



UADY

CAMPUS DE
CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS
"Luz, Ciencia y Verdad"
FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Bioagrociencias

Revista de difusión del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la
Universidad Autónoma de Yucatán



Vol. 3 No. 2 agosto - diciembre de 2010

Especial Biodiversidad

2010: Año internacional de la biodiversidad



ISSN - En trámite

Revista de difusión científica y técnica
del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
de la Universidad Autónoma de Yucatán



Comité editorial

Editor general:

Virginia Meléndez Ramírez

Coeditor:

Alfonso Aguilar Perera

Editores asociados:

Víctor Cobos Gasca

Luis López Burgos

Silvia Hernández Betancourt

Juan Magaña Monforte

Javier Quezada Euán

Luis Ramírez y Avilés

Juan Javier Ortiz Díaz

Directorio

Mphil. Alfredo Dájer Abimerhi

Rector

Dr. José de Jesús Williams

Director

Dr. Jorge Santos Flores

Secretario Académico

M. en C. José Enrique Abreu Sierra

Secretario Administrativo

Dr. Hugo Delfín González

Jefe de la Unidad de Posgrado

Fotos de portada:

Silvia Hernández

Juan Javier Ortiz

Alfonso Aguilar

Virginia Meléndez

Armado editorial de la publicación:

Francia González Escarela.

Impreso en el Campus de Ciencias
Biológicas y Agropecuarias -
Facultad de Medicina Veterinaria
y Zootecnia - UADY

Bioagrocencias es una publicación
semestral, de distribución gratuita
y sin fines de lucro. Se permite la
reproducción total o parcial citando
las fuentes completas.

Correo electrónico:

bioagrocenciasccba@uady.mx

- En este número -

Estimados lectores, la revista bioagrocencias presenta como tema especial la biodiversidad, uniéndose a la celebración del año internacional de la biodiversidad (2010) y a las iniciativas para promover su conservación. Con este interés, en este número se presentan aportaciones sobre la importancia de la biodiversidad, en términos generales y también en particular para la Península de Yucatán, esperando por supuesto que los temas sean interesantes para todos ustedes.

El primer artículo recopila la información sobre el conocimiento actual de la riqueza específica de peces marinos en la costa norte de la Península de Yucatán. Se encontró que en total se tienen 511 especies de peces donde figuran los teleósteos con mayor número de especies (meros, góbidos, roncós, jureles, chac-chís, lábridos y pargos). Se concluye que aun es necesario hacer estudios más detallados para reconocer la diversidad en otros hábitats costeros y oceánicos en la región.

El primer ensayo aporta un panorama general sobre la biodiversidad, revisando definiciones, explicando los niveles y atributos de la biodiversidad, su ubicación en términos geográficos, la pérdida actual y sus amenazas, los valores que se consideran desde el punto de vista antropocéntrico, así como los principales convenios internacionales sobre la conservación de la biodiversidad.

En el segundo ensayo se hace referencia a la pérdida de la diversidad genética en las abejas y como puede agravarse aún más por su sistema peculiar de reproducción. En este contexto, se explica cómo los efectos negativos del deterioro ambiental son importantes considerando que pueden

llevar a la desaparición de especies de abejas y las plantas que dependen de éstas para su polinización.

El tercer ensayo presenta un buen compendio sobre las gramíneas de la Península de Yucatán, su riqueza taxonómica incluyendo las especies de cada tipo de vegetación y su ubicación en las selvas tropicales. Además se indican las gramíneas endémicas, las introducidas y cultivadas, con algunos ejemplos para el estado de Campeche, así como el estado de conservación, amenazas y acciones para su conservación en la región.

El cuarto ensayo contiene la diversidad de pequeños roedores de la Península de Yucatán, destaca que los pequeños roedores proporcionan servicios ecológicos notables en la naturaleza, ya que son dispersores y depredadores de los bancos de semillas presentes en las selvas tropicales. De esta manera, tienen un papel principal en la regeneración natural de estos ecosistemas y forman parte de la base de los herbívoros de la cadena alimenticia por lo que son imprescindibles para mantener otras poblaciones de animales.

En el quinto ensayo se revela la importancia de las zoonosis, enfermedades de los animales transmitidas a las personas en la salud pública mundial, las cuales representan cerca del 60% de las enfermedades infecciosas de la humanidad. Enfatiza que la conservación de la biodiversidad apoya a mantener los ciclos de transmisión de estas enfermedades controlados y como numerosas enfermedades de reciente aparición tienen su origen después de la perturbación de los ecosistemas o por efecto de alguna actividad humana.

- Índice -

Artículo de difusión científica

Diversidad de peces marinos en la costa norte de la Península de Yucatán, México 3

María José López Gómez y Alfonso Aguilar Perera

Ensayos

2010: Año Internacional de la Biodiversidad8

Virginia Meléndez Ramírez

Diversidad genética en abejas (Hymenoptera: Apoidea) y sus implicaciones para la sostenibilidad17

Javier Quezada Euán y William May Itzá

Diversidad de gramíneas de la Península de Yucatán22

Juan Javier Ortiz Díaz, Juan Tun Garrido y Manuel Toledo Hernández

Diversidad de pequeños roedores de la Península de Yucatán28

Silvia Hernández Betancourt, Celia Sélem Salas, Adrián Cimé Pool y Juan Chablé Santos

Zoonosis: el enlace entre la conservación de la biodiversidad y la salud humana32

Enrique Reyes Novelo y Hugo Ruiz Piña

Diversidad de peces marinos en la costa norte de la Península de Yucatán, México

María José López Gómez y Alfonso Aguilar Perera
Cuerpo Académico de Recursos Marinos Tropicales. Departamento de Biología Marina,
Campus de Ciencias Biológicas Agropecuarias - UADY.

Resumen

Los peces marinos se encuentran en una gran variedad de hábitats, desde áreas poco profundas hasta aguas de profundidades abisales. Conocer su diversidad es importante porque permite identificar la estructura y función de un ecosistema y, a su vez, permite implementar estrategias de conservación y manejo. En la costa de Yucatán, en particular, hay algunas investigaciones sobre la diversidad de peces marinos. Sin embargo, esta información se encuentra dispersa y es necesario ponerla en contexto para identificar los componentes generales de tal diversidad, como la riqueza de especies. Información documentada sobre aspectos ecológicos de peces marinos en la costa de Yucatán, disponible de 1964 a 2006, fue recopilada de fuentes primarias y secundarias de información científica para determinar la riqueza de especies actual de la región. Un total de 511 especies -en 26 órdenes, 100 familias, 255 géneros- se reportaron. De este total, 89.4 % (457 especies) corresponde a peces teleosteos y 10.6 % (54) a peces condriictios. Si bien se tiene ahora una idea aproximada de la riqueza específica de la región, aún es necesario hacer estudios más detallados para reconocer la diversidad en otros hábitats costeros y oceánicos en Yucatán.

Introducción

A nivel mundial, los peces constituyen poco más de la mitad (27,977 especies) del número total (54,711 especies) de vertebrados vivos (Nelson, 2006). El

número aproximado actual de las especies de peces reconocidas por la ciencia alcanza 32,000 (52% marinos, 48% dulceacuícolas) en 515 familias taxonómicas (Eschmeyer *et al.*, 2010). De éstas, al menos 9 familias -cada una con 400 especies- contienen el 33% aproximado de todas las especies de peces (alrededor de 9,000). Estas familias, en orden decreciente de número de especies son: Cyprinidae (dulceacuícola), Gobiidae (marinos), Cichlidae (dulceacuícola), Characidae (dulceacuícola), Loricariidae (dulceacuícola), Balitoridae (dulceacuícola), Serranidae (marinos), Labridae (marinos) y Scorpaenidae (marinos) (Nelson, 2006).

Los peces marinos se encuentran en una gran variedad de hábitats, desde áreas poco profundas hasta aguas de profundidades abisales (más de 5,000 m). Conocer su diversidad es importante porque permite identificar la estructura y función de un ecosistema y, a su vez, permite implementar estrategias de conservación y manejo. Muchas especies de peces marinos son explotadas comercialmente para consumo humano o para apreciación (acuario).

A nivel mundial, el número de especies válidas de peces marinos es alrededor de 16,664 (Eschmeyer *et al.*, 2010). La riqueza de especies más alta se presenta en los océanos Índico y Pacífico oeste, con cerca de 4,000 especies. En el océano Atlántico, los científicos han propuesto al menos tres provincias zoogeográficas: la Carolineana, la Antillana y la Caribeña (Briggs, 1974). En el Mar Caribe se han reportado alrededor de 800 especies

de peces marinos (Floeter *et al.*, 2008), mientras que en el Golfo de México alrededor de 1,443 especies (McEachran y Fechhelmr 2005).

En la costa de la Península de Yucatán, tanto en el Mar Caribe como en el Golfo de México, es posible encontrar varios hábitats con características geomorfológicas y ambientales, como son: arrecifes de coral, manglares, pastos marinos, arenales, esteros y lagunas costeras (Chávez y Beaver, 2006). En la costa de Yucatán, en particular, hay disponibles algunas investigaciones sobre aspectos ecológicos de peces marinos; sin embargo, esta información se encuentra dispersa y es necesario ponerla en contexto para identificar los componentes generales de su diversidad. El objetivo del presente trabajo fue recopilar y analizar información científica relevante tomada de publicaciones científicas y algunas bases de datos y establecer la riqueza de especies reconocidas para la costa norte de la Península de Yucatán.

Materiales y Métodos

Información documentada sobre los peces marinos en la costa norte de Yucatán, disponible de 1964 a 2006, fue

recopilada de fuentes primarias y secundarias como parte de un trabajo de tesis monográfica (López Gómez, 2007). Las fuentes de información primaria incluyeron información nueva y original publicada, como revistas científicas especializadas, libros, informes de investigación, museos y documentos oficiales. Las secundarias incluyeron monografías, tesis, libros de divulgación, ensayos, actas, trabajos de congresos y bases de datos de Internet. La riqueza de especies de peces marinos reportados en estas fuentes de información fue analizada con base en el número de géneros y especies por familia. Al menos 24 fuentes de información bibliográfica publicadas fueron revisadas: 5 libros, 10 tesis (licenciatura, maestría y doctorado), 20 artículos científicos y la Carta Nacional Pesquera (2006).

Resultados

En total 511 especies -en 26 órdenes, 100 familias, 255 géneros- se reportaron para las aguas frente a la costa norte de la Península de Yucatán (Fig. 1). De este total, 89.4 % (457 spp) corresponde a peces teleósteos y 10.6 % (54 spp) a peces condriictios (Fig. 1). Entre las

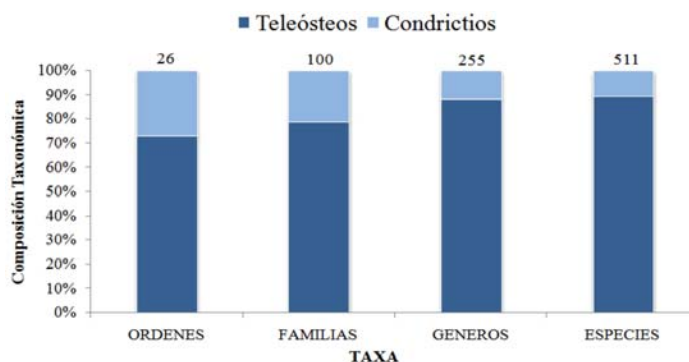


Figura 1. Composición taxonómica (%) de los peces marinos de Yucatán, los números sobre las barras representan el número total de taxa.

familias de peces teleósteos con mayor número de especies figuran los meros (Serranidae) con 37 especies, los góbidos (Gobiidae, 23), los roncos (Sciaenidae, 22), los jureles (Carangidae, 20), chac-chís (Haemulidae, 18), los lábridos (Labridae, 16) y los pargos (Lutjanidae, 14) (Fig. 1). Las familias mejor representadas de peces condricios fueron los tiburones (Carcharhinidae) y las rayas (Dasyatidae y Rajidae) con 16, 5 y 4 es-

tuario (Fig. 3).

