano presentan al interior diferentes grados de intervención, derivados de la utilización de los recursos maderables y/o no maderables que ofrecen los bosques (FAO, 1995). Estas intervenciones van desde la recolección de leña, hongos y plantas para uso medicinal, hasta aprovechamientos forestales de diferentes intensidades. El aprovechamiento forestal y el impacto que

ejerce sobre la biodiversidad se han demostrado en diferentes estudios y con diferentes enfoques, y este no siempre es negativo, ya que depende del método de aprovechamiento, de la etapa sucesional del rodal y la susceptibilidad de las especies. (Kirkland, 1990; Fisher y Wilkinson, 2005),

El análisis de la fragmentación con base en los estudios biológicos de los sitios y aplicados a la conservación, se ha complementado con el análisis o modelaje espacial que permite hacer predicciones o escenarios hipotéticos a partir de los datos obtenidos en campo (Velázquez, 1993). Además, el análisis de la biodiversidad desde un punto de vista paisajístico cada vez toma mayor relevancia por su aplicación inmediata a la conservación (Noss, 1983; Forman y Godron, 1986; Halffter, 1996). Parte de este enfoque está referido en las unidades paisajísticas que organizan espacialmente unidades homogéneas en donde pueden incluirse variables de carácter biótico, abiótico, social y productivo (Turner, 1989).

En México, donde las tasas de deforestación son altas (Masera, et al., 1992; Masera, 1995) y los ambientes naturales cada vez son más presionados por el crecimiento urbano y las actividades productivas, como la agricultura la ganadería y el aprovechamiento forestal, los estudios de fragmentación e impacto de dichos procesos, toman gran relevancia, ya que por un lado se trata de procesos que se repiten con mayor frecuencia, y por otro, estos fragmentos son en muchos casos, los últimos refugios para la flora y fauna nativa del país (Mittermeier y Goettsch, 1992) .

Aunado a los procesos de intervención humana actual, en muchas regiones la ocupación histórica y los eventos catastróficos naturales, como los geológicos o hidrometeorológicos, aunados a los de carácter social, modelan la estructura y composición de los ecosistemas forestales, y lo que denominamos ecosistemas naturales, son ambientes transformados en alguna etapa evolutiva y sucesional (Delgadillo, 1996; Williams, 2002). En el caso de México, esto es muy evidente al observar su orografía, y la manera como las culturas prehispánicas del centro del país se han adaptado y manejado los recursos naturales de manera ancestral (INI, 1981).

Para el caso del sitio de estudio, se conjugan factores de ocupación histórica de

grupos indígenas Tarascos y posteriormente Purépechas, así como eventos naturales de gran magnitud como el nacimiento del Volcán Parícutín y su consecuente erupción de lava y cenizas volcánicas sucedido en el año de 1943 (Rees, 1970 y 1979; Plá, 1987; Lhur y Simkin, 1993).

El presente trabajo busca evaluar los ambientes naturales de la masa boscosa como resultado de la erupción de un volcán y del aprovechamiento forestal que se realiza desde hace más de 20 años y su impacto en la estructura y composición de las comunidades de mamíferos no voladores en fragmentos forestales de diferentes tamaños, con un gradiente de impactos de la erupción del volcán y con diferentes métodos e intensidades de aprovechamiento forestal en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro en la región Purépecha, en Michoacán. Esto con el fin de proporcionar información que ayude a generar medidas de conservación para la sostenibilidad de los bosques en la región y la fauna de mamíferos que ahí habita.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de la fragmentación de hábitats, los efectos de la erupción del Volcán Parícutín y el manejo forestal sobre la diversidad mastofaunística terrestre de los bosques templados de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, con el fin de proponer medidas de conservación acordes con el programa de manejo de los recursos naturales que se realiza en ese sitio.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar los patrones de diversidad de mamíferos terrestres asociados al tamaño del fragmento, la heterogeneidad de hábitat, el manejo forestal y la influencia de la erupción del Volcán Parícutín en 6 unidades forestales con diferente gradientes de tamaño, manejo forestal y acumulación de ceniza en los bosques de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.
- Analizar la cobertura vegetal y el uso de suelo en la comunidad con el fin de determinar los patrones de fragmentación actuales a una escala de paisaje y proponer medidas para la conservación de los bosques y las comunidades de fauna y flora que ahí habitan.
- Vincular los resultados de los patrones de riqueza de mamíferos en los fragmentos al estudio paisajístico para proponer medidas de conservación para la mastofauna local.

HIPOTESIS DE TRABAJO

Si las comunidades de mamíferos terrestres son susceptibles a los efectos de la fragmentación de hábitats, el aprovechamiento del bosque y los impactos de eventos naturales de gran magnitud; entonces, la diversidad de los mamíferos en una región de bosque templado, tendrá efectos directos relacionados con el tamaño y calidad de los hábitats fragmentados, la intensidad del aprovechamiento forestal y el impacto del Volcán Parícutín, como consecuencia de una relación de factores naturales y antrópicos que modelan la estructura y composición de la fauna mastozoológica local.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

Ubicación

El área de estudio se localiza en los terrenos de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, en la región centro-occidente del estado de Michoacán (Figura 1), dentro de la unidad conocida como Meseta Purépecha (Correa, 1974). Los terrenos de la Comunidad están comprendidos dentro del municipio de Nuevo Parangaricutiro, que ocupa un 78% de la superficie del mismo. Los terrenos comunales se encuentran en la porción norte aproximadamente entre los paralelos 19⁰21'00" y 19⁰24'45" latitud norte y los meridianos 102⁰08'15" y 102⁰17'30" longitud oeste, abarcando una área aproximada de 18,183 hectáreas (Dirección Técnica Forestal, 1988).

La Comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro

La Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro proviene del poblado de San Juan Parangaricutiro o San Juan de las Colchas, pueblo que abandonó sus tierras a causa de la erupción del Volcán Parícutín en 1943. Un año después de la erupción del volcán cuando el poblado vio la necesidad de migrar a un sitio más seguro, el gobierno dotó a la comunidad de tierras en las cercanías de Uruapan. Dichas tierras estaban caracterizadas por poseer extensos bosques de pino-encino con lomeríos y planicies aptos para la agricultura y una gran porción de tierra cubierta por lava del propio volcán Parícutín. (Plá, 1987). Durante mucho tiempo la gente cultivó maíz en las planicies, se aprovechaba muy irregularmente el bosque, razón por la cual muchos campesinos migraron a los Estados Unidos en busca de trabajo. La comunidad comenzó a organizarse y como primer paso formó, junto con otras 26 comunidades, la Unión de Forestería de Ejidos y Comunidades que pretendía que las propias comunidades pudieran manejar sus propios bosques. De 1977 a 1979 iniciaron el manejo forestal organizado con las primeras talas selectivas del bosque. La organización que iniciaron tuvo sus frutos en 1981 con la creación de la empresa de la Comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro, que tiene como objetivo el manejo forestal de sus bosques con una organización comunal.

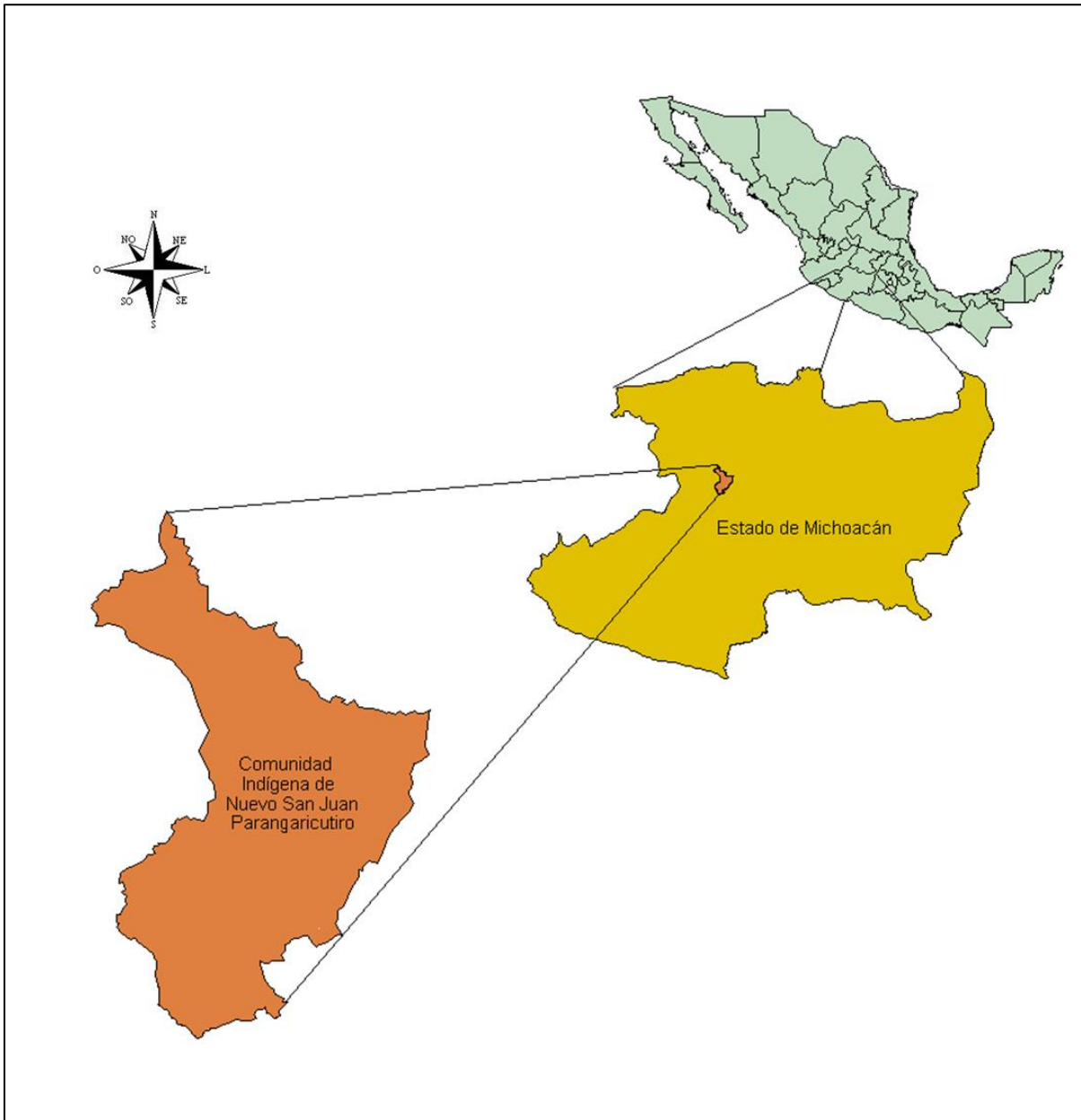


Figura 1. Ubicación de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro en el Estado de Michoacán.

Desde hace 15 años el balance es positivo, ya que actualmente proporcionan más de 900 empleos permanentes en los trabajos de extracción, aserrío, elaboración de duelas y molduras, madera estufada y derivados de resina, entre otros. Su organización social les ha permitido tener una administración eficiente que ha creado empresas complementarias en transporte, tiendas comunales, programas agropecuarios, distribución de fertilizantes y talleres de mantenimiento y diseño industrial (Alvarez-Icaza, 1993).

Los logros obtenidos se deben en buena medida al alto grado de organización social y a la implementación de actividades productivas orientadas al aprovechamiento integral y racional de sus recursos, lo que les ha valido el reconocimiento gubernamental al entregarles en 1984 el "Premio al Mérito Forestal" y en 1988 el derecho de administrar y regular por sí mismos el manejo forestal de sus bosques. El manejo de su recurso forestal ha sido catalogado como un modelo que tiende a generar un desarrollo sustentable y existe la convicción de continuar en esa dirección mediante la elaboración de proyectos alternativos que diversifiquen más la producción y generen más empleos que eleven la calidad de vida de sus habitantes.

Fisiografía

La comunidad de Nuevo San Juan se encuentra dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y forma parte de la elevación volcánica denominada Meseta Tarasca (Correa, 1974; Bello y Labat, 1987; Ferrusquía, 1993). La región está caracterizada por la presencia de una gran cantidad de aparatos volcánicos y conos cineríticos, producto de la gran actividad volcánica, lo que determinó el paisaje y el tipo de suelos de la zona. Intercalados entre las elevaciones se encuentran valles intermontanos con altitudes cercanas a los 2,000 m, barrancas, planicies volcánicas y derrames lávicos (Cuanalo et al., 1989). Debido a esto la topografía es accidentada con pendientes de hasta 80% en lomeríos y laderas de cerros de alturas variables. Las principales elevaciones son Cerro Prieto de 3200 m, Cerro Pario con 2910, Cerro Cutzato con 2810 y el Volcán Parícutín que surgió en 1943 y que modificó de una manera importante el paisaje (Williams, 1950; Correa, 1974).

Geología

Los terrenos de la comunidad forman parte del Eje Neovolcánico Transversal que tiene su origen en el cenozoico superior y se relaciona con la subducción de la Placa de Cocos debajo de la corteza continental de México (INEGI, 1985). Se trata de una gran franja volcánica que cruza transversalmente la República Mexicana. Su característica principal es la gran cantidad de aparatos volcánicos y los fenómenos asociados a la actividad de estos.

La zona de estudio tiene su origen en el Cenozoico. El análisis de la zona muestra que las rocas más antiguas provienen de la formación de Zumpimito del terciario temprano. Después de un largo período de erosión siguió otro de actividad con la formación de los cerros Tancítaro y San Marcos y poco después el Cerro del Aguila y el de Angahuan que según los estudios de erosión provienen del plioceno y pleistoceno temprano (Segestrom, 1950). Durante este período surgieron una gran cantidad de conos volcánicos que tipifican el paisaje de la zona, entre los que destacan los cerros de Prieto, Cutzato, Pario, Curitzerán, la Alberca, y de manera muy reciente el volcán Parícutin en 1943 (Williams, 1950). El tipo de rocas presentes originados de los eventos volcánicos descritos son ígneas de los tipos andesítas, riolítas, basaltos, tobas, cenizas volcánicas y brechas andesíticas (Williams y Perez, 1950; Williams, 1950; Cuanalo et al., 1989).

Suelos

Los suelos dominantes en la comunidad provienen de la actividad volcánica reciente y de rocas basálticas, tobas y andesítas. Los suelos dominantes son profundos y de texturas medias hasta pedregosos. De acuerdo con Bocco y colaboradores (1997) y basado en las unidades del sistema FAO/UNESCO los tipos de suelo son: andosol mólico, leptosol lítico y andi-mólico, regosol vitri-éutrico y fluvisol vitri-éutrico (Figura 2). En lo referente a las características minerales del suelo, en algunas zonas se presentan altos contenidos de fierro y aluminio, y alta acidez del mismo, lo que impone restricciones en la fertilidad de este (Chapela, 1988). La masa forestal de coníferas existente se ha desarrollado sobre los andosoles que presentan buena profundidad,

alta permeabilidad y valores significativos de materia orgánica.

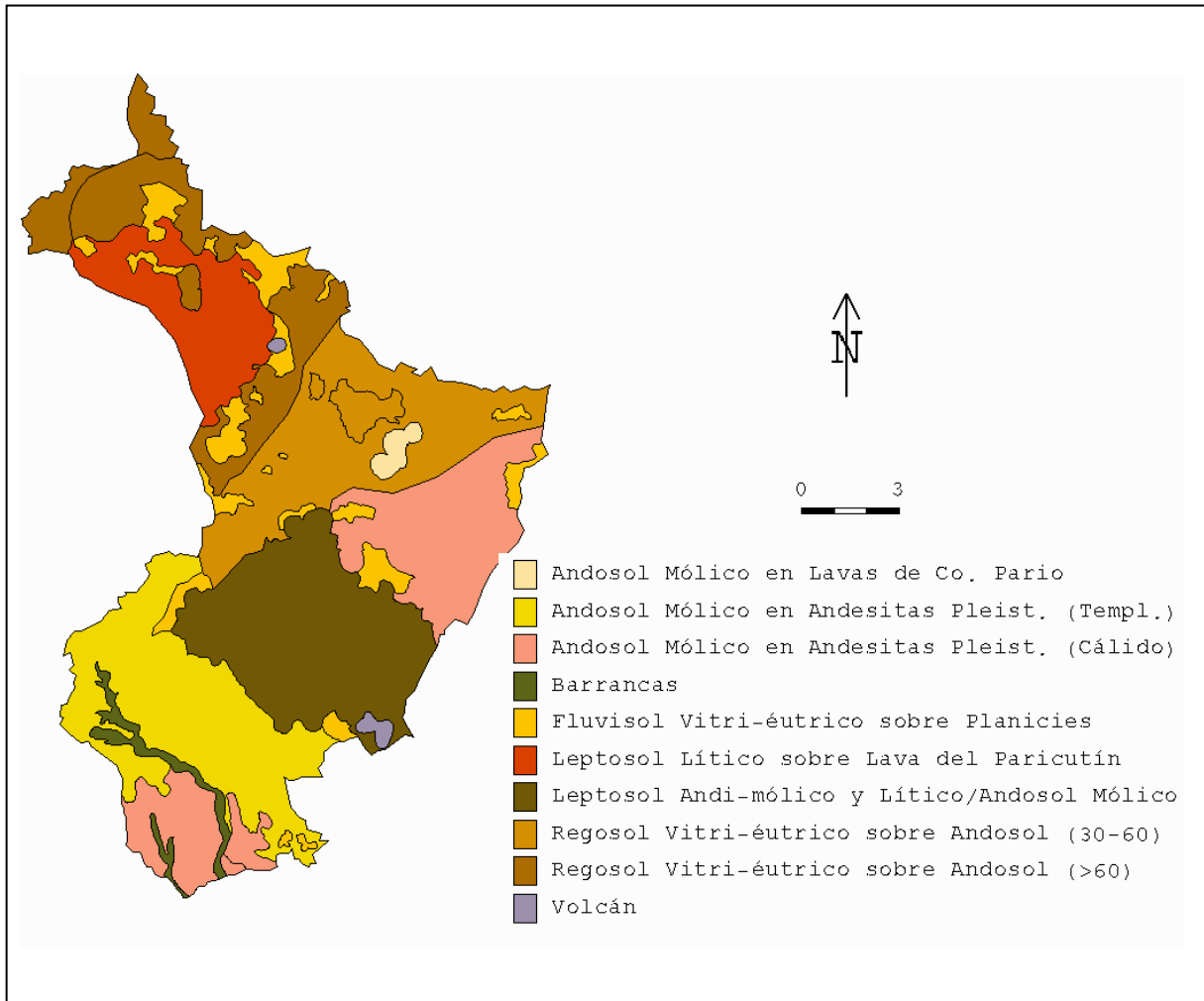


Figura 2. Mapa de suelos de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

Hidrografía

Debido a la orografía presente en la comunidad, se presentan importantes escurrimientos superficiales, principalmente los provenientes de los aparatos volcánicos entre los que destacan los del Tancítaro que se continúan a la parte sur como barrancas profundas. Los escurrimientos subterráneos también son abundantes y se han registrado cerca de 40 permanentes y algunos más de carácter temporal, ya que debido al tipo de suelo tan permeable no permite la acumulación de agua (D.T.F., 1988).

Clima

El clima predominante en la comunidad es el templado húmedo y subhúmedo con variaciones de acuerdo a la altitud hasta llegar a un clima cálido en las partes más bajas. Las principales denominaciones son: (A)C(w1)(w)b(e), (A)C(w2)(w)(b) y el C(w2)(w)(b') (INEGI, 1985; D.T.F., 1988; García, 1988; Lemus, 1995). La combinación de los tipos A(C) denota un clima de va de semicálido a templado o el más cálido de los templados. A continuación se describen más específicamente los climas en las diferentes zonas de la comunidad:

a) Tipo (A)C(w1)(w)b(e). Este tipo de clima se presenta en las partes más bajas de la comunidad, entre los 1900 y 2000 m.s.n.m. Se caracteriza por la presencia de lluvias en verano, una temperatura media del mes más caliente abajo de los 22°C y con un porcentaje de lluvia invernal menor al 5%. Generalmente no se presentan heladas y la oscilación anual es considerada extrema pues va de 7 a 14 °C, presentándose el período más cálido entre abril y junio.

b) Tipo (A)C(w2)(w)(b). Este se presenta en partes relativamente bajas que van de los 2,200 a los 2,500 m.s.n.m. Se considera como el más húmedo de los templados subhúmedos, con lluvias en verano mayores a 55% y precipitaciones invernales menores al 5%. El verano es fresco y largo y la temperatura del mes más caliente es menor a los 22°C. La oscilación de la temperatura anual es menor a los 5 grados centígrados y el mes más caliente es antes de las lluvias.

c) Tipo C(w2)(w)(b'). Este tipo de clima se presenta en las partes más altas de la comunidad, por arriba de los 2,500 m.s.n.m. Es un clima templado subhúmedo. Presenta lluvias en verano y precipitación invernal menor al 5%. La temperatura más alta se presenta antes de las lluvias y va de 18 a 22°C.

