

Ensayos

La importancia de los estudios sistemáticos en Oaxaca, un Estado megadiverso

Resumen

En este ensayo resaltamos la trascendencia del desarrollo de las investigaciones enfocadas en la sistemática en Oaxaca, un estado con alta diversidad. Para discutir la importancia y trascendencia de estos estudios, utilizamos como ejemplos estudios de caso con taxones poco estudiados: moluscos dulceacuícolas y terrestres, artrópodos ectosimbiontes de murciélagos y hongos macroscópicos, así como el registro fósil. A pesar de la falta de recursos humanos e infraestructura, es necesario impulsar el desarrollo de estudios sistemáticos con el fin de mejorar la conservación, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales oaxaqueños.

Abstract

In this paper we highlight the importance of the development of systematically focused research in Oaxaca, an incredibly diverse state. To discuss the importance and significance of these studies, we use as examples case studies focusing on taxa which had not been analyzed to a great extent: freshwater and terrestrial molluscs, ectosymbionts of bats and macroscopic fungi, as well as a fossil record. Despite the lack of human resources and infrastructure, it is necessary to promote the development of systematic studies in order to improve the conservation, management and use of Oaxacan natural resources.

Résumé

Dans cet essai on mettra l'accent sur la transcendance du développement des recherches sur la systématique à Oaxaca, un état de grande diversité. Pour discuter de l'importance et de la transcendance de ces études, on a utilisé comme exemples des études de cas avec des taxons peu étudiés : mollusques dulcicoles et terrestres, arthropodes ectosymbiontes de chauve-souris et champignons macroscopiques, ainsi que les espèces fossiles. Malgré le manque de ressources humaines et d'infrastructure, il est nécessaire d'encourager le développement de ces études systématiques afin d'améliorer la conservation, la gestion des ressources naturelles de Oaxaca.

Rosalía Guerrero Arenas¹,
Eduardo Jiménez Hidalgo¹,
José Luis Villarruel Ordaz¹,
Helisama Colín Martínez¹,
Edgar F. Rosas Alquicira²

Palabras clave: biodiversidad, sistemática, taxonomía.

Introducción

Aunque la importancia de la sistemática ha sido ampliamente abordada en diversas publicaciones desde hace varios años (e.g. Schweitzer, 2008; Goyenechea, Bueno-Villegas, Manríquez y Márquez, 2009; Contreras-Ramos, 2014), para algunos profesionales y en ciertos círculos académicos se considera todavía como una disciplina menor.

Con el propósito de reiterar su valor dentro de las ciencias naturales, en este escrito mencionamos las metas que la sistemática persigue, así como los errores de percepción más comunes en torno a su objeto de estudio. Además, analizaremos el impacto de la sistemática en el estudio de grupos de organismos selectos en Oaxaca y discutiremos la importancia de continuar los estudios sistemáticos en un estado declarado como megadiverso.

¹ Universidad del Mar campus Puerto Escondido, Oaxaca, México.

² Universidad del Mar campus Puerto Ángel, Oaxaca, México.

La sistemática y sus objetivos

La sistemática persigue objetivos muy concretos, los cuales son: a) describir la diversidad biológica, b) encontrar el orden que subyace a esta diversidad; c) comprender los procesos que son responsables de la generación de la diversidad, y d) presentar un sistema general de referencia sobre la diversidad (Goyenechea, 2007). La sistemática es una disciplina histórica, ya que estudia a la biodiversidad y sus procesos inherentes a través del tiempo geológico. Podemos afirmar que la sistemática es la base de las investigaciones biológicas, ya que si no se identifican correctamente a las especies de nuestro interés –cualquiera que sea el tipo de estudio- no pueden existir datos precisos de estos estudios ulteriores.

Aún cuando tienen objetivos distintos, todavía subsiste el error –incluso entre académicos- de equiparar a la sistemática con la taxonomía. La taxonomía puede considerarse como una subdisciplina de la primera; su objetivo principal es describir especies y nombrarlas, así como determinar el arreglo que tienen entre sí los organismos nombrados. La taxonomía representa solamente una parte del trabajo inicial que realiza cualquier interesado en la sistemática. La descripción de especies no es ubicar a un ejemplar distinto de todo lo reportado y después, nombrarlo a capricho. Detrás de una nueva especie, existe un extenso trabajo previo, que incluye conocer los caracteres diagnósticos y diferenciales presentes entre todos los organismos de una misma especie, así como información complementaria (aunque no siempre es posible obtenerla) sobre las especies relacionadas con el nuevo taxón, sus relaciones filogenéticas, historias de vida y la historia evolutiva de los organismos. Se debe revisar información publicada de ejemplares tipo o en su defecto, visitar colecciones científicas con el fin de revisar personalmente el material histórico, lo que ayudará a corroborar si en realidad, encontramos algo novedoso.

