



La biodiversidad en
Veracruz
estudio de estado

volumen I



Primera edición, 2011

D.R. © 2011 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Liga Periférico – Insurgentes Sur 4903 Parques del Pedregal, Tlalpan, 14010 México, D. F. <http://www.conabio.gob.mx>

D.R. © 2011 Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, Palacio de Gobierno, Av. Enríquez s/n. Col. Centro, CP 91000, Xalapa, Ver. Tel. (228) 841-8800. <http://portal.veracruz.gob.mx>

D.R. © 2011 Universidad Veracruzana, Dirección General Editorial, Hidalgo 9, Centro, Xalapa, Veracruz Apartado postal 97, CP 91000, Tel/fax (228) 818 59 80; 818 13 88, Xalapa, Ver., 91000, México. diredit@uv.mx

D.R. © 2011 Instituto de Ecología, A. C., Carretera antigua a Coatepec No. 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, México. Teléfono (228) 841801. <http://www.inecol.edu.mx/>

ISBN: 978-607-7607-49-6 (obra completa)

ISBN: 978-607-7607-50-2 (volumen I)

Forma de citar:

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2011. *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México.

Coordinación y Edición General:

Andrea Cruz Angón

Compilación y Edición Técnica y Científica:

Volumen I.- MEDIO FÍSICO: Margarita Soto Esparza; **CONTEXTO SOCIOECONÓMICO:** Hipólito Rodríguez Herrero y Eckart Boege Schmidt; **CONTEXTO NORMATIVO E INSTITUCIONAL:** Elisa E. de Jesús Sadas Larios, Wilfrido Márquez Ramírez, Martha E. Primo Castro; **DIVERSIDAD DE AMBIENTES:** Terrestres: Gonzalo Castillo Campos, Acuáticos: Ana Laura Lara Domínguez; **LA BIODIVERSIDAD Y ALGUNAS DE SUS AMENAZAS:** Eugenia J. Olguín Palacios; **TRANSFORMAR LAS AMENAZAS EN OPORTUNIDADES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD:** Eugenia J. Olguín Palacios; **SISTEMAS PRODUCTIVOS EN VERACRUZ Y ALTERNATIVAS ECONÓMICAS SUSTENTABLES:** Cesáreo Landeros Sánchez; **Volumen II.- DIVERSIDAD DE ESPECIES, Hongos y plantas:** Francisco G. Lorea Hernández; **Invertebrados:** Vicente Hernández Ortiz; **Vertebrados:** Jorge E. Morales Mavil.

Seguimiento editorial:

Fernando Camacho Rico

Maquetación:

Aída Pozos Villanueva

Corrección de estilo:

Ana Bertha García Sepúlveda

Cuidado de la edición:

Aída Pozos Villanueva
Juan Corral Aguirre
Fernando Camacho Rico

Diseño:

Juan Arturo Piña Martínez (portada e interiores)
Enriqueta López Andrade (interiores)

Cartografía:

Capas originales proporcionadas por los autores
Diseño final: Fernando Camacho Rico

Revisión técnica de textos, listados de especies y mapas por parte de la Conabio:

Erika Daniela Melgarejo, Fernando Camacho Rico, María Eugenia González Díaz, Mariana Zareth Nava López, Verónica Aguilar Sierra, Cecilia Fernández Pumar, Ana Isabel González Martínez, Diana Hernández Robles, Ariadna Ivonne Marín Sánchez, Juan Manuel Martínez Vargas, Eduardo Morales Guillaumin, Elizabeth Moreno Gutiérrez, Susana Ocegueda Cruz, Rocío Villalón Calderón y Norma G. Moreno Díaz.

Cartografía:

Modelo Digital del Terreno: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) 1997. "Modelo Digital del Terreno de México". Escala 1:250,000. México.

Agradecimientos:

El Gobierno del Estado de Veracruz, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, la Universidad Veracruzana y el Instituto de Ecología, A.C. expresan su reconocimiento a todas aquellas instituciones y personas que colaboraron en la elaboración del presente Estudio de Estado, particularmente a Miguel Equihua, Ernesto Rodríguez Luna, Jaime Claudio Torres Nachón y Eivin San Roman, quienes participaron en el inicio de este proceso.

Impreso y hecho en México

Printed and made in Mexico



Contenido

- 5 **Presentación del C. Gobernador del Estado de Veracruz**
Dr. Javier Duarte de Ochoa
- 7 **Presentación del Coordinador Nacional de la Conabio**
Dr. José Sarukhán Kermez
- 17 **Introducción**
Andrea Cruz Angón

VOLUMEN I
CONTEXTO, DIVERSIDAD DE AMBIENTES,
DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES PARA LA CONSERVACIÓN

SECCIÓN I

CONTEXTO FÍSICO

- 29 **Resumen Ejecutivo**
Margarita Soto Esparza
- 31 **Geografía**
Margarita Soto Esparza
Daniel Geissert Kientz
- 35 **Clima**
Margarita Soto Esparza
Lorrain Eugene Giddings Berger
- 53 **Geomorfología**
Daniel Geissert Kientz
Estela Enríquez Fernández
- 69 **Distribución y caracterización del suelo**
Adolfo Campos Cascaredo

- 85 **Cambio climático y biodiversidad**
Miguel E. Equihua Zamora
Griselda Benítez Badillo
Adalberto Tejeda-Martínez
Beatriz Elena Palma Grayeb
- 97 **Estudio de caso: ¿podemos culpar a El Niño de las lluvias?**
Lorrain Eugene Giddings Berger
Margarita Soto Esparza

SECCIÓN II

CONTEXTO SOCIOECONÓMICO

- 99 **Resumen Ejecutivo**
Hipólito Rodríguez Herrero
Eckart Boege Schmidt
- 101 **Una visión socioeconómica al comenzar el siglo XXI**
Hipólito Rodríguez Herrero
Eckart Boege Schmidt

SECCIÓN III

CONTEXTO NORMATIVO E INSTITUCIONAL

- 127 **Resumen Ejecutivo**
Elisa E. de J. Sedas Larios
Wilfrido Márquez Ramírez
Martha E. Primo Castro
- 129 **Instrumentos legales e institucionales para la conservación de la biodiversidad: diagnóstico, desafíos y oportunidades**
Elisa E. de J. Sedas Larios
Wilfrido Márquez Ramírez
Martha E. Primo Castro
- 147 **Áreas naturales protegidas**
Jorge E. Morales-Mávil
Robert Manson
Wilfrido Márquez Ramírez

SECCIÓN IV

DIVERSIDAD DE AMBIENTES

AMBIENTES TERRESTRES

- 161 **Resumen Ejecutivo**
Gonzalo Castillo-Campos

- 163 **Flora y vegetación**
Gonzalo Castillo-Campos
Sergio Avendaño Reyes
María Elena Medina Abreo
- 181 **Los bosques de oyamel (*Abies*)**
Carlos H. Ávila Bello
- 195 **El bosque tropical perennifolio**
Mario Vázquez Torres
- 207 **Distribución, estructura y perspectivas de conservación de los manglares**
Jorge A. López-Portillo
Víctor M. Vázquez Reyes
León R. Gómez Aguilar
Ana Laura Lara-Domínguez
- 217 **La biodiversidad de los humedales**
Patricia Moreno-Casasola
Dulce María Infante Mata
Hugo López-Rosas
Luis Alberto Peralta Peláez
Gonzalo Castillo-Campos
Ana Cecilia Travieso-Bello
Wendy Ariana Méndez Cortina
Graciela Sánchez-Ríos
- 229 **Flora de las playas y los ambientes arenosos (dunas) de las costas**
Patricia Moreno-Casasola
Silvia Castillo Argüero
María Luisa Martínez Vázquez
- 239 **Diversidad y estructura de la vegetación en fragmentos de selva de Los Tuxtlas**
Víctor Arroyo-Rodríguez
Salvador Mandujano
Julieta Benítez-Malvido
- 247 **Diversidad florística en potreros de Los Tuxtlas**
Francisco Javier Laborde Dovalí
Sergio A. Guevara Sada
Graciela Sánchez-Ríos
- 261 **Biodiversidad en ecosistemas modificados por actividades agropecuarias**
Ana Cecilia Travieso-Bello
Ana Victoria Ros Torres