Discusión

En la actualidad la riqueza de especies del Golfo de México alcanza los 1,443 especies (McEachran y Fechhelm, 2005) mientras que en el Mar Caribe Mexicano es de 577 (Schmitter-Soto *et al.*, 2000). De acuerdo con la revisión de fuentes de literatura primaria y se-

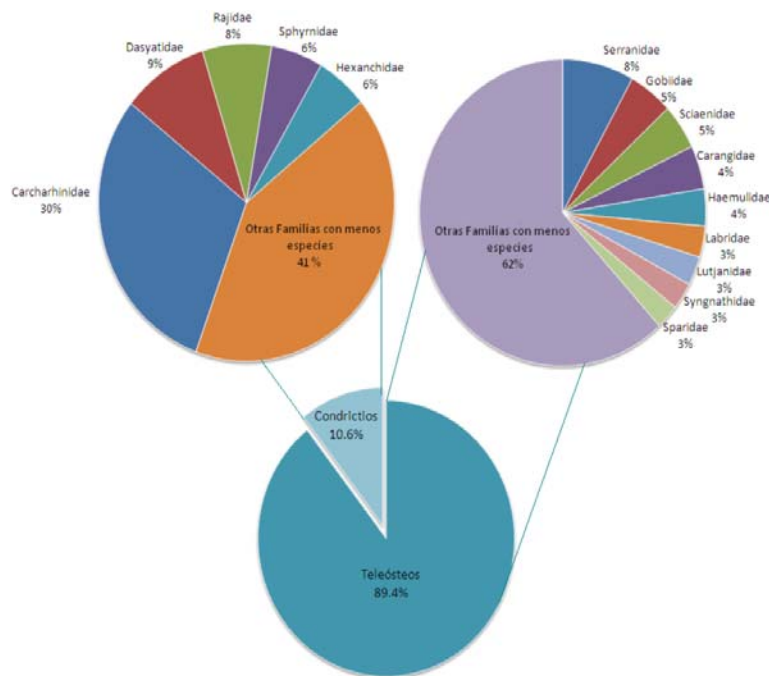


Figura 2. Familias de peces condricios y teleósteos mejor representadas en la costa de Yucatán.

peces, respectivamente (Fig. 2). De acuerdo con el hábitat, 52.6 % (269 especies) pertenece a ambientes cercanos a la costa, 39.5 % (202) habita arrecifes, 4.7 % (24) se encuentra en ambientes oceánicos (más allá de la plataforma continental) pero que incidentalmente habitan cerca de la costa, y 3.1 % (169) habita ambientes de es-

cundaria, la costa norte de la Península de Yucatán posee alrededor de 511 especies. No obstante, esta riqueza de especies debe ser tomada con cautela. Si bien se analizaron las fuentes primarias y secundarias de información científica, nuevos registros de especies han ocurrido en el transcurso de esta investigación (y siguen aún ocurriendo). Del

mismo modo, algunas bases de datos de registros de peces particulares no pudieron ser revisadas debido a problemas logísticos de acceso. Muchas especies de peces marinos crípticos -aquellos que viven parcialmente ocultos entre oquedades del arrecife- quizá no hayan sido consideradas en las fuentes primarias y secundarias revisadas en este trabajo. También, es posible que las especies consideradas por las fuentes de literatura antes mencionadas sean las más evidentes, varias de estas tengan importancia comercial y otras destaquen en algún aspecto ecológico relevante.

En la costa de Yucatán, los teleósteos – el grupo más común de peces cuyo cuerpo es óseo- predominó (89%) mientras que los tiburones y rayas -cuyo cuerpo es principalmente cartilaginoso (condrictios)- fueron mínimos (11%). Las familias predominantes de teleósteos en la costa de Yucatán fueron Serranidae (meros), que poseen importancia comercial (Brulé *et al.*, 2004), Gobiidae (góbidos) que carecen de importancia comercial pero poseen gran importancia ecológica y Scianidae (roncos y tambores) que sí tiene importancia comercial. Los meros son explotados com-

ercialmente y representan un recurso pesquero relevante cuya estimación actual se centra básicamente en una especie pero que actualmente se explotando 17 especies (Brulé *et al.*, 2004). Por lo que respecta a los tiburones y rayas, se desconoce cuál es su situación pesquera actual (Bonfil, 1997), pero su importancia comercial es evidente.

Si bien existen algunos estudios sobre peces marinos para la costa de Yucatán, es necesario realizar más estudios relacionados con la taxonomía y sistemática. En este sentido, no solamente es necesario estudios para los peces que habitan arrecifes, como Alacranes, sino también aquellos de las lagunas costeras. Para Arrecife Alacranes destaca el estudio de González-Gándara y Arias-González (2001) quienes identificaron 230 especies, mientras que para lagunas costeras de Yucatán destaca el estudio de Vega-Cendejas y Hernández (2004). Es necesario determinar cuáles son los impactos que la pesca ha tenido sobre los peces, además del mero rojo (*Epinephelus morio*). Por tanto, es necesario estudiar al negrillo (*Mycteroperca bonaci*), al mero payaso (*Epinephelus guttatus*) y al boquinete (*Lachnolaimus maximus*), entre otros.

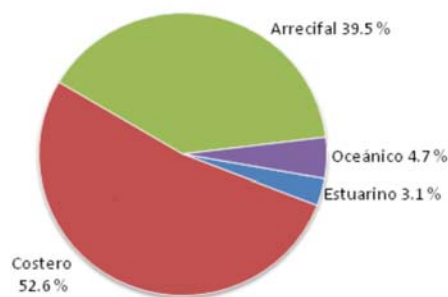


Figura 3. Clasificación ecológica de las especies de peces marinos de Yucatán de acuerdo a su hábitat.

Referencias

- Bonfil R. 1997. Status of shark resources in the southern Gulf of Mexico and Caribbean: implications for management. *Fisheries Research* 29:101-117.
- Briggs J.C. 1974. *Marine Zoogeography*. McGraw-Hill. USA, 475 pp.
- Brulé T., T. Colás Marrufo, E. Pérez Díaz y C. Déniel. 2004. Biología, explotación y gestión de los meros (Serranidae, Epinephelinae, Epinephelini) y pargos (Lutjanidae, Lutja-

- ninae, *Lutjanus*) del Golfo de México. En: M. Caso Chávez, I. Pisanty y E. Ezcurra (compiladores). Diagnóstico Ambiental del Golfo de México I. Instituto Nacional de Ecología.
- Carta Nacional Pesquera (2006). Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca.
- Chávez E.A. y C.R. Beaver. 2006. Reef Fishes. En: J.W. Tunnell, E.A. Chávez y K. Withers. Coral reefs of the southern Gulf of Mexico, Texas A & M University Press, 194 p.
- Eschmeyer W.N., R Fricke, J.D. Fong y D.A. Polack. 2010. Marine fish diversity: history of knowledge and discovery (Pisces). *Zootaxa* 2525:19-50.
- Floeter S.R, L.A. Rocha, D.R. Robertson, J.C. Joyeux, W.F. Smith-Vaniz, P. Wirtz, A.J. Edwards, J.P. Barreiros, C.E.L. Ferreira, J.L. Gasparini, A. Brito, J.M. Falcón, B.W. Bowen y G. Bernardi. 2008. Atlantic reef fish biogeography and evolution. *Journal of Biogeography* 35: 22-47.
- González-Gándara C. y J.E. Arias-González. 2001 Lista actualizada de los peces del arrecife Alacranes, Yucatán, México. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología* 72: 245-258.
- López Gómez M.J. 2007. Lista anotada de los peces marinos de Yucatán (Monografía individual). Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán.
- McEachran J.M. y J.D. Fechhelm. 2005. Fishes of the Gulf of Mexico, Vol 2. Scorpaeniformes to Tetraodontiformes. The University of Texas Press, 1014 pp.
- Nelson J.S. 2006. Fishes of the World. 4th Ed. Wiley, 624 pp.
- Schmitter-Soto J.J., L. Vásquez-Yeomans, A. Aguilar-Perera, C. Curiel-Mondragón, J.A. Caballero-Vázquez. 2000. Lista de peces marinos del Caribe mexicano. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM, serie Zoología*. 71: 143-177.
- Vega-Cendejas M.E. y S.M. Hernández. 2004. Fish community structure and dynamics in a coastal hypersaline lagoon: Rio Lagartos, Yucatán, Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 60: 285-299.

2010: Año Internacional de la Biodiversidad

Virginia Meléndez Ramírez
Cuerpo Académico de Bioecología Animal. Departamento de Zoología, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - UADY.

Introducción

La biodiversidad, o diversidad biológica, es evidente en la variedad de vida del planeta, incluye varios niveles de la organización biológica y los procesos evolutivos y ecológicos que ocurren en estos. La diversidad de especies de una comunidad es el nivel de la biodiversidad más comúnmente conocido y es utilizado como un indicador de la riqueza, o número de especies conocido, que habita en los diferentes países o regiones del mundo.

En las últimas décadas, el interés por la conservación de la naturaleza ha aumentado cada vez más debido a que varias especies y comunidades biológicas, cuya evolución requirió de millones de años, han sido devastadas rápidamente por distintas acciones humanas. Esta catástrofe, cuya magnitud puede ocasionar la extinción de especies, es mucho mayor que la ocasionada por procesos o fenómenos naturales. Desde hace 30 años la biología de la conservación se enfoca en el estudio de la biodiversidad, su interés principal es investigar los efectos de las actividades humanas sobre los demás seres vivos e instrumentar estrategias para prevenir la degradación de los hábitats y la extinción de especies y al mismo tiempo de recuperar las relaciones sustentables entre las comunidades humanas y los ecosistemas. Es así como el tema de la biodiversidad tiene un alto grado de importancia en el ámbito científico, económico, político y social. El concepto se usa de manera muy amplia, sin embargo, cuando la

definición sobre la conservación de la biodiversidad es muy rigurosa, el desarrollo de un país puede enfocarse bajo la perspectiva de la extinción o pérdida de hábitats o especies críticas.

La Organización de las Naciones Unidas declaró 2010 como año Internacional de la biodiversidad para promover una campaña mundial de sensibilización en las personas sobre la protección de la diversidad biológica. Uno de los objetivos prioritarios es alentar a las instituciones, fundaciones, organizaciones no gubernamentales, empresas y público en general para que impulsen medidas concretas que reduzcan la pérdida de biodiversidad global. Además, con esta iniciativa se pretende mejorar el conocimiento público de las amenazas a la biodiversidad y las estrategias para conservarla.

Con la finalidad de proporcionar un panorama general sobre la biodiversidad, en este trabajo se presentan algunas definiciones clásicas y nuevas, se analiza la complejidad de la biodiversidad explicando sus niveles y atributos, la ubicación geográfica con la mayor biodiversidad, cuál es la pérdida actual y sus amenazas, el valor que tiene desde el punto de vista de la humanidad, así como los principales convenios internacionales sobre su conservación.

¿Qué es biodiversidad? y ¿Qué es conservación?

El término biodiversidad surgió a mediados de los 1980's para capturar la

esencia de la investigación relacionada con la variedad y riqueza de la vida en la tierra. El concepto de biodiversidad fue acuñado en 1985, en el Foro Nacional sobre la Diversidad Biológica de Estados Unidos de América. En 1988, Edward O. Wilson, entomólogo de la Universidad de Harvard y prolífico escritor sobre el tema de conservación, tituló la publicación de los resultados del foro como "Biodiversidad". La palabra es ahora ampliamente utilizada, y su rápido establecimiento y aceptación entre la comunidad científica y la cultura popular es un indicador de su importancia.

Varios autores han definido, de una u otra forma, la diversidad biológica o biodiversidad. Algunos la han considerado como la propiedad de las distintas entidades vivas de ser variadas y una característica fundamental de todos los sistemas biológicos, otros como la diversidad genética existente en los individuos que las conforman y los ecosistemas que habitan. Recientemente, la biodiversidad o diversidad biológica se ha definido como la variedad de la vida del planeta. Este reciente concepto incluye varios niveles de la organización biológica, como la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un sitio, su variabilidad genética, los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y los paisajes en donde se encuentran, además de incluir los procesos evolutivos y ecológicos que ocurren.