Tipos y Comunidades Vegetales y Uso de Suelo

En la comunidad existen diferentes tipos de vegetación con predominancia de coníferas. Se presentan asociaciones de pinos-abies, pino-pino, pino-encino en diferentes proporciones y otras asociaciones con elementos de bosques mesófilos, principalmente en las cañadas. Las principales asociaciones presentan dominancias de las especies *Pinus pseudostrobus*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. leiophylla*, *P. douglasiana*, *Quercus candicans*, *Q. laurina*, *Q. rugosa*, *Q. obtusata* y *Abies religiosa* (Saucedo y Acosta, 1989). Existen otras especies que también forman asociaciones como *Alnus arguta*, *Betula sp.* y *Cletra mexicana*. En los estratos arbustivos y herbáceos se presentan plantas de los géneros *Eupatorium*, *Bacharis*, *Aristida*, *Andropogon* y *Mulhembergia*, entre otros.

También se han identificado 8 comunidades forestales de vegetación reconocidas para el componente forestal (Cuadro 1 y Figura 3), basadas en las características ecológicas, fisonómicas, de estructura, así como composición florística (Fregoso, *et al.* 2003).

Cuadro 1. Comunidades vegetales forestales en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan.

Comunidad de vegetación	Núm. Polígonos	Área (ha)
<i>Abies religiosa-Asplenium castaneum</i>	2	7
<i>Pinus montezumae-Dryopteris sp</i>	16	160
<i>Carpinus carolineana-Asplenium praemorsum</i>	24	374
<i>Abies religiosa-Galium mexicanum</i>	50	2046
<i>Pinus. montezumae-Cestrum Nitidum</i>	74	1369
<i>Pinus pseudostrobus-. Ternstroemia pringlei</i>	136	2820
<i>Pinus leiophylla-Piptochaetium virescens</i>	85	3533
<i>Baccharis heterophylla-Phacelia.platicarpa</i>	34	569
Vegetación no definida	4	17

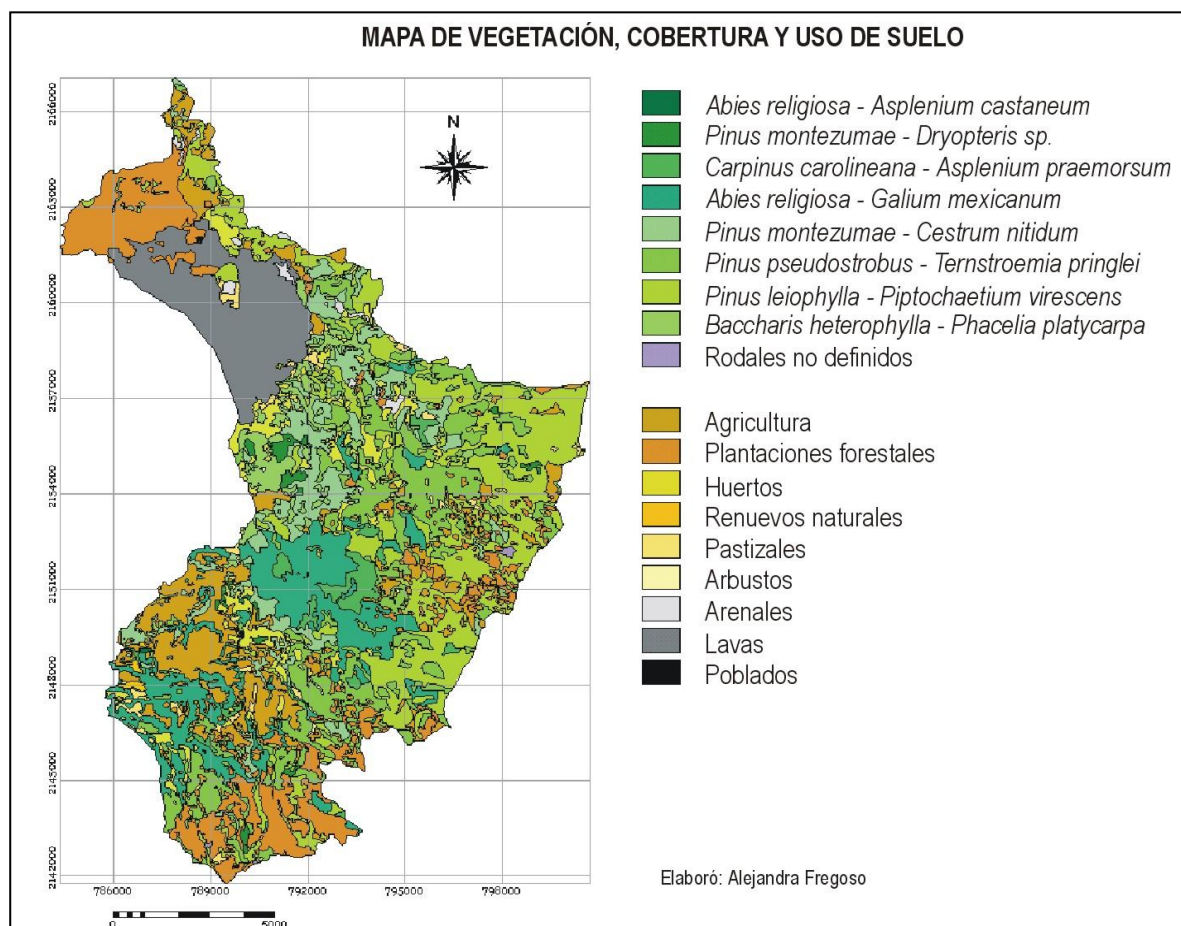


Figura 3. Comunidades vegetales y uso de suelo en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

MÉTODOS

Selección y caracterización de los Fragmentos

La selección de los fragmentos se derivó del análisis espacial por medio de la interpretación de fotografías aéreas obtenidas de INEGI a escala aproximada de 1:25,000 correspondientes a los años 1990-92 (Velázquez y Cleef, 1993) y con el procesamiento de la imagen de satélite Landsat TM de abril de 1993, con los métodos convencionales de clasificación supervisada con validación en campo (Aronoff, 1989; Bocco et al., 1991). Se analizó la cobertura y densidad forestal para obtener la cantidad y los tamaños de las masas forestales predominantes en la comunidad que nos permitieran definir un gradiente de fragmentos representativos de la situación que prevalece en la región. Además, se efectuó un reconocimiento visual en campo de los sitios para conocer su accesibilidad y las características del bosque. El número de fragmentos se definió como resultado del análisis mencionado anteriormente incorporando variables de densidad forestal y tomando en cuenta el número máximo de fragmentos que podríamos muestrear, en términos de validación estadística, logística, equipo humano y recursos financieros (Figura 4).

Se seleccionaron 6 fragmentos de bosque de diferentes tamaños dentro de un gradiente de entre 20 y 2000 ha, en los cuales se incluyeron las variables de intensidades de manejo forestal y distancia de los fragmentos al Volcán Parícutín (D.T.F., 1988). Los fragmentos seleccionados tienen superficies variables, mismas que se refieren a continuación: 1) Cerro Prieto 2349 ha; 2) Cerro Cutzato 893 ha; 3) Llano Teruto 516 ha; 4) Cerro Curitzerán 329 ha; 5) Cerro Capatzin 81 ha y 6) Cerro Curupicho 21 ha (Figura 5).

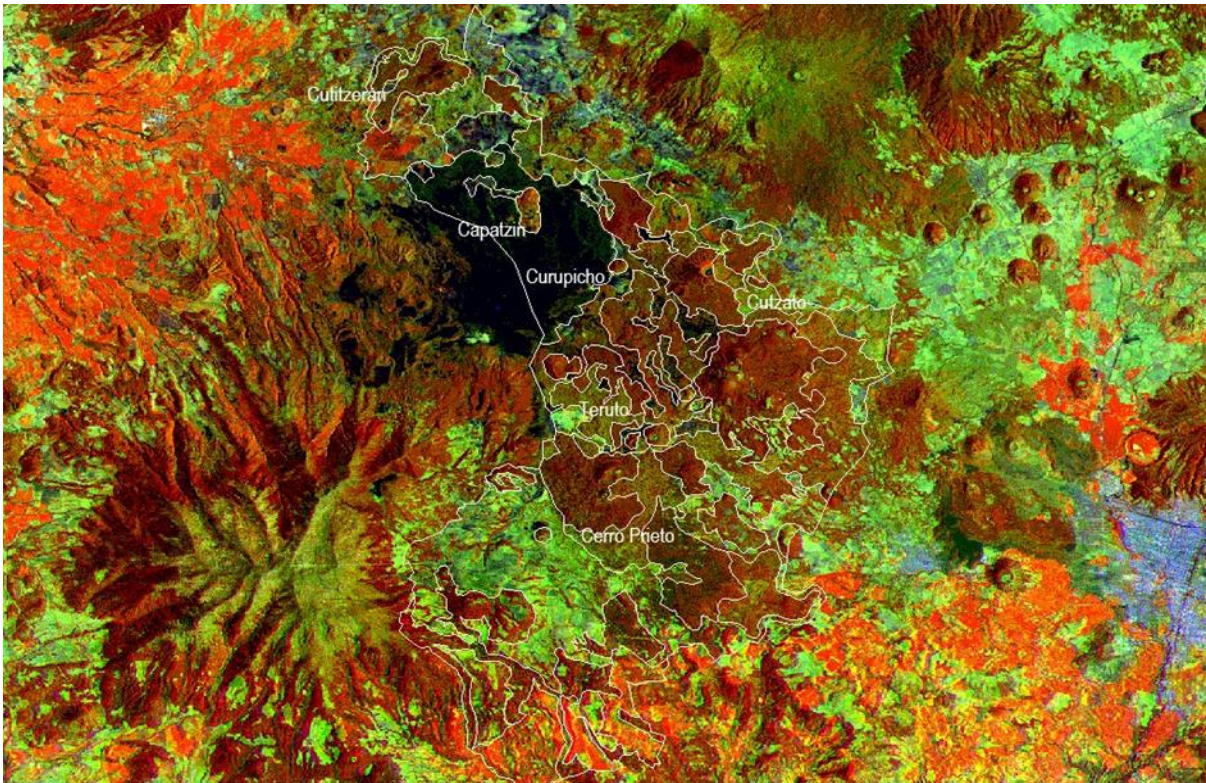


Figura 4. Fotointerpretación de las unidades de cobertura vegetal y selección de los fragmentos a partir de una imagen de satélite Landsat TM (abril, 1993).

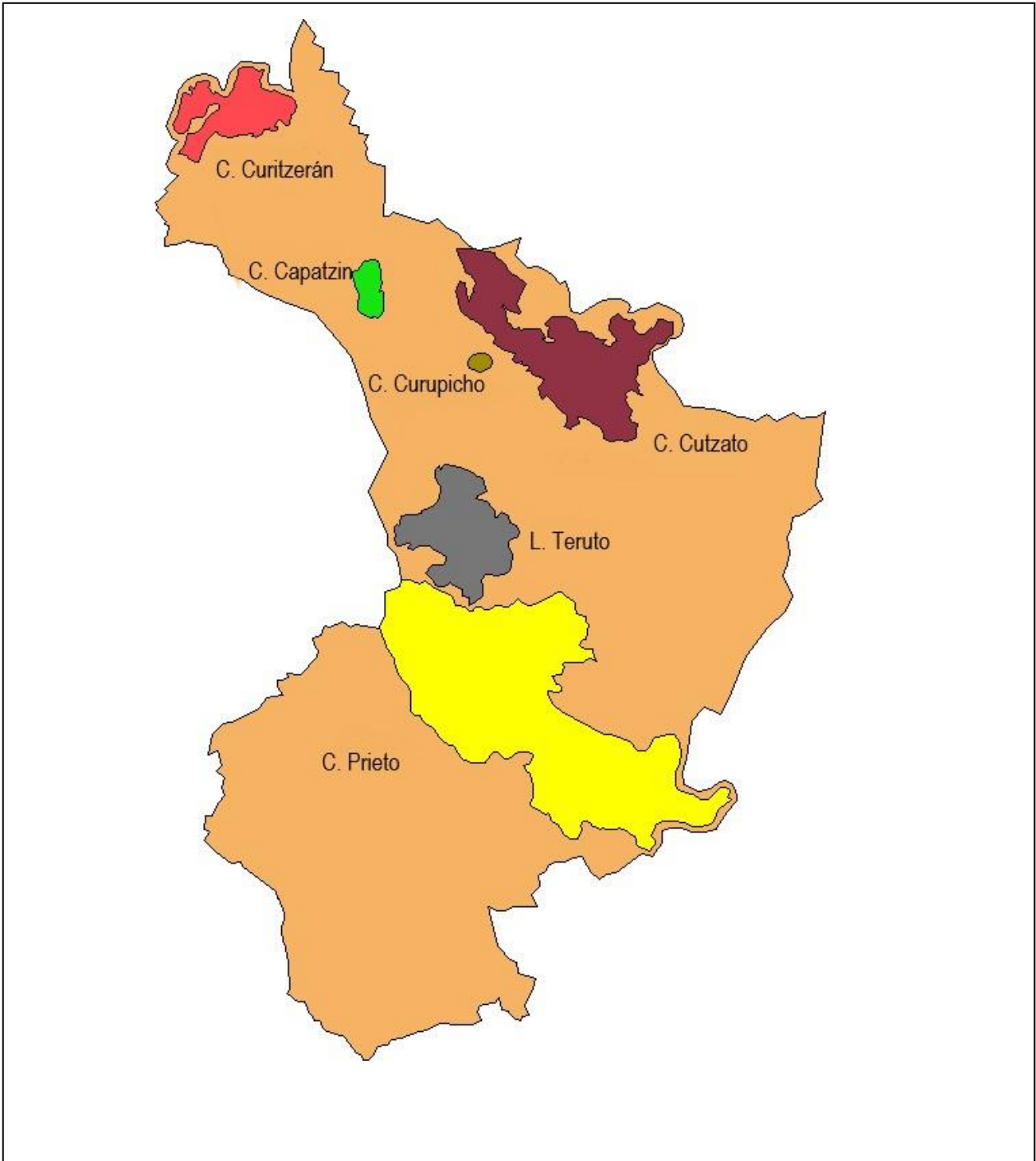


Figura 5. Mapa de ubicación de los 6 fragmentos estudiados dentro de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan.

La tipificación de cada fragmento incluyó el reconocimiento de los componentes abióticos y bióticos simultáneamente lo que permitió hacer un análisis integral de cada fragmento por medio de la identificación de unidades ambientales dentro de cada uno de éstos (Zonneveld, 1979; Forman y Godron, 1986). De esta manera se pudo determinar las variables físicas y biológicas asociadas a las variables principales a analizar (tamaño del fragmento, heterogeneidad, manejo forestal e influencia del volcán), y que complementen los análisis de los resultados obtenidos. En cada unidad se efectuó una revisión bibliográfica de la descripción geológica de los fragmentos y se realizó la interpretación de fotografías aéreas en blanco y negro a escala aproximada 1:25,000 para reconocer las formas de relieve (geomorfología) de cada sitio (Williams y Perez, 1949; Williams, 1950; INEGI, 1985; Bocco et al. 1997). Los datos de suelos se obtuvieron de un estudio general de suelos y se utilizaron para determinar si la condición de los bosques de cada fragmento tiene una influencia importante como resultado del tipo de suelo (Bocco et al., 1997).

Para la parte biótica se efectuó un muestreo de vegetación por medio de interpretación de fotografías aéreas a escala aproximada de 1:25,000 utilizando como variables de identificación los tonos de grises, la textura y el patrón de la vegetación como resultado de la densidad forestal y altura de los árboles (Van Zuidam, 1986; SPP, 1981; Velázquez, 1993). El resultado de este análisis junto con los de carácter abiótico y un levantamiento florístico del sitio derivó en un primer reconocimiento de unidades ambientales para cada fragmento y la caracterización biofísica de los mismos (Anexo 1).

Diversidad Mastofaunística

La caracterización de los mamíferos en el área de estudio se determinó mediante la revisión de los registros de este grupo en bosques templados de la región provenientes de la literatura especializada y la revisión de las colecciones de los museos estatales, con lo cual se obtuvo una lista de mamíferos potenciales para la zona de estudio (Hall y Villa, 1950; Burt, 1961; Fa, 1989; Hall, 1981; Núñez, 1989; Núñez y Pastrana, 1990; Orduña y Salas, 1993; Orduña et al., 1993). Es importante mencionar que si bien no es un dato del todo preciso y completo sino puede orientar

en el grado de defaunación del sitio. El análisis no incluyó a los mamíferos voladores (Chiroptera), ya que presentan una movilidad amplia y extensa debida a sus hábitos de vuelo, lo que no permite asociarlos a los fragmentos. De igual manera las tuzas (Geomyidae) no fueron incluidas debido a la dificultad para su monitoreo por sus hábitos subterráneos. La lista de mamíferos potenciales se comparó con los registros obtenidos en éste trabajo en los 6 fragmentos estudiados y se obtuvo un análisis preliminar del grado de defaunación del sitio. Para determinar el nivel de confianza del muestreo realizado en este estudio, se elaboró la curva de acumulación de especies que compara el número de especies registrado en el muestreo, contra el esfuerzo del muestreo empleado (Soberon y Llorente, 1993). Para esto se utilizó el programa estadístico “*estimateS*”. Esto fue importante ya que la parte logística de obtener trampas, el componente financiero y el tiempo para trabajar en campo nos limitaba en el aumento del número de muestreos.

Los 6 fragmentos estudiados se definieron con base en el análisis paisajístico, determinando como variables para su selección una muestra de fragmentos dentro de un gradiente de tamaños de entre 20 y 2000 ha; sitios con diferentes métodos e intensidades de manejo forestal; y diferentes distancias entre los fragmentos de bosque y el Volcán Paricutín (Dirección Técnica Forestal, 1988).

Los muestreos de mastofauna en los 6 fragmentos se realizaron utilizando como criterio para la ubicación de las estaciones de trampeo las unidades ambientales y la densidad de arbolado más representativo de cada fragmento.

Las estaciones para pequeños mamíferos estuvieron conformadas por cuadrantes de aproximadamente 1 ha, formados por 10 líneas paralelas de 100 m (1-10) y 10 líneas perpendiculares de la misma longitud (A-J). Se colocaron trampas Sherman de 7.5 X 9.0 X 23 cm, las cuales se cebaron por la tarde con avena, crema de cacahuate y vainilla a lo largo de cada línea con una separación de 10 m entre cada una, de tal modo que se utilizaron un total de 100 trampas en cada cuadrante (DeBlase y Martin, 1982; Sutherland, 1996). Se efectuaron 4 muestreos en el período de un año durante los meses de octubre-noviembre de 1994, marzo de 1995, mayo-junio de 1995 y septiembre de 1995, con el fin de cubrir el inicio y fin de la temporada

seca y lluviosa. Para cada sitio los muestreos se efectuaron en sesiones de trampeo de 2 noches por estación, cubriendo 2 cuadrantes por noche, lo que significó un total de 12 días de trampeo por estación. Por la mañana se revisaron las estaciones y se tomaron como datos adicionales las medidas convencionales de los animales y su estado reproductivo. (DeBlase y Martin, 1982; Sutherland, 1996). Aquellos ejemplares que no fueron reconocidas en el campo se colectaron para su posterior identificación y se donaron a la Colección de Mamíferos de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Los mamíferos de tamaño mediano se muestrearon dentro de cada cuadrante de trampas Sherman, en donde se colocaron un total de 16 trampas Tomahawk de diferentes tamaños con una separación de 25 m. entre cada una, de tal manera que cubriera una superficie de 1 ha. Se cebaron con una mezcla de sardina y plátano y el número de noches fue el mismo que para los pequeños mamíferos. Los animales capturados fueron medidos y liberados.