271 La biodiversidad en el suelo: estudio de caso en la Sierra de Santa Marta (Reserva de la Biosfera, Los Tuxtlas)

Isabelle Barois Boullard
Simoneta Negrete-Yankelevich
José Antonio García Pérez
Martín de los Santos Bailón
Francisco Javier Álvarez Sánchez
Gonzalo Castillo-Campos
Silke Cram Heydrich
Carlos Enrique Fragoso González
Francisco Franco-Navarro
Esperanza Martínez-Romero
Enrique Meza Pérez
Miguel Ángel Morón Ríos
María del Pilar Rodríguez Guzmán
Patricia Rojas Fernández
Vinicio de J. Sosa Fernández
Dora Trejo
Lucía Varela Fregoso
Julián Bueno-Villegas
José Antonio Gómez
Carlo Sormani

RECURSOS HÍDRICOS

285 Resumen Ejecutivo

Ana Laura Lara-Domínguez

289 Hidrología

Octavio Miguel Pérez-Maqueo
Lyssette Muñoz-Villers
Gabriela Vázquez
Miguel E. Equihua Zamora
Pedro León Romero

293 La zona marina

Carlos González-Gándara

301 Lagunas costeras y estuarios

Ana Laura Lara-Domínguez
Francisco Contreras Espinosa
Ofelia Castañeda-López
Everardo Barba-Macías
Marco Aurelio Pérez-Hernández

- 319 **Ecología y productividad primaria de microalgas marinas y mixohalinas**
Yuri B. Okolodkov
Roberto Blanco-Pérez
- 327 **Amenazas a los recursos hídricos**
Octavio Pérez-Maqueo
Lyssette Muñoz-Villers
Gabriela Vázquez
Miguel E. Equihua Zamora
Pedro León Romero
- 339 **Estudio de caso. La biodiversidad es clave en las funciones de los ecosistemas**
Octavio Pérez-Maqueo
- 341 **Amenazas al ambiente marino veracruzano**
Carlos González-Gándara

SECCIÓN V

LA BIODIVERSIDAD DEL ESTADO Y ALGUNAS DE SUS AMENAZAS

- 349 **Resumen Ejecutivo**
Eugenia J. Olguín
- 351 **Focos rojos para la conservación de la biodiversidad**
Edward Alan Ellis
Marisol Martínez Bello
Roberto Monroy Ibarra
- 369 **La contaminación del agua**
Eugenia J. Olguín
Gabriel Mercado Vidal
María Elizabeth Hernández
- 381 **Amenazas a la biodiversidad asociadas a la producción de azúcar y etanol**
Eugenia J. Olguín
Gabriel Mercado Vidal
Gloria Sánchez-Galván
- 391 **La producción de café como amenaza a la biodiversidad**
Eugenia J. Olguín
Gloria Sánchez-Galván
Gabriel Mercado Vidal

SECCIÓN VI

TRANSFORMAR LAS AMENAZAS EN OPORTUNIDADES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

- 399 **Resumen Ejecutivo**
Eugenia J. Olguín
- 401 **Uso sustentable de los bosques de montaña: la meta**
Lázaro R. Sánchez-Velásquez
María del Rosario Pineda-López
José Luis Zúñiga-González
- 415 **Oportunidades para la producción sustentable de azúcar y etanol**
Eugenia J. Olguín
Gabriel Mercado Vidal
Gloria Sánchez-Galván
- 425 **Estrategias para la producción sustentable de café**
Eugenia J. Olguín
Gloria Sánchez-Galván
Gabriel Mercado Vidal
- 439 **Hongos comestibles: una alternativa sustentable de aprovechamiento de los recursos genéticos y agroforestales**
Dulce Salmones Blásques
Rosario Medel Ortiz
Rigoberto Gaitán-Hernández
Gerardo Mata Montes de Oca

SECCIÓN VII

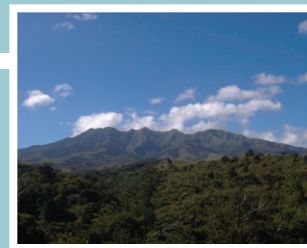
SISTEMAS PRODUCTIVOS Y ALTERNATIVAS ECONÓMICAS SUSTENTABLES

- 451 **Resumen Ejecutivo**
Cesáreo Landeros Sánchez
- 453 **El agroecosistema, unidad de estudio y transformación de la diversidad agrícola**
Juan Pablo Martínez Dávila
Felipe Gallardo López
Lissette C. Bustillo García
Arturo Pérez Vázquez
- 463 **Diversificación de cultivos**
Cesáreo Landeros-Sánchez
Juan Carlos Moreno-Seceña
Esteban Escamilla-Prado
Romeo Ruiz-Bello

- 477 **Impacto de la agricultura sobre la biodiversidad**
Cesáreo Landeros-Sánchez
Juan Carlos Moreno-Seceña
Louri Nikolskii Gavrilov
Oktiabrina Bakhlaeva Egorova
- 492 **Estudio de caso: Pérdida de suelo y nutrientes en un entisol con prácticas de conservación en Los Tuxtlas, Veracruz, México**
Sergio Uribe-Gómez
Néstor Francisco-Nicolás
Antonio Turrent-Fernández
- 493 **Diversidad y conservación de plantas epífitas vasculares en el centro del estado**
Alejandro Flores-Palacios
José G. García-Franco
Susana Valencia-Díaz
Lislie Solís-Montero
Andrea Cruz-Angón
- 502 **Estudio de caso 1: Diversidad de epífitas en un paisaje originado por la fragmentación del bosque mesófilo de montaña**
Alejandro Flores-Palacios
José G. García-Franco
- 503 **Estudio de caso 2: Relaciones de riqueza de especies de epífitas con el tamaño de los árboles**
Alejandro Flores-Palacios
José G. García-Franco
- 504 **Estudio de caso 3: Estructura de la comunidad de epífitas en árboles remanentes aislados**
Alejandro Flores-Palacios
José G. García-Franco
- 505 **Ecología**
Cesáreo Landeros-Sánchez
Juan Carlos Moreno-Seceña
Juan Pablo Martínez-Dávila
Óscar L. Palacios-Vélez
- 516 **Estudio de caso: Estudio de calidad del agua del río La Antigua, Veracruz**
Octavio Ruíz Rosado
- 517 **La biodiversidad pesquera y acuícola: Su preservación a través de sistemas de calidad**
Fabiola Lango Reynoso
María del Refugio Castañeda Chávez

- 529 **Estudio de caso: Determinación de buenas prácticas en producción de tilapia en granjas acuícolas**
María del Refugio Castañeda Chávez
Fabiola Lango Reynoso
- 531 **Turismo alternativo y uso sustentable de la biodiversidad**
Martha Elena Nava Tablada
Felipe Gallardo López
Itzel Díaz Juárez
Pernilla Fajersson
- 541 **Estudio de caso: Ecoturismo campesino selva El Marinero**
Gustavo López Pardo

La biodiversidad en el suelo: estudio de caso en la Sierra de Santa Marta (Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas)



Vista panorámica del Volcán Santa Marta.
(Foto: I. Barois)

I. Barois, S. Negrete-Yankelevich, J.A. García, M. Santos, J. Álvarez-Sánchez, G. Castillo-Campos, S. Cram, C. Fragoso, F. Franco-Navarro, E. Martínez-Romero, E. Meza, M.A. Morón, P. Rodríguez, P. Rojas, V. Sosa, D. Trejo, L. Varela, J. Bueno-Villegas, J.A. Gómez y C. Sormani

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad en el ecosistema suelo, a pesar de su riqueza ha sido poco estudiada, ya que por ser un ambiente compacto y opaco se ha dificultado trabajar en él. El suelo no es solamente la parte física en donde se anclan y crecen las raíces de las plantas, ni sólo el sitio donde muchos animales tienen sus madrigueras. Actualmente, el avance en las técnicas analíticas ha permitido mostrar qué tan vivo y dinámico es el suelo. Se ha tratado, también, de correlacionar la biodiversidad que está arriba del suelo y la que está abajo; hasta la fecha no se ha logrado obtener conclusiones claras debido a la falta de evidencias y al hecho de que los efectos de la biodiversidad del suelo sobre la productividad de las plantas, composición y diversidad, dependen de las condiciones particulares de cada ambiente (Wardle *et al.*, 2004).