Poco antes de acuñarse el término de biodiversidad, la concepción de conservación se fue modificando con el paso del tiempo a medida que incrementó el conocimiento científico. La definición de conservación más frecuentemente utilizada y aceptada, fue presentada en

1980 por la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza (UICN), esta se centra en el uso que la humanidad hace de la biosfera para que rinda el máximo beneficio sostenible, a la vez que mantiene el potencial necesario para las aspiraciones de futuras generaciones. La UICN, desde un enfoque antropocéntrico, define a la conservación como la gestión de la utilización de la biosfera por el ser humano, de modo que se produzca un beneficio mayor y sostenido para las generaciones actuales, aunque asegurando su potencialidad para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. La conservación comprende acciones destinadas a la preservación, el mantenimiento, la utilización sostenida, la restauración y el mejoramiento del ambiente natural. Aunque la idea de conservar es probablemente tan antigua como la especie humana, el uso de ese término en el contexto actual es relativamente reciente.

El nuevo concepto de conservación se origina a partir de una transdisciplina, la biología de la conservación, que se fue desarrollando como respuesta a la crisis que enfrenta la diversidad biológica, y en ésta queda claro que se requiere de la adopción de varias perspectivas e investigaciones que detengan el deterioro ambiental y la pérdida de la biodiversidad. Así, en el ámbito científico la conservación se ha definido como la retención del balance natural, diversidad y cambio evolutivo en el ambiente y el manejo planeado de los recursos naturales. Dentro de sus objetivos se encuentran la investigación de los efectos de las actividades humanas sobre los demás seres vivos, las comunidades biológicas y los ecosistemas, así como el desarrollo de aproximaciones prácticas para prevenir la degradación de los

hábitat y la extinción de especies, para restaurar ecosistemas, reintroducir poblaciones y para restablecer relaciones sustentables entre las comunidades humanas y los ecosistemas. Sin embargo, para algunos la conservación significa la protección de la naturaleza y para otros el sostenimiento productivo de materiales provenientes de los recursos de la tierra.

La conservación biológica necesariamente va a la par del desarrollo sostenible, el cual es entendido, desde el punto de vista de la humanidad, como el manejo y conservación de la base de los recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de tal manera que se asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. Este desarrollo viable se considera que conserva la tierra, el agua y los recursos genéticos de la biota, no degrada el medio ambiente y es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable.

¿Cuales son los niveles y atributos de la biodiversidad?

De manera general, la biodiversidad esta conformada por cuatro diferentes niveles o categorías principales: diversidad genética, diversidad de especies, diversidad de comunidades y ecosistemas y diversidad de paisajes (Fig. 1). La diversidad genética se refiere a la diversidad de genes dentro de una misma especie. La diversidad de especies o taxonómica, se basa en los diferentes taxa y poblaciones contenidas dentro de un mismo ecosistema. La diversidad de comunidades y ecosistemas representa a todos los diferentes hábitats, comunidades biológicas y procesos ecológicos,

reconociendo la variedad de papeles que diferentes organismos juegan en los ecosistemas. Finalmente, la diversidad de paisajes se refiere a los conjuntos de ecosistemas y usos del suelo que se encuentran en las distintas regiones del mundo.

El concepto de diversidad genética, que también aplica a las poblaciones, es importante dentro del contexto del cambio climático, y otros cambios del ambiente local o global, dado el rol crítico que juegan sobre la determinación de cómo las comunidades se adaptarán al estrés térmico. Por ejemplo, si los componentes de una comunidad ecológica tienen la tolerancia genética suficiente para adaptarse, entonces la estructura de la comunidad será relativamente robusta y probablemente sobrevivirá a pequeños cambios.

La diversidad de especies es probablemente el nivel más ampliamente reconocido de la biodiversidad. Se define como el número de taxa (a nivel de especie) ponderándolos por la abundancia de sus individuos. Aunque una desventaja de la clasificación a este nivel ocurre cuando los cálculos tienden a ser limitados por la poca especialización taxonómica disponible, sobre todo en los niveles tróficos más bajos, tendiendo a agrupar algún taxa en un nivel inferior o superior ambiguamente.

El nivel de la biodiversidad que se considera más importante es el de comunidades y ecosistemas. Es el nivel de diversidad que presenta las funciones y procesos de los organismos y su entorno. En este nivel, no es importante contar con miles de especies de herbívoros en una misma área si no hubiera algún productor primario que los alimente y ningún detritívoro que recicle después.

De la misma forma, la diversidad de paisajes ha tomado importancia recientemente debido a que ciertos procesos ecológicos solo son comprensibles a este nivel. Además, muchos de los procesos o funciones que mantienen la biodiversidad operan a más de una escala espacial o se encuentran interconectando las escalas (Fig. 1). De esta manera, los límites entre los niveles de organización no siempre son claros y existe la posibilidad de identificar medidas que permitan el inventario y el monitoreo en más de una escala o nivel de organización.

En cada uno de los niveles de la diversidad se pueden analizar tres componentes: (1) composición, que contiene el número de genes, especies, comunidades ecológicas o tipos de paisajes den-

tro de una determinada área; en este sentido tiene que ver con la identidad y variedad de elementos en un nivel de organización determinado e incluye el número de especies y medidas de diversidad de especies y genes, (2) estructura, que indica la distribución espacial de genes, especies o comunidades ecológicas. Puede también describirse como la organización física o la relación espacial entre los elementos de un sistema, desde la complejidad de hábitats hasta la estructura de fragmentos o parches y otros elementos del paisaje y (3) función, que describe los procesos ecológicos que llevan a cabo los genes, las especies y las comunidades ecológicas. Involucra todos los procesos ecológicos y evolutivos, incluyendo el flujo génico, así como las perturbaciones y el reciclaje de nutrientes (Fig. 1).

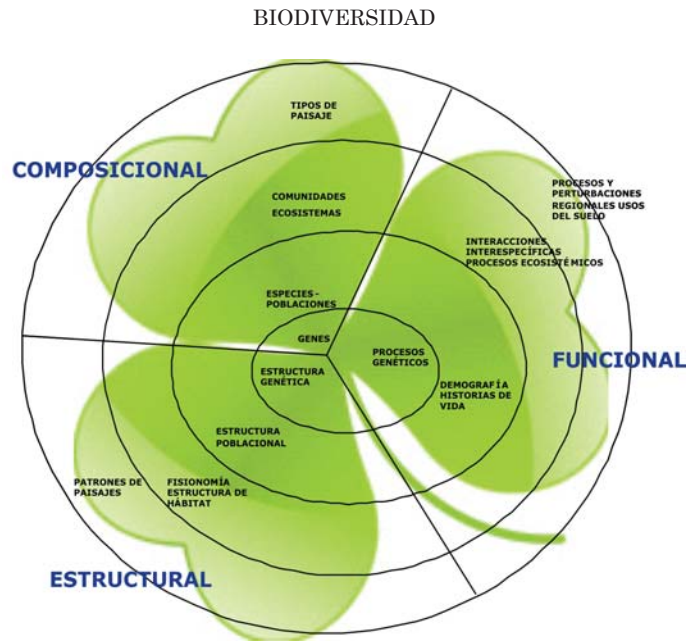


Figura 1. Atributos de la biodiversidad (composición, estructura y función) en los cuatro niveles de organización biológica (genes, especies, ecosistemas y paisajes).

Es importante resaltar que el funcionamiento a un nivel tiene efectos en la estructura del nivel inmediato superior (p.ej. los procesos poblacionales, son el mecanismo que afecta la diversidad de comunidades). Estos tres componentes son esenciales para la conservación de la biodiversidad, ya que permiten diferenciar entre comunidades que pueden ser muy similares en composición, aunque pueden ser marcadamente distintas en estructura o en la distribución espacial de especies.

En un sentido estricto, la diversidad (cuando es un concepto derivado de la teoría de sistemas) es simplemente una medida de la heterogeneidad de un sistema. En el caso de los sistemas biológicos, la diversidad se refiere a la heterogeneidad biológica, es decir, a la cantidad y proporción de los diferentes elementos biológicos que contenga el sistema. La medida o estimación de la biodiversidad depende, entre otras cosas, de la escala a la cual se defina el problema. Los sistemas biológicos son indispensables para la sobrevivencia de la humanidad y muchas de sus funciones suelen ser llamadas “servicios ambientales”.

¿Cuáles son las principales causas de la pérdida de biodiversidad?

La extinción de especies es un proceso constante e inevitable que ha ocurrido a través de todas las eras geológicas. Aunque negativo por sus evidentes implicaciones sobre los organismos que se enfrentan a este proceso, es el punto de partida para que las especies sobrevivientes formen un nuevo periodo de diversidad y evolución biológica sobre la tierra. Sin embargo, actualmente la biodiversidad está seriamente amenazada, reflejándose en la pérdida acelerada de muchas especies cada año,

incluso muchas de las cuales aún no han sido identificadas y por lo tanto es esencial comprender su funcionamiento y apreciar su valor, para poder conservarlas. Así, la extinción es un evento natural que afecta, con mayor o menor proporción y a diferentes tasas de velocidad, a todos los grupos de organismos, fenómeno que en la actualidad es un problema que radica en la intervención de la humanidad sobre el ambiente y la diversidad biológica, lo cual está provocando la mayor extinción en masa de todos los tiempos. Esto está ocurriendo en un lapso muy corto y a una velocidad muy acelerada, generando la pérdida permanente de especies que, como en el caso de México y otros países tropicales, no poseen inventarios ni estudios completos sobre su biodiversidad.

Nunca antes en la historia evolutiva tantas especies estuvieron amenazadas de extinción en un período tan corto como están actualmente. Desde el siglo XVII, los humanos han acelerado la tasa de extinción de especies, mundialmente la mayoría de los hábitats han cambiando tan rápidamente que las especies no pueden adaptarse a estos cambios. La tasa global de extinción es de cerca de 20,000 especies por año y la pérdida de especies tiene un impacto directo a nivel local, particularmente en los cerca de 1000 millones de personas que viven en condiciones de pobreza en áreas que son estrechamente dependientes del uso directo de la biodiversidad para su alimentación y sustento.

La biodiversidad natural de las regiones tropicales se ha reducido a proporciones sin precedente donde los ecosistemas naturales se han restringido a pequeños fragmentos o estrechos corredores. Esto a su vez ha ocasionado la estructuración desde relictos de paisajes

naturales hasta rurales y urbanos. La amenaza de la biodiversidad aumenta a medida que incrementa la población humana y sus tasas de consumo. Este factor de crecimiento humano puede determinar tasas crecientes de extracción de recursos naturales y destrucción de hábitats.

Entre las principales causas directas que impactan y amenazan a la biodiversidad se encuentran: a) la destrucción, deterioro y fragmentación de hábitats naturales ocasionada por la agricultura, ganadería, construcción de presas, desarrollo urbano, carreteras, gaseoductos, oleoductos, entre otros, b) la sobreexplotación directa legal e ilegal (como el tráfico) e indirecta (como la pesca incidental) de especies, c) la introducción de especies exóticas (voluntaria y accidentalmente) que compiten, depredan, transmiten enfermedades y modifican los hábitats afectando a las especies nativas, y d) la contaminación generada por el uso de combustibles fósiles y de agroquímicos. Además, actualmente el cambio climático generado por las actividades humanas es una de las principales amenazas para la biodiversidad.

¿Dónde se encuentra la mayor biodiversidad?

La biodiversidad no se distribuye de manera homogénea en el planeta. En general, las regiones tropicales presentan la biodiversidad más alta. Si se considerara a la riqueza de especies como un indicador para comparar la biodiversidad entre países, se encontrará que un grupo reducido de éstos contiene cerca del 70% de las especies conocidas en el planeta. A estos países se les conoce como países megadiversos, donde figuran México, Australia, Brasil, China, Colombia, Ecuador, Filipinas, India,

Malasia, Madagascar, Papua-Nueva Guinea y Sudáfrica. A nivel regional se puede decir que Latinoamérica y el Caribe conforman la región más diversa del planeta.

De acuerdo con la categorización de países megadiversos, México ocupa uno de los primeros cinco lugares con mayor biodiversidad en el mundo por su alto grado de riqueza de especies (reptiles, mamíferos, aves, plantas, etc.) y en particular por su alto número de especies endémicas (especies que solo se encuentran en México). Generalmente, esta alta diversidad se asocia con los ecosistemas neotropicales del país. A nivel nacional, entre los Estados de la República con mayor riqueza de especies se encuentran Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Guerrero. México posee una gran biodiversidad debido a que presenta la confluencia de dos regiones biogeográficas: la Neártica y la Neotropical. Del mismo modo, por su topografía, su variedad de climas, así como una compleja historia geológica, biológica y cultural. Estos factores han contribuido a formar un mosaico de condiciones microambientales que promueven una gran variedad de hábitats y de formas de vida.