Para mamíferos mayores y como complemento a los trampeos, se efectuaron transectos cercanos al sitio con el fin de registrar rastros como huellas y excretas, y se efectuaron caminatas de lampareo alrededor del cuadrante (Aranda, 1981). Esta actividad se realizó una noche para cada estación de muestreo. Los datos se transcribieron a formas de registro para su análisis.

Los datos de campo se compararon con los obtenidos en la literatura y se efectuaron análisis de la riqueza de especies de los mamíferos potenciales y los registrados respecto a su clasificación taxonómica, utilizando el nivel de Orden para su análisis.

Se compararon los datos registrados en campo y los provenientes de la literatura de acuerdo con la masa corporal. Para esto se dividieron en las 3 siguientes categorías de peso: pequeños de entre 1-100 grs.; medianos entre 101-10,000 grs. y grandes de mas de 10,000 grs. (Ceballos y Navarro, 1991).

El gremio alimenticio o cadena trófica también se analizó con los registros de los fragmentos y los reportados en la literatura. Para esto se dividieron a los mamíferos en omnívoros, herbívoros carnívoros e insectívoros (Ceballos y Navarro, 1991).

Con los resultados obtenidos de los muestreos y la caracterización de los fragmentos se efectuaron análisis para determinar el grado de dependencia o relación de la riqueza de especies presente en cada fragmento con variables como el tamaño del fragmento, la heterogeneidad ambiental, la intensidad y tiempo del manejo forestal, así como el efecto indirecto de la erupción del Volcán Parícutín. La relación entre las variables antes descritas se efectuó mediante un análisis de regresión lineal simple, utilizando como valor de significancia un nivel de probabilidad $P < 0.05$ (Zar, 1984). El análisis de los patrones de riqueza en función del área se realizó ajustando la curva de la regresión al origen, ya que se acerca más a la realidad, considerando que debe existir un valor cero, cero (Zar, 1984).

La relación entre riqueza mastofaunística y heterogeneidad ambiental se tomó de los valores de heterogeneidad de las comunidades en cada uno de los sitios. No obstante debido a que los resultados mostraron una homogeneidad en las comunidades, el análisis se efectuó con los valores de diversidad florística de acuerdo con los resultados de la función de Shannon-Wiener (Krebs, 1989): $H' = -\sum (p_i)(\log_2 p_i)$ obtenida del análisis de la riqueza florística y los valores de cobertura de cada sitio, para obtener un valor de diversidad más preciso.

La intensidad de manejo forestal, se estimó mediante el análisis de la ponderación de un valor arbitrario obtenido a partir de la intensidad de la intervención asociada al método de aprovechamiento, de tal manera que se le dio un valor de 1 al método de aclareo que consiste en la extracción de árboles maduros o de mala calidad; un valor de 2 a una extracción no controlada en donde se trata de un aprovechamiento no planeado con consecuencias más perturbadoras que el aclareo, pero de menor consecuencias que el corte de liberación; y por último un valor de 3 al corte de liberación en donde se extrae todo el arbolado maduro y se quedan

únicamente los árboles jóvenes (Cano,1988). Además se analizó la diversidad en función del tiempo que tenía cada sitio de ser aprovechado, los cuales iban desde 1986 el más antiguo hasta 1990 el más reciente.

Para el caso de los efectos del Volcán, se utilizó la profundidad de ceniza como un valor indirecto de los efectos de la erupción volcánica, provenientes del estudio de tipificación de suelos (Rees, 1979).

Heterogeneidad Ambiental en los Fragmentos

La heterogeneidad de cada sitio se obtuvo a partir de la definición de las comunidades vegetales en los fragmentos y como se representaban éstas en cada en cada uno de dichos fragmentos. A los valores relativos de presencia de comunidades resultantes por fragmento se le aplicó el índice de diversidad de la función de Shannon-Wiener (Krebs, 1989): $H' = -\sum (p_i)(\log_2 p_i)$ con el fin obtener un valor de heterogeneidad para cada fragmento.

De igual manera se obtuvo un índice de diversidad florístico proveniente de las especies vegetales en cada sitio y su cobertura. Para esto se tomó el valor de cobertura de cada especie por sitio como una medida de diversidad en cada fragmento. A estos datos también se les aplicó el índice de Shannon-Wiener (Krebs, 1989) como otra manera de evaluar la heterogeneidad por sitio.

Los datos para los valores de heterogeneidad se obtuvieron a partir de levantamientos de vegetación o "relevés" en los 6 fragmentos, siguiendo la escuela fitosociológica de Braun-Blanquet (Muller-Dombois y Ellenberg, 1974). Se efectuaron 21 levantamientos de las unidades previamente identificadas, con un promedio mayor a 3 levantamientos para cada fragmento. El área muestreada de cada relevé fue de 400 m² (20 X 20 m). Se determinó la cobertura de acuerdo a la observación de 5 estratos bien definidos: a) estrato arbóreo alto (> 25 m), b) estrato arbóreo bajo (< 25 m), c) estrato arbustivo, d) estrato herbáceo y e) estrato rasante. Los valores de cobertura registrados provienen de la cobertura circunferencial expresada en porcentajes de acuerdo al área del levantamiento (Cleef, 1981). Los porcentajes de

cobertura se estimaron de acuerdo a una modificación de la clasificación propuesta por Van der Maarel (1979) con las siguientes categorías de porcentaje de cobertura: a) 0-2, b) >2-5, c) >5-10, d) >10-20, e) >20. Se identificaron las especies presentes de acuerdo a una determinación en campo y a una colecta en cada sitio. Se obtuvieron datos de cobertura por especie y por estrato en cada fragmento. La definición de cada comunidad se realizó por medio de un análisis de clasificación multivariada no jerárquico divisivo TWINSpan, en el cuál se tomaron 100 especies de los 21 relevés que fueron agrupados de acuerdo a su afinidad (Hill, 1979; Kent y Coker, 1993). El dendrograma mostró las cuatro comunidades resultantes del análisis y las especies que están determinando más claramente las comunidades (Figura 7). En el Anexo 2 se describe brevemente la composición de las especies de cada comunidad con base en el relevé más representativos de cada una de éstas. La tabla fitosociológica muestra el arreglo de las especies en las diferentes comunidades para cada relevé y sus valores de cobertura (Cuadro 2). En los 21 levantamientos de vegetación (relevés) se registraron un total de 169 especies pertenecientes a 108 géneros.

Cuadro 2. Tabla fitosociológica de composición de especies con valores de cobertura para cada comunidad.

COMUNIDADES	I										II										
	Ia										IIa					IIb					
ESPECIES/NO. DE RELEVÉ	21	15	19	20	16	17	8	10	13	18	6	7	9	11	12	14	1	5	2	3	4
Aegopogon tenellus			1							1											
Alchemilla procumbens		4	1		1	1	1			1											
Baccharis heterophylla	4	4	5	4	1	5		1	3	2											
Caryophyllaceae spp			1						1												
Crataegus pubescens		1	4		3	3	1			2			1								
Cyperus seslerioides			1						1	1											
Desmodium densiflorum					2	1															
Lupinus exaltatus					4																
Pinus leiophylla		4	4	4	5	5	2	4		4							3				
Quercus crassifolia		1	1			5			1												
Senecio tolucanus			1	1	1					1											
Adiantum poiretii			1	2	1	1															
Arbutus xalapensis				3																	
Archibaccharis serratifolia				4																	
Arenaria lanuginosa				3																	
Baccharis conferta	4						1					1			1				2		
Cirsium ebrenbergii		1				1													1		
Desmodium uncinatum		1	1	3				1	1							1					
Dryopteris spp			1	1		1															
Eupatorium glabratum	4	4	5		3	1	1		3				1		2				4		
Monnina ciliolata			1	1	1		1								1						
Orchidaceae sp1		1		1																	
Oreopanax xalapensis				3																	
Physalis volubilis	1	1	1							1											
Pinus montezumae	5	5	5	5																2	
Polypodium madrense	1		1			1			1										1		
Pteridium arachnoideum		5	2							1	1	1									
Salix paradoxa				2														1			
Agave ineachidens							4	1													
Baccharis serraefolia								2					1								
Bidens aequisquama					1	1	1	1		1	1										
Bromus dolichocarpus								1	1												
Cestrum thyrsoideum					1	1	1		1	1		1									
Coriaria rusifolia			1	5	5	4				2						3					
Eupatorium isolepis							2														
Fuchsia thymifolia				1					1	1											
Gnaphalium semiamplexicaule								2													
Lagascea helianthifolia								2													
Lopezia racemosa		1	1		2	1	1	1	1	1			1	1		2					
Lupinus elegans					1		1	1	2											1	1
Muhlenbergia spp								2													
Pteridium feii					2		1	1													
Quercus dysophylla								2		1					2						
Quercus obtusata								3	1						1						
Senecio stochaediformis				1	3	1	1	1	1	1			1			1					
Alchemilla pringlei	1			1						5							2	1			1
Andropogon spp	3																			1	1
Ceanotus coeruleus				2		3		1								2			3		1
Piptochaetium virescens		4	4		3	4	3	3	5	1			2	5	3		1	4			
Alnus jorullensis			1	3			3				3				3	1	2				
Clethra mexicana			1	3								1				5					
Desmodium sumichrasti							2	1					1	2							
Elaphoglossum petiolatum				2		1									5						
Eupatorium mairetianum				2							2	2									
Garrya laurifolia						1		1						2							
Geranium lilacinum		2						1						1	1	1					
Lotus repens								1							1	1					
Phaseolus spp									1			1									
Quercus rugosa							2	4	5	5	4	3	1	4	1	5	3		1		
Arctostaphylos discolor					1		1	1	1					1	1	1				1	1
Gnaphalium americanum	1	1				1			1	1					1			1	1	1	1
Pinus pseudostrobus	2			5	2		5		5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5		
Salvia mexicana			1	1	1			2	2		1	1		1			1		1		1
Senecio angulifolius				5	1		2	1	4		1	3	2				2				4
Smilax moranensis				1		1		1		1	1	1			1		1			1	1

Cuadro 2. (Continuación)Tabla fitosociológica de composición de especies con valores de cobertura para cada comunidad.

COMUNIDADES	I										II											
	Ia										IIa					IIb						
ESPECIES / No. DE RELEV	21	15	19	20	16	17	8	10	13	18	6	7	9	11	12	14	1	5	2	3	4	
<i>Cleyera integrifolia</i>											5	4										
<i>Eupatorium ramireziorum</i>														3								
<i>Eupatorium pazcuarensis</i>				1		1		1			1	1	4	4		4			1			
<i>Festuca spp</i>														2								
<i>Geranium semanii</i>	1		1								1	1	2	1		1	1	1	1			
<i>Quercus martinezii</i>								2						5								
<i>Rhus radicans</i>														1	1	1						
<i>Ternstroemia pringlei</i>							4				5	3	2	3		1						
<i>Abies religiosa</i>																	4	4	3	5	3	
<i>Acaena elongata</i>	1																1	1	1		1	
<i>Adiantum andicola</i>											1				5		1	1		1	1	
<i>Alchemilla vulcanica</i>																					1	1
<i>Asplenium monanthes</i>				1						1	1						1	1		2		
<i>Didymaea alsinoides</i>										1							1	1	1		1	
<i>Dryopteris wallichiana</i>											1							1				
<i>Eupatorium spp</i>					3															2	3	5
<i>Festuca amplissima</i>				1							5	5	2	5	1				3	5	2	2
<i>Fuchsia microphylla</i>		1	1					1				1					1	1	1	2	1	
<i>Galium mexicanum</i>				1												1				1	1	
<i>Liquen spp</i>																		5				
<i>Musgo spp</i>															1			5				
<i>Penstemon roseus</i>																					2	
<i>Pernettya ciliata</i>																1		1	1	2	1	
<i>Pinus spp</i>													4								2	4
<i>Pinus lawsoni</i>																						
<i>Pinus michoacana</i>																3						5
<i>Quercus laurina</i>	1							2	3		1	3	3		3	4	4	4		4	2	
<i>Satureja macrostema</i>				1							1						1		2	5	2	
<i>Senecio albonervius</i>																		1	1		1	
<i>Senecio platanifolius</i>																					4	
<i>Stevia nelsonii</i>			1														5		2	1	5	
<i>Trisetum virletti</i>													1		2		1	1		2	1	

Valores de cobertura:

Clase 1 = 0-2 %

Clase 2 = 2-5 %

Clase 3 = 5-10 %

Clase 4 = 10-20 %

Clase 5 = > 20 %

Sitios de cada Releve

Cerro Prieto = 1,2,3,4,5,6,7.

Cerro Curitzerán = 8,9,10,11,12.

Cerro Cutzato = 13,14,15.

Cerro Capatzin = 16,17.

Cerro Curupicho = 19,20.

Llano Teruto = 21.

Evaluación Paisajística de la Fragmentación

Con el fin de extrapolar los resultados del trabajo en los 6 fragmentos a la totalidad de los terrenos de la comunidad, se realizó la evaluación del grado de fragmentación y conservación de las masas forestales de la comunidad, de acuerdo al análisis de variables como la cobertura vegetal, el adelgazamiento de las masas forestales y grado de fragmentación de los bosques.

La evaluación estuvo enfocada a la situación que prevalece en la parte boscosa en referencia con las actividades productivas y otras de carácter natural como la lava y cenizas resultado de la erupción volcánica reciente.

Se realizó la fotointerpretación de una imagen de satélite Landsat TM de 1993 para determinar la cobertura y el uso de suelo actual de la comunidad, identificando el bosque denso, el bosque abierto, las plantaciones anuales, las plantaciones semiperennes, las áreas de reforestación en cenizas, las cenizas volcánicas y las lavas del Parícutín. Se obtuvieron los resultados de las superficies de cada cobertura, el número de fragmentos y la superficie de cada uno. Por otro lado se realizó un cruzamiento de mapas entre el de cobertura y uso de suelo y el de unidades geomorfológicas con el fin de determinar la relación entre estas dos variables y la manera en que se ha realizado el manejo de recursos de la comunidad (Bocco et al., 1997).

El nivel de acercamiento al problema del grado de conservación de las masas forestales se realizó de manera general utilizando los métodos de la fotointerpretación con verificación en campo.

RESULTADOS

Diversidad Mastofaunística

Riqueza y Composición

Para determinar la confiabilidad de los muestreos realizados se elaboró la curva de acumulación de especies que muestra, que si bien no se alcanzó la asíntota, la comparación de los valores observados y esperados indican que se llegó a un aproximado del 85.21% de las especies, lo que significa que el muestreo realizado es aceptable.

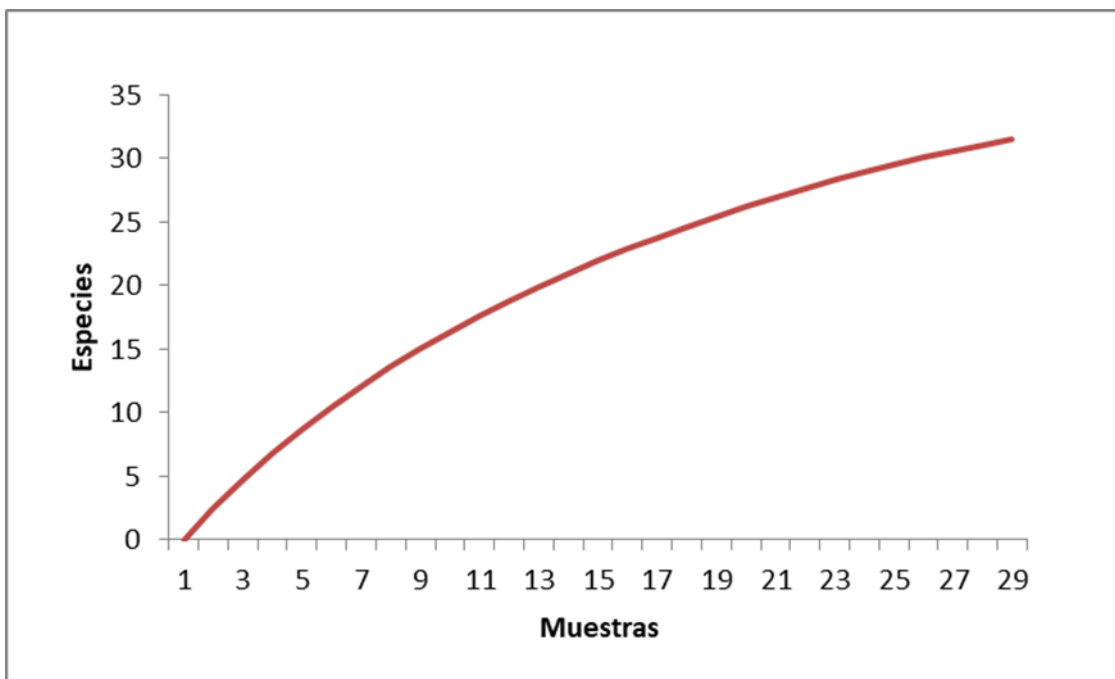


Figura 6. Curva de acumulación de especies del muestreo realizado en los fragmentos de bosque estudiados.

En los muestreos realizados en este trabajo se registraron un total de 25 especies de mamíferos en los 6 fragmentos estudiados pertenecientes a 12 familias y 7 ordenes (Cuadro 3).

Cuadro 3. Especies de mamíferos registradas en los 6 fragmentos.

ESPECIE	PRIETO	CUZATO	TERUTO	CURITZERAN	CAPATZIN	CURUPICHO
<i>Didelphis virginiana</i>	X	X		X		
<i>Sorex saussurei</i>		X		X	X	
<i>Sorex monticola</i>	X					
<i>Dasyopus novemcinctus</i>		X				
<i>Sylvilagus floridanus</i>	X	X		X	X	X
<i>Sciurus aureogaster</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Otospermophilus variegatus</i>	X					
<i>Microtus mexicanus</i>		X				
<i>Neotoma mexicana</i>	X				X	
<i>Peromyscus maniculatus</i>				X		
<i>Peromyscus hylocetes</i>				X		
<i>Peromyscus truei</i>	X			X	X	X
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>		X				
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>				X	X	
<i>Reithrodontomys mexicanus</i>	X					
<i>Sigmodon fulviventor</i>					X	
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Bassariscus astutus</i>		X			X	
<i>Procyon lotor</i>	X	X	X			X
<i>Conepatus leuconotus</i>				X		
<i>Mephitis macroura</i>	X	X	X		X	X
<i>Spilogale putorius</i>	X			X		
<i>Lynx rufus</i>	X	X			X	
<i>Canis latrans</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Odocoileus virginianus</i>	X	X		X		
TOTAL	16	14	5	13	12	7

De acuerdo al análisis bibliográfico y los registros de las colecciones locales de registros históricos antes de la erupción del volcán, se obtuvo un total de 43 especies de mamíferos como posibles o potenciales para la zona, de los cuales solo se registraron 25 en este estudio lo que corresponde al 58.2% (Figura 7 y Cuadros 3 y 4).