En los ecosistemas terrestres la energía es capturada por las plantas a través de la fotosíntesis y es utilizada para respirar, como para formar su biomasa. La contraparte de este proceso es la descom-

posición de la materia orgánica (Heal *et al.*, 1997). Ésta permite, por un lado, que se reciclen los nutrientes, generando moléculas sencillas para ser absorbidas de nuevo por las plantas y, por otro lado, que se convierta en humus, el cual es una forma estable de la materia orgánica que funciona como alimento para los habitantes del suelo y como reservorio de nutrientes, mismo que se libera lentamente para las plantas (figura 1). Además, la materia orgánica también contribuye a la estructura del suelo, secuestra el bióxido de carbono, retiene los nutrientes y el agua, ayuda a amortiguar los cambios de temperatura, la erosión y compactación (Labrador-Moreno, 1996). De manera general aumenta la resiliencia del suelo (Kay y Angers, 2000).

BIODIVERSIDAD DEL SUELO

El intervalo de tamaño de los organismos que habitan el suelo es amplio: va desde las bacterias unicelulares que miden fracciones de micras, pasando por

los hongos que producen muchas esporas y metros de filamentos (hifas), hasta los vertebrados que hacen madrigueras en él. Por ello la fauna del suelo se ha clasificado en la microfauna y mesofauna (<2 mm) que comprende los ácaros, colémbolos y nemátodos entre otros; la macrofauna (>2 mm) que incluye las lombrices de tierra, hormigas, termitas, ciempiés, milpiés y gallinas ciegas, etc., y la megafauna constituida por los vertebrados.

En un gramo de suelo existen más de 100 millones de bacterias, cientos de protozoarios y varias decenas de nemátodos, aparte de varios metros de hifas y cientos de esporas de hongos. En un metro cuadrado puede haber cientos de artrópodos (cochinillas, arañas, ciempiés, milpiés e insectos) y decenas de lombrices de tierra. Además, la mayoría de las plantas tienen sus raíces y sus semillas que se entierran (banco de semillas) en el suelo.

Redes alimenticias (tróficas) y grupos funcionales

Los organismos del suelo forman redes alimenticias complejas, que se inician y concluyen con las bacterias y los hongos, capaces de descomponer cualquier material orgánico. Se denomina grupo funcional a un conjunto de organismos que pueden ser diferentes pero que efectúan una función semejante. Por ejemplo, diferentes especies de bacterias pueden conformar el grupo funcional de los fijadores de nitrógeno. Otro ejemplo evidente es el de los “ingenieros” del ecosistema que se encarga de incrementar la estructura del suelo. Esta “ingeniería” puede ser el resultado de sus movimientos en el suelo (galerías o madrigueras), de su alimentación a base de tierra (geófaga) o de su metabolismo. Por ejemplo, los hongos micorrizógenos secretan una sustancia cementante llamada glomalina (carbohidratos),

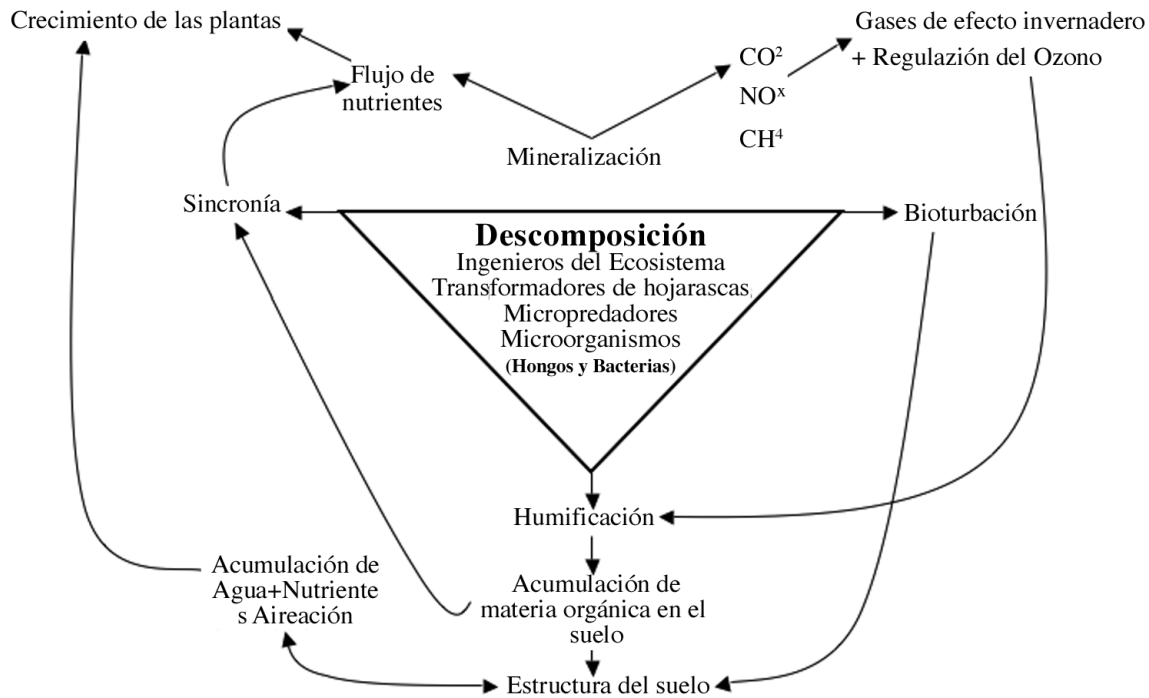


FIGURA 1. Dinámica del proceso de descomposición de la materia orgánica del suelo (tomado de Lavelle y Spain, 2001).

que le da cohesión a los terrones y agregados (Wolfe, 2006); de la misma manera, las bacterias contribuyen a la estructura del suelo produciendo compuestos similares. Las lombrices de tierra geófagas igualmente tienen un impacto enorme en la estructura del suelo y la dinámica de la materia orgánica ¡Una población de 33 000 lombrices en una hectárea de pastizal de Plan de las Hayas, Veracruz, puede ingerir y excretar anualmente más de 400 toneladas de suelo! (Lavelle *et al.*, 1987).

Interacciones

Entre los organismos del suelo, por ser un medio compacto, opaco, heterogéneo y pobre en alimento, existen adaptaciones e interacciones para poder sobrevivir. Un ejemplo de esto se observa en la zona de influencia de la raíz de las plantas (rizósfera), donde hay una gran actividad. Las raíces activan a las bacterias y hongos secretando alimento de calidad (“exudados”); los exudados constituyen del 16 hasta el 33 % del carbono fijado en la fotosíntesis (Heal *et al.*, 1997) y promueven que las bacterias y hongos mineralicen y humifiquen la materia orgánica muerta y además produzcan hormonas vegetales, vitaminas y otros compuestos, los que a su vez estimulan el crecimiento de las plantas. Ciertas bacterias y hongos llevan a cabo asociaciones íntimas en las raíces, formando nódulos y micorrizas, respectivamente.