¿Cuál es el valor de la biodiversidad?

La biodiversidad es valorada bajo diferentes enfoques, entre los cuales se encuentran el estético, espiritual, científico, ecológico, económico y ético. Cada uno representa los distintos valores desde el punto de vista de la humanidad, como se explica a continuación.

Estético. Las especies que habitan el planeta enriquecen la vida humana con sus formas, texturas, colores, olores y conductas. Los bosques, selvas, arreci-

fes, estuarios y ríos, en buen estado de conservación, proveen satisfacción a la necesidad humana para la contemplación de la belleza.

Espiritual. Para numerosas civilizaciones y personas, las plantas, los animales y los fenómenos naturales tienen significado religioso. En diversas culturas el sol es el generador de vida en el planeta y transmite su energía a los organismos vivos. En las culturas mexicanas constantemente se encuentra que los fenómenos naturales y los seres vivos forman parte integral de la cosmovisión.

Científico. Es considerado que la naturaleza es una biblioteca que se ha estado descifrando a través de los siglos. El conocimiento científico ha proporcionado innumerables beneficios que van desde productos alimenticios y medicinales, materiales de vestir y de construcción hasta una visión holística del lugar del hombre en la naturaleza.

Ecológico. La conservación de la diversidad mantiene las funciones ecológicas de los ecosistemas. El llamado “desequilibrio ecológico” es la afectación de las relaciones funcionales entre las especies de un ecosistema.

Económico. Cuando el capital natural se deteriora se pierde valor y opciones. El capital natural es el suministro de los ecosistemas naturales que proporciona un flujo de valiosos bienes y servicios del ecosistema hacia el futuro. Por mucho tiempo la humanidad ha disfrutado de manera gratuita de los productos de la naturaleza, ahora conocidos como “servicios ambientales”, como el oxígeno, el agua limpia, el suelo fértil, la polinización de flores que resulta en la producción de frutos y semillas, en-

tre otros. Sin embargo, no se ha dado el valor necesario, hasta ahora que empiezan a ser escasos. En el ámbito de los economistas, se indica que se han externalizado los costos.

Ético. Ésta es una razón tan importante o más que las anteriores. Todas las especies tienen derecho a permanecer en el planeta. La gran mayoría estaba aquí antes que el ser humano, de hecho, la humanidad es la única especie que tiene la capacidad de darse cuenta del estado del planeta, de los ecosistemas y de las especies y por lo tanto tiene la responsabilidad de asegurar su existencia.

¿Cuáles son los convenios para la conservación de la biodiversidad?

El convenio más conocido sobre la diversidad biológica es un tratado internacional firmado en la conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en 1992. En la reunión, conocida como “La Cumbre de la Tierra”, participaron 178 países durante 12 días en Río de Janeiro, Brasil. El nombre oficial de la reunión fue “Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo” (UNCED, por sus siglas en Inglés). Esta reunión se centró en la protección del ambiente y el desarrollo económico orientado al desarrollo sustentable en los países menos ricos. Los objetivos principales de esta cumbre fueron: 1) la conservación de la diversidad biológica, 2) la utilización sostenible de sus componentes, 3) la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, 4) el acceso a los recursos genéticos, 5) la transferencia de tecnologías pertinentes y 6) el financiamiento.

Los logros principales de la “Cumbre de la Tierra” fueron la disposición de trabajar en conjunto con objetivos a largo plazo, nuevos proyectos y se firmaron cinco documentos: a) la declaración de Río con los principios generales para guiar las acciones de las naciones ricas y pobres en temas ambientales y de desarrollo, b) la convención sobre el cambio climático en donde se enfatiza que los países industrializados disminuyan emisiones de CO₂ y otros gases; sin embargo, EUA, China y países productores de petróleo del medio oriente al principio se resistían, c) la comisión sobre biodiversidad, que incluye tres objetivos (protección de la diversidad biológica, su uso en forma sustentable y la repartición de los beneficios de los productos logrados gracias a especies silvestres y domesticadas), aunque otra vez EUA retrasa la rectificación por su enorme industria biotecnológica, d) la declaración de principios forestales, en donde se indica el apoyo al manejo sustentable de bosques aunque no impone condiciones que lo aseguren, lo cual tendrá que ser en cada país y d) la Agenda 21, con 800 páginas que conectan el ambiente con bienestar infantil, pobreza, género, transferencia tecnológica, desigualdad y planes de acción para tratar problemas (atmósfera, deforestación, etc.). En esta agenda, se describen los mecanismos financieros, institucionales, tecnológicos y legales para implementar los planes de acción.

La “Cumbre de la Tierra” fue un ejercicio trascendental de concienciación a los más altos niveles de la política. A partir de esta reunión ningún político relevante podrá aducir ignorancia de los vínculos existentes entre el ambiente y el desarrollo. Además, apuntó que eran necesarios cambios fundamentales para alcanzar un desarrollo sostenible donde los pobres deben recibir una

participación justa de los recursos para sustentar el crecimiento económico, los sistemas políticos deben favorecer la participación ciudadana en la toma de decisiones, en especial las relativas a actividades que afectan sus vidas, los ricos deben adoptar estilos de vida que no se salgan del marco de los recursos ecológicos del planeta y el tamaño y crecimiento de la población deben estar en armonía con la capacidad cambiante productiva de los ecosistemas.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), diez años más tarde, convocó a la Cumbre sobre Desarrollo Sostenible (también conocida como Río+10 por celebrarse una década después de la Cumbre de la Tierra). Los acuerdos finales en esta Cumbre, que reunió en Johannesburgo a representantes de 191 países, incluyeron una declaración política que formula una serie de principios para alcanzar el desarrollo sostenible y un plan de acción en el que destacan los siguientes compromisos: a) en 2015, reducir a la mitad la población que vive sin agua potable y sin red de saneamiento de aguas residuales, b) recuperar, en el 2015, las reservas pesqueras “donde sea posible” y crear, antes de 2012, una red de áreas marinas protegidas, este plan contempla la reducción de las capturas para devolver a niveles saludables las zonas pesqueras, c) reducir, significativamente, la pérdida de biodiversidad antes de 2010, d) minimizar, antes de 2020, el impacto producido por la emisión de productos químicos al medio ambiente. Sin embargo, la Cumbre de Johannesburgo decepcionó a las Organizaciones no gubernamentales (ONGs) que esperaban acuerdos concretos en otros aspectos, como el aumento de las fuentes de energía renovables o la lucha contra la pobreza.

Como es indudable, aunque en el 2002 los líderes del mundo acordaron lograr para el año 2010 una reducción significativa del ritmo de pérdida de la diversidad biológica, después de examinar todas las pruebas disponibles, incluidos informes nacionales presentados por las partes, se llegó a la conclusión de no haberse alcanzado esa meta. Es más, las principales presiones causantes de la pérdida de biodiversidad no solo son constantes sino que además, en algunos casos, se están intensificando. A pesar de lo anterior, hay una mayor comprensión sobre los efectos negativos que tiene la pérdida de la biodiversidad para la población humana. La visión ha permitido cuestionar la dicotomía entre conservación y desarrollo, puesto que el bienestar humano va de la mano con la conservación de la composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas. Finalmente, se puede concluir que el paradigma o desafío actual de la conservación biológica es aumentar el conocimiento de las redes complejas de causas y efectos negativos para la biodiversidad, fomentar la conciencia ciudadana y prevenir el deterioro ambiental y los daños sociales y económicos colaterales.

Referencias

- Primack, R., Rozzi, R., Feisinger, P., Dirzo, R. y F. Massardo. 2001. Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México.
- Groom J.M., Meffe, K.M. y R.C. Corroll. 2006. Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates.
- Cox, W.G. 2000. Conservation Biology. Concepts and Applications. McGraw-Hill Science.
- <http://cruzadabosquesagua.semarnat.gob.mx/iii.html>, 9/septiembre/2010

- http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html, 13/octubre/2010
- <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/GBO3-final-es.pdf>, 25/septiembre/2010

Diversidad genética en abejas (Hymenoptera: Apoidea) y sus implicaciones para la sostenibilidad

Javier Quezada Euán y William May Itzá. Cuerpo Académico de Apicultura Tropical. Departamento de Apicultura, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - UADY

En la actualidad, existen innumerables evidencias empíricas del efecto de la pérdida de diversidad biológica. En los animales son bien conocidos los ejemplos sobre todo en vertebrados, sin embargo, el efecto del deterioro ambiental sobre los insectos está aún poco documentado. Tradicionalmente se ha pensado que los insectos son organismos con mayor capacidad de enfrentar cambios drásticos en el ambiente por su menor tamaño corporal y elevadas tasas de reproducción, pero esto puede ser engañoso ya que varios taxa muestran características en su biología que pueden hacerlas más vulnerables a tales cambios (Samways *et al.*, 2009).

Es una prioridad que el desarrollo sea sostenible, esto es que los sistemas biológicos mantengan en equilibrio su biodiversidad y su productividad con el transcurso del tiempo. En este sentido, uno de los taxa más importantes por los servicios ecológicos que brinda es Apoidea (abejas). A nivel mundial se conocen 17, 533 especies de abejas, sin embargo se estima que este número puede incrementarse a unas 20,000 especies (Michener, 2007). Para México se han identificado 1,800 especies, agrupadas en 144 géneros y 8 familias (Ayala *et al.*, 1996). Este grupo de organismos utiliza los recursos vegetales para su alimentación y también para construcción de sus nidos. En el proceso de obtención de polen y néctar de las flores, las abejas brindan algunos de los servicios más evidentes (y menos valorados) para la humanidad, la producción de alimentos y la conservación de los ecosistemas a través de favorecer la

polinización de las plantas y con esto a la diversidad animal. En el transcurso de la evolución desde la aparición de las abejas como grupo taxonómico hace ca. 80 millones de años, han surgido adaptaciones en algunos géneros que las llevan a utilizar un limitado espectro de plantas como alimento o como refugio. Estos grupos pueden ser los más vulnerables al deterioro ambiental (Samways *et al.*, 2009).

Mantener la diversidad genética es un pre-requisito para la preservación de especies, el intercambio genético entre poblaciones homogeneiza la frecuencia de alelos (una de las diferentes formas de un gen) en una población y permite reducir los efectos de la selección y la deriva génica. Sin embargo, el efecto humano sobre los ecosistemas ha resultado en su fragmentación, es decir en la aparición de parches con cierto grado de conservación que se encuentran inmersos en un paisaje antropogénico de agricultura y ganadería extensivas, ciudades, carreteras, etc. (Fahrig 2003).

La principal consecuencia en la fragmentación del hábitat debido a actividades humanas, es el cambio en su composición al ocasionar la presencia de parches de distintos tamaños. El primer efecto de este proceso es la reducción en la dinámica de dispersión de los organismos y con esto el flujo de genes entre fragmentos. Además, dependiendo de las características de cada parche (tamaño, grado de aislamiento, abundancia de individuos y su capacidad de conexión con otros fragmentos), la diversidad genética puede

resultar severamente limitada (Fahrig 2003). Las poblaciones con un número pequeño de individuos y que tienen poca posibilidad de intercambio con otras, con el tiempo, experimentarán invariablemente una reducción de la diversidad genética, el incremento de los niveles de consanguinidad y la manifestación de genes deletéreos (Frankham 2002), que son aquellos genes que no producen la mortalidad del individuo pero que afectan su desarrollo, vigor y fertilidad, provocando un acortamiento de su ciclo biológico. Además, la capacidad de respuesta de estas pequeñas comunidades no puede desarrollarse a la misma velocidad con que ocurren los cambios en su entorno. En efecto, bajo estas circunstancias, las posibilidades de persistencia de dichas poblaciones se reducen ya que se encuentran en menor capacidad de enfrentar los cambios ambientales en comparación con aquellas poblaciones con mayor riqueza genética lo que puede llevarlas a la extinción (Frankham 2002).