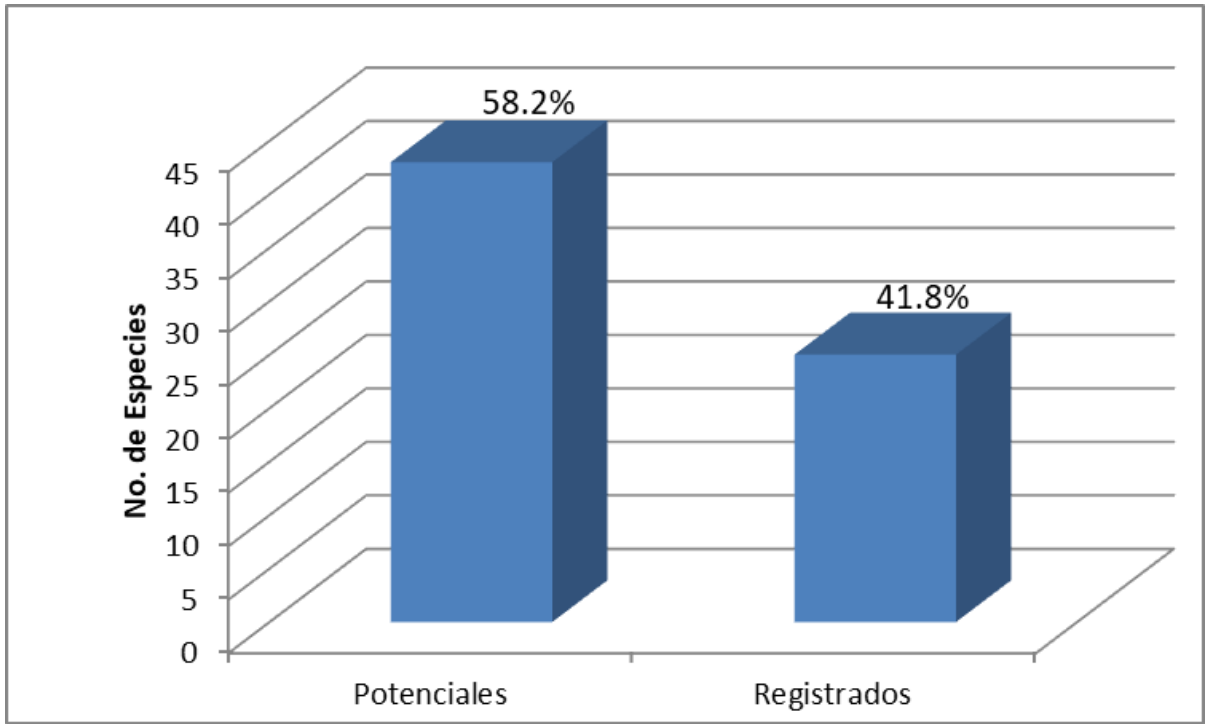


Figura 7. Número y porcentaje total de especies potenciales y registradas de mamíferos en el área de estudio.

Cuadro 4. Lista de mamíferos registrados y potenciales para el sitio de estudio y la región.

ESPECIE	REGISTRADOS	POTENCIALES
DIDELPHIMORPHIA		
<i>Didelphis virginiana</i>	X	X
SORICOMORPHA		
<i>Cryptotis goldmani</i>		X
<i>Megasorex gigas</i>		X
<i>Sorex oreopolus</i>		X
<i>Sorex saussurei</i>	X	X
<i>Sorex monticola</i>	X	X
CINGULATA		
<i>Dasypus novemcinctus</i>	X	X
LAGOMORPHA		
<i>Sylvilagus cunicularius</i>		X
<i>Sylvilagus floridanus</i>	X	X
RODENTIA (Sciuridae)		
<i>Sciurus aureogaster</i>	X	X
<i>Otospermophilus variegatus</i>	X	X
RODENTIA (Heteromyidae)		
<i>Heteromys irroratus</i>		X
RODENTIA (Cricetidae)		
<i>Baiomys taylori</i>		X
<i>Microtus mexicanus</i>	X	X
<i>Neotomodon alstoni</i>		X
<i>Neotoma mexicana</i>	X	X
<i>Nelsonia neotomodon</i>		X
<i>Osgoodomys banderanus</i>		X
<i>Peromyscus aztecus</i>	X	X
<i>Peromyscus hylocetes</i>		
<i>Peromyscus maniculatus</i>	X	X
<i>Peromyscus melanotis</i>		X
<i>Peromyscus spicilegus</i>		X
<i>Peromyscus truei</i>	X	X
<i>Reithrodontomys chrysopsis</i>		X
<i>Reithrodontomys megalotis</i>		
<i>Reithrodontomys sumichrasti</i>	X	X
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	X	X
<i>Reithrodontomys mexicanus</i>	X	X
<i>Sigmodon fulviventor</i>	X	X
<i>Sigmodon alleni</i>		X

Cuadro 4. (Continuación) Lista de mamíferos potenciales para la región y los registrados en los fragmentos.

CARNIVORA		
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	X	X
<i>Bassariscus astutus</i>	X	X
<i>Procyon lotor</i>	X	X
<i>Mustela frenata</i>		O
<i>Conepatus leuconotus</i>	X	O
<i>Mephitis macroura</i>	X	X
<i>Spilogale putorius</i>	X	O
<i>Lynx rufus</i>	X	X
<i>Puma concolor</i>		O
<i>Canis latrans</i>	X	X
ARTIODACTYLA		
<i>Tayassu pecari</i>		O
<i>Odocoileus virginianus</i>	X	X

En la comparación de las especies registradas contra las esperadas o potenciales, se registraron vacíos importantes en los diferentes ordenes de mamíferos. En algunos grupos estos vacíos fueron más significativos debido a que se trata de órdenes con una alta representatividad en los ecosistemas de bosque templado, como es el caso de Rodentia y Soricomorpha que presentaron respectivamente un 44% y 40% de las especies que podrían estar presentes. El orden Carnívora, por el contrario, presentó la mayor parte de las especies de mamíferos que deberían registrarse en la zona. Los otros órdenes debido a su baja representatividad para estos ecosistemas no evidenciaron ausencias importantes (Figura 8).

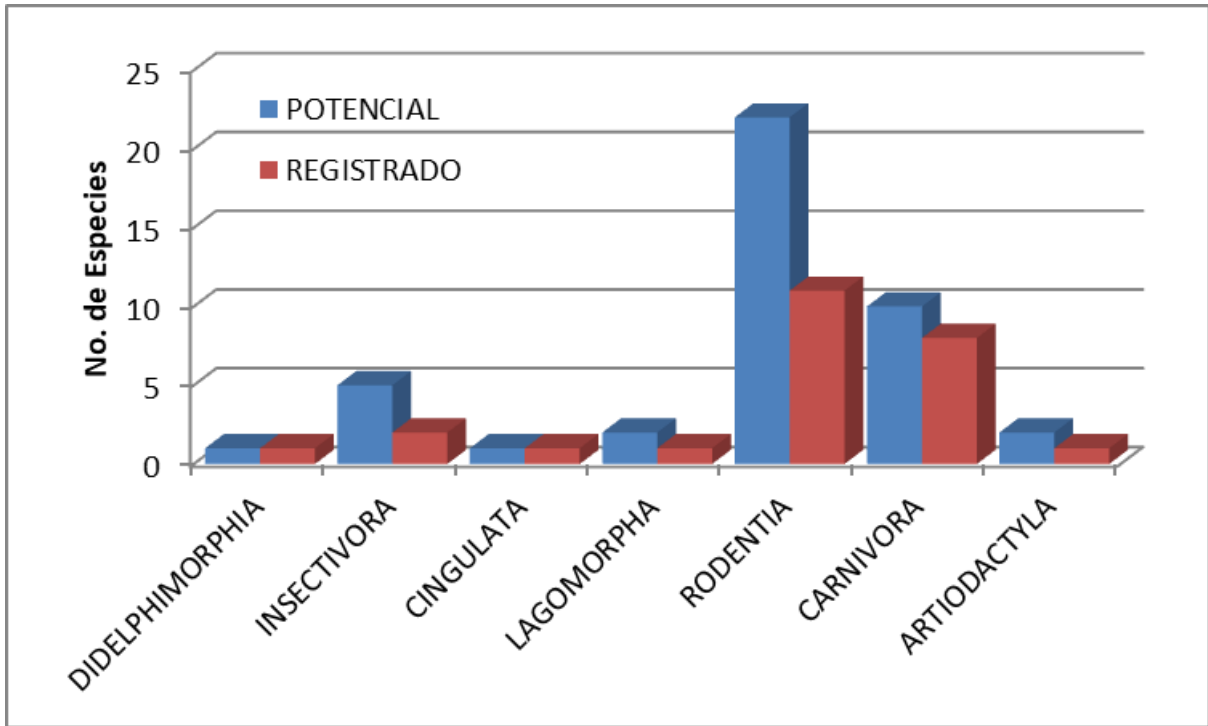


Figura 8. Número de especies potenciales y registradas de mamíferos a nivel de orden en el sitio de estudio.

Las proporciones observadas en el análisis de la masa corporal entre las especies potenciales y las registradas muestran una ausencia de especies de entre el 45 y 50%, en los de masa pequeña (0-100 grs.), así como en los de masa grande (>10,000 grs.), siendo menor en los de masa mediana (101-10000), en donde la pérdida fue de casi el 25% (Figura 9).

El análisis de diversidad por gremio alimentario, mostró que los herbívoros son los más diversos, seguidos por los omnívoros, insectívoros y los carnívoros, patrón que se presentó tanto en los potenciales como en los registrados. Además, las ausencias más importantes se presenta en estos mismos grupos numerosos (Figura 10).

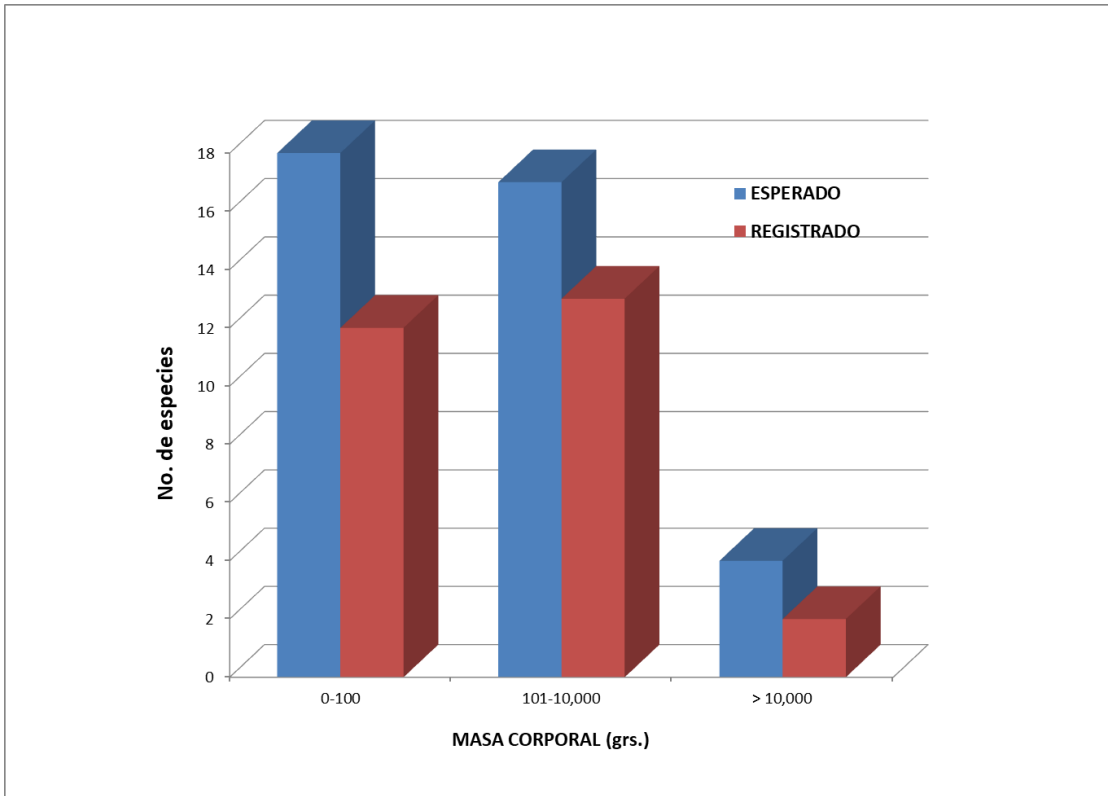


Figura 9. Número de especies de mamíferos potenciales y registradas en el sitio de estudio agrupadas de acuerdo a la masa corporal.

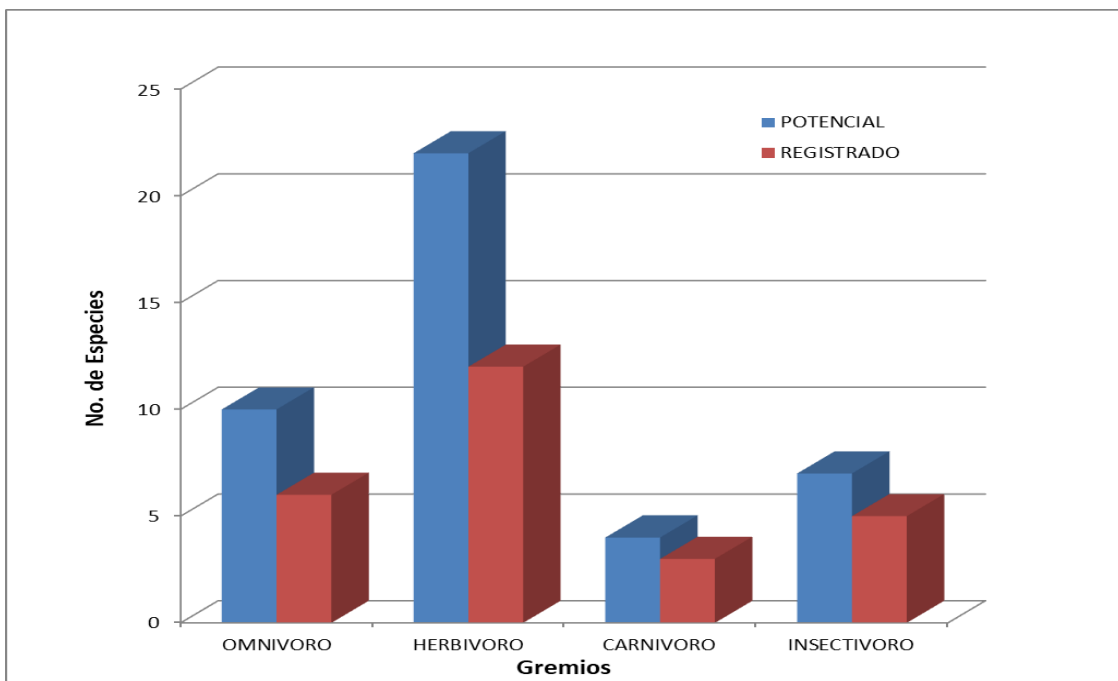


Figura 10. Número de especies de mamíferos potenciales y registrados en el sitio de estudio agrupadas por gremio alimenticio.

Patrones de Diversidad en los Fragmentos

Con el análisis de la diversidad de mamíferos en función del tamaño del fragmento, se observó una correlación positiva de la diversidad de mamíferos en función del área en los diferentes fragmentos tal como se esperaba. Si bien el resultado del análisis muestra valores del coeficiente de correlación por arriba de 0.5 a ($r= 0.81$, $P<0.05$), en el grafico se puede observar una correlación acorde a lo esperado, en la mayor parte de los fragmentos, y solo uno (Ll. Teruto) queda por debajo de lo esperado (Figura 11). No obstante al observar los otros sitios se puede notar que ajustan a una recta e incluso realizando el análisis de regresión sin el fragmento de Llano Teruto, el valor del coeficiente de correlación aumenta notablemente y muestra una correlación casi total y significativa ($r= 0.98$, $P<0.05$).

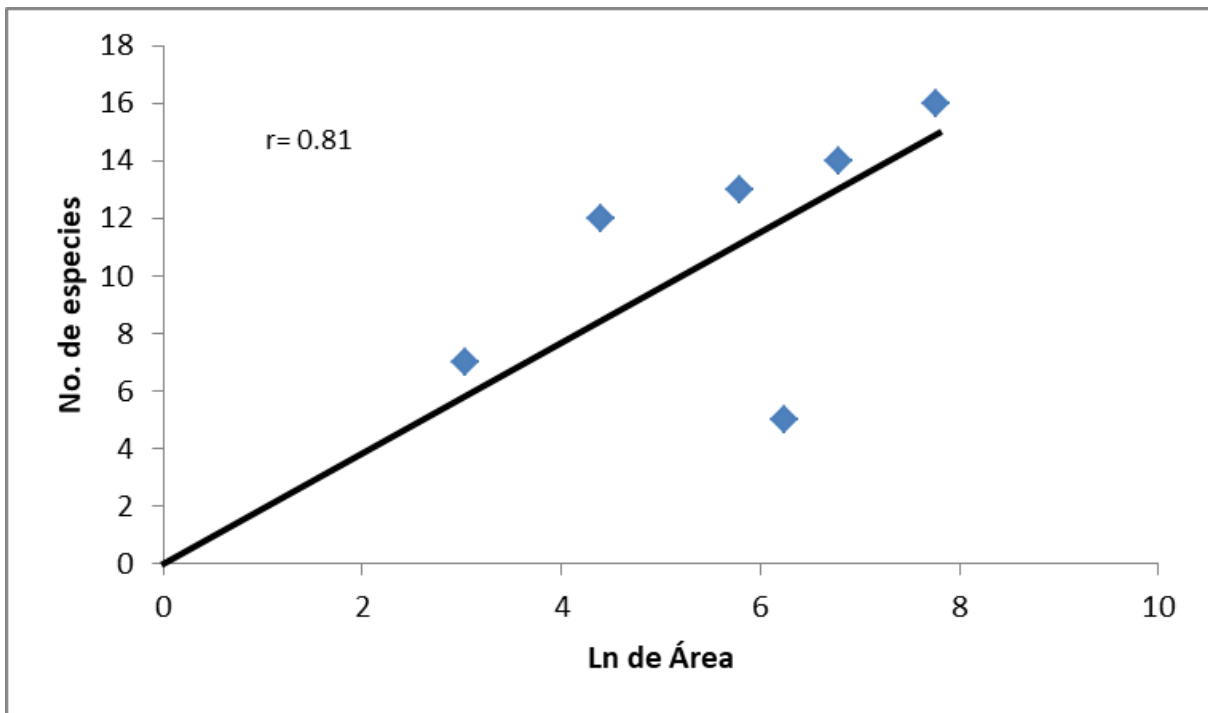


Figura 11. Análisis de regresión entre la riqueza de especies de mamíferos y el área en cada fragmento.

Para determinar la relación entre la riqueza de mamíferos y la heterogeneidad del hábitat a través del análisis TWISPAN, se obtuvieron las comunidades vegetales en donde se observan cuatro comunidades bien diferenciadas (Figura 12).

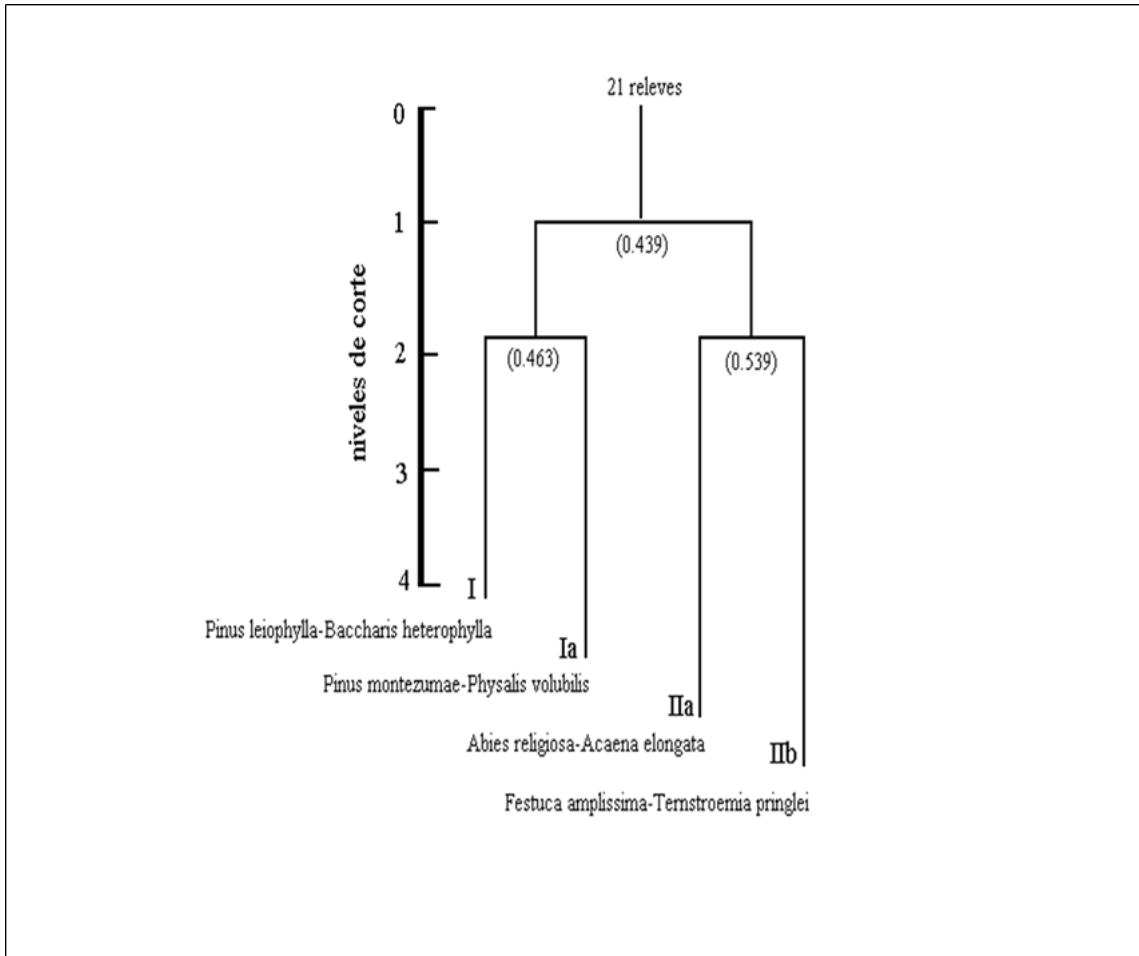


Figura 12. Comunidades vegetales resultantes del análisis de indicador de especies de dos vías (TWISPAN) en los 6 fragmentos estudiados.