Dentro de la gran diversidad biológica que hay en el suelo, también se encuentran organismos patógenos que provocan enfermedades a las plantas. Por ejemplo, algunas bacterias, virus, hongos y algunos animales como los nemátodos y las larvas de los escarabajos pueden volverse plaga o ser vector de enfermedades. Sin embargo, estas enfermedades o actividades parasíticas suceden con mayor frecuencia cuando el suelo ha perdido su equilibrio y salud, en particular cuando su biodiversidad se ha empobrecido.

Cabe señalar que la biodiversidad del suelo depende del tipo de clima, del suelo mineral y tipo de vegetación y, a su vez, esta biodiversidad ejercerá un efecto en el sistema suelo.

En las últimas décadas, en México se ha empezado a estudiar el suelo con una visión integrada y de sistema ecológico. En particular Álvarez-Sánchez y Naranjo-García (2003) reunieron trabajos acerca del funcionamiento del suelo en la selva tropical húmeda de México. Por otro lado, Frago y Reyes (2001) compilaron varios artículos sobre el estado actual de la diversidad de algunos grupos funcionales del suelo.

EL PROYECTO “CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD EN EL SUELO”

En el siglo pasado, cuando ocurrió la “revolución verde” en la agricultura, se creyó que era suficiente con manejar las propiedades físicas y químicas de los suelos para acrecentar su productividad, menospreciándose la importancia de su aspecto biológico. Con la llegada de los tractores, los fertilizantes inorgánicos, los plaguicidas y herbicidas químicos, más la irrigación y el monocultivo de plantas seleccionadas, se creyó que se tenían solucionados los problemas agrícolas. Sin embargo, el manejo desbalanceado de estos elementos acentuó problemas como la pérdida o erosión de suelo, la contaminación del agua ocasionó problemas de la salud debido a los agentes químicos, la salinización por riego con aguas ricas en sales y la proliferación de plagas por los monocultivos.

A raíz de la crisis en la agricultura desencadenada por la revolución verde y la falta de conocimiento sobre la biodiversidad y la biología del suelo, algunas agencias y organizaciones interesadas han apoyado investigaciones sobre el tema de la biología y ecología de los suelos. En particular se está llevando a cabo un amplio proyecto internacional denomi-

nado: “Conservación y Manejo Sostenible de la Biodiversidad en el Suelo” (Conservation and Sustainable Management of Below-Ground Biodiversity, CSM-BGBD, por sus siglas en inglés) (CSM-BGBD 2002-2009). Éste es ejecutado por el Tropical Soil Biology and Fertility Institute (TSBF) del Centro de Investigaciones Agrícolas Tropicales (CIAT), en el que participan siete países: Indonesia, India, Uganda, Kenia, Costa de Marfil, Brasil y México. El financiamiento es del Fondo para el Medio Ambiente (GEF). En nuestro país es el Instituto de Ecología, A.C. quien está coordinando dicho proyecto, cuyo objetivo general es conocer la biodiversidad del suelo y proporcionar conocimientos y técnicas para manejar y conservar esta biodiversidad en paisajes tropicales.

Una fortaleza del proyecto BGBD es que conjunta la participación de varios especialistas en el estudio de organismos del suelo y de otras disciplinas, con campesinos y ONG. Es un proyecto integrador, tanto en el plano académico, al considerar al suelo como un todo, como en la vinculación con el sector campesino y en quienes toman decisiones. La intención es demostrar la importancia de la biodiversidad bajo el suelo para los servicios ambientales y la posibilidad de su manejo para hacer un uso sustentable del suelo como recurso productivo.

Inventarios

La zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (Veracruz), en particular la zona del volcán Santa Marta, se escogió como sitio de trabajo en México debido a su gran biodiversidad arriba del suelo.

Los inventarios se llevaron a cabo en cuatro diferentes usos de suelo (selva, acahual, maizal y pastizal) y en tres ejidos (Adolfo López Mateos, municipio de Catemaco; San Fernando, municipio de Sotepan y Venustiano Carranza, municipio de Tatahuicapan).

Considerando que la biodiversidad del suelo es tan amplia, se efectuaron inventarios sólo de ciertos grupos importantes para la agricultura o que pudieran ser bioindicadores de la salud del suelo. Un grupo o una especie bioindicador se refiere a organismos cuya presencia o ausencia permiten rápidamente diagnosticar si dicho suelo ha sido altamente perturbado o se ha conservado.

Los grupos inventariados fueron: las bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium*), los hongos micorrizógenos (formadores de micorrizas) y fitopatógenos (capaces de producir enfermedad a plantas); de la microfauna, los nemátodos de vida libre o parásitos; de la mesofauna los colémbolos (*Collembola*), de la macrofauna, los ciempiés y milpiés (*Miriapoda* y *Diplopoda*), comejenes (*Termitidae*), las hormigas (*Formicidae*), los escarabajos (*Coleoptera*), las cucarachas (*Blattidae*) y las lombrices de tierra (*Oligochaeta*). Cada grupo fue inventariado con una metodología propia (Moreira *et al.*, 2008).

Una vez colectados o aislados los organismos, se pudieron identificar algunos sólo a nivel de orden o clase y otros hasta especie o morfo-especie (que puede ser una nueva especie o una especie ya identificada). También en cinco puntos de cada uso de suelo y en cada ejido se hicieron muestreos para caracterizar la vegetación primaria y secundaria en los diferentes usos de suelo (López-Cano, 2006), usando la metodología propuesta por Castillo-Campos (2003). Esto para estimar la diversidad alfa y beta entre las comunidades vegetales, y posteriormente hacer una correlación entre la biodiversidad arriba y abajo del suelo.

Para clasificar los tipos de suelos en cada ejido se efectuaron dos perfiles edafológicos, uno en el bosque y el otro en un uso de suelo. En cada punto del muestreo se determinaron, además, los parámetros físicos, químicos y bioquímicos, tales como: pH, densidad aparente, densidad relativa, porosidad, textura, humedad de suelo, conductividad eléctrica, C, N, P total, K, Mg, Ca, CIC, N-NH₄, N-NO₃,

deshidrogenasas y b-glucosidasas. Algunos de los parámetros se presentan en el cuadro 1 (Ríos, 2006 y Mondragón, datos no publicados).

Sitios

Los tres ejidos o sitios de estudio presentan características diferentes en cuanto a cubierta forestal, altitud, geoformas, precipitación, geología y tipo de suelo (cuadro 1):

1. Adolfo López Mateos (LM) localizado entre los 18°24'56" y 18°26'33" de latitud norte y los 94°56'53" y 94°58'18" de longitud oeste. Se encuentra a 250 msnm dentro del municipio de Catemaco. La vegetación primaria es la Selva Alta Perennifolia y cubre aproximadamente el 75 % del ejido. Su tipo de suelo es un Andosol lúvico (FAO *et al.*, 1999).

Las especies y nombre común de árboles más abundantes son: *Trichilia breviflora* (carne de caballo 2), *Trichospermum galeottii* (coapetate), *Trophis mexicana* (ojoshi), *Alfaroa mexicana* (peinecillo), *Cynometra retusa* (zapotillo), *Guarea glabra* (cagalt), *Robinsonella mirandae* (manzanillo), *Pseudolmedia oxyphyllaria* (tomatillo), *Poulsenia armata* (abababi), *Saurauia scabrada* (pipicho). La transformación de la selva ha reducido considerablemente el número de especies de plantas, principalmente las especies de árboles (López-Cano, 2006).

2. San Fernando Soteapan (SF) localizado entre los 18°15'08" y 18°19'55" de latitud norte y los 94°52'00" y 94°54'06" de longitud oeste. Se encuentra a 850 msnm, dentro del municipio de Soteapan. La selva cubre aproximadamente el 50 % del ejido. Sus tipos de suelo son Lixisol crómico y Acrisol ándico (FAO *et al.*, 1999).