En el orden Hymenoptera (grupo al que pertenecen las abejas), los efectos de la pérdida de diversidad genética pueden agravarse aún más por su peculiar sistema de reproducción. En este grupo de insectos, las hembras son diploides (2n cromosomas), mientras que los machos son haploides (n cromosomas), son infértiles y por lo tanto no contribuyen con sus genes en la siguiente generación. En este contexto, es importante considerar que el tamaño efectivo de una determinada población, no es el tamaño observado, sino sólo aquel en que los individuos dejan realmente copias de sus genes.

La determinación del sexo en Hymenoptera no depende de un cromosoma sexual como en los vertebrados sino

de la variación en un gen denominado *csd* (complementary sex determination locus) del cual existen múltiples alelos (Roubik *et al.*, 1996). Los individuos con una sola copia del gen *csd* o dos copias iguales (i.e. homocigotos para este locus) resultan machos. Aquellos individuos con dos copias diferentes (heterocigotos) son hembras. Esta particularidad tiene como consecuencia que en organismos haplo-diploides (asumiendo una proporción igual de ambos sexos) existen solamente $\frac{3}{4}$ de la cantidad de copias de genes que existen en organismos diplo-diploides, es decir de forma natural existe una reducida variabilidad genética en este grupo. En consecuencia, normalmente, el tamaño efectivo de población y la heterocigosis son también menores en himenópteros (Zayed *et al.*, 2004; Zayed y Packer, 2005). Se ha sugerido que las poblaciones de insectos son menos susceptibles a sufrir efectos negativos por la fragmentación, sin embargo las características biológicas del grupo los hacen más susceptible. Una de las primeras evidencias empíricas sobre la frecuencia de machos diploides deriva del estudio de abejas *Euglossini* (abejas de las orquídeas) en Panamá. Zayed *et al.*, (2004) encontraron una elevada frecuencia (del 12% al 100%) de machos diploides en diferentes especies de estas abejas. Sin embargo, estudios recientes con *Euglossini* de otras regiones, incluyendo Panamá han mostrado que la frecuencia de machos diploides no excede el 5% (López-Uribe 2007). Tales discrepancias pueden atribuirse a múltiples causas, las diferentes técnicas moleculares usadas (aloenzimas vs microsatélites), el período en que se realizaron los estudios, las diferentes poblaciones, o incluso la biología particular de los euglosinos. En estudios de marcaje-captura se ha evidenciado que los machos de *Euglossini*

pueden desplazarse grandes distancias (superiores a 50 km) con lo que su rango de dispersión sería independiente de la fragmentación del hábitat y en consecuencia el flujo de genes entre poblaciones al menos por vía de los machos no sería limitado. Sin embargo, en otras abejas con rangos de vuelo más conservadores, la evidencia de machos diploides comienza a ser reunida. En *Halictus poeyi* de Estados Unidos, Zayed y Packer (2001) encontraron frecuencias de machos diploides de hasta 50%. En una especie rara de Gran Bretaña, el abejorro *Bombus muscorum*, se ha encontrado un 5% de machos diploides (Darvill *et al.*, 2006). Estos hallazgos sugieren que la evidencia de machos diploides puede ser encontrada con mayor posibilidad en especies raras. Sin embargo, ya de por sí encontrar estas poblaciones es difícil, aun más es limitada la realización de estudios con machos diploides por la mayor dificultad de localizarlos.

Resulta evidente que al disminuir el tamaño de las poblaciones naturales de abejas su variación genética resulta drásticamente disminuida en comparación con otros insectos. Sin embargo, un efecto adicional es lo que ocurre con la producción de sexos. Cuando una población de abejas se reduce, la diversidad de alelos (las variantes) para el gen *csd* se reduce también, y esto trae como consecuencia el incremento de individuos homocigotos (con dos copias iguales) para este alelo, los cuales serán machos. Sin embargo, el efecto negativo proviene porque estos machos son infértiles, con menor capacidad reproductiva o en el caso de especies sociales, implica una reducción del tamaño de las colonias (Ross *et al.*, 1993).

La hipótesis del “vórtice de extinción”, que establece que mientras más pe-

queña es una población, resulta más vulnerable a las variaciones demográficas, a las variaciones ambientales y a la deriva génica, supone que en caso de bajo tamaño poblacional efectivo, la diversidad genética en el locus *csd* disminuye, lo cual lleva a una producción elevada de machos diploides que reduce a su vez el tamaño poblacional efectivo en generaciones subsecuentes y la diversidad al locus *csd*, en una espiral de extinción (Zayed y Packer, 2005). La frecuencia de machos diploides puede ser entonces un índice más preciso de la viabilidad de una población de abejas, que el conteo directo. Aunque los argumentos teóricos del llamado “vórtice de extinción” en Hymenoptera son convincentes, la evidencia es escasa (a través de la estimación de la frecuencia de machos diploides en poblaciones) y que a su vez demuestre el efecto negativo del deterioro ambiental sobre estas poblaciones (Zayed *et al.*, 2004).

En resumen, aunque la evidencia de machos diploides puede ser elusiva, es importante considerar los efectos negativos del deterioro ambiental en cuanto a que puede llevar a la desaparición de especies de abejas y las plantas que dependen de estas. En Yucatán varias especies de abejas que eran parte de la fauna común comienzan a ser cada vez más raras, entre estas se encuentran *Melipona beecheii* (Xunan Cab) y *M. yucatanica* (Ts'ets). Estas especies requieren de selvas con cierto estado de conservación para anidar y alimentarse, por lo que no sería difícil identificar las causas de tal desaparición. El crecimiento desordenado de la mancha urbana de la ciudad de Mérida y otras ciudades en la Península de Yucatán, aún a expensas de reservas naturales es para todos conocido, la desaparición de selvas para cultivos y ganadería por

igual. Se desconoce el efecto que todo este crecimiento ha tenido sobre las abejas y sobre todo en los cultivos que polinizan. Actualmente, existe una crisis en la producción de alimentos a nivel mundial que no parecerá resolverse a corto plazo.

Las poblaciones de las abejas melíferas, *Apis mellifera* (los polinizadores comerciales más usados), se enfrentan a enfermedades que han reducido sus poblaciones y su crecimiento no alcanzará a cubrir la demanda de polinización en las próximas décadas. Una recomendación para México, será conservar las abejas nativas, cuya actividad como polinizadores tiene que empezar a vislumbrarse como una estrategia clave para la seguridad alimentaria nacional tanto para el humano como su ganado. Cultivos básicos en la economía del país y Yucatán, requieren de polinización para producir frutos o para mejorar la cantidad y calidad de estos (tomate, chile, ajonjolí, calabaza, sandía, melón, aguacate, etc.). Los productores se quejan de la baja producción de sus cultivos. Establecer las causas de una baja producción puede ser complicado pero, ¿podría la falta de polinizadores ser una de estas? Es un factor que se debe comenzar a considerar muy seriamente para la sostenibilidad futura de la producción de alimentos.

Referencias

- Ayala B., R., T. L. Griswold, and D. Yanega. 1996. Apoidea, pp. 423-464 in J. Llorente B., A. N. García A., and E. González S., eds., Biodiversidad Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos Mexicano. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cane J. H. (2001) Habitat fragmentation and native bees: a premature verdict? *Conservation Ecology* 5, art. no.-3.
- Darvill B., Ellis J. S., Lye G. C. y Goulson D. (2006) Population structure and inbreeding in a rare and declining bumblebee, *Bombus muscorum* (Hymenoptera : Apidae). *Molecular Ecology* 15: 601-611.
- Fahrig L. (2003) Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 34: 487-515.
- Frankham, R. (2002) *Introduction to Conservation Genetics*, Cambridge University Press.
- Lopez-Urbe M. M., Almanza M. T. y Ordoñez M. (2007) Diploid male frequencies in Colombian populations of euglossine bees. *Biotropica* 39: 660-662.
- Michener, C.D. 2007. *The bees of the world*. 2nd edn. Baltimore: Johns Hopkins.
- Ross K. G., Vargo E L, Keller L. y Trager J. C. (1993) Effect of a founder event on variation in the genetic sex-determining system of the fire ant *Salenopsis invicta*. *Genetics* 135: 843-854.
- Roubik, D. W., Weigt, L. A. y Bonilla, M. A. (1996) Population genetics, diploid males, and limits to social evolution of euglossine bees. *Evolution* 50: 931-935.
- Samways M. J., McGeoch M. A. y New T. R. (2009) *Insect Conservation. A handbook of Approaches and Methods*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Tonhasca JR, A., Blackmer J. L. y Albuquerque G. S. (2002) Within-habitat heterogeneity of euglossine bee populations: a re-evaluation of the evidence. *Journal of Tropical Ecology*. 18: 929-933.
- Zayed A. y Packer L. (2001) High levels of diploid male production in a pri-

- mitively eusocial bee (Hymenoptera: Halictidae) *Heredity* 87: 631-636.
- Zayed A. y Packer L. (2005) Complementary sex determination substantially increases extinction proneness of haplodiploid populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102: 10742-10746.
- Zayed A., Roubik D. W. y Packer L. (2004) Use of dioploid male frequency data as an indicator of pollinator decline. *Proceedings of the Royal Society of London B* 271: 9-12.
- Zimmermann Y., Roubik D. W., Quezada-Euán J. J. G., Paxton R. J. y Eltz T. (2009) Single mating in orchid bees (*Euglossa*, Apinae): implications for mate choice and social evolution. *Insectes Sociaux* 56: 241-249.

Diversidad de gramíneas en la Península de Yucatán

Juan Javier Ortiz Díaz, Juan Tun Garrido y Manuel Toledo Hernández. Cuerpo Académico de Diversidad de Recursos Florísticos de Mesoamérica. Departamento de Botánica, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias – UADY.

Introducción

Las gramíneas, también conocidas como poáceas, pastos o zacates, son una familia de plantas herbáceas o muy raramente leñosas (bambúes). La familia Poaceae o Gramineae es cosmopolita, ya que está prácticamente presente en cualquier tipo de ecosistema y, por tanto, es uno de los grupos vegetales más ampliamente adaptados a diferentes ambientes (Dávila *et al.*, 2006). Se distribuyen en comunidades diversas que abarcan desde la tundra ártica y bosques templados hasta las zonas áridas y cálido-húmedas e incluso hábitats acuáticos.

Se estima que la familia Poaceae está representada en el mundo por 651 géneros y cerca de 10000 especies (Clayton y Renvoize, 1986) posicionándose en el cuarto lugar entre las familias de plantas vasculares más diversas, después de las Asteráceas, Orquidáceas y Leguminosas. En México se han registrado 204 géneros y 1182 especies (Dávila *et al.*, 2006) de las cuales 1119 son nativas y 159 son cultivadas o introducidas.

Entre las especies cultivadas en México, algunas de las cuales son ampliamente cultivadas, se tienen al maíz, trigo, arroz, sorgo, etc. También, varios representantes de esta familia, ya sean nativos o introducidos son considerados malezas o malas hierbas a nivel local, regional o nacional. Villaseñor y Espinosa (1998) señalaron la existencia de aproximadamente 300 especies de gramíneas que se comportan como malezas, entre las cuales destacan zacates

buffel (*Cenchrus ciliaris*), Bermuda o pata de gallo (*Cynodon dactylon*), rosado (*Melinis repens*), elefante (*Pennisetum purpureum*), etc.

La gran importancia económica de la familia Poaceae en México está documentada en el trabajo de Mejía-Saulés y Dávila (1992) quienes registraron 564 especies de gramíneas con sus usos respectivos por entidad federativa. El valor intrínseco de las gramíneas para la humanidad y su éxito evolutivo en ambientes naturales y transformados resultan por demás interesantes para abordarlos desde diferentes ángulos. La documentación en este artículo de la riqueza de las gramíneas de la Península de Yucatán y sus usos, sintetiza la labor de revisión y actualización del conocimiento de este grupo biológico en la región, producto de 30 años de trabajo.