De igual manera se analizó la heterogeneidad ambiental con los resultados del índice de diversidad como se muestra en el Cuadro 5. Se observó que el análisis de la heterogeneidad de los fragmentos basado en el número de comunidades presentó una correlación baja con respecto al número de especies ($r= 0.49$, $P<0.05$), en donde los valores de heterogeneidad cero presentan valores de riqueza muy diferentes (Figura 13a). En este caso nuevamente se observa un valor fuera de lo esperado que corresponde nuevamente al sitio denominado Llano Teruto. Por el contrario, el análisis

de heterogeneidad basado en la diversidad florística muestra una correlación positiva con un coeficiente de correlación significativo y mas confiable a la predicción, aunque todavía bajo ($r=0.67$, $P<0.05$). Esto muestra que la diversidad florística fue un indicador más efectivo para determinar la heterogeneidad del hábitat de los fragmentos, porque muestra de mejor manera la heterogeneidad ambiental (Figura 13b). Al igual que en las otras pruebas de correlación se observa un valor muy fuera de lo esperado que en este caso corresponde al fragmento denominado Cerro Curupicho, y que si eliminamos dicho valor la regresión mejoraría notablemente la predicción ($r=0.98$, $P<0.05$).

Cuadro 5. Índice de heterogeneidad por comunidades vegetales y diversidad florística en los fragmentos estudiados.

COMUNIDADES	C. PRIETO	C. CUTZATO	L. TERUTO	C. CURITZERAN	C. CAPATZIN	C. CURUPICHO
Comunidad I		0.33		0.4	1	0.33
Comunidad Ia		0.33	1			0.66
Comunidad IIa	0.29	0.33		0.6		
Comunidad IIb	0.71					
I. DE HETEROGENEIDAD	1.014	1.583	0	0.97	0	0.923
DIVERSIDAD FLORISTICA	5.346	5.099	3.397	5.185	4.666	5.284

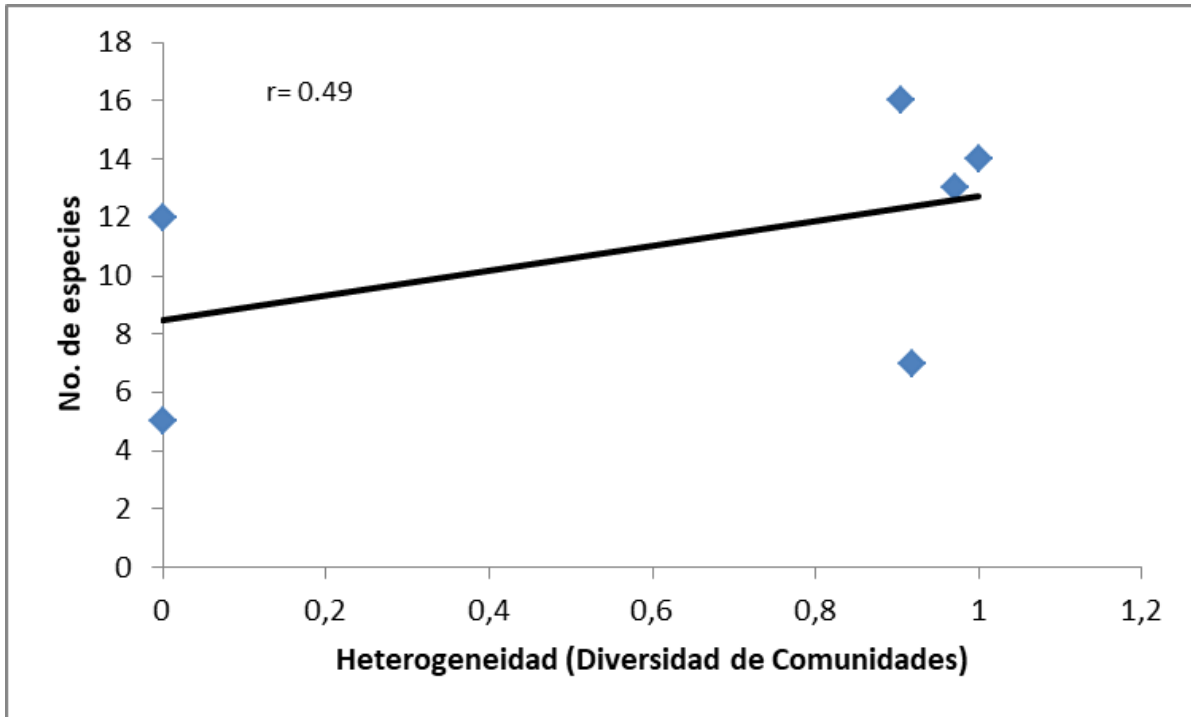


Figura 13a. Análisis de regresión entre la riqueza de especies de mamíferos y la heterogeneidad ambiental de acuerdo con la representatividad de las comunidades vegetales.

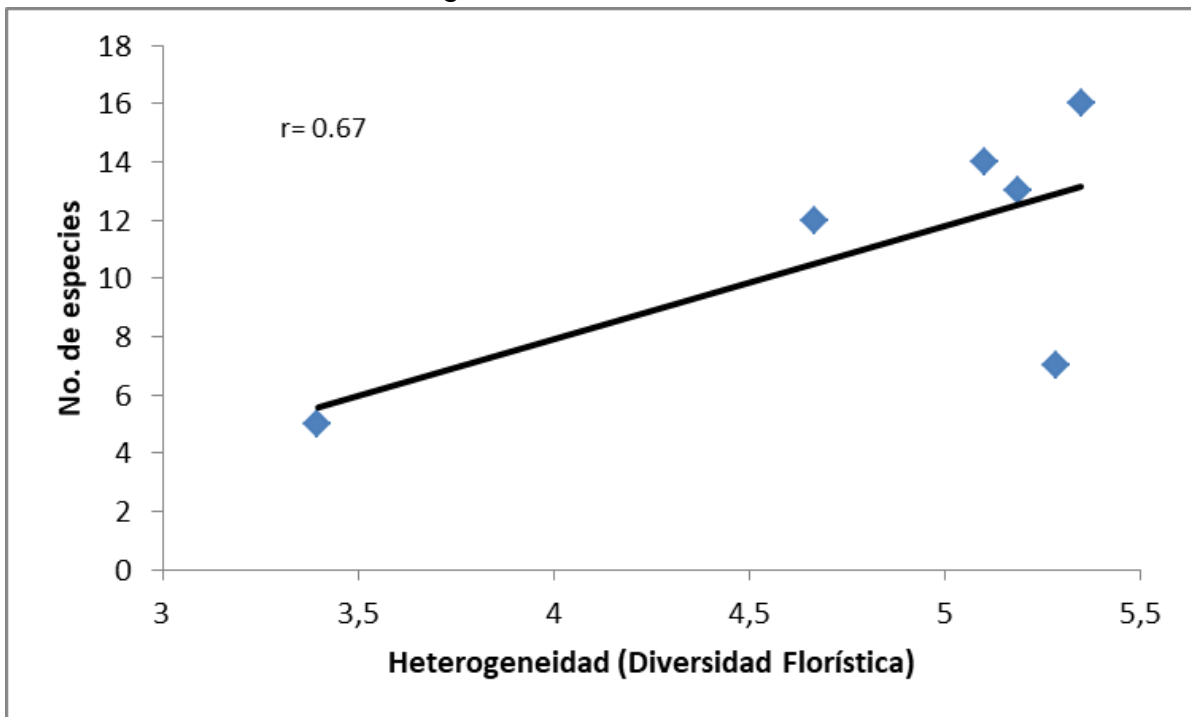


Figura 13b. Análisis de regresión entre la riqueza de especies de mamíferos y la heterogeneidad ambiental de acuerdo con la diversidad florística.

El manejo forestal es un elemento fundamental en el comportamiento de las comunidades de fauna en la zona, ya que es una práctica que se realiza en todos los terrenos de la comunidad. Los análisis relativos a esta actividad que de una manera directa o indirecta están influyendo en la riqueza y composición de las comunidades de mamíferos muestra una heterogeneidad en las prácticas de intervención que hace difícil un análisis de esa variable (Cuadro 6). El análisis de regresión entre la riqueza y el tiempo de intervención no mostro correlación alguna ($r= 0.32$, $P<0.05$), incluso dos sitios (Llano Teruto y Cerro Curupicho) mostraron correlación inversa entre la riqueza de especies y el tiempo de intervención (Figura 14).

Cuadro 6. Métodos de aprovechamiento forestal, fecha de intervención, volumen de extracción y existencia de madera en los 6 fragmentos estudiados.

FRAGMENTO	NÚMERO ESPECIES	AREA	TRATAMIENTO	FECHA DE TRATAMIENTO	VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (m3/ha)	EXISTENCIA DE MADERA (m3/ha)
Cerro Prieto	16	2349	Aclareo	1987	111.72	448.28
Cerro Cutzato	14	893	Aclareo	1989	45.22	171.83
Llano Teruto	5	516	C. de Liberación	1986		90.12
Cerro Curitzerán	13	329	No Controlado	1990		158.67
Cerro Capatzin	12	81	No Controlado	1990		34.27
Cerro Curupicho	7	21	Aclareo	1989	168.66	219

Tipos de tratamiento: Aclareo- extracción de árboles maduros o malos; No controlada- extracción no planeada/uso domestico y Corte de Liberación- extracción de todo el arbolado maduro y solo queda el arbolado joven.

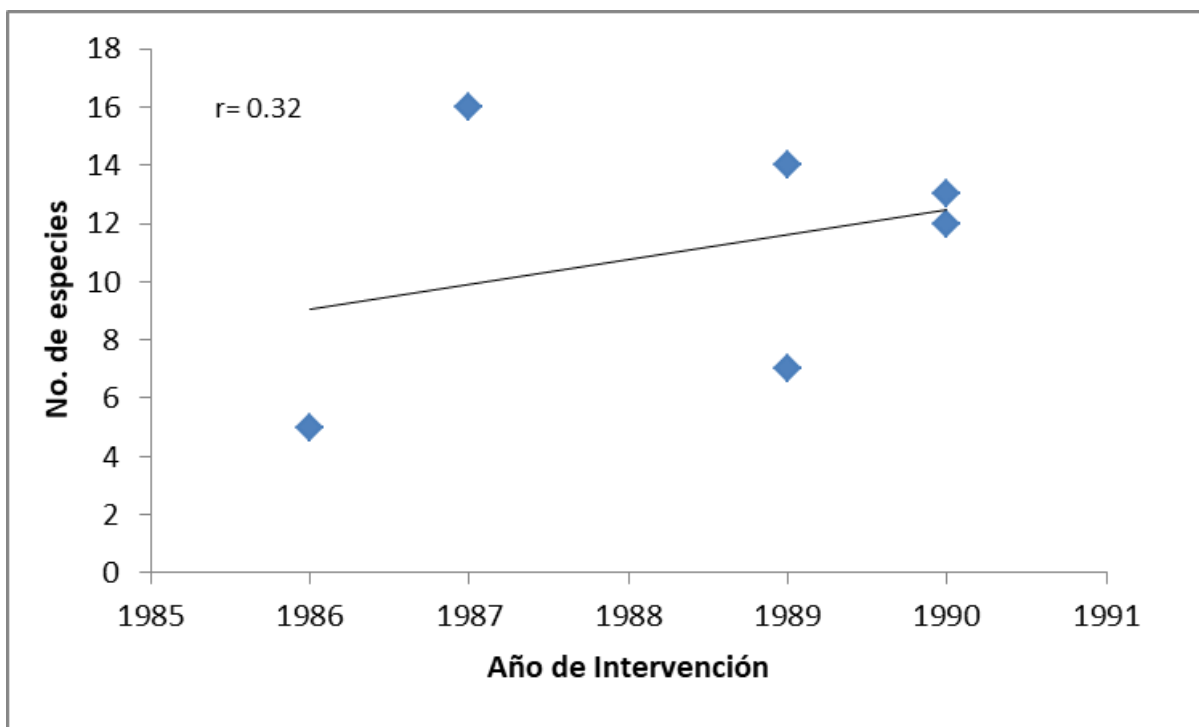


Figura 14. Análisis de regresión entre la riqueza de especies de mamíferos y el tiempo de intervención por aprovechamiento forestal.

La relación entre el tiempo de intervención y el método de aprovechamiento forestal, contra la riqueza de especies para los 6 sitios, mostró que los dos fragmentos con la más alta riqueza (C. Prieto y C. Cutzato) presentan el tipo de intervención de menor impacto nocivo, los dos siguientes sitios más ricos en especies (C. Curitzerán y C. Capatzin) tienen el tipo de intervención medianamente nocivo y el sitio con menor número de especies (Llano Teruto) recibió el tratamiento más nocivo. Sólo en un sitio (C. Curupicho) no se observa relación entre el tipo de manejo y la riqueza de especies (Cuadro 6).

La intensidad de manejo indican que los sitios con una extracción de un 20 y 21% del total de madera corresponden a los sitios con mayor riqueza de mamíferos en donde se registraron 16 y 14 especies respectivamente, y el sitio que se le extrajo más de un 40% de la madera total es uno de los sitios con menor riqueza, ya que presentó tan solo 7 especies (Cuadro 6). Los otros sitios carecen de datos de volumen de extracción.

Por último, el análisis de la regresión entre la riqueza de mamíferos y el espesor de la capa de cenizas, como una medida indirecta de la influencia de la erupción del volcán en cada fragmento, mostró una correlación negativa con un coeficiente de correlación aceptable ($r= 0.86$, $P<0.05$), lo que indica una relación importante entre la cantidad de ceniza y la riqueza de especies de mamíferos (Figura 15).

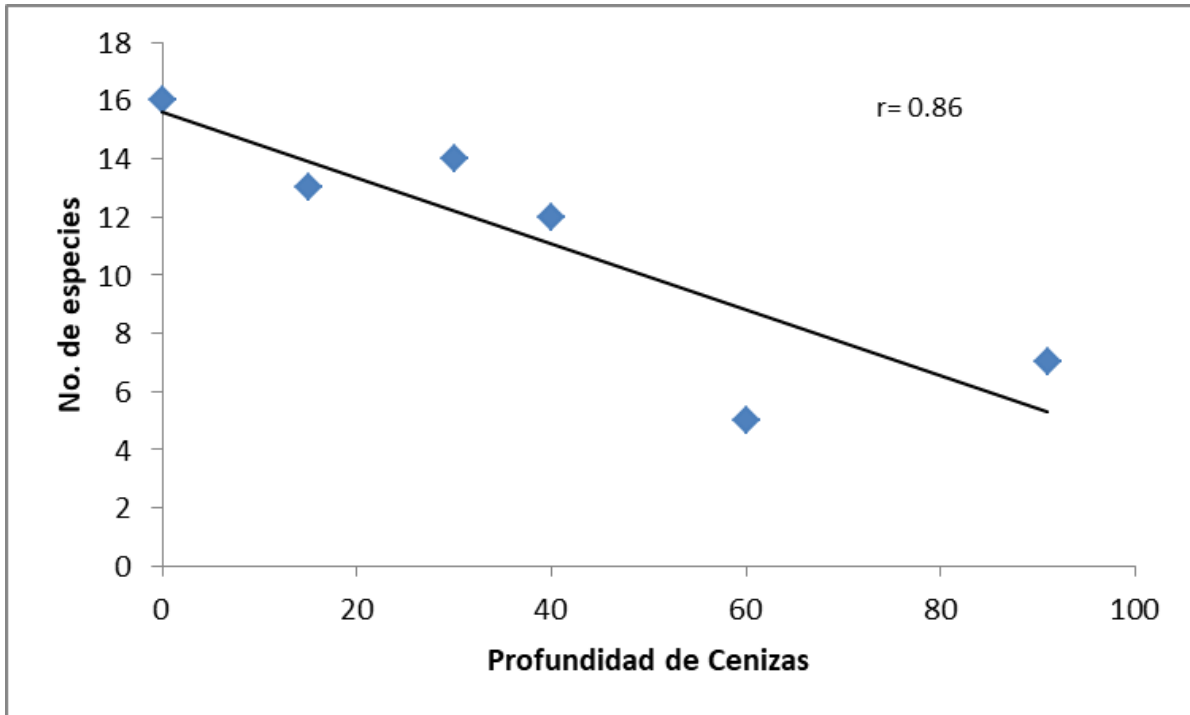


Figura 15. Análisis de regresión entre la riqueza de mamíferos y la profundidad de cenizas en los sitios de estudio.

Evaluación Paisajística de la Fragmentación

El mapa resultante de la fotointerpretación diferenció los bosques densos, bosques abiertos, las plantaciones anuales, las plantaciones semiperennes y las coberturas de ceniza y lava (Figura 16). El bosque representa el 42% de la totalidad del terreno comunal. No obstante una gran porción se trata de terrenos infértiles, como son las cenizas y la lava. Si eliminamos esta área infértil tendríamos que en la comunidad un 58% del área potencialmente explotable se encuentra cubierta de bosque. De esta

área, los bosques densos presentan la mayor superficie con el 24%, seguido por las plantaciones anuales con el 22% y por el bosque abierto con el 18%. Por otro lado, el bosque denso es el que tiene mayor cantidad de polígonos, seguido por el bosque abierto, por la plantación anual, por las cenizas y por las plantaciones semiperennes (Cuadro 7).