Este ejido, por su altura, posee elementos florísticos de bosque mesófilo como *Quercus af. insignis* (encino blanco o ttamukù), *Talauma mexicana* (moñiácu), *Alchornea latifolia* (palo de achote) y *Liquidambar macrophylla*, por mencionar algunos, mientras que también posee elementos de selva alta o de transición como son: *Dendropanax arboreus* (palo de atole), *Randia pterocarpa* (palo de bejuco), *Trophis* sp. (escobillo), *Alfaroa mexicana*, entre otros.

3. Venustiano Carranza (VC) localizado entre los 18°19'09" y 18°21'50" de latitud norte y los 94°44'41" y 94°46'44" de longitud oeste. Se encuentra a 250 msnm, dentro del municipio de Tatahuicapan. La selva cubre aproximadamente el 25 % del ejido. Sus tipos de suelo son Lixisol crómico y Acrisol plúntico (FAO *et al.*, 1999).

El tipo de vegetación que solía cubrir grandes extensiones de terreno era la Selva Alta Perennifolia caracterizada por *Protium copal* (copal), *Robinsonella mirandae* (manzanillo), *Siparuna andina* (naranja), *Brosimum alicastrum* (ojoshi grande), *Gouania stipularis* (asta), *Dialium guianense* (paque), *Guarea grandifolia* (sabino), *Tapirira mexicana* (caobilla).

CUADRO 1. Características de las zonas de estudio López Mateos (LM), San Fernando (SF) y Venustiano Carranza (VC) en Los Tuxtlas Veracruz.

EJIDOS	ALTITUD (msnm)	PP mm/a	GEOLOGÍA	SUELO	GEOFORMAS Y PENDIENTE (%)	CUBIERTA FORESTAL (%)	pH	ARCILLAS
LM	238 ± 37	2500	ceniza y brecha	Andosol	montaña 40%	76	5.1 ± 0.2	21 ± 10
SF	994 ± 144	1182	basalto	Acrisol	lomeríos	49	5.0 ± 0.4	47 ± 17
VC	225 ± 44	2900	brecha	Lixisol	lomeríos	27	4.5 ± 0.3	55 ± 9

El sistema predominante en este ejido son los pastizales para ganado vacuno.

Entre los ejidos el número de especies en las selvas respectivas es muy similar (figura 2), aunque en López Mateos se reúne una gran diversidad en un espacio más pequeño. En este último, el acahual es el sistema que presenta más especies entre todos los ejidos y usos de suelo, mientras que el maíz en cambio es el uso de suelos que presenta menos especies. En el ejido Venustiano Carranza es en donde se presentan el mayor número de especies de pastizales de los tres sitios, además de ser el tipo de vegetación dominante en este ejido.

Riqueza de los organismos del suelo

En el cuadro 2 se resumen los taxones encontrados en este estudio. Dentro de las bacterias fijadoras de nitrógeno se encontraron ocho especies y 17 morfoespecies, en particular de los géneros *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium* y

Burkholderia, y geno-especies nuevas no descritas con anterioridad en la literatura. La especie más abundante fue *R. etli*, especie característica de campos de maíz y de frijol.

Dentro de los hongos micorrizógenos arbusculares se encontraron principalmente especies de los géneros *Acaulospora* y *Glomus*, las especies identificadas hasta ahora son 26 y las que están como morfo-especies son 34, son probablemente nuevas 15 especies.

Dentro de los hongos fitopatógenos de la raíz encontramos principalmente los géneros *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Verticillium*, *Aspergillus* y *Penicillium*. También se aislaron hongos saprobios como *Bispora*, *Gilmaniella* y *Cunninghamella*, que promueven la descomposición de la materia orgánica, y hongos antagonistas a los fitopatógenos como es *Trichoderma*.

Los nemátodos fue uno de los grupos que mayor número de géneros presentó (130). Los nemátodos identificados se clasificaron en cinco grupos, de acuerdo con su hábito alimenticio, ello con el fin de

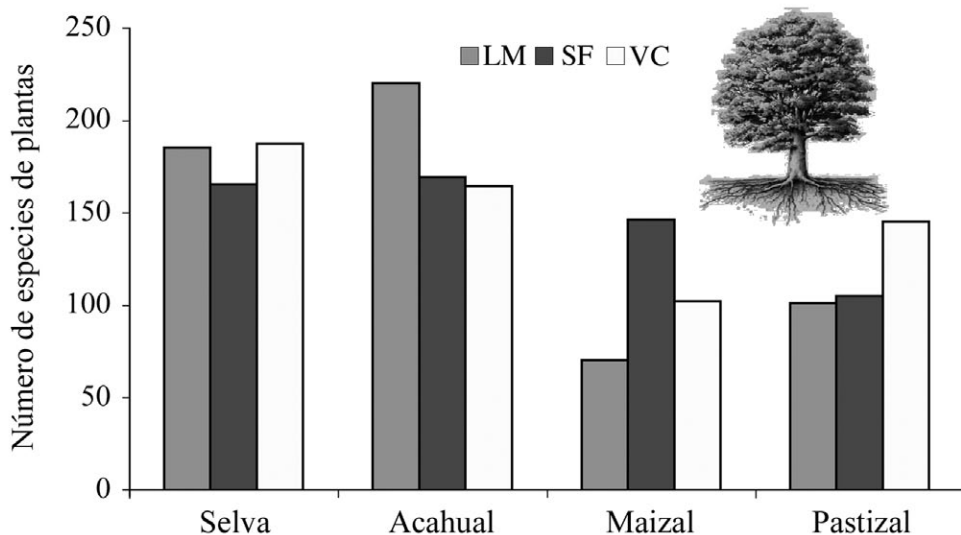


FIGURA 2. Número total de especies de plantas por uso de suelo en los tres ejidos, Adolfo López Mateos (LM), San Fernando (SF) y Venustiano Carranza (VC) de Los Tuxtlas, Veracruz.

CUADRO 2. Parámetros fisicoquímicos de los suelos de los ejidos Adolfo López Mateos (LM), San Fernando (SF) y Venustiano Carranza (VC) en la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, Veracruz (valores promedio de al menos 8 muestras + el error estándar).

	USO DE suelo	TIPO DE SUELO (FAO <i>et al.</i> 1999)	% Ct	% Nt	P-BRAY ppm	POROSIDAD %	C.E µS/cm	ARCILLA %	pH
LM	Selva	Andosol Lúvico	4.1 ± 1.0	0.48 ± 0.05	4.56 ± 1.08	77.2 ± 4.7	88	25.5	5.2
	Acahual		3.1 ± 0.8	0.61 ± 0.08	1.46 ± 0.83	76.1 ± 6.6	84	15.0	5.1
	Maizal		3.3 ± 0.9	0.63 ± 0.07	0.92 ± 0.31	71.5 ± 3.7	67	18.0	5.2
	Pastizal		3.9 ± 0.9	0.48 ± 0.04	3.46 ± 4.52	74.3 ± 3.4	80	28.8	5.2
SF	Selva	Acrisol ándico y Lixisol crómico	5.9 ± 1.5	0.60 ± 0.04	3.82 ± 1.27	77.9 ± 5.2	101	45.0	4.8
	Acahual		5.1 ± 0.9	0.47 ± 0.03	1.29 ± 0.43	69.8 ± 2.8	83	47.7	5.0
	Maizal		3.7 ± 0.6	0.26 ± 0.02	0.79 ± 0.62	66.8 ± 1.9	48	44.5	5.3
	Pastizal		5.2 ± 1.5	0.41 ± 0.02	0.55 ± 0.21	62.9 ± 12.6	52	54.8	5.0
VC	Selva	Acrisol plintico y Lixisol crómico	3.0 ± 0.6	0.44 ± 0.03	1.39 ± 0.51	71.9 ± 2.1	79	54.8	4.5
	Acahual		2.3 ± 0.3	0.36 ± 0.02	1.82 ± 1.32	66.6 ± 4.2	53	51.6	4.5
	Maizal		2.1 ± 0.4	0.34 ± 0.03	1.94 ± 0.76	63.9 ± 5.1	56	53.4	4.9
	Pastizal		2.9 ± 0.4	0.31 ± 0.02	0.38 ± 0.10	61.9 ± 5.2	46	60.4	4.5

conocer la estructura trófica de los nemátodos en el suelo. Los grupos tróficos conformados fueron: 1) los que comen bacterias (*Rhabditis*, *Plectus*, *Aphonolaimus*, *Acrobeles*, etc.); 2) los que comen hongos (*Aphelenchus*, *Tylenchus*, etc.); 3) los omnívoros (*Dorylaimus*, *Dorylaimoides*, *Aporcelaimus*, etc.); 4) los depredadores (*Miconchus*, *Monochus*, *Prionchulus*, etc.), y 5) los parásitos de plantas (*Meloidogyne*, *Discocriconemella*, *Hemicycliophora*, *Helicotylenchus*, etc.) (Franco-Navarro y Godínez-Vidal, 2006).