Riqueza Agrostológica

Los primeros trabajos agrostológicos (estudio de gramíneas) en la Península de Yucatán fueron realizados por Swallen (1934) y Souza (1949) en los que se mencionan 47 y 53 géneros y 123 y 148 especies respectivamente. Los estudios florístico-taxonómicos realizados de la familia Poaceae para la Península de Yucatán (Ortiz Díaz y Flores Guido, 2008; Ortiz Díaz, 2010) indican que el grupo está representado por 7 subfamilias, 11 tribus, 26 subtribus, 75 géneros y 217 especies (Tabla 1).

De acuerdo a su riqueza taxonómica, las subfamilias Panicoideae y Chloridoideae son las mejor representadas (Ortiz

y Flores Guido, 2008). La primera cuenta con 46 géneros y 150 especies y la segunda con 17 géneros y 45 especies, representando el 61.33 % y 22.66 % de los géneros y el 69.12% y 23.04% de las especies de Poáceas en la Península de Yucatán. La subfamilia Pharoideae es

para la región peninsular. En segundo lugar lo ocupa el Estado de Yucatán con 62(82.66%) géneros y 168(77.41%) especies y Quintana Roo en tercer lugar, con 57(76%) géneros y 141(64.97%) especies. Cuando se compara la riqueza de la región con lo registrado en México

Tabla 1. Riqueza taxonómica de la familia Poaceae por subfamilia, en la Península de Yucatán

Subfamilia	No. de tribus	No. de subtribus	No. de géneros	No. de especies	No. de taxa infraespecíficos (subespecies y variedades)
Pharoideae	1	0	1	2	0
Bambusoideae	2	4	5	7	0
Ehrhartoideae	1	2	3	6	1
Arundinoideae	1	0	2	2	0
Aristidoideae	1	0	1	5	0
Chloridoideae	1	5	17	45	7
Panicoideae	4	15	46	150	20
Total	11	26	75	217	28

Tabla 2. Riqueza taxonómica de la familia Poaceae por entidad federativa de la Península de Yucatán y a nivel nacional.

Entidad	Total de géneros	Total de taxa (especies, subespecies y variedades)	Total de taxa nativos	Total de taxa cultivados o introducidos	Total de taxa endémicos
Yucatán	62	168	137	31	6
Campeche	64	175	141	30	5
Quintana Roo	57	141	112	29	4
P. de Yucatán	75	217	182	35	6
México	204	1182*	1119*	159*	278*

*Fuente: Dávila et al. (2006).

la que cuenta con la menor representación conteniendo solamente un género y dos especies.

En la tabla 2 se sintetiza y compara la riqueza taxonómica conocida en la región. Así por ejemplo el Estado de Campeche es el que cuenta con la mayor riqueza de gramíneas, albergando un total de 64 (85.33%) géneros y 175(80.64%) especies del total conocido

encontramos una baja representatividad en estas categorías con el 36.76% y 18.3% de los géneros y especies encontrados en México respectivamente (Tabla 2).

Los géneros que resultan mejor representados en cuanto al número de especies dentro de la península son: *Paspalum* (23), *Panicum* (19), *Eragrostis* (10),

Setaria (9), *Andropogon* (7), *Digitaria* (6), *Leptochloa* (6), *Sporobolus* (6), *Urochloa* (6) y *Schyzachyrium* (6).

Gramíneas endémicas

Las gramíneas endémicas presentes en la Península de Yucatán son *Schyzachyrium gaumeri*, *Setaria variifolia*, *Paspalum sparsum*, *P. mayanum*, *Panicum cayoense* y *Gouinia papillosa*. Comparado con el número de especies endémicas para el país (278), la Península de Yucatán no se caracteriza por su alto endemismo. Estas especies endémicas se encuentran distribuidas, por lo general, en áreas protegidas cercanas a las zonas arqueológicas mayas. El estado de Yucatán, con 6 especies endémicas, es el que tiene el mayor endemismo dentro de la Península; seguido por Quintana Roo y Campeche con 5 y 4 especies, respectivamente (Tabla 1).

Gramíneas representativas por tipo de vegetación

Si bien las gramíneas se encuentran en todos los tipos de vegetación de la Península, son especialmente diversas y abundantes en las sabanas del sur del estado de Yucatán en donde se ha registrado hasta 31 especies en 500 has. La vegetación secundaria (VS), la sabana (SAB), la selva baja caducifolia (SBC) y la selva baja inundable (SBI) son los tipos de vegetación que albergan

la mayor riqueza agrostológica de la Península de Yucatán con 70, 45, 36 y 30 especies, respectivamente por cada tipo de vegetación (Tabla 3).

En términos generales no existe un patrón claro de dominancia taxonómica de cualquiera de los grupos de gramíneas anteriormente mencionados en la región peninsular. Sin embargo, puede hacerse una zonificación general, la zona másica del centro al sur y la zona semiárida en la porción norte. Las sabanas, con predominio de los géneros *Panicum* y *Andropogon* de la subfamilia Panicoideae, prosperan en ambientes muy húmedos, mientras que elementos de la subfamilia Chloridoideae tales como *Bouteloua*, *Eragrostis* y *Chloris*, son más comunes en ambientes áridos en selvas secas del norte de la Península de Yucatán con amplios espacios abiertos entre las leñosas.

Los patrones generales, anteriormente mencionados, corresponden con los ambientes más húmedos como son las sabanas de Sudamérica, en donde ocurre un predominio de los géneros *Paspalum*, *Panicum*, *Axonopus* y *Andropogon*, todos estos miembros de la subfamilia Panicoideae (Shaw, 2000). Por otro lado, en las regiones semiáridas de México y Estados Unidos los géneros *Bouteloua*, *Eragrostis* y *Aristida*, representantes de las subfamilias Chloridoideae y Aristidoideae, son los más

Tabla 3. Riqueza taxonómica de la familia *Poaceae* por tipo de vegetación

Tipo de vegetación	SAP	SBC	SBI	SAB	VS	VA	Cultivada
No. de especies	15	36	30	45	70	17	22

SAP= Selva alta perennifolia; SBC= Selva baja caducifolia; SBI= Selva baja inundable; SAB=sabana VS= Vegetación secundaria y VA= Vegetación acuática.

comunes (Gould y Shaw, 1986).

Gramíneas introducidas y cultivadas

Las 35 especies registradas como introducidas y cultivadas representan el 22% de todas las gramíneas introducidas que se encuentran en el país (Tabla 2). La riqueza taxonómica por entidad federativa de la Península de Yucatán no varía considerablemente, Yucatán presenta 31 especies introducidas, seguido por Campeche y Quintana Roo con 30 y 29 especies respectivamente. Dentro del concepto de plantas introducidas se pueden encontrar a las arvenses o malas hierbas y las gramíneas forrajeras. Las primeras son consideradas casi siempre como elementos indeseables en los sistemas de producción agrícola.

Estos vegetales forman un subsistema que interactúa con los demás elementos del mismo agroecosistema, jugando un papel importante desde el punto de vista ecológico. Algunos ejemplos para la Península y ampliamente reconoci-

dos en el trópico americano por su difícil control y erradicación son el zacate Johnson (*Sorghum halepense*), zacate Estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*) y el zacate rosado (*Melinis repens*). Las segundas por el contrario son apreciadas por su alto volumen de producción y tolerancia a las condiciones ambientales regionales. La Península de Yucatán presenta un alto número de especies de gramíneas forrajeras, sobresaliendo el género *Urochloa* con seis especies, de las cuales el zacate Brizanta (*U. brizantha*), zacate Guinea o privilegio (*U. maxima*), Zacate Pará (*U. mutica*) son de las más ampliamente cultivadas en la región.

Otro componente de la familia en la región son las gramíneas cultivadas. El maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), se cultivan ampliamente en la región, constituyendo la fuente más importante de alimento para la población, así como una fuente de ingresos económicos (Tabla 4).



Melinis repens

Tabla 4. Superficie sembrada y cosechada, volumen de toneladas y valor de la producción de los tres principales cultivos agrícolas de Campeche.

Cultivo	Superficie sembrada (Ha)	Superficie cosechada (Ha)	Volumen (Toneladas)	Valor (Miles de pesos)
Maíz	162035.0	91874.3	164501.9	374915.4
Arroz	25563	25448	72519.5	135698.3
Caña de azúcar	8358.8	8358	400935.0	170802.3

Fuente: INEGI. Anuario estadístico de Campeche 2008.

Estado de conservación, amenazas y acciones para la conservación.

Se estima que la mayor riqueza de gramíneas ocurre en las sabanas, pudiéndose catalogar a muchas como especies raras debido a su alta especificidad a los sitios. Ejemplo de esto se tiene a *Paspalum coryphaeum*, nuevo registro para la flora de la región, que se distribuye actualmente desde el sur de México hasta del Norte de Sudamérica. De ésta y otras gramíneas que coexisten en las sabanas existe nula protección. En cuanto a las gramíneas endémicas todas se encuentran protegidas en zonas arqueológicas.

El fuego forma parte del ciclo natural de las sabanas y muchas gramíneas están adaptadas a éste, aunque se ha observado que en ranchos particulares y ejidales existen cambios en la composición de sus especies, producto de quemas recurrentes y sobrepastoreo. Existen estudios florísticos, estructura y composición de especies (Ortiz-Díaz, J. J., datos no publicados) de un rancho en el sur de Tekax, Yucatán, en el que se documenta la riqueza botánica, sitio único por la concentración de gramíneas raras, por lo que se considera imperativa la protección del conjunto de especies con un manejo adecuado por

parte de los propietarios.

Conclusiones

En términos de riqueza florística se reconocen 75 géneros y 217 especies de gramíneas en la Península de Yucatán. Estos números permiten posicionar al grupo en segundo lugar en diversidad después de las leguminosas, aunque más diverso que otras familias botánicas como las asteráceas, orquídeas y rubiáceas. La mayor riqueza de gramíneas ocurre en vegetación abierta con alta insolación como la sabana y la vegetación secundaria de selvas tropicales, contrastando con la menor riqueza encontrada en ambientes sombreados y húmedos como la selva alta perennifolia y vegetación acuática. Los enclaves naturales de sabana registrados, conocidos en diferentes localidades de la región peninsular han sido transformados en ranchos ganaderos y en áreas para el cultivo de arroz y caña de azúcar. En aquellos ranchos con ganadería extensiva es frecuente observar el sobrepastoreo, lo que cambia drásticamente la composición florística original. Para esos sitios, únicos por la flora que contienen una alternativa de protección y conservación sería el establecimiento de unidades de manejo para la conservación y aprovechamiento sustentable

de la vida silvestre (UMA). Además, estas unidades serían sitios ideales para la investigación en producción y mejoramiento de pasturas nativas.

Referencias

- Clayton W.D. y S.Renvoize, 1986. *Genera Graminum. Grasses of the World*. Kew Bulletin, Additional Series 13:1-389
- Dávila-Aranda, P, M. T. Mejía-Saulés, M. Gómez-Sánchez, J. Valdés-Reyna, J.J. Ortiz, C. Morin, J. Castrejón y A. Ocampo. 2006. *Catálogo de las Gramíneas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). 671p. México, D.F.
- INEGI. 2008. *Anuario estadístico de Campeche*.
- Gould, F.W. y R. B. Shaw. 1986. *Grass Systematics*. Texas A & M University Press. College Station.
- Mejía-Saulés, M.T. y P. Dávila-Aranda. 1992. *Gramíneas útiles de México*. Cuadernos No.16. Instituto de Biología, UNAM. 298 p.
- Ortiz, J. J. y J. S. Flores Guido. 2008. *Poaceae: Clave de géneros*. Fascículo 28. *Etnoflora Yucatanense*. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Ortiz Díaz, J. J. 2010. *Gramíneas*. En: Durán R. y M. Méndez (Eds). *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. Pág. 182.
- Shaw, R. B. 2000. *Tropical grasslands and savannas*. En: *Grass systematics and evolution*. S. W. L. Jacobs and Joy Everett (eds.). CSIRO: Melbourne. 351-355 p.
- Souza, N. N. 1949. *Zacates y otras gramináceas que viven en Yucatán*. Henequenera de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. 260 p.
- Swallen, J. R. 1934. *The grasses of the Yucatan Peninsula*. *Contr. Amer. Archaeol.* 12 (436): 323-355.
- Villaseñor J. L. y F. J. Espinosa. 1998). *Catálogo de malezas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

Diversidad de pequeños roedores de la Península de Yucatán

Silvia Hernández Betancourt¹, Celia Sélem Salas¹, Adrián Cimé Pool² y Juan Chablé Santos¹

¹Cuerpo Académico de Bioecología Animal, Departamento de Zoología, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - UADY. ²SEMARNAT.