Otra idea errada es pensar que la sistemática no es una ciencia estricta, ya que muchos consideran que es un trabajo meramente descriptivo y no se conduce bajo el método científico. La sistemática es una ciencia en la que se generan hipótesis (Wheeler, 2004; Crisci, 2006). Con el fin de ser más objetivos, los

estudios sistemáticos actuales se realizan con apoyo de algoritmos numéricos implementados en diversos programas, los cuales permiten robustecer las hipótesis de relaciones filogenéticas.

Las hipótesis filogenéticas generadas tienen el fin de avanzar gradualmente en el descubrimiento de la historia evolutiva de la vida (Contreras-Ramos, 2014). Por lo tanto, un sistema de clasificación es una hipótesis (Crisci, 2006). En las etapas iniciales de un estudio sistemático, cuando se comienza a generar información taxonómica, el especialista realiza las observaciones de sus ejemplares bajo estudio, y efectúa una predicción sobre la identidad del organismo en cuestión, es decir, una hipótesis (Lücking, 2008). En el trabajo taxonómico, al examinarse caracteres diagnósticos de especies filogenéticamente cercanas en organismos objeto de estudio, corroboramos por su uso potencial, y con ello una hipótesis de trabajo.

Finalmente, también subsiste el error de pensar que la sistemática no tiene un impacto en ciencia aplicada, ni un desarrollo aplicable a la mejora de las condiciones en que vivimos. Dos campos en los que el avance de la sistemática incide directamente en su desarrollo, son las ciencias de la salud y la agricultura. En las ciencias de la salud, la sistemática permite el correcto reconocimiento de patógenos y vectores, muchos de ellos bacterias, protozoarios e invertebrados. De esta identificación taxonómica, dependen tratamientos médicos efectivos, así como la implementación de estrategias efectivas de erradicación y control. Se ha observado que diversas especies de parásitos relacionadas filogenéticamente responden de manera similar a tratamientos médicos, por lo que es indispensable realizar estudios sistemáticos para el control de enfermedades como malaria, enfermedad de Lyme o esquistosomiasis (Davis, 1995).

La sistemática nos permite detectar entidades –como virus- en otros mamíferos, y que pueden estar relacionadas con especies patógenas; así, es posible prever el brote de posibles enfermedades transmitidas por otros animales (Cracraft, 2002). Los retos a futuro incluyen la creación de colecciones biológicas y repositorios de especies patógenas de interés, el entrenamiento de especialistas en sistemática de

diversos grupos prioritarios, un extenso trabajo de campo para coleccionar y definir especies crípticas o vectores potenciales, así como financiamiento para investigaciones a largo plazo (Davis, 1995).

Por su lado, el aprovechamiento de las investigaciones sistemáticas inciden en la agricultura en varios rubros, como la correcta identificación de patógenos y su control (Miller y Rossman, 1995), sobre todo en cultivos de impacto económico. La sustentabilidad de la agricultura depende del conocimiento detallado de los organismos que habitan los agroecosistemas, con el fin de mejorar el uso de la biota y recursos naturales nativos (Miller y Rossman, 1995). Al reconocer la diversidad existente en los sistemas agrícolas, podemos aumentar la resiliencia de un ecosistema (capacidad de sobreponerse después de un disturbio), mejorar los servicios ecosistémicos que inciden directamente en la producción agrícola (como polinización, retención de agua en el suelo o captura de carbono) (FAO, 2011).

Dos de los sitios por excelencia en donde se genera buena parte de la información en sistemática son los museos y las colecciones científicas. A partir de las colecciones científicas, se ha generado información aplicable en diversos campos, como registros ecológicos a largo plazo (incluso de cientos de años), o registros temporales de procesos tales como el cambio climático o el impacto antropogénico (Johnson, Brooks, Fenberg, Glover, James, Lister, Michel, Spencer, Todd, Valsami-Jones, Young y Stewart, 2011). Los estudios sistemáticos han aportado información para la creación de modelos bioclimáticos, los cuales comparan la distribución a gran escala de especies con el fin de generar modelos estadísticos predictivos (Ellis, 2011). Estas aplicaciones de la información derivada de estudios sistemáticos demuestra claramente que esta disciplina puede incidir directamente en la sociedad.