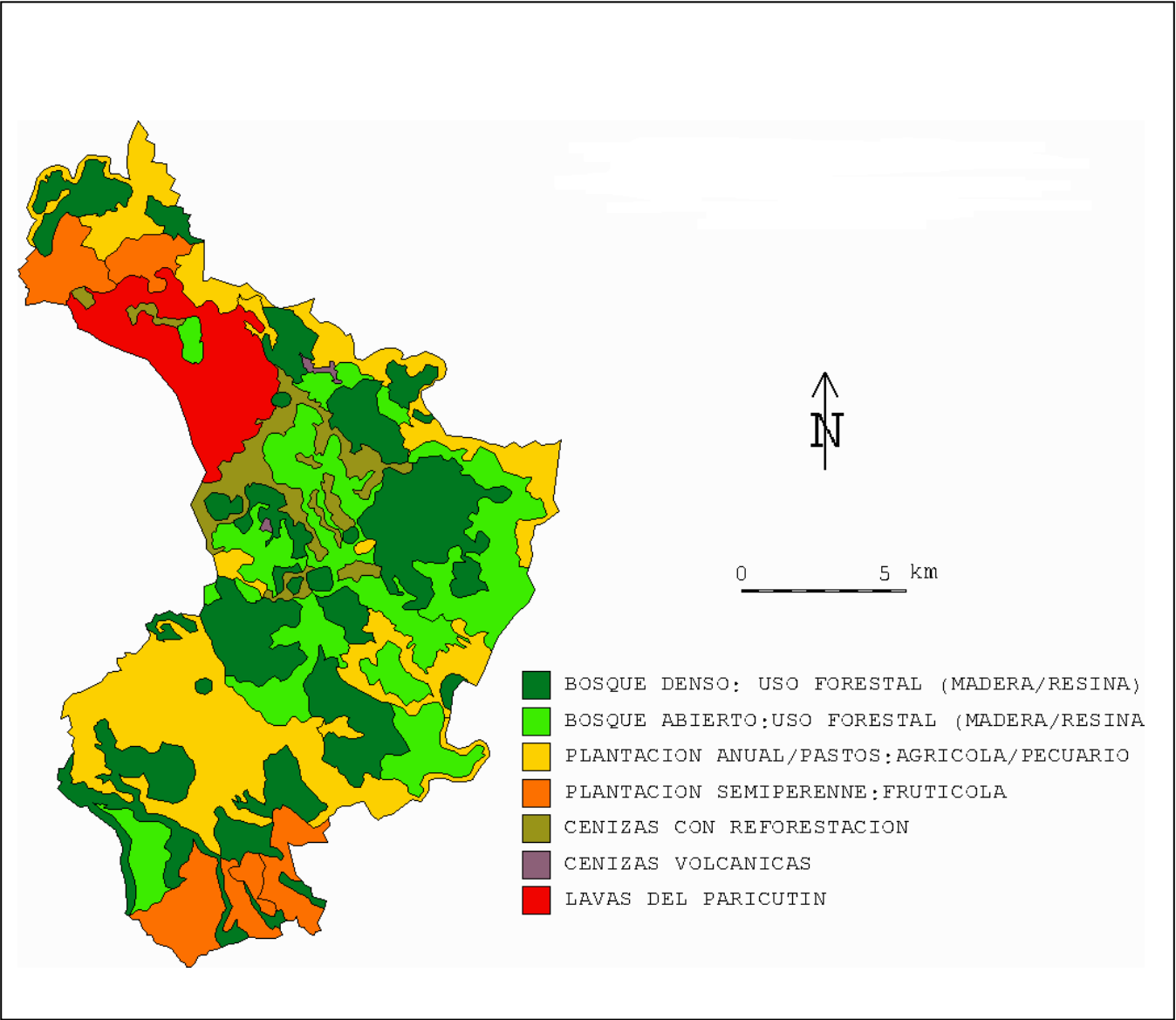


Figura 16. Mapa de cobertura vegetal y uso de suelo en la comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

Cuadro 7. Superficie y número de polígonos por unidad de vegetación y uso de suelo en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

COBERTURA VEGETAL	SUPERFICIE (ha)	PROPORCION (%)	No. DE POLIGONOS
BOSQUE DENSO	5,612	24	24
BOSQUE ABIERTO	4,080	18	12
PLANTACION ANUAL	5,152	22	9
PLANTACION SEMIPERENNE	1,858	8	6
CENIZAS CON REFORESTACION	1,037	4	8
CENIZAS VOLCANICAS	3,954	17	2
LAVAS DEL PARICUTIN	1,654	7	1

DISCUSION

Riqueza y Composición de las Comunidades de Mamíferos

Los resultados de este estudio indican que en esta región las actividades antropogénicas, unidas a factores naturales, han influido en la estructura de los ecosistemas y por lo tanto en la calidad de los hábitats para la mastofauna local. Se ha evidenciado una ausencia de especies de mamíferos terrestres de alrededor de un 41%, respecto a especies registradas históricamente en este sitio y en las zonas aledañas (Burt, 1961; Hall y Villa, 1950; Hall, 1981; Nuñez, 1989; Nuñez y Pastrana, 1990). Si bien el valor obtenido tan alto no podemos asegurar que es real, considerando que los registros históricos no son todos específicos de este sitio, sino de la región, si podemos decir asegurar que existe un proceso de defaunación en el sitio. Esta pérdida de la biodiversidad mastofaunística coincide a lo observado en comunidades templadas y tropicales que se encuentran bajo presión como consecuencia de las actividades productivas propiciadas por la demanda de los recursos naturales (Ceballos y Galindo, 1984; Ceballos y Navarro, 1991; Fa y Morales, 1994; Arita y Ceballos, 1997). Aunado a esto, los efectos de eventos naturales de gran magnitud como fue el caso de la erupción del Volcán Parícutín en 1928, tuvo un impacto negativo sobre la mastofauna de la región como lo documenta Burt (1961), con la muerte de ganado y las observaciones de muy poca evidencia de fauna. De esta manera los resultados obtenidos muestran que la composición actual de la fauna de mamíferos es el resultado de un complejo conjunto de factores como la deforestación, la fragmentación del hábitat, el manejo forestal y la erupción del Volcán Parícutín, en donde se pueden agregar otros que se evidenciaron como la cacería, que ha provocado una pérdida de la riqueza de mamíferos en los terrenos de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

Si bien la riqueza de especies fue por debajo de lo esperado, se observó un éxito de captura del 15% el cual no se considera bajo, aunado con la curva de acumulación de especies que mostró mas de un 85% de especies esperadas y una tendencia cercana a la estabilización, podremos confirmar la perdida de especies en el

sitio de estudio.

Se observó un efecto diferencial sobre la riqueza de especies, analizado con los diferentes órdenes, ya que se registró una mayor disminución en los insectívoros y en los roedores (Figura 8). Sin embargo, la riqueza proporcional entre los órdenes se mantiene constante de acuerdo con la riqueza potencial para la zona (Nuñez, 1989; Nuñez y Pastrana, 1990), e incluso para el país ya que Ceballos y Navarro (1991) muestran que los órdenes de mamíferos con mayor riqueza para México son, en orden de riqueza, Rodentia, Carnívora, Insectívora, Lagomorpha, Artiodactyla, Didelphimorphia y Cingulata. Esto corresponde con lo registrado en este trabajo en donde las familias con más número de especies como roedores, carnívoros e insectívoros fueron los más representados, lo que indica que la disminución mantiene una proporcionalidad relativa entre los diferentes órdenes. Además, muestra que los efectos adversos que están actuando sobre la fauna local tienen mayor influencia en determinados grupos y que puede estar asociado a diferentes factores tanto de tipo natural como los originados por la intervención humana.

Si bien el análisis taxonómico refleja parte de la pérdida de especies, el impacto diferenciado sobre la riqueza de los mamíferos por los procesos que ejercen presión en esta zona puede explicarse también mediante el análisis de la masa corporal y el gremio alimenticio, que reflejan de manera indirecta los procesos ecológicos que están actuando en la región (Ceballos y Navarro, 1991).

El patrón de masa corporal mostró que la riqueza mayor se presentó entre los de talla menor y disminuyó en los medianos y más aún en los de talla mayor (Figura 9). La comparación entre lo potencial y registrado mostró una mayor reducción entre los de menor talla y los de mayor talla en donde faltan entre el 45 y 50% de las especies que se esperarían. Para el caso de los de mayor talla se podría esperar en términos de pérdida de hábitat, ya que se ha observado que la vulnerabilidad se relaciona con la necesidad de hábitats mayores, ciclos reproductivos más largos, entre otros (McKinney, 1997). Sin embargo, para el caso de los de talla menor lo esperado era en sentido inverso, ya que presentan tasas de reproducción mas altas,

necesidades de hábitats mas reducidos y pueden ser mas generalistas en su alimentación, no obstante lo observado por Burt, (1961) indica que la disponibilidad de alimentos se vió disminuida drásticamente por efectos de la erupción volcánica.

En los gremios alimenticios el patrón observado en este estudio no sigue el patrón registrado para el país, en donde en orden de importancia están los hervíboros, los insectívoros, los frugívoros, los carnívoros y por último los omnívoros (Ceballos y Navarro, 1991; Ceballos y Rodríguez, 1993). En este trabajo los herbívoros si son el grupo mas representado, pero a diferencia de lo esperado, los omnívoros es el segundo grupo más diverso, seguido por los insectívoros y por último los carnívoros.

Los resultados muestran una riqueza por abajo de lo esperado y el análisis integral de las variables de masa corporal y gremio alimenticio indica que los mamíferos que presentan mayor reducción son los herbívoros y los de menor masa corporal. La presencia de este patrón debe estar relacionada al cambio tan drástico que se observó en la composición vegetal, en donde se evidencia una modificación importante que se atribuye a la erupción del volcán en primera instancia y al manejo forestal como causa complementaria. De acuerdo con Egler (1949), en algunos sitios la profundidad de las cenizas junto con la cantidad de cenizas sobre las hojas determinaron, en parte la diversidad vegetal, así, muchos sitios fueron desprovistos de toda cobertura vegetal, sobre todo en los estratos bajos del bosque. Aunado a esto, el manejo forestal también está contribuyendo con la pérdida de algunas especies y con el favorecimiento de otras, lo que puede producir una disminución en la riqueza del sotobosque. De acuerdo con Douglass y Swift (1977) los efectos del manejo forestal sobre el bosque no solo es la tala misma, sino las actividades que la acompañan como el derribo y arrastre de los troncos y la apertura de los caminos que se efectúa para la extracción, estos factores son evidentes en el aprovechamiento del lugar en donde se observa una gran cantidad de caminos. Además, aunado a estos factores en 1968, como parte del manejo forestal se llevó a cabo una medida de sanidad forestal para combatir una plaga de defoliadores y descortezadores en los pinos, rociando desde el aire insecticida D.D.T., con los consecuentes efectos para la fauna local (Dirección

Técnica Forestal, Com.Pers.). La masa corporal y el gremio alimenticio de los mamíferos más afectados (herbívoros y de talla menor), indica que estos organismos precisamente utilizan como hábitat y como fuente de alimentación principalmente los estratos rasante, herbáceo y arbustivo del bosque. Además, en el caso de los mamíferos de mayor talla y los carnívoros que también resultaron muy por abajo de lo esperado se sabe que se trata de gremios muy sensibles a las perturbaciones y a la influencia de la intervención humana, ya que en muchos casos son organismos que se utilizan de manera directa como alimento, se les percibe como nocivos, o bien son organismos que presentan mayor susceptibilidad a los efectos de la fragmentación y perturbación de hábitats como resultado de sus ámbitos hogareños más amplios (Terborgh, 1974; Ceballos y Galindo, 1984; Ceballos, 1993; Arita y León, 1993; Iñiguez y Santana, 1993).

Patrones de Diversidad en los Fragmentos

La riqueza de los fragmentos en función del área, presento un valor de coeficiente de correlación relativamente alto ($r= 0.81$, $P<0.05$), con un dato muy fuera del patrón esperado que corresponde al fragmento denominado Llano Teruto (Figura 11). No obstante al observar los otros sitios se puede notar que ajustan a una recta e incluso realizando el análisis de regresión, sin el fragmento de Llano Teruto, el valor del coeficiente de correlación aumenta notablemente ($r= 0.98$, $P<0.05$). Este sitio presenta una comunidad vegetal muy pobre desde el punto de vista estructural, ya que solo se exhibe un estrato arbóreo alto bien definido y los estratos arbustivo y rasante se encuentran muy poco representados (Cuadros 2 y 5; Anexo 1). Esto mostró que la riqueza en determinados grupos de mamíferos fuera muy baja, ya que los únicos registros en ese fragmento son de mamíferos medianos y grandes como *U. cinereoargenteus*, *P. lotor*, *M. macroura* y *C. latrans* con hábitos alimenticios muy generalizados o con ámbitos hogareños muy amplios. Los otros 5 sitios si ajustaron bien a un patrón de riqueza-área como lo predice la teoría de biogeografía de islas, lo que corrobora que el área es un factor importante en la determinación de los patrones de diversidad en el sitio, pero no el único (MacArthur y Wilson, 1967; Terborgh, 1974;

Simberloff y Abele, 1976; Diamond, 1975; 1976; Gillipin y Diamond, 1980; Wilcox y Murphy, 1985). Además, se ha encontrado que en pequeños mamíferos la fragmentación afecta más las densidades de estos que la propia riqueza, y en muchos casos depende del grado de alteración del fragmento o de otras variables, ya que de acuerdo con algunos autores la variable área por si sola no explica los patrones de riqueza como se demuestra en este estudio (Bennet, 1990; Foster y Gaines, 1991; Soulé et al. 1992; Arita, 1993).

La riqueza de mamíferos en función de la heterogeneidad de hábitats como resultado de la representación de las comunidades no presenta correlación alguna (Figura 13a), lo que indicaría que la heterogeneidad del hábitat no es una variable que este explicando la riqueza de especies en la zona. Esto contradice lo propuesto por algunos autores con respecto a la asociación de los patrones de riqueza con la heterogeneidad de hábitats (Williams, 1964; Boecklen, 1986; Owen, 1988; 1990; Arita, 1993; Fa y Morales, 1993). No obstante, estos trabajos hacen referencia a patrones más generales con escalas de menor resolución, ya que relacionan a la heterogeneidad variables como altitud, temperatura y precipitación. Al analizar este trabajo a esta escala, como lo muestra la caracterización de los fragmentos (Anexo 1), se observa que se trata de sitios relativamente homogéneos en varios de los factores abióticos como la geomorfología y los suelos, en donde 5 fragmentos corresponden a conos volcánicos con escurrimientos lávicos y sólo uno se trata de una planicie de acumulación. Los suelos en los 6 fragmentos presentaron un patrón similar con suelos de tipo regosol vitri-éutrico sobre andosol, lo que evidencia la influencia de las cenizas de la erupción reciente del Parícutin, y sólo en un fragmento se presentó este suelo asociado con Leptosol Vitri-éutrico (Bocco et al. 1997). Por último los rangos altitudinales entre los sitios presentan una variación que va desde los 2,400 m de altitud hasta los 3,200 m, siendo más común los que se encuentran entre los 2,400 a los 2,800 m. A diferencia de esas variables, en este trabajo la heterogeneidad esta determinada como la diferencia entre el número de comunidades vegetales de cada fragmento, que a pesar de estar reflejando de manera indirecta las variables abióticas, representan una escala mas detallada, por lo que no son comparables con los otros

trabajos. Aún así no mostró relación. Sin embargo, con el análisis de diversidad florística, que es mas fino, ya que determina a nivel de especie la composición vegetal, muestra un correlación positiva, pero con un coeficiente bajo ($r=0.67$, $P<0.05$). Nuevamente se observó un valor fuera de la correlación, pero ahora perteneciente al fragmento denominado al fragmento denominado Cerro Curupicho, y que al eliminar dicho valor la regresión mejora notablemente la predicción ($r=0.98$, $P<0.05$). Este sitio se observa bien conservado de su masa forestal, sin embargo es el mas pequeño de los fragmentos y se encuentra muy influenciado por el Volcán Parícutin, ya que presenta escurrimientos de lava en su interior que pueden estar determinando su composición florística. Esto indica que la relación de estas variables si existe y que la definición y diferenciación de las comunidades es la que fue muy general por lo que se considera que habría que trabajar más detalladamente este aspecto para poder determinar la influencia de esta variable en la diversidad de mamíferos de la zona. La falta de ajuste del modelo también puede estar relacionada con el bajo número de sitios de muestreo de mamíferos por fragmento, ya que la heterogeneidad de cada sitio se determinó con base al número de comunidades presentes en cada fragmento y el muestreo de mamíferos se realizó en un solo sitio, lo que puede estar determinando una riqueza de mamíferos puntual. Aunado a lo anterior los otros factores debn estar teniendo influencia en su composición (Rees, 1970; 1979; D.T.F, 1988).

El tiempo del aprovechamiento forestal no significó una variable que por si sola pueda estar determinando la riqueza de cada fragmento. Sin embargo, consideramos que debe tener alguna influencia, ya que las diferentes fechas de manejo deben estar reflejando las diferentes fases de sucesionales de las comunidades vegetales y animale, las cuales son determinantes en el recambio y establecimiento de las comunidades de pequeños mamíferos (Wegner y Merriam, 1979; Foster y Gaines, 1991; Soulé et al. 1992). El tipo de tratamiento si mostró relación con la riqueza de mamíferos en un análisis cualitativo, mostrando que el aclareo es el método que afecta en menor medida a los mamíferos, seguido por el no controlado o rustico y por último el Corte de liberación (Cuadro 6). En el caso del no controlado, debido a que se

trata más bien de una extracción no planeada, no se puede considerar como un método a analizar. El volumen de extracción también significó un efecto importante sobre la riqueza mastofaunística de los fragmentos y aunque no se tuvieron los datos de todos los sitios si se pudo evidenciar que el volumen de extracción debe tener un efecto sobre las poblaciones de mamíferos (Cuadro 6). Los resultados presentados de las diferentes variables del manejo forestal sobre los mamíferos, no muestran su influencia de una manera determinante, sobre todo si tomamos en cuenta que para algunos sitios los resultados no pudieron cuantificarse y para otros no existían datos que permitieran realizar un análisis para todos los sitios. Sin embargo, se considera que existen elementos suficientes en cada uno de los análisis para considerar que el manejo forestal que se realiza en la comunidad está influyendo de manera importante en la diversidad de las comunidades de mamíferos, no obstante será necesario un estudio mas detallado de este proceso.

La erupción del Volcán Parícutin, sin lugar a dudas tuvo una influencia determinante en la biota de la zona, como se ha explicado anteriormente (Luhr y Simkin, 1993). Si bien tenemos información de muestreos de mamíferos en la zona después de la erupción (Hall y Villa, 1950; Burt, 1961), sabemos que su influencia no fue igual en los distintos sitios y por lo tanto los efectos también fueron diferenciales (Rees, 1970). Los resultados de la correlación entre la riqueza de especies y el espesor de la capa de cenizas fue el esperado, ya que fue negativo y con coeficiente de correlación alto ($r= 0.86$, $P<0.05$). Si bien, los resultados de la correlación no es una medida directa de la influencia de la erupción volcánica sobre la biodiversidad, si muestra un componente importante para la sucesión y la estructura de las comunidades vegetales, después de un evento de esa naturaleza. Además, la recolonización de las especies de mamíferos y de otros vertebrados dependen de la productividad vegetal que se vaya generando en un sitio después de los efectos inmediatos de la erupción volcánica y de la acumulación de ceniza que dejo el evento y por lo tanto sobre los primeros niveles de la cadena trófica (Rees, 1979). En el caso del estrato arbustivo se observó una diferencia en la composición, en donde los géneros más abundantes en 1948 como *Arctostaphylos*, *Fuchsia* y *Coriaria* no

presentan la misma condición en la actualidad, ya que los dos primeros se presentaron en pocos relevés y con coberturas bajas y solo el género *Coriaria* sigue siendo frecuente. En lugar de estos géneros se observan otros que en el trabajo de Egger no se registran como abundantes y son *Eupatorium* y *Baccharis* que de acuerdo con Rzedowski (1978) se trata de elementos asociados a etapas de sucesión temprana en los bosques templados (Anexo 2). Estos resultados se pueden relacionar con los obtenidos en el análisis de riqueza en función del gremio alimenticio (Figura 11).

Conservación y Uso de Suelo

La comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro basa su actividad productiva y económica en un planeación programada de aprovechamiento forestal. Esto se evidencia en la cantidad de superficie arbolada que aún se encuentra en sus terrenos (42%). No obstante la calidad de las masas forestales no es igual en todos los sitios, ya que del total del área boscosa la mayor superficie está representada por bosques densos con el 24% (Cuadro 7). Aunque el bosque denso presenta la mayor superficie, es el que tiene mayor número de polígonos, es decir, es el que se encuentra más fragmentado. Sin embargo aunque muchas de estas fracciones se encuentran aisladas, también una gran parte son parches dentro de bosque abiertos, lo que significa que la masa forestal existente es extensa, principalmente en la parte central de la comunidad, ya que la parte sureña y parte de la norteña es donde se encuentran los bosques más aislados (Figura 16).

La parte agropastoril presenta un arreglo casi continuo con una cantidad de unidades menor hacia la parte sur. Esto muestra una división muy marcada en la comunidad entre la parte centro-norte en donde se observa una composición forestal y una porción sureña con un uso de suelo con predominancia agrícola y ganadero.