Los pequeños roedores son ratones y ratas con pesos no mayores a los 120 g y se agrupan dentro del orden Rodentia que se caracterizan por presentar un par de incisivos de crecimiento continuo en los maxilares superior e inferior, carecen de caninos y poseen un espacio denominado diastema entre los incisivos maxilares y los molares. En lengua maya se les conoce como “ch’o”. Existen especies de actividad diurna, nocturna o crepusculares y con hábitos alimentarios principalmente herbívoros, habiendo especies especializadas en comer semillas, pastos y hojas; son principalmente terrestres aunque los hay adaptados a lugares inundables y a la vida arborícola.

Los roedores son el orden más numeroso de los mamíferos, incluyen a 2024 que equivalen al 45% del total de las especies de mamíferos del mundo, por lo tanto las especies se distribuyen en todo el mundo debido su gran larga historia evolutiva, la cual empezó en el período Cenoicoico y como consecuencia

trae una gran adaptación a la mayoría de los ecosistemas terrestres, con representantes desde las zonas más frías como las tundras árticas (los lemmings, *Dicrostonyx torquatus*) hasta las selvas tropicales en el Ecuador, aunque no se presentan en los casquetes polares.

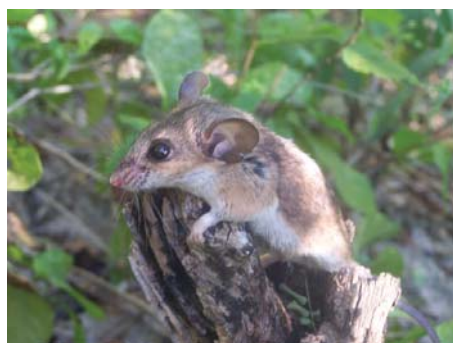
En México, este orden está representado por las familias: Sciuridae (ardillas, ku’uk en maya), Castoridae (Castores, no presentes en la Península de Yucatán), Geomyidae (tuzas Ba’h) Heteromyidae (Ratas canguro, puten put), Muridae (Ratas y ratones, ch’o), Dasyproctidae (sereque o guaqueque, t’zub) Cuniculidae (tepezcuintle, haleb), Erethizontidae (puerco espín, kish pay och’) y 233 especies.

Para México existen, 175 especies de pequeños roedores y en la Península de Yucatán solo se encuentran 11 géneros y 15 especies y 12 sub especies en incluidas en dos familias (Heteromyidae y Muridae). Tres especies son endémicas, el ratón espinoso de abazones (*Heteromys gaumeri*), importante dis-



Heteromys gaumeri

persor de semillas en la selva, el ratón vespertino, de hábitos principalmente arborícolas (*Otonyctomys hatti*) y el ratón venado de Yucatán (*Peromyscus yucatanicus*), una de las especies silvestres más adaptadas a vivir en los lindes de los asentamientos humanos. También se presentan dos subespecies endémicas de islas *Oryzomys palustris cozumelae* de Cozumel, Quintana Roo



Peromyscus yucatanicus

leza, son dispersores y depredadores de los bancos de semillas presentes en la selva tropical teniendo un papel principal en la regeneración natural de estas asociaciones vegetales y forman parte de la base de herbívoros de la cadena alimenticia por lo que son indispensables para mantener otras poblaciones de vertebrados como reptiles, aves y mamíferos mayores. En contraparte, pueden ocasionar pérdidas económicas cuando se convierten en plagas principalmente en zonas agrícolas, por ejemplo *P. yucatanicus* y *R. gracilis* se han reportado como invasoras de maizales con mazorcas maduras y *S. hispidus* es plaga de arrozales y cañaverales. Por otro lado algunas especies silvestres (*H. gaumeri*, *P. yucatanicus*, *O. phyllotis* y *R. gracilis*) y las introducidas (*R. rattus* y *M. musculus*) son reservorios de enfermedades, como la Leishmaniosis, Chagas y Hantavirus, entre otras.



Sigmodon hispidus

y *Reithrodontomys gracilis insularis* de Ciudad del Carmen, Campeche. Dos especies son introducidas (*Rattus rattus* y *Mus musculus*) (Tabla 1).

Los pequeños roedores proporcionan servicios ecológicos únicos en la natura-

En la Península de Yucatán el conocimiento de los pequeños roedores se limitaba principalmente a estudios como listados sistemáticos y distribución geográfica, sin embargo, a partir de 1990 en Yucatán se han realizado estudios

de la biología, comportamiento poblacional y áreas de actividad de especies como *H. gaumeri* y *O. phyllotis*. Por otro lado se han realizado estudios para investigar la diversidad de especies en las Áreas Naturales Protegidas Dzilam, Cuxtal, Lagunas de Yalahau y Dzibichaltún. Entre los estudios más recientes, se pueden mencionar aquellos que se han llevado a cabo para caracterizar la estructura de las comunidades en agroecosistemas, tales como los realizados en las localidades de Molas, Mérida

y en Nolo, Tixcocab, Yucatán. En general se ha incrementado el esfuerzo por entender las comunidades de pequeños roedores en diferentes puntos geográficos de la Península de Yucatán.

Referencias

- Ceballos G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Ed. CFE y CONABIO. 985 p.
 Cimé-Pool, J., S. Hernández-Betancourt y S. Medina-Peralta. 2002.

Tabla 1. Especies de Pequeños roedores presentes en la Península de Yucatán. E = Endémica, I = Introducida (Modificado de Jones *et al.* 1974.)

Familia	Especies	Estatus
Heteromvidae	<i>Heteromys gaumeri</i> *	E
	<i>Heteromys desmarestianus desmarestianus</i>	
Muridae	<i>Oligoryzomys fulvecens mayensis</i> *	
	<i>Orzomys rostratus</i> *	
	<i>Orzomys rostratus megadon</i>	
	<i>Orzomys rostratus yucatanensis</i>	
	<i>Orzomys couesi</i>	
	<i>Orzomys couesi cousei</i> *	
	<i>Orzomys couesi cozumelae</i>	E
	<i>Tylomys mudicaudus</i>	
	<i>Ototylomys phyllotis phyllotis</i> *	
	<i>Otonyctomys hatti</i>	E
	<i>Reithrodontomys gracilis</i> *	
	<i>Reithrodontomys gracilis gracilis</i>	
	<i>Reithrodontomys gracilis insularis</i>	E
	<i>Reithrodontomys spectabilis</i>	
	<i>Peromyscus leocopus</i> *	
	<i>Peromyscus leocopus castaneus</i>	
<i>Peromyscus leocopus cozumelae</i>	E	
<i>Peromyscus yucatanicus</i> *		
<i>Sigmodon hispidus microdon</i>		
<i>Sigmodon hispidus</i> *		
<i>Mus musculus</i> *	I	
<i>Rattus rattus</i> *	I	

*Especies presentes en el Estado de Yucatán

- Áreas de actividad del ratón de abazones *Heteromys gaumeri* en la selva mediana subcaducifolia de Yucatán. Revista Mexicana de Mastozoología, 6:5-18.
- Cimé-Pool, J., J. Chablé-Santos, J. Sosa-Escalante y S. Hernández-Betancourt. 2006. Quirópteros y pequeños roedores de la Reserva de la Biosfera Ría Celestún, Yucatán, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 22:127-131.
- Cime-Pool, A., Hernández-Betancourt, S. F. y Chablé-Santos, J. B. 2007. Comunidad de pequeños roedores en dos agroecosistemas del estado de Yucatán, México. Revista Mexicana de Mastozoología. 10:57-68.
- Cime-Pool, A., Hernández-Betancourt, S.F., Barrientos, R. y Castro-Luna, A. 2010. Diversidad de pequeños roedores en una selva baja caducifolia espinosa del Noreste de Yucatán, México. Therya. Vol.1:23-40.
- Chablé-Santos, J., N. Van Wynsberghe, S. Canto-Lara y F. Andrade. 1995. Isolation o *Leishmania*(L.) mexicana from wild rodents and their possible role on the transmission of localized cutaneous Leishmaniasis in the State of Campeche, México. American Journal of Tropical Medicine Hygiene, 53:141-145.
- Hernández-Betancourt, S., R. López-Wilchis, J. Cimé-Pool y S. Medina-Peralta. 2003. Área de actividad movimiento y organización social de *Heteromys gaumeri* Allen y Chapman 1897 (Rodentia: Heteromyidae) en una selva mediana subcaducifolia de Yucatán, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 90:77-92.
- Hernández-Betancourt S. F, Cimé Pool, J. A. Medina Peralta, S. y González-Villanueva, M. L. (2008a) fluctuación poblacional de *Ototylomys phyllotis* Merriam, 1901 (Rodentia: Muridae) en una selva mediana subcaducifolia del sur de Yucatán, México. Acta Zoológica Mexicana.(n.s.) 22 (1):161-177.
- Hernández-Betancourt, S., J. Gómez., J. Cimé., S. Medina y C. Euán. 2005. First report of use of land snails for *Heteromys gaumeri* (Rodentia: Heteromyidae) in a subdeciduous rain forest in Yucatan, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 21:155-156.
- Jones, J., H. Genoways y T. Lawlor. 1974. Annotated Checklist of mammals of Yucatán Peninsula, Mexico. II:Rodentia. Ocassional Papers of the Museum of Texas University, 2:1-23.
- Reid, F.A. 2009. Mammals of Central América and Southeast Mexico. 2ª Ed. Oxford United Press 346 p.

Zoonosis: el enlace entre la conservación de la biodiversidad y la salud humana

Enrique Reyes Novelo y Hugo Ruiz Piña. Cuerpo Académico de Vigilancia, ecología y geografía de zoonosis endémicas, emergentes y reemergentes en la Península de Yucatán. Centro de Investigaciones Regionales "Dr. Hideyo Noguchi" - UADY.

Resumen

Las zoonosis son enfermedades de los animales transmitidas a las personas, ya sea por contacto directo, por contaminación o con la intervención de un artrópodo vector. Muchas de estas enfermedades tienen importancia para la salud pública en el mundo ya que aproximadamente el 60% de las enfermedades infecciosas del ser humano, son de origen zoonótico. La conservación de la biodiversidad ayuda a mantener los ciclos de transmisión de estas enfermedades controlándolas y por el contrario, muchas de las enfermedades de reciente aparición, tienen su origen después de la perturbación de ecosistemas o por efecto de alguna actividad humana, por tanto este ensayo resalta la importancia de la biodiversidad en la conservación de la salud.

Introducción

Desde que el ser humano inició la domesticación y crianza de animales, comenzó también su preocupación por las enfermedades de estos, sin embargo, fue hasta el descubrimiento de la patogénesis de los microorganismos y el conocimiento de los diferentes seres vivos que los alojaban, que inició el reconocimiento del origen animal de muchas enfermedades en las personas. Estas enfermedades que son transmitidas de los animales a las personas se conocen como zoonosis y representan cerca del 60% de las enfermedades infecciosas que afectan al ser humano. Muchas de estas enfermedades recono-

cidas a nivel mundial como enfermedades de importancia en salud pública y con riesgo pandémico, otras muy conocidas con amplios programas de prevención y control, como la rabia. Aunque también hay otras poco conocidas, raras, desatendidas por afectar a las personas que viven en pobreza. Dado el impacto que estas enfermedades tienen a nivel mundial, el presente ensayo tiene como objetivo describir el ciclo de transmisión general de las zoonosis y la importancia que tiene la conservación de la biodiversidad en el mantenimiento de dicho ciclo, evitando así los brotes epidémicos o la emergencia de nuevas enfermedades.