Los colémbolos se agruparon en siete familias y no fueron tan abundantes como se esperaba. Por su parte, las termitas fue un grupo poco diverso, ya que sólo se presentaron seis especies y tres morfo-especies, siendo el género más representado *Nasutitermes*. En cuanto a las cucarachas de campo, son pocas y presentaron solo seis especies y nueve morfo-especies. *Anaplecta* e *Ischnoptera* fueron los géneros más representados.

Para los ciempiés y milpiés se identificaron nueve especies y 39 morfo-especies. Los ciempiés mejor representados fueron los Geophilomorpha del género *Neogeophilus* sp4 (107 registros) y los Scolopendromorpha del género *Newportia* sp1 (40). Dentro de los milpiés, los géneros más repre-

sentados fueron *Prostemmilus* sp1 (45), *Glomeridesmus* sp1 (24) y *Hollistophalidae* sp1 (68).

Las hormigas y los escarabajos son los grupos que presentaron más especies y/o morfo-especies (141 y 189, respectivamente). Los géneros y especies más representadas para las hormigas fueron *Solenopsis geminata* (168) y *Solenopsis* sp3 (67), *Wasmania auropunctata* (84), *Octostruma balzani* (86), *Hypoponera opacior* (76) (Rojas *et al.*, 2006; Hernández, 2007). Es importante mencionar que se encontraron dos especies muy raras: *Tatuidris tatusia* y *Thaumatomyrmex ferox*, que cuentan con muy pocos ejemplares en las colecciones del mundo y tres especies nuevas. Además se encontraron 11 especies de *Strumigenys*, género exclusivo de la hojarasca y que representa más del 90 % del número total de especies registradas con anterioridad para todo México (12).

Los escarabajos identificados se ubicaron dentro de 52 familias; las más representadas y con mayor abundancia de individuos fueron: Melolonthidae, Ptilodactylidae, Staphylinidae, Scarabeidae, Chrysomelidae, Carabidae y Elateridae. Cabe señalar que la familia Staphylinidae fue la que presentó más morfo-especies.

Las lombrices son un grupo poco diverso, y sólo se registraron 13 especies (tres de ellas son morfoespecies); siete especies fueron nativas u originarias de la región y seis son exóticas, introducidas por los asentamientos humanos. Las especies más representadas fueron las exóticas *Pontoscolex corethrurus* y *Dichogaster affinis*, seguidas por dos nativas: *Ramieyllona* sp. y *Lavellodrilus parvus* (Coria, 2005; Camarena, 2006). Cabe señalar que las lombrices de tierra fue el grupo dentro de la macrofauna que representó la mayor biomasa por m².

EFFECTO DEL PAISAJE Y DEL USO DEL SUELO EN LOS DIFERENTES ORGANISMOS DEL SUELO Y EN LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL SUELO

Con los datos de los grupos de organismos y de los parámetros fisicoquímicos se efectuaron análisis estadísticos: análisis de varianzas (anovas) y de componentes principales, para determinar el efecto del paisaje, del uso de suelo y de sus características sobre la biodiversidad en el suelo.

Efecto del paisaje

La diferencia más fuerte en riqueza de especies y diversidad ocurrió a escala del paisaje, es decir, entre ejidos (figura 3). El número de especies de hormigas disminuyó en el gradiente LM> SF> VC, mientras que las termitas presentaron el patrón inverso respecto a su diversidad. La diversidad de lombrices nativas fue escasa en el ejido de Venustiano Carranza, el cual se caracterizó por tener la mayor superficie de pastizal respecto del resto de los ejidos.

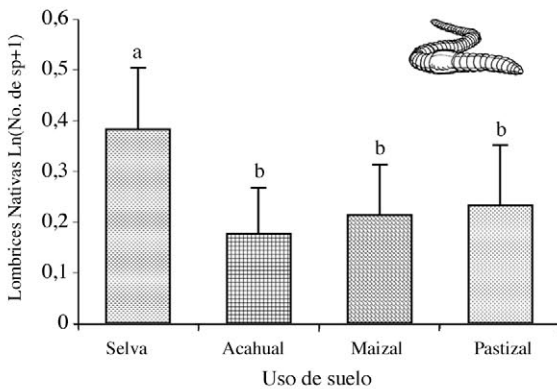
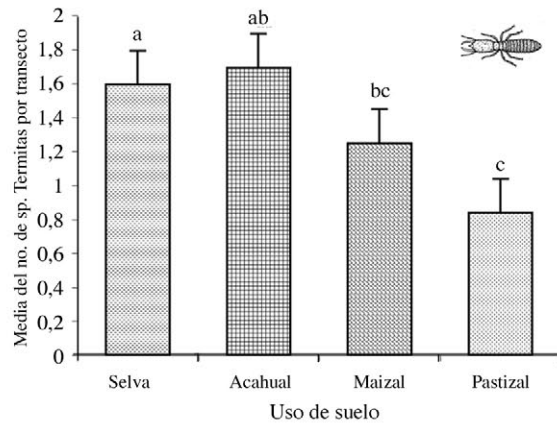
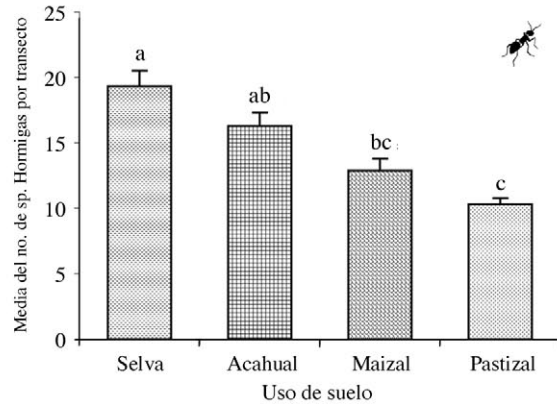


FIGURA 3. Número de especies de hormigas, termitas y lombrices en los tres ejidos, Adolfo López Mateos (LM), San Fernando (SF) y Venustiano Carranza (VC) de Los Tuxtlas, Veracruz. (La barra representa el error estándar y las letras diferencias significativas de acuerdo a la prueba HSD de Tukey).