Tomando en consideración que la riqueza de especies está fuertemente influenciada por la actividad volcánica, y que estos sitios se localizan en la porción norte de la comunidad, consideramos que la parte centro-sur pudo jugar un papel

importante como refugio de fauna durante la erupción del volcán. Esto indica que se trata de sitios relevantes que actualmente se encuentran aislados y que no permiten interconexiones de éstos con las masas forestales de la zona norte. Sería importante crear corredores en esta área, si tomamos en consideración que los fragmentos remanentes de la parte sur son pequeños y se caracterizan por ser parte de cañadas, en donde, la diversidad vegetal es alta (Velazquez et al., 2000). Esto permitiría el movimiento de la fauna entre estos fragmentos, debido a que dentro de los terrenos de la comunidad, la parte centro-oriental tiene la más alta riqueza de mamíferos por la baja influencia de la erupción del volcán.

Otra zona de gran importancia son las franjas reducidas de bosque que conectan los terrenos de la comunidad con los bosques del Parque Nacional Tancítaro, lo que puede estar significando un aislamiento entre estas dos masas boscosas, que debido a su extensión debieron ser de gran importancia para las comunidades de mamíferos.

La cobertura vegetal y uso de suelo actual por unidad geomorfológica esperaríamos que no existiera un importante cambio en el uso del suelo en la parte norte y en la parte central, lo que nos indicaría que los conos volcánicos deberían de mantenerse con bosque, no obstante últimamente se ha observado una tendencia a introducir diferentes variedades de ganado bovino que quizás podrían afectar las superficies de los bosques que se encuentran en los escurrimientos lávicos de algunos conos en la parte sur y en el piedemonte del Cerro Tancítaro. Consideramos que debido al enfoque forestal que ha tenido la comunidad las plantaciones anuales no se considerarían un riesgo para los bosques, sin embargo, las perspectivas son diferentes, ya que existe un riesgo sobre todo en los bosques de la parte sur y en las cañadas (valle erosivos), ya que una parte considerable de estas plantaciones son de aguacate, fruto que acaba de abrir su comercialización a los Estados Unidos de Norteamérica, lo que puede significar un cambio de uso de suelo importante, como se ha venido dando en las últimas décadas en esta zona (Torres et al. 1996).

Las características del aprovechamiento de los recursos en la comunidad nos indican que el enfoque de conservación de hábitats debería ser el más adecuado, ya que el valor *per se* de las especies todavía no tiene el significado ético y productivo de peso entre los habitantes de la comunidad.

Los programas de educación ambiental y de criaderos productivos que se realizan en la comunidad (Bocco et al. 2000), tienden a concientizar sobre la importancia de la biodiversidad en la estabilidad de los ecosistemas, sin embargo, se hace necesario continuar con estas labores con el fin de apoyar los trabajos de investigación que se están realizando en la comunidad y proponer alternativas viables que permitan la ejecución de programas de manejo y conservación de los recursos naturales.

CONCLUSIONES

El número de mamíferos registrado en los fragmentos presento una riqueza de especies por debajo de lo esperado, de acuerdo con los datos provenientes de la literatura y de trabajos realizados en otros sitios dentro de la región, en donde la disminución más importante en los mamíferos se presentó en los órdenes insectívora y rodentia con menos de la mitad de las especies potenciales. Si bien no podemos determinar con precisión la pérdida de especies, debido a que no comparamos datos iguales de antes y después de la erupción del volcán si podemos decir que existe un proceso de defaunación alto en la región.

El análisis por gremio alimenticio y masa corporal muestra que la mayor reducción se presentó en los herbívoros y en los de menor masa corporal, lo que puede estar indicando una composición pobre de la vegetación en los estratos arbustivos y herbáceos como resultado de los efectos adversos de la erupción del volcán, del manejo forestal y del aislamiento de las poblaciones.

Con base en los resultados obtenidos, el tamaño de los fragmentos está influyendo directamente en la riqueza de los mamíferos, tal como lo predice la teoría de Biogeografía de Islas.

Se considera que la riqueza de mamíferos en función de la heterogeneidad de hábitats se correlaciona aunque no de manera determinante, sin embargo esta variable está influyendo de alguna manera todavía no determinada con precisión, pero no como una variable independiente, sino asociada a otros factores como la intervención humana en el aprovechamiento forestal selectivo y las consecuencias de una erupción volcánica.

Los efectos del aprovechamiento forestal sobre la mastofauna local, no pudieron ser determinados cuantitativamente, por lo cual consideramos importante efectuar trabajos que involucren fases experimentales que puedan determinar la manera en que están influyendo estas variables en la riqueza de los mamíferos.

Se considera que el efecto de la erupción del volcán Parícutin ha sido determinante en el establecimiento de las comunidades de mamíferos en la zona y que las cantidades de depósitos actuales de cenizas están influyendo de manera importante en la estructura de las comunidades boscosas y en la biodiversidad existente en el área.

La caracterización de los fragmentos con respecto a los factores abióticos y bióticos mostró una homogeneidad en los sitios, principalmente en lo referente a geomorfología y suelos, lo que indica que los factores antrópicos y la erupción han sido factores determinantes en la biodiversidad local. De igual manera, el aislamiento de los bosques de los sitios estudiados muestra como causa principal de fragmentación los depósitos de cenizas provenientes de la erupción del Volcán Parícutín, y como causa secundaria las provenientes de las actividades antrópicas como es la agricultura y la fruticultura.

El proceso de aislamiento en los fragmentos estudiados puede considerarse como de alto impacto, ya que el tiempo de regeneración en las zonas de aislamiento será largo, pues se trata de sitios con una capacidad de regeneración baja en donde el intercambio genético entre las subpoblaciones de los diferentes fragmentos puede ser difícil, sobre todo para especies con baja capacidad de dispersión.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la creación de corredores biológicos y la disminución de caminos que contribuyan a la interconexión de los fragmentos para permitir el flujo genético entre las diferentes poblaciones.
- Será necesario el planteamiento de áreas protegidas como la zona de bosque denso del fragmento de Cerro Prieto y la conservación de corredores que van desde este sitio hasta el Cerro de Tancítaro.
- Se recomienda una planeación detallada de la producción ganadera y aguacatera en la zona que asegure la preservación de los bosques de las cañadas de la parte sur y del piedemonte del Cerro Tancítaro.
- Se propone la incorporación de los resultados de este trabajo en los programas de manejo forestal con el fin de influir en la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos naturales del área.
- Se considera importante profundizar en los estudios del impacto de aprovechamiento forestal sobre la biodiversidad, a través de estudios experimentales relacionados con los métodos de extracción, ya que los resultados serían de suma importancia si consideramos que estos tratamientos son los más frecuentemente utilizados en los bosques de México.
- Se considera que los estudios de fragmentación en áreas bajo aprovechamiento se aborden de manera interdisciplinaria, con el fin de incorporar variables de tipo social, económicas e históricas que permitan entender de manera integral la problemática ambiental de una zona.

- El estudio corrobora que los procesos de fragmentación, en la mayoría de los casos, por si mismos no explican la perdida de biodiversidad, sino que son procesos complejos que se relacionan entre si y con otros factores, tanto naturales como antrópicos, que van determinado la estructura de los ecosistemas, como un mosaico de paisajes con diferentes grados de alteración producto de las actividades humanas y naturales, históricas y recientes.

LITERATURA CITADA

- Alvarez-Icaza, P. 1993. Forestry as a social enterprise. *Cultural Survival*. 17(1):45-47.
- Aranda, S. M. 1981. Rastros de los mamíferos silvestres de México. INIREB. Xalapa, Ver. 198 pp.
- Arita, H.T. 1993. Riqueza de especies de la mastofauna de México. Pp. 109-125. En: Avances en el estudio de los mamíferos de México, (R.A. Medellín y G. Ceballos. eds.) Publicaciones Especiales 1. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. 464 pp.
- Arita, H.T. y L. León P. 1993. Diversidad de mamíferos terrestres. *Ciencias*. No. Especial 7. 13-22.
- Arita, H. T. y G. Ceballos G. 1997. Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación. *Revista Mexicana de Mastozoología*. (2) 33-71.
- Aronoff, S. 1989. Geographic information systems. A management perspective. Ottawa, WDL Publication. Pp. 294.
- Begon, M. 1989. Ecología animal. Modelos de cuantificación de poblaciones. Trillas, México. 134 pp.
- Beissinger, R.S. 2000. Ecological mechanisms of extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 97:11688-11689.
- Bello, G. M. y J. N. Labat. 1987. Los encinos (*Quercus*) del estado de Michoacán, México. CEMCA-SARH. Collection Etudes Mesoamericaines. Serie 11-9. México. 100 pp.
- Bennett, F.A. 1990. Habitat corridors and the conservation of small mammals in a fragmented forest environment. *Landscape Ecology*. 2/3:109-122.
- Bocco, V.G., J. L. Palacios y C.R. Valenzuela. 1991. Integración de la percepción remota y los sistemas de información geográfica. *Ciencia y Desarrollo*. 97:79-88.
- Bocco, V. G., A. Velázquez, A. Torres y C. Siebe. 1997. Geomorfología y recursos naturales en comunidades rurales. El caso de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. *Geografía y Desarrollo*. 16:71-84.
- Bocco, V.G, A. Velazquez, y A. Torres G. 2000. Ciencia, Comunidades Indígenas y Manejo de Recursos Naturales. Un caso de investigación participativa en México. *InterCiencia*. 25(2):64-69.

- Boecklen, W. J. 1986. Effects of the habitat heterogeneity on the species-area relationships of forest bird. *Journal of Biogeography*. 13:59-68.
- Burt, H. W. 1961. Some effects of volcán Parícutin on vertebrates. *Occasional Papers of the Museum of Zoology*. Número 620. University of Michigan. 24 pp.
- Cano, C. J. 1988. El sistema de manejo regular en los bosques de México. Universidad Autonoma de Chapingo. México. 221 pp.
- Ceballos, G. 1993. Especies en peligro de extinción. *Ciencias*. No. Especial 7. Pp. 5-10.
- Ceballos, G.G. y C.L. Galindo. 1984. Mamíferos Silvestres de la Cuenca de México. Editorial Limusa. México. 299 pp.
- Ceballos, G. y D. Navarro. 1991. Diversity and conservation of mexican mammals. Pp. 167-198. En: *Latin American Mammalogy: History, Diversity and Conservation*. (M.A. Mares y D.J. Schmidly, eds.). University of Oklahoma, EUA. 468 pp.
- Ceballos, G. y P. Rodríguez. 1993. Diversidad y conservación de los mamíferos en México: II. Patrones de endemidad. Pp. 87-104. En: *Avances en el estudio de los mamíferos de México*, (R.A. Medellín y G. Ceballos. eds.) Publicaciones Especiales 1. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. 464 pp.
- Chapela, M. G. 1988. Aprovechamiento de recursos y desarrollo en los municipios de la Sierra Purepecha, Michoacán. Tesis de Maestría. UAM-X. México D.F.
- Cleef, A. 1981. The vegetation of the Paramos of the Colombian Cordillera Oriental. *Diss. Bot.* 61: 320 pp.
- Correa, P. G. 1974. Geografía del Estado de Michoacán. Geografía Física. Gobierno del Estado. Morelia, Michoacán. 454 pp.
- Cuanalo de la Cerda, H., E. T. Ojeda, A. Santos y C. A. Ortiz. 1989. Provincias, regiones y subregiones Terrestres. Colegio de Posgraduados. Centro de Edafología, Chapingo. 624 pp.
- Cutler, A. 1991. Nested faunas and extinction in fragmented habitats. *Conservation Biology*. 5(4):496-505.
- De Blase, F.A. y R.E. Martin. 1982. A manual of mammalogy with keys to families of the world. WCB. Dubuque, Iowa. EUA. 436 pp.
- Delgadillo, M.J. (1996). Desastres Naturales. Aspectos sociales para su prevención y tratamiento en México. UNAM. Pp. 291.

- Diamond, J. 1975. The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of reserves. *Biological Conservation*, 7:129-146.
- Diamond, J. 1976. Island biogeography and conservation: strategy and limitations. *Science* 193:1027-1029.
- Dirección Técnica Forestal. 1988. Estudio de manejo integral del recurso forestal en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, Municipio de Nuevo Parangaricutiro, Michoacán. San Juan Nuevo, Michoacán. 85 pp.
- Douglass, J. L. y L. W. Swift. 1977. Forest service studies of soil and nutrient losses caused by roads, mechanical sites preparation, and prescribed burning in the Southeast. Pp.489-503. En: D. L. Correl (De.). *Watershed Research in Eastern North America. A Workshop to compare results*. Chesapeake Bay Center for Environmental Studies, Edgewater, Maryland. Smithsonian Institution, Washington, D.C:
- Egglar, W. A. 1948. Plant communities in the vicinity of the volcano El Parícutin, México after two and a half years of eruption. *Ecology*. 29(4):415-436.
- Egglar, W. A. 1959. Manner of invasion of volcanic deposits by plants with further evidence from Parícutin and Jorullo. *Ecological Monographs*. 29:267-284.
- Egglar, W. A. 1963. Plant life of Parícutin volcano, México, eight years after activity ceased. *The American Midland Naturalist*. 69(1):38-68.
- Ehrlich, P. R. y A. H. Ehrlich. 1981. *Extinction: The Causes and consequences of the disappearance of species*. Random House, New York. 305 pp.
- FAO, 1995. Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe. FAO.
- Fa, J. 1989. Conservation-motivated analysis of mammalian biogeography in the Trans-Mexican Neovolcanic Belt. *National Geographic Research*. 5(3):296-316.
- Fa, J. Y L. M. Morales. 1993. Patterns of mammalian diversity in Mexico. En: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa, (Eds.). *Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution*. Oxford University Press. Pp. 319-361.
- Ferrusquía, V. I. 1993. Geology of Mexico: a synopsis. En: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa, (Eds.). *Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution*. Oxford University Press. Pp. 3-107.
- Fisher JT, Wilkinson L (2005) The response of mammals to forest fire and timber harvest in the North American boreal forest. *Mamm Rev* 35:51–81

- Forman, R. T. y M. Godron. 1981. Patches and Structural Components for a Landscape Ecology. *Bioscience*. 31(10):733-740.
- Forman, R. T. y M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons. 619 pp.
- Foster, J. y M.S. Gaines. 1991. The effects of a successional habitat mosaic on a small mammal community. *Ecology*. 72(4):1358-1373.
- Fregoso, A., A. Velazquez y G. Cortez. 2013. La vegetación sus componentes y un análisis jerárquico del paisaje. En: A. Velazquez, A. Torres y G. Bocco (eds). *Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales*. SENARNAT- Gobierno del Estado de Michoacán. Pp. 201-233.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Enriqueta García de Miranda. México, D.F. 217 pp.
- Gilipin, M.E. y J.M. Diamond. 1980. Subdivision of nature reserves and the maintenance of species diversity. *Nature*. 285:567-568.
- Gretchen C.D., G. Ceballos, P. Ehrlich, J. Pacheco, G. Suzan, A. Sanchez-Azofeifa, B. Stephens and J. Mieren. 2003. Countryside Biogeography of Neotropical Mammals: Conservation Opportunities in Agricultural Landscapes of Costa Rica. *Conservation Biology*. 17(6). Pp. 1814-1826.
- Halffter, G. 1996. ¿Como medir la biodiversidad a nivel de paisaje?. Santiago Compostela, España. Manuscrito mecanografiado. 20 pp.
- Hall, E. R. 1981. *The mammals of North America*. John Wiley and Sons, New York, EUA. 2 Volúmenes. 1181 pp.
- Hall, E. R. y B. Villa. 1950. Lista anotada de los amíferos de Michoacán, México. *Anales del Instituto de Biología*. 21(1):159-213.
- Hanski, I. 1989. Metapopulation dynamics: Does it help to have more of the same?. *Trends. Ecol and Evol*. 4:113-114.
- Harris, D. L. 1984. *The fragmented forest. Island biogeography theory and the preservation of biotic diversity*. The University of Chicago Press. Chicago, EUA. 211 pp.
- Hill, M. 1979. *Twinspan a fortran program for detrended correspondence analysis*. Cornell University Press. Pp. 52.
- INEGI. 1982. *Síntesis geográfica de Michoacán. Anexo cartográfico. Carta de climas 1:5000*. México.

- INEGI. 1985. Síntesis geográfica del Estado de Michoacán. Instituto Nacional de Geografía e Informática. 316 pp.
- INI (1982) Los Grupos Indígenas de México. Instituto Nacional Indigenista.
- Iñiguez, D. L. y E. Santana C. 1993. Patrones de distribución y riqueza de especies de los mamíferos del occidente de México. Pp. 65-86. En: Avances en el estudio de los mamíferos de México. , (R.A. Medellín y G. Ceballos. eds.) Publicaciones Especiales 1. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. 464 pp.
- Kent, M. y P. Coker. 1992. Vegetation description and analysis. A practical approach. CRC Press & Belhaven Press. London. 363 pp.
- Kirkland GL Jr (1990) Patterns of initial small mammal community change after clearcutting of temperate North American forests. *Oikos* 59:313–320.
- Krebs, C. J. 1989. Ecological methodology. Harper & Row, Publishers. New York. 654 Pp.
- Lemus, L. O. 1995. Propuesta para el mejoramiento de dos agroecosistemas tipo en la region Purhepecha, Michoacán. Tesis Maestría en Ciencias en Producción Agrícola. Facultad de Agronomía. U.A.N.L. Marín, N.L. 179 pp.
- Lomolino, M. V. 1986. Mammalian community structure on islands: the importance of migration, extinction and interactive effects. *Biological Journal of the Linnean Society*. 28:1-21.
- Lovejoy, T. E. 1984. Application of ecological theory to conservation planning. En: Ecology in Practice, Di Castri, Baker and Hadley. Eds. Ticooly International Publisher & UNESCO.
- Luhr, F. J. y T. Simkin.1993.. Parícutin. The volcano born in a Mexican cornfield. Geoscience Press Inc. Phoenix, Arizona. 424 pp.
- Mac Arthur, B.H. y E.O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 203 pp.
- McKinney, L.M. (1997) Extinction vulnerability and selectivity: Combining Ecological and Paleontological Views. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 28:495–516.
- Masera, R.O., M. Ordoñez y R. Dirzo. (1992) Emisiones de carbono a partir de la deforestación en México. *Revista Ciencias* 43:Pp. 151-153.
- Masera, R. O. 1995. Carbon mitigation scenarios for mexican forests: methodological considerations and results. *Interciencia*. 20(6):388-395.

- Medina, C. y F. Guevara. En prensa. Listado florístico de la Comunidad Indígena de San Juan Nuevo, Parangaricutiro, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana*.
- Mittermeier, R.A. y G. M. Goettsch (1992). La importancia de la diversidad biológica de México. En: México ante los retos de la biodiversidad. J. Sarukhan y R. Dirzo (Eds.). CONABIO. 343 pp.
- Muller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons. New York. Pp. 547.
- Noss, F. R. 1983. A regional landscape approach to maintain diversity. *Bioscience*. 33(11):700- 706.
- Noss, F. R. 1987. Corridor in real Landscapes: a reply to Simberloff y Cox. *Conservation Biology*. 4(2):159-164.
- Nuñez, G. A. 1989. Los mamíferos silvestres de Michoacán. *Boletín. Coordinación de la investigación Científica* . UMSNH. 12:22-26.
- Nuñez, G. A. y G. Pastrana H. 1990. Los roedores Michoacanos. *Manual de identificación. Coordinación de la Investigación Científica. UMSNH*. 124 pp.
- Orduña, T. C. y M. Salas P. 1993. Los mamíferos de la Sierra Purépecha dell estado de Michoacán. *Boletín Divulgativo Núm. 78. INIFAP. SARH*. 31 pp..
- Orduña, T. C. , M. Salas P. y P. Gaytan T. 1993. Aves y mamíferos del Campo Experimental Forestal "Barrancas de Cupatizio", Uruapan, Michoacán. *Folleto Técnico No. 7. INIFAP. SARH*. 16 pp..
- Owen, J.G. 1988. On productivity as a predictor of rodents and carnivore diversity. *Ecology*. 69:1161-1165.
- Owen, J.G. 1990. Patterns of mammalian species richness in relation to temperature, productivity and variance in elevation. *Journal of Mammalogy*. 71:1-13.
- Picton, D. H. 1979. The application of insular biogeographic theory to the conservation of large mammals in the Northern rocky mountains. *Biological Conservation* 15:73-79.
- Plá, R. 1987. *Los días del Parícutin*. Instituto Michoacano de Cultura. Morelia, Mich. 77 Pp.
- Rees, D. J. 1970. Parícutin revisited: a reiview of man's attemps to adapt to ecological changes resulting from volcanic catastrophe. *Geoforum*. 4:7-25.