Por qué deben desarrollarse estudios sistemáticos en Oaxaca

La afirmación “Oaxaca es un estado con una alta diversidad biológica” es repetida hasta el cansancio. Por su compleja historia geológica y su accidentada geografía, Oaxaca tiene una gran diversidad

de hábitats y microhábitats, los cuales no han sido explorados en su totalidad. En el estado convergen siete provincias biogeográficas (Provincia de la Sierra Madre del Sur, Provincia de Oaxaca, Costa del Pacífico, Golfo de México, Soconusco, Eje Neovolcánico y Depresión del Balsas), de acuerdo a la clasificación propuesta por la CONABIO (1997).

Aunque existen cifras muy aproximadas a la realidad, ningún especialista puede responder exactamente cuántas especies de mamíferos o aves existen en Oaxaca, dos de los grupos más estudiados a nivel nacional e internacional, y ni hablar de los grupos menos atractivos o carismáticos (¿qué tal los poganóforos, los priapúlidos o las briofitas?). Si somos optimistas, y afirmamos que la tendencia es que conocemos alrededor de un 15% de las especies a nivel mundial (Wilson, 2003), podríamos esperar conocer un porcentaje similar en Oaxaca. Sin embargo, como discutiremos más adelante, en algunos grupos -como los hongos macroscópicos- hay estimaciones de que sólo conocemos el 3% de las especies oaxaqueñas.

La taxonomía, como disciplina básica para realizar estudios sistemáticos, es aún campo virgen e inexplorado para varios taxones oaxaqueños. Aunque la taxonomía descriptiva se considera fuera de moda (*passé*, en su concepción original: Wheeler, 2004) en un país como México, es un campo todavía promisorio y esencial para poder avanzar en otros campos. Aunque suene muy atractivo realizar estudios ecológicos, moleculares, de conservación o evolutivos, si no sabemos cuántas especies hay, ni la mínima información de ellas, serán estudios incompletos y sesgados.

Para algunos grupos, el conocimiento de la biodiversidad proviene de un esfuerzo de trabajo que data desde hace varias décadas, como las macroalgas, cuyo primer estudio en la costa de Oaxaca se remonta a 1847 (Rosas-Alquicira, 2015). Para muchas especies descritas, hoy en día no existe una evaluación de las mismas, con base en nuevos caracteres aportados en trabajos taxonómicos recientes en otras regiones. El trabajo taxonómico es aún necesario, no sólo en el ámbito de describir nuevas especies, sino de evaluar las antes descritas. En varias ocasiones se ha determi-

nado que la biodiversidad es menor comparada con la históricamente reportada (Riosmena-Rodríguez, Paul-Chávez, Hernández-Carmona, López-Vivas y Casas-Valdéz, 2009).

El trabajo sistemático en Oaxaca, al igual que en varias partes del mundo, difícilmente llegará a un punto en el que se considere totalmente desarrollado. Reconocemos que muchas especies todavía no se han descrito (el déficit Linneano, según Brown y Lomolino, 1998) y probablemente nunca se describan. Asimismo, es difícil conocer la información básica de cada taxón, como la distribución geográfica precisa de las especies que ya se han descrito (el déficit Wallaceano, según Lomolino, 2004), ni la abundancia de especies y sus cambios en tiempo y en espacio (el déficit Prestoniano, según Cardoso, Erwin, Borges y New, 2011), ni los aspectos autoecológicos (las diversas formas de vida) o los servicios ecosistémicos asociados a las diversas especies (el déficit Hutchinsoniano, según Mokany y Ferrier, 2011).

Empero, a pesar de estos inconvenientes, entre más conozcamos de la biodiversidad de un lugar, su manejo, conservación y protección serán más eficientes. Los estudios sistemáticos, por tanto, representan un “caldo de cultivo” para los estudiosos de la diversidad biológica. Con el fin de ejemplificar con hechos por qué es importante continuar la sistemática en Oaxaca, discutiremos qué falta por hacer con algunos de los grupos menos estudiados a nivel sistemático, así como su registro fósil. Cabe aclarar que la elección de estos grupos obedece a la experiencia en investigación que tiene cada uno de los autores.

Moluscos dulceacuícolas y terrestres

Los moluscos dulceacuícolas y terrestres son destacables por tener importancia ecológica, médica, económica y alimentaria (Figura 1). Sin embargo, es uno de los grupos menos estudiados en Oaxaca. No sabemos cuántas especies existen en su territorio, ni sus ciclos de vida, ecología, relaciones filogenéticas o interacciones con otros organismos.