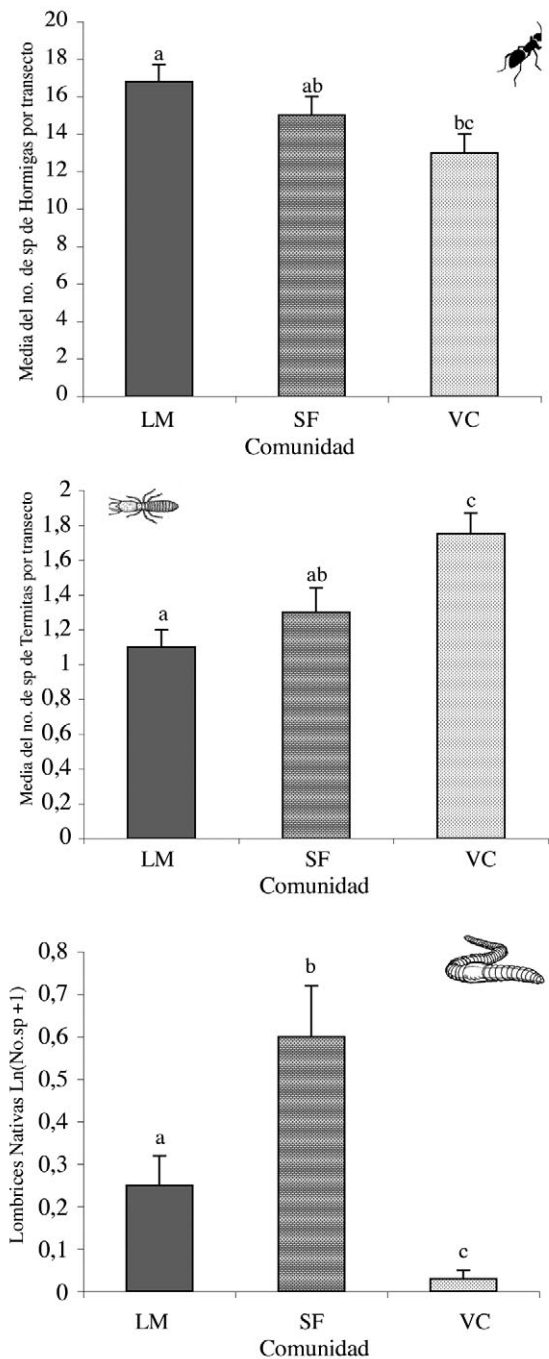


FIGURA 4. Número de especies de hormigas, termitas y lombrices en cuatro usos de suelo (selva, acahual, milpa y pastizal) de Los Tuxtlas, Veracruz. (La barra representa el error estándar y las letras diferencias significativas de acuerdo a la prueba HSD de Tukey).

Efecto del uso del suelo

Los grupos de las hormigas y termitas también mostraron patrones claros en relación al efecto del uso del suelo en su diversidad. En todos los ejidos, su diversidad fue mayor en selva y acahual, mientras en pastizal y maizal fue menor. Las lombrices nativas también muestran una importante sensibilidad a las actividades productivas, ya que su diversidad disminuyó drásticamente con cualquier cambio de uso de suelo (figura 4). En el caso de los hongos micorrizógenos el maizal tuvo la diversidad más alta.

Interacción entre paisaje y uso de suelo

Los nemátodos tuvieron más géneros en el ejido San Fernando, mostrando una disminución en su diversidad en el maizal. En la selva del ejido Adolfo López Mateos se presentó un número de géneros menor en nemátodos, hasta un tercio más bajo que el de la selva de San Fernando; además de que en los usos del suelo ésta siguió disminuyendo siendo la menor diversidad (en términos de riqueza de géneros) en los pastizales. En Venustiano Carranza fue en donde la diversidad de nemátodos fue la más baja tanto a nivel del paisaje como a nivel del uso de suelo; además el patrón de diversidad entre usos de suelo fue inverso al de los otros dos sitios, teniendo la selva una diversidad semejante a la del acahual y maizal, en tanto el pastizal registró la diversidad más alta (figura 5).

Parámetros del suelo en los ejidos y usos de suelo

Existe un gradiente de fertilidad entre los tres ejidos que se debe a diferencias en los factores formadores del suelo en cada sitio; esto genera un desarrollo de suelos diferencial y se reconoce por los valores de pH, textura, conductividad eléctrica y bases intercambiables (cuadro 3), siendo López Mateos el

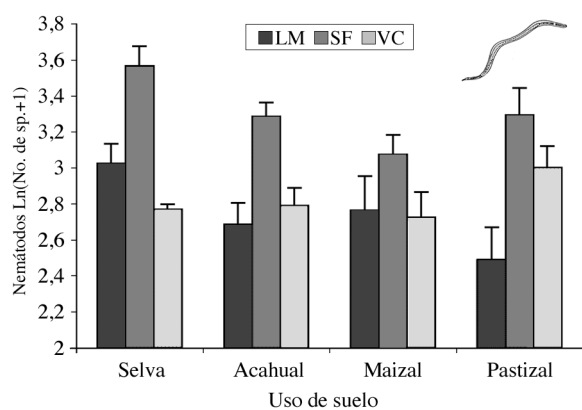


FIGURA 5. Número de especies de nemátodos por usos de suelo en los ejidos Adolfo López Mateos (LM), San Fernando (SF) y Venustiano Carranza (VC) en la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, Veracruz (la barra representa el error estándar).

suelo más fértil y Venustiano Carranza el más pobre debido a su mayor desarrollo y lixiviación, que resulta en valores de pH más bajos y en la pérdida de bases intercambiables. Al interior de los ejidos se reconocen procesos de degradación asociados al cambio de uso de suelo y existe una disminución de la fertilidad conforme aumenta la intensidad de uso del suelo: selva>acahual = pastizal>maizal. En los tres ejidos se reconocen diferencias entre los suelos de selva y los de maíz, por los contenidos más bajos de materia orgánica en los suelos cultivados con maíz, aunado a un aumento de la densidad aparente y una disminución en el porcentaje de porosidad. Las actividades de las enzimas b-glucosidasa y deshidrogenasa no resultaron estadísticamente diferentes al comparar los usos del suelo, pero sí se observa una disminución de las actividades en suelos con cultivo de maíz.

CUADRO 3. Taxones encontrados en cada grupo funcional inventariado en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Ver., en los ejidos de Adolfo López Mateos, San Fernando Sotepan y Venustiano Carranza (proyecto CSM-BGBD).

RESERVA DE LA BIOSFERA LOS TUXTLAS, VERACRUZ MÉXICO						
	FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES	MORFO-ESPECIES	ESP+ MORFO	TOTAL DE REGISTROS
Bacterias Fijadoras de Nitrógeno		4	8	17	25	190
Hongos Micorrizógenos Arbusculares		8	26	33	59	928
Hongos Fitopatógenos de la Raíz		17	6	16	22	
Nemátodos		130				97 054
Chilópodos (Ciempiés)	4	6		16	16	275
Diplópodos (Milpiés)	20	19	9	23	32	466
Blattarios (Cucarachas)	4		6	9	15	156
Coleópteros (Escarabajos)	52			187	187	3 383
Termitas (Comejen)		7	6	3	9	140
Hormigas		49	44	97	141	1 535
Colémbolos	7					1 808
Oligochaeta (Lombrices de tierra)						
Nativas			4	3		1 166
Exóticas	3	8	6		13	

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

El muestreo logró superar las expectativas de diversidad para varios grupos. Para los hongos micorrizógenos se encontró el 25 % de las especies conocidas en todo el mundo y 39 % más de las especies hasta la fecha registradas para México (Varela y Trejo, 2001). En el caso de los nemátodos, la cantidad de géneros encontrada es la más grande reportada hasta ahora para México, ello en comparación con el único estudio exhaustivo llevado a cabo en México sobre nemátodos de suelo y agua dulce (Zullini, 1973, 1977a y b); en dicho trabajo se reportó un total de 42 géneros y 67 especies. Respecto a las hormigas este muestreo permitió obtener 26 % más especies que en un estudio anterior en la misma zona (Cartas, 1993).

A pesar de los esfuerzos del proyecto y de la participación de especialistas en todo el país, hay varios grupos funcionales (hongos micorrizógenos y fitopatógenos, hormigas, coleópteros, milpiés y ciempiés) con una gran cantidad de morfo-especies. Esto se debe al inmenso reto que requiere su identificación. Algunas de estas morfo-especies son probablemente nuevas especies. Éste es sólo un ejemplo más de la carencia de especialistas en taxonomía de organismos del suelo en nuestro país y demuestra la necesidad de promover esta disciplina para que se genere un conocimiento y recursos humanos suficientes que permitan hacer identificaciones rápidas de dichos organismos. Sin este conocimiento detallado de la biodiversidad en el suelo será difícil tomar decisiones más acertadas para manejarla de manera sostenible.