Generalidades de las zoonosis

Virus, bacterias, protozoarios, priones, hongos y gusanos entre otros, son los agentes causales de enfermedades zoonóticas y los mecanismos de transmisión más frecuentes en la infección a las personas son: (1) por contacto directo con los animales (p. ejem. rabia, tuberculosis, influenza aviar), (2) por contaminación de agua o alimentos con excreciones animales infectadas (p. ejem. Síndrome renal y pulmonar por Hantavirus, Leptospirosis, Toxocariosis) y (3) por medio de un artrópodo vector que lleve el patógeno del animal hospedero a las personas (p. ejem. Fiebre manchada, Leishmaniasis, Enfermedad de Chagas, Virus del Oeste del Nilo). Los patógenos zoonóticos, al igual que sus hospederos vertebrados e invertebrados, forman parte de la biodiversidad de los ecosistemas del planeta, y

se mantienen a través de diferentes y complejas interacciones ecológicas. Los ciclos de transmisión de estos patógenos se caracterizan por estar restringidos a un área geográfica denominada “foco zoonótico”, en el que convergen e interactúan sus componentes directos (patógenos-vectores-huéspedes) e indirectos (fenómenos climatológicos) que ocurren de manera natural en aquellas áreas no alteradas o modificadas en su estructura. Actualmente se sabe que un área con alta diversidad mantiene una proporción elevada de huéspedes ineficientes para transmitir patógenos zoonóticos lo cual se conoce como efecto de “dilución” (Ostfeld y Keesing, 2000), por el contrario, si esa área es perturbada y la diversidad se reduce o cambia, entonces incrementa la proporción de huéspedes competentes para transmitir las infecciones zoonóticas.

Ecología de la transmisión de enfermedades

Para entender mejor la relación entre la diversidad y las zoonosis es importante conocer algunos aspectos básicos sobre ecología de la transmisión de estas enfermedades. El primer punto es que el ciclo de vida natural de cualquier patógeno zoonótico involucra a otros organismos y a su ambiente. Todos los integrantes del ciclo de transmisión forman parte de la diversidad de especies de una comunidad ecológica en donde se realizan interacciones antagonistas o mutualistas. Dichas interacciones están influenciadas o determinadas por muchos factores, por ejemplo, la cobertura vegetal, la disponibilidad de alimento, la temperatura, la precipitación, la altitud y la variación climática.

Por otro lado, dentro de esta gama de

factores influyentes, existen algunos que pueden ser considerados “ajenos” o “extraordinarios” al ciclo natural de transmisión y que tienen impacto en la dinámica de las interacciones entre los patógenos y sus huéspedes, como la perturbación de origen humano (deforestación, contaminación, ampliación urbana) y los ocasionados por fenómenos naturales como huracanes, incendios forestales, inundaciones, erupciones volcánicas y terremotos, entre los más comunes.

El modelo ecológico general plantea que en ambientes tropicales conservados, la complejidad del hábitat, la riqueza de especies y su abundancia (diversidad), las interacciones que se dan entre las especies y la disponibilidad de nichos ecológicos generan un atributo conocido como estructura de la comunidad, en el que existen algunas especies muy abundantes (dominantes) y otras denominadas comunes (con abundancias similares entre estas) y por último muchas especies raras o poco abundantes. Las primeras son conocidas como dominantes pues se asume que su amplia abundancia se debe a que son más eficaces para el aprovechamiento de los recursos disponibles en el hábitat, las comunes son especies que pueden ser generalistas y que compiten más por los recursos disponibles aprovechando una amplia gama de estos, y por último las raras, que son especies que aprovechan recursos puntuales o con ciclos de vida largos y poca fecundidad reproductiva. En un sentido amplio, un hábitat (sistema ecológico) se estructura en tiempo geológico (miles o millones de años) y las especies que en él se desarrollan y coexisten se organizan en el aprovechamiento de los recursos presentes en el sistema, adaptándose a la disponibilidad y estacionalidad de estos. Cuando

este hábitat sufre una perturbación, natural o inducida, en tiempo ecológico (años o décadas), la disponibilidad de recursos, espacio y microambientes cambia, dependiendo del tipo de disturbio y por ende lo hace la estructura de la comunidad que se modifica y reestructura.

El ciclo de transmisión de la mayoría de los patógenos zoonóticos involucra, además del patógeno, a una o más especies de vertebrados que fungen como sus reservorios naturales y, en algunos casos, a un artrópodo vector que transporta al patógeno de un vertebrado a otro. Generalmente, el humano no forma parte del ciclo de transmisión natural de los patógenos, pero llega a convertirse en un hospedero incidental cuando se presenta algún factor o factores de los ya mencionados, siendo más frecuente cuando en el ciclo participan animales domésticos o silvestres que colonizan sitios ocupados por viviendas humanas, provocando una mayor exposición a los patógenos y a sus artrópodos vectores.

En este contexto, existe información científica que documenta la aparición de brotes epidémicos de enfermedades zoonóticas en sitios en donde la cobertura vegetal sufre perturbación de origen humano. Un ejemplo de estos procesos es la emergencia de Hantavirus en Panamá (Ruedas *et al.*, 2004; Salazar-Bravo *et al.*, 2004; Giuggioli *et al.*, 2005; Suzán *et al.*, 2006; Suzán *et al.*, 2008a; Suzán *et al.*, 2008b; Suzán *et al.*, 2009). Los Hantavirus (Bunyaviridae) son los virus causales de la fiebre hemorrágica con síndrome renal (FHSR) y el síndrome pulmonar por Hantavirus (SPH), los cuales son padecimientos zoonóticos que pueden producir fallo renal o insuficiencia respiratoria y muerte. El ciclo de transmisión involucra roedores

silvestres de la familia Muridae, principalmente de los géneros *Peromyscus*, *Reithrodontomys*, *Oligoryzomys*, *Oryzomys* y *Sigmodon*. Todos son reservorios que presentan infección crónica persistente, que generalmente no los daña ni los mata. Los Hantavirus se propagan entre éstos y el hombre a través del contacto directo con secreciones (orina, heces y saliva) provenientes de individuos infectados.

La fragmentación del hábitat de los roedores reservorio de Hantavirus genera cambios en la estructura de sus comunidades. Estos cambios se reflejan principalmente en la diversidad local y en la dominancia de las especies, es decir las que dominan el aprovechamiento de recursos en el área son desplazadas después de una perturbación (p. ejem. la apertura de campos para la agricultura) hacía sitios no perturbados, provocando que aquellas especies que mantenían poblaciones poco abundantes pero con mayor capacidad para soportar los cambios en el hábitat (generalistas y oportunistas), tengan menor competencia y pasen a ser las de mayor abundancia, o las dominantes en la comunidad.

El problema de este cambio es que las especies generalistas y oportunistas que se vuelven abundantes después de la perturbación, son las que de manera natural actúan como reservorios primarios y presentan mayor prevalencia de infección por Hantavirus, y al volverse ecológicamente dominantes, elevan de manera importante la transmisión del virus al invadir áreas y viviendas humanas exponiendo la infección a roedores domésticos (ratas y ratones comensales) y finalmente a los humanos.

Este ejemplo ilustra el impacto de la alteración de los recursos naturales en el contexto de la salud humana, ya que en

las áreas con poca o nula perturbación incluyendo las áreas naturales protegidas, circulan de forma natural los ciclos biológicos de diferentes patógenos por tanto la interrupción en los procesos ecológicos naturales por actividades humanas, involucran al humano y a sus animales domésticos en el ciclo de transmisión trayendo como consecuencia la emergencia de brotes epidémicos.

La emergencia de zoonosis

En la actualidad existe una preocupación mundial por la aparición y rápida diseminación de enfermedades emergentes y reemergentes, la mayoría de estas virales con origen zoonótico, por ejemplo la Influenza aviar (H5N1), el Ébola, el virus Hendra (Cutler *et al.*, 2010). En algunas de estas enfermedades zoonóticas se ha identificado y documentado el origen de su "aparición", sin embargo existen otras que aún se desconocen y que representan un riesgo latente de diseminación para la población humana.

Lo más importante es reconocer que la degradación de los sistemas naturales representa uno de los riesgos más importantes para el bienestar de la especie humana, ya que el contacto entre los individuos ya sean hospederos o vectores es la clave. Dicho contacto se da cuando las personas ocupan sitios nuevos que fueron deforestados para abrir campos de cultivo o para ganadería, así como para la expansión urbana.

En este contexto, no es infundado pensar que existen patógenos zoonóticos que aún se desconocen y que se encuentran latentes en los ecosistemas naturales, éstos podrían surgir ante la perturbación o la fragmentación y convertirse en un serio problema de salud

pública mundial. Una de las razones más importantes para promover la conservación de la biodiversidad es que en esta se encuentra implícita la conservación de la salud humana.

Agradecimientos. A Miguel Rosado Vallado y a los revisores anónimos por sus aportes y comentarios al manuscrito.

Referencias

- Cutler S.J., Fooks A.R. y van der Poel W.H. 2010. Public health threat of new, reemerging, and neglected zoonoses in the industrialized world. *Emerging Infectious Diseases*, 16, 1-7.
- Giuggioli L., Abramson G., Kenkre V.M., Suzán G., Marcé E. y Yates T.L. 2005. Diffusion and home range parameters from rodent population measurements in Panama. *Bulletin of Mathematical Biology*, 67, 1135-1149.
- Ostfeld R.S. y Keesing F. 2000. The function of biodiversity in the ecology of vector-borne zoonotic diseases. *Canadian Journal of Zoology*, 78, 2061-2078.
- Ruedas L., Salazar-Bravo J., Tinnin D.S., Armien B., Cáceres L., García A., Ávila M., Gracia F., Suzán G., Peters C.J., Yates T.L. y Mills J.N. 2004. Community ecology of small mammal population in Panama following an outbreak of hantavirus pulmonary syndrome. *Journal of Vector Ecology*, 29, 177-191.
- Salazar-Bravo J., Armien B., Suzan G., Armien A., Ruedas L.A., Avila M., Zaldivar Y., Pascale J.M., Gracia F. y Yates T.L. 2004. Serosurvey of wild rodents for hantaviruses in Panama, 2000-2002. *Journal of Wildlife Diseases*, 40, 103-109.
- Suzán G., Armien A., Mills J.N., Marcé

- E., Ceballos G., Ávila M., Salazar-Bravo J., Ruedas L., Armién B. y Yates T.L. 2008a. Epidemiological considerations of rodent community composition in fragmented landscapes in Panama. *Journal of Mammalogy*, 89, 684-690.
- Suzán G., Giermakowski J.T., Marcé E., Suzán-Aspiri H., Armién B. y Yates T.L. 2006. Modelling Hantavirus reservoir species dominance in high seroprevalence areas on the Azuero Peninsula of Panama. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 74, 1103-1110.
- Suzán G., Marcé E., Giermakowski J.T., Armién B., Pascale J., Mills J.N., Ceballos G., Gómez A., Aguirre A.A., Salazar-Bravo J., Armién A., Parmenter R. y Yates T.L. 2008b. The effect of habitat fragmentation and species diversity loss on Hantavirus prevalence in Panama. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1149, 80-83.
- Suzán G., Marcé E., Giermakowski J.T., Mills J.N., Ceballos G., Ostfeld R.S., Armién B., Pascale J.M. y Yates T.L. 2009. Experimental Evidence for Reduced Rodent Diversity Causing Increased Hantavirus Prevalence. *PLoS One*, 4, e5461.



UADY

**CAMPUS DE
CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS
"Luz, Ciencia y Verdad"
FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

- Índice -

Artículo de difusión científica

Diversidad de peces marinos en la costa norte de la Península de Yucatán, México 3

María José López Gómez y Alfonso Aguilar Perera

Ensayos

2010: Año Internacional de la Biodiversidad8

Virginia Meléndez Ramírez

Diversidad genética en abejas (Hymenoptera: Apoidea) y sus implicaciones para la sostenibilidad17

Javier Quezada Euán y William May Itzá

Diversidad de gramíneas de la Península de Yucatán22

Juan Javier Ortiz Díaz, Juan Tun Garrido y Manuel Toledo Hernández

Diversidad de pequeños roedores de la Península de Yucatán28

Silvia Hernández Betancourt, Celia Sélem Salas, Adrián Cimé Pool y Juan Chablé Santos

Zoonosis: el enlace entre la conservación de la biodiversidad y la salud humana.....32

Enrique Reyes Novelo y Hugo Ruiz Piña

Revista de difusión científica y técnica del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán

Vol. 3 No. 2 agosto - diciembre de 2010

Km. 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, Apdo Postal 4-116 Itziminá,
Mérida, Yucatán, México.

Tel. (999) 9423200 Fax (999) 9423205.