- Rees, D. J. 1979. Effects of the eruption of Parícutin volcano on landforms, vegetation, and human occupancy. Pp. 249-292. En: F. J. Luhr y T. Simkin, (Eds.). Parícutin. The volcano born in a Mexican cornfield. Geoscience Press Inc. Phoenix, Arizona.
- Rzedowsky, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. Mexico. 432 pp.
- Sanders, H.L. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *Am. Nat.*, 102: 243-282.
- Saucedo, L. A. y B. Acosta. 1987. Modelo de organización para el aprovechamiento forestal de la comunidad Indígena de nuevo san juan Parangaricutiro, Mich. Tesis profesional. FAUMSNH. Uruapan, Mich.
- Saunders, D. A., R. J. Hobbs y C. R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*. 5(1):18-32.
- Schonewald-Cox, C., R. Azari y S. Blume. 1991. Scale, variable density, and conservation planning for mammalian carnivores. *Conservation Biology*. 5(4):491-495.
- Segestrom, K. 1950. Erosion studies at Parícutin, State of Michoacán, México. Geological Survey Bulletin. 965-B. United State Government Officee, Washington. Pp. 1-163.
- Simberloff, D. S. 1974. Equilibrium theory of island biogeography and ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 5:161-182.
- Simberloff, D.S. y L.G. Abele. 1976. Island biogeography teory and conservation practice. *Science*. 191:285-286.
- Soulé, E.M., C.A. Allison y T.B. Douglas. 1992. The effects of habitat fragmentation on chaparral plants and vertebrates. *Oikos*. 63:39-47.
- S.P.P. 1981. Guías para la interpretación de Cartografía. DGGTN. México. 34 pp.
- Sutherland, J.W. 1996. Ecological Census techniques. A handbook. Cambridge University Press. 336 pp.
- Terborgh, J. 1974. Preservation of natural diversity: the problem of extinction prone species. *Bioscience*. 24:715-722.
- Terborgh, J. 1976. Island biogeography and conservation: strategy and limitations. *Science*, 193:1029-1031.
- Ter Braak, C. J. F. 1988. CANOCO a fortran for canonical community ordination by partial detrended correspondence analysis, PCA and redundancy analysis. TNO Institute of Applied Computer Science. Wageningen. Holland. Pp. 158.

- Torres, G. A. 1996. Cambio de uso de suelo por cultivo de aguacate en la región de Uruapan Michoacán entre 1974 y 1993. Reporte CONABIO.
- Turner, G. M. 1989. Landcape Ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 20:171-197.
- Van der Maarel, E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similitary. *Vegetatio*. 39:97-114.
- Van Zuidam, R. 1986. Aerial Photo-interpretation in terrain anlysis and geomorphologic mapping. ITC. Smits Publishers. The Hague, The Netherlands. 442 pp.
- Velázquez, M. A. 1993. Landscape ecology of Tlálóc and Pelado volcanoes, México. ITC Publications, No. 16. The Netherlands. 152 pp.
- Velázquez, A. y A. Cleef. 1993. The plant communities of the volcanoes "Tlaloc" and "Pelado". México. *Phytocoenologia*. 22(2):145-191.
- Velázquez, A., J. Giménez de Azcárate, M. Escamilla Weinmann, y G. Bocco. 2000. Vegetation dynamics on Parícutín, a recent Mexican volcano. *Acta Phytogeogr. Suec.* 85:73-80.
- Wegner, J.F. y G. Merriam. 1979. Movements by birds and small mammals between a wood and adjoining farmland habitats. *Journal Applied Ecology*. 16:349-358.
- Wilcove, D.S., McLellan, C.H. y Dobson, A.P. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. Pp.237-256. En: M. E. Soulé (Ed). *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates Sunderland, Massachusetts.
- Wilcox, A.B. y D.D. Murphy. 1985. Conservation strategy: effects of fragmentation on extintion. *Am. Nat.* 125:879-887.
- Williams, C.B. 1964. *Patterns in the balance of nature*. Academic Press, London.
- Williams, H. 1950. Volcanoes of the Parícutin region México. *Geological Survey Bulletin*. 965-B. United State Government Officee, Washington. Pp. 165-279.
- Williams, H. y A. Perez. 1949. Geologic reconnaissance map of Parícutin region, Michoacán, México. United State Departament of the interior geological survey. Washington.
- Williams, M. 2002. *Deforesting the earth: from prehistory to global crisis*. Chicago (Estados Unidos de América), University of Chicago Press.
- Zar J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall International, Inc. USA. 718 pp.

Zonneveld, I. S. 1979. Land evaluation and landscape science. ITC Textbook of photointerpretation, VII(4). Enschede, The Netherlands. Pp. 78.

ANEXO 1

Caracterización de los Fragmentos

Cerro Prieto

El fragmento tiene una superficie aproximada de 2,349 ha. Se trata de un volcán simétrico en forma de escudo que se localiza en la porción este de la base del Cerro Tancítaro. Presenta una altura de 3,200 m.s.n.m. En su mayor parte se encuentra rodeado por las lavas de los cerros Tancítaro, Tzirspan y Pario que forman una barrera al norte del cerro, por lo que las principales corrientes de lava descendieron desde el cráter central hacia la porción sur y sureste. Estas lavas fueron aumentadas por derrames provenientes de tres conos parásitos. La lava más temprana y la de mayor longitud es la que se extiende hacia el Valle de los Conejos. Otras lavas más recientes se extendieron en la parte opuesta, hacia el paraje conocido como Llano Teruto. Tanto el cono central como todo el escudo presenta un suelo predominante de tipo regosol eutrítico con asociaciones de andosol mólico. Los escurrimientos lávicos de la porción sureste presentan asociaciones de andosol ócrico y húmico. Tanto el escudo como una gran parte de las lavas presentan un relieve accidentado resultante del escurrimiento, lo que hace que se observen ondulaciones y que se presenten cañadas de tamaño considerable.

El sitio se encuentra aislado en su porción sur, oeste y este por campos de cultivo y hacia la parte norte y sureste se conecta con otras masas forestales poco densas. La vegetación presente está dominada por asociaciones de pino-oyamel, pino-encino y oyamel-encino. El resultado de los muestreos indica la presencia de dos estratos arbóreos, un arbustivo y un herbáceo. Las especies más abundantes del estrato arbóreo son *Pinus pseudostrobus*, *Abies religiosa* y *Quercus laurina*. En el estrato arbustivo dominan los géneros *Senecio*, *Baccharis*, *Eupatorium*, *Ceanothus*, *Satureja* y *Stevia*. En el herbáceo y rasante se encuentran en mayor proporción los géneros *Alchemilla*, *Pteridium*, *Geranium*, *Festuca*, *Adiantum*, *Trisetum* y *Cestrum*.

Cerro Cutzato

El fragmento presenta una superficie aproximada de 893 ha. El cono del volcán se localiza a unos 65 Km. al Este del volcán Parícutin. Tiene una altura de aproximadamente 2,810 m.s.n.m. y presenta uno de los conos volcánicos más altos de esta región, con una altura de 275 metros desde la lava hasta el labio del cráter. En la base, en posición suroeste, presenta un cono parásito llamado Pantzigo, el cual está separado del Cutzato en uno de sus lados. Esta fisura se alinea con la presentada entre el Parícutin y su cono parásito, Sapichu. El Cutzato presentó una erupción de tipo explosiva, no obstante antes de este evento se presentaron derrames en direcciones noroeste y este, lo que provocó que en la actualidad se observen derrames lávicos a todo su alrededor. Presenta valores de pendiente altos principalmente en el cono y su topografía es menos irregular que la de C. Prieto. Los tipos de suelo presentes en el cono son andosoles ócricos con asociaciones de regosol dístico. En las lavas se encuentran asociaciones en donde la principal es de andosol húmico con regosol dístico. Por su cercanía con el Parícutin, presenta depositaciones importantes de cenizas volcánicas con vegetación muy escasa. El principal factor de aislamiento hacia la porción este y sur son estos depósitos de ceniza. En la parte norte y este se observa una zona agrícola que aísla el fragmento de la masa boscosa de alrededor. Los muestreos de vegetación indican 3 diferentes ambientes. El cono muestra una masa forestal más densa en donde se presentan todos los estratos con asociaciones de *P. pseudostrobus*, *Q. laurina*, *Q. rugosa* y *C. mexicana*. El estrato arbustivo presenta dominancia de los géneros *Eupatorium*, *Coriaria* y *Ceanothus*. En el estrato herbáceo y rasante se presentan los géneros *Adiantum*, *Galium*, *Elaphoglossum* y *Geranium*, entre otros. En el piedemonte y escurrimiento más próximo al cono se observó una masa forestal menos densa que la observada en el cono con una asociación en el estrato arbóreo de *P. pseudostrobus*, *Q. rugosa*, *Q. laurina* y *Q. crassipes*, en el arbustivos se encuentran los géneros *Eupatorium*, *Senecio*, *Baccharis* y *Lupinus*. Las partes de las pequeñas planicies con grandes depósitos de cenizas presentan un estrato arbóreo poco denso y un arbustivo que cubre más del 70%. En el arbóreo se presentan asociaciones de *P. montezumae*

y *P. leiophylla*. En el estrato arbustivo esta dada por los géneros *Baccharis* y *Eupatorium*. En el herbáceo y rasante se presentan los géneros *Pteridium*, *Geranium*, *Alchemilla*, *Piptochaetum* y *Valeriana*.

Llano Teruto

Se trata de una planicie acumulativa que tiene su origen en los derrames lávicos tanto antiguos como recientes provenientes de los volcanes de esa zona y una depositación alta de las cenizas del Parícutin. El fragmento tiene una superficie de 516 ha y se encuentra separado de otras masas forestales por planicies de cenizas volcánicas o por masas forestales muy poco densas sin estrato arbustivo ni herbáceo. Se encuentra a una altitud de 2600 m.s.n.m. Esta planicie presenta inundaciones efímeras en algunas épocas del año. Los tipos de suelo que se presentan son asociaciones de regosol dístico con andosol ócrico y regosol dístico con litosol. La cubierta vegetal de este fragmento es abierta como consecuencia del tipo de suelo y del manejo forestal que se ha practicado. Los estratos más densos son el arbóreo bajo y el arbustivo. Los datos muestran una dominancia en el estrato arbóreo de *P. montezumae*. En el estrato arbustivo se encuentran solo 3 especies, dos del género *Baccharis* y una de *Eupatorium*. En el estrato herbáceo y rasante se encuentran los géneros *Andropogon*, *Trifolium* y *Acaena*.

Cerro Curitzeran

Este fragmento se caracteriza por ser una serie de lomeríos bajos que en su parte más alta presenta dos conos que se observan ligeramente modificados por el efecto de la erosión y que se presentan alineados en dirección oeste-suroeste por un par de cráteres bien conservados. Los conos presentan una altura de aproximadamente 150 m., aunque es probable que presenten una estructura mayor que ha sido cubierta por los escurrimientos de lava. Este fragmento tiene una superficie aproximada de 329 ha. La altitud máxima de este cerro es de 2548 m.s.n.m. El derrame lávico mayor se presenta en dirección suroeste descendiendo hasta el Río Itzicuaro. Presenta una pendiente pronunciada y una topografía accidentada con cañadas de diferentes

profundidades. El tipo de suelo presente en los conos es regosol dístico asociado con litosol. En los escurrimientos se presentan asociaciones de regosol dístico con andosol húmico y litosol. Se trata de una masa boscosa rodeada hacia el norte y hacia el este por cultivos de maíz y hacia el oeste y sur por frutales sobre cenizas volcánicas. La cobertura vegetal presenta bosques mixtos densos con especies características de bosques en donde se presentan elementos del bosque mesófilos en las cañadas. En todos los sitios se presentan altos valores de cobertura en los estratos arbóreos y en algunos sitios en el herbáceo. Los registros muestran asociaciones de *P. pseudostrobus* con *Q. rugosa* y *Q. Martinezii*, *Q. rugosa* con *P. leiophylla* y en las cañadas la dominancia de especies como *Arbutus glandulosa*. Es importante hacer notar que este sitio presenta mayor riqueza de especies en este estrato. En el estrato arbustivo se presentaron como dominantes los géneros *Eupatorium*, *Baccharis*, *Senecio* y *Ternstroemia*. En el estrato herbáceo y rasante dominan los géneros *Festuca*, *Piptochaetum*, *Gnaphalium* y *Geranium*.

Cerro Capatzin

Se trata de una saliente de lavas cuya principal característica es que se encuentra rodeado por las lavas del Parícutin, lo que hace que no se definan claramente sus características. Presenta un cráter con un grado de erosión alto que lo hace parecer más como una acumulación de lava. Presenta dos domos y en la porción norte se observa una pendiente pronunciada. Muestra una gran acumulación de cenizas provenientes del Parícutin. Su altitud aproximada es de 2400 m.s.n.m. El tipo de suelo presente es un andosol húmico con asociaciones de regosol dístico. Como se mencionó anteriormente este fragmento se encuentra aislado totalmente por la lava del Parícutin. La cobertura vegetal presente no es homogénea, ya que en su parte cumbral se observan pequeñas planicies con cobertura de estrato arbustivo determinados por la acumulación de cenizas. En los sitios con mayor pendiente se observan manchones de bosque principalmente de pinos y solo en la parte norte se presenta un bosque mixto. En la superficie cumbral se observa la dominancia de especies arbustivas como *Baccharis heterophylla*, *Coriaria ruscifolia* y *Lupinus*

exaltatus. En los manchones de bosque se observa la asociación de *P. leiophylla* con *P. pseudostrobus*. En la porción norte, si bien se observa una cobertura alta del estrato arbóreo también se observa una cobertura alta del arbustivo y del herbáceo. En el estrato arbóreo se presentan asociaciones de *Q. crassifolia* con *P. leiophylla* y *Q. rugosa*. En el estrato arbustivo domina *Baccharis heterophylla*, *Coriaria ruscifolia* y *Ceanothus sp.* En el estrato herbáceo se presenta una alta riqueza de especies con coberturas bajas. Los géneros más dominantes son *Piptochaetum*, *Lopezia* y *Senecio*.

Cerro Curupicho

Es un cono monogenético bien preservado que al parecer presenta una corriente de lava en dirección norte, aunque no se aprecia ya que esta rodeado por una planicie de acumulación de cenizas y en su parte oeste tiene el frente de lava del Parícutin. Presenta un cráter no muy diferenciado y una altitud aproximada de 2450 m.s.n.m. Es el más pequeño de los fragmentos con una superficie de 21 ha. El tipo de suelo presente es un litosol con asociaciones de regosol dístico. Como se mencionó anteriormente su aislamiento se debe en su mayor parte a cenizas del Parícutin sin cobertura vegetal, un campo de cultivo de maíz sobre cenizas volcánicas y las lavas del Parícutin. La cobertura vegetal existente es densa con valores de cobertura altos en los estratos arbustivo y arbóreo. En la porción norte se encuentran cañadas con bosques en donde se presentan especies asociadas a boques mesófilos. En el estrato arbóreo se presentan asociaciones de *P. montezume* con *P. pseudostrobus*, *P. leiophylla*, *Oreopanax xalapensis*, *Alnus sp.* y *Clethra mexicana*. En el estrato arbustivo dominan los géneros *Eupatorium*, *Coriaria*, *Senecio* y *Archibaccharis*. En el estrato herbáceo se presenta una riqueza de especies alta con valores de cobertura bajos. Los géneros dominantes son *Piptochaetum*, *Arenaria*, *Desmodium*, *Elaphoglossum*, *Pteridium* y *Alchemilla*.

ANEXO 2

Comunidades Vegetales

I Comunidad *Pinus leiophylla*-*Baccharis heterophylla*

Relevé representativo: 19

Fisonomía- presenta cinco estratos bien marcados con una densidad media en el estrato arbóreo alto y bajo de aproximadamente el 60%, en donde domina *Pinus montezumae*. este estrato esta dominado por árboles de más de 20 metros de altura. El estrato arbustivo es también medianamente denso con una cobertura del 60% y con la dominancia de arbustos como *Eupatorium glabratum* y *Baccharis heterophylla*. En el estrato herbáceo se presenta una gran riqueza de especies con valores de cobertura bajos que en suma cubren un 30% de superficie.

Composición florística- *Baccharis heterophylla* es la principal especie diagnóstica de esta comunidad. Otras especies diagnósticas en orden de importancia son *Pinus leiophylla*, *Alchemilla procumbens*, *Crataegus pubescens* y *Quercus crassifolia*. Como especies acompañantes se registraron *Desmodium uncinatum*, *Eupatorium glabratum*, *Monnina ciliolata*, *Coriaria rusifolia* y *Senecio stochaediformis*.

la Subcomunidad *Pinus montezumae*-*Physalis volubilis*

Relevé representativo: 15

Fisonomía- se trata de una comunidad con cobertura densa en donde el estrato arbóreo presenta un 75% de cobertura con una dominancia de *Pinus montezumae*. Se presentan 2 categorías de estrato arbóreo; el bajo con árboles de unos 15 metros y el alto que domina, con árboles de más de 25 metros. El estrato arbustivo presenta cobertura relativamente baja con un 25%, en donde dominan las especies *Baccharis heterophylla* y *Eupatorium glabratum*. El estrato herbáceo presenta menos riqueza de

especies y mayor dominancia de algunas como *Pteridium arachnoideum*.

Composición florística- la principal especie diagnóstica de esta comunidad es *Pinus montezumae*. Otras especies diagnósticas son *Physalis volubilis* y una especie de orquídea todavía no determinada. Como especies acompañantes se registraron *Oreopanax xalapensis*, *Baccharis heterophylla*, *Eupatorium glabratum*, *Pinus leiophylla*, *Piptochaetium virescens*, *Valeriana urticifolia*, *Fuchsia microphylla* y *Geranium lilaceum*.

Ila Comunidad Abies religiosa-Acaena elongata

Relevé representativo: 1

Fisonomía- presenta un estrato arbóreo medianamente denso con una alta riqueza de especies y una ligera dominancia de *Pinus pseudostrobus*. Se observa dos estratos arbóreos que en su conjunto presentan una cobertura del 50%. El estrato arbustivo está muy poco representado, ya que tan solo presenta una cobertura del 4%, en donde no se observa una especie dominante. El estrato herbáceo presenta una cobertura mediana con el 40% y una dominancia de la especie *Stevia nelsoni*.

Composición florística- las especies diagnósticas que determinan esta comunidad son *Abies religiosa* y *Senecio albonervius*. Otras especies diagnósticas son *Acaena elongata*, *Adiantum andicola* y *Stevia nelsonii*. Las especies acompañantes registradas en este relevé fueron *Quercus laurina*, *Pinus leiophylla*, *Alnus jorullensis*, *Baccharis conferta*, *Salvia mexicana* y *Piptochaetium virescens*.

Ilb Comunidad Festuca amplissima-Ternstroemia pringlei

Relevé representativo: 9

Fisonomía- se trata de un bosque bastante denso con cobertura arbórea alta de un 90% y cobertura baja de un 20%. La especie dominante de este estrato es *Pinus pseudostrobus*, que comparte este estrato con *Quercus martinezii* y *Pinus douglasiana*. Tanto el estrato arbustivo como el herbáceo presentan cobertura baja

con el 15 y 5% respectivamente, presentándose como especie dominante del primero *Eupatorium patzcuarence* y del segundo no existe dominancia de alguna especie.

Composición florística- la especie diagnóstica de esta comunidad es *Ternstroemia pringlei*. Otras especies diagnósticas encontradas en esta comunidad son *Rhus radicans* y *Cleyera integrifolia*. Las especies acompañantes son *Eupatorium ramireziorum*, *Quercus laurina*, *Trisetum virletti*, *Eupatorium patzcuarence* y *Geranium semanii*.