Con la intención de contribuir al acervo y accesibilidad de información de biodiversidad de México, la base de datos de biodiversidad en el suelo, generada por el proyecto BGBD, va a ser incorporada al Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de la Conabio (SNIB Proyecto FS001-2007).

Las lombrices nativas, hormigas, termitas y nemátodos resultaron buenos candidatos para ser

utilizados como indicadores de la salud del suelo, debido a la vulnerabilidad que presentan ante los cambios de uso de suelo. En particular la riqueza de especies de hormigas, termitas y lombrices nativas reflejan un gradiente de intensidad de uso del suelo, pero con grados diferentes de sensibilidad. Pero la tendencia es a la pérdida de diversidad conforme se intensifica el uso de suelo y a el amplio desarrollo de especies oportunistas como las hormigas del género *Solenopsis* y la lombriz *Pontoscolex corethrurus*. También el número de especies de *Rhizobia vs Bradyrhizobia* pueden reflejar qué tanto el suelo ha sido manejado. Se observó que en el maizal había principalmente especies de *Rhizobium* que fueron introducidas con el maíz y el frijol y que los *Bradyrhizobia*, noduladores nativos de la selva no fueron recuperados.

El decremento en términos de riqueza de especies no siempre sigue la disminución de la fertilidad. En el ejido Venustiano Carranza se registró el mayor número total de plantas en la selva, a pesar de ser el suelo más pobre, sin embargo, es necesario considerar que la cobertura del área muestreada en este estudio fue mucho mayor, comparada con la de los otros dos ejidos. Así también las termitas fueron más diversas en Venustiano Carranza, y los nemátodos especialmente en los pastizales, que es el uso de suelo mayor en este ejido. En éste, como en otros casos, sin duda existen otras características del paisaje o del manejo del suelo que también determinan su biodiversidad. En estudios posteriores se investigarán los papeles que juegan la distancia a la selva, la historia de uso del suelo y la diversidad espacial del paisaje.

Ahora que se conoce la biodiversidad del suelo en estos sitios, el proyecto BGBD, en su segunda fase, podrá monitorear cómo es afectada por el uso de suelo y se podrá determinar de qué manera se puede manejar el ecosistema o agroecosistema para conservarla. Además, observará el impacto funcional que tiene esta diversidad para lograr hacer un uso sostenible del suelo y mantener o mejorar los

servicios ambientales que ofrece el sistema. Por ejemplo, se podrá inocular, en ciertos usos de suelo o viveros, hongos micorrizógenos o hacer cultivos en rotación con leguminosas para aportar materia orgánica y nitrógeno al suelo y mejorar la salud y productividad de plantas comerciales. Si se tiene éxito, se establecerán parcelas demostrativas que promuevan este tipo de tecnologías y se darán a conocer a los tomadores de decisiones.

LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, J y E. Naranjo-García (eds.), 2003, *Ecología del Suelo en la Selva Húmeda de México*, Instituto de Ecología, Instituto de Biología y Facultad de Ciencias, UNAM, Xalapa, Ver., México, 316 pp.
- CAMARENA, L.M., 2006, *Influencia de la deforestación sobre las comunidades de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) de selvas tropicales y sistemas agroforestales en el volcán Santa Marta, Los Tuxtlas, Ver.*, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 68 pp.
- CARTAS, A., 1993, *Aspectos Ecológicos de la Formicofauna (Hymenoptera: Formicidae) del Volcán San Martín Pajapan, Veracruz*, tesis de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., 78 pp.
- CASTILLO-CAMPOS, G., 2003, *Biodiversidad de la selva baja caducifolia en un sustrato rocoso de origen volcánico en el centro del estado de Veracruz*, tesis doctoral, UAM, México, pp 9-20.
- CORIA, M.L., 2004, *Influencia de la deforestación y el manejo sobre las comunidades de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) de milpas y pastizales en el volcán de Santa Marta de Los Tuxtlas, Ver.*, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 71 pp.
- FAO, ISRIC y SICS, 1999, *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*, M-51 ISBN 92-5304141-2, Roma, 90 pp.
- FRAGOSO, C. y P. Reyes-Castillo (eds.), 2001, *Diversidad, Función y Manejo de la Biota Edáfica en México*, *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) núm. especial 1, 238 pp.
- FRANCO-NAVARRO, F. y D. Godínez-Vidal, 2006, Soil nematode community under four land use intensities in the Mexican tropic, *Nematropica* 36(2): 125-126.
- HEAL, O.W., J.M. Anderson y M.J. Swift, 1997, Plant Litter quality and decomposition: an historical overview, en G. Caddish y K. Giller (eds.), *Driven by Nature plant litter quality and decomposition*, CAB International UK, pp. 3-30.
- HERNÁNDEZ, L., 2007, *Efecto de diferentes usos del suelo sobre las comunidades de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en la Sierra de Santa Marta, Los Tuxtlas, Ver.*, tesis de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, 80 pp.
- KAY, B.D. y D.A. Angers, 2000, Soil Structure, en Sumner, Malcolm, E. (ed.), *Handbook of soil science*, CRC Press Boca Raton, EUA, pp. 229-276.
- LABRADOR-MORENO, J., 1996, *La materia orgánica en los agrosistemas*, Ministerio de Agricultura y Pesca, España, 174 pp.
- LAVELLE, P., I. Barois, I. Cruz, C. Fragoso, A. Hernández, A. Pineda y P. Rangel, 1987, Adaptive strategies of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta), a peregrine geophagous earthworm of the humid tropics, *Biology and Fertility of Soils* 5: 188-194.
- LAVELLE, P. y P.V. Spain, 2001, *Soil Ecology*, Kluwer Academia Publishers, The Netherlands, 654 pp.
- LÓPEZ-CANO, B., 2006, *Diversidad alfa y beta en 4 comunidades vegetales del ejido Adolfo López Mateos, Catemaco, Veracruz*, tesis de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, 94 pp.
- MONDRAGÓN, G.A. *Evaluación de la actividad enzimática en suelos bajo diferente uso en Los Tuxtlas Veracruz*, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, (en proceso).
- MOREIRA, F., M. S., J. Huising y D. E. Bignell (eds.), 2008, *A Handbook of Tropical Soil Biology. Sampling and Characterization of Below-Ground Biodiversity*. Earthscan Publishers, Reino Unido, 218 pp.

- ROJAS, P., A. Ángeles, J. Amador y L. Hernández, 2006, Diversity of soil ants in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico: land use effects mediated by the amount of forested area, en Resúmenes del XV International Congress of the International Union for the Study of Social Insects, Washington, D.C., EUA.
- RÍOS, M.S.R.C., 2006, *Evaluación de los indicadores de degradación de suelos en el Ejido San Fernando, Veracruz México*, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 148 pp.
- VARELA, L. y D. Trejo, 2001, Los Hongos Micorrizógenos Arbusculares como Componentes de la Biodiversidad del Suelo en México, *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) núm. especial 1: 39-51.
- WARDLE, D.A., R.D. Bardgett, J.N. Klironomos, H. Setälä, W.H. van der Putten y D. H. Wall, 2004, Ecological linkages between aboveground and belowground Biota, *Science* 304: 1620-1633.
- WOLFE, D. 2006. Approaches to monitoring soil systems, en Ball, A. *et al.* (eds.), *Biological approaches to sustainable Soil Systems*, CRC, Boca Raton EUA, pp. 671-682.
- ZULLINI, A., 1973, *Some soil and freshwater nematodes from Chiapas (Mexico)*. *Subterranean fauna of Mexico*, part II, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, pp. 55-96.
- , 1977a, *Some freshwater nematodes of southern Mexico and Guatemala*. *Subterranean fauna of México*, part III, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, pp. 75-85.
- , 1977b, *On certain moss nematodes of Central Mexico*. *Subterranean fauna of México*, part III, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, pp. 87-90.