Los primeros estudios malacológicos continentales que se realizaron en Oaxaca fueron realizados por científicos extranjeros durante la segunda mitad del



Figura 1. El caracol terrestre *Orthalicus* es uno de los más abundantes en la selva mediana de Oaxaca (Fotografía: R. Guerrero-Arenas).

siglo XIX. Desde hace poco más de 40 años, muchas de las descripciones de especies nuevas fueron realizadas por un número reducido de especialistas. El único listado taxonómico de especies oaxaqueñas –tanto nativas como introducidas– fue realizado por Thompson (2011), a partir de bibliografía previa y de las mismas colectas que el autor realizó en diversos sitios en poco más de 50 años. En Oaxaca se han registrado 89 especies y subespecies de caracoles terrestres y dulceacuícolas, cifra que probablemente subestima el total de las que existen en realidad.

Con respecto a bivalvos dulceacuícolas, el conocimiento es muy escaso. Existen pocos registros de especies nuevas (e.g. Rangel- Ruiz, 1987) y trabajos donde se mencionan algunas especies invasoras (e.g. Naranjo-García y Olivera-Carrasco, 2014).

Realizar estudios sistemáticos de este grupo permitirá tener información útil en su manejo, protección y aprovechamiento, ya que los caracoles terrestres juegan un papel importante en la dinámica del suelo y de la hojarasca, además de ser indicadores de la calidad de los ecosistemas (Bloch, 2012). Por otro lado, los bivalvos dulceacuícolas juegan un papel importante en la dinámica de la materia orgánica (Bogan, 2008), y prestan servicios ecosistémicos que no se han considerado para la conservación de sus hábitats.

Juntos a lo largo del tiempo: ácaros y moscas ectosimbiontes de murciélagos

En Oaxaca se encuentran hábitats y microhábitats con las condiciones óptimas para albergar artrópodos de vida libre, así como aquellos que se encuentran asociados a otros animales. Los estudios sobre biología, ecología e historia evolutiva entre grupos

de organismos están iniciando y falta mucho por hacer en el estado. Actualmente, la cuarta autora se encuentra estudiando las interacciones entre ácaros espinturnícidos (*Spinturnicidae*) (Figura 2) y moscas ectosimbiontes de murciélagos de la costa de Oaxaca (Figura 3), así como sus interacciones, determinadas por las condiciones ambientales, desencadenando procesos coevolutivos.



Figura 2. Ácaros de la familia *Spinturnicidae* (hospedero: murciélago *Artibeus jamaicensis*) (Fotografías: H. Colín-Martínez).

Los murciélagos son uno de los grupos animales con mayor aporte a los ecosistemas desde la parte ecológica, biológica e historia evolutiva. Son hospederos potenciales de ectosimbiontes como ácaros y moscas, ya sea en una, varias o todas las etapas de su desarrollo (Bruyndonckx, Biollaz, Dubey, Goudet y Christie 2010; Eriksson, Gracioli y Fischer, 2011). Asimismo, los refugios como grutas, cuevas, puentes, túneles, sótanos y oquedades de árboles donde se han adaptado a vivir los murciélagos, sirven también a los ectosimbiontes como sustrato y refugio alternativo para llevar parte de su ciclo de vida (Dittmar, Morse, Gruwell, Mayberry y DiBlasi, 2011).

Existen varios ejemplos para evidenciar la estrecha relación que existe entre los ácaros, moscas y los murciélagos, y cómo las condiciones ambientales y de los refugios son determinantes para que se lleven a cabo estas simbiosis. Los ácaros espinturnícidos tienen una especificidad marcada con su hospedero, debido a que no se encuentran asociados a otros organismos, ni en ningún otro ambiente. Estos ácaros han desarrollado diversas estrategias para sobrevivir sobre las membranas de sus hospederos: secretan una sustancia pegajosa para adherirse, su cuerpo tiene forma de estrella y poseen uñas muy largas, con lo cual evitan caer por la fricción o la velocidad del viento (cuando los murciélagos vuelan). Estas características morfológicas y fisiológicas son parte importante de su adaptación a sus hospederos en el transcurso del tiempo. Los distintos géneros que comprenden la familia *Spinturnicidae* son considerados como herramienta en la taxonomía y sistemática para separar especies de murciélagos, de acuerdo al género con el que se encuentran asociados y para tratar de entender su estrecha interacción. Los ácaros marcan líneas filogenéticas comunes entre los murciélagos por la especificidad tan marcada con el hospedero (Dick y Dittmar, 2014).

Asimismo, las moscas de la familia *Streblidae* sólo se encuentran asociadas a murciélagos (Dick y Miller, 2010). Como todo díptero tienen un par de alas, sin embargo, las variaciones morfológicas en estas estructuras son evidentes, ya que es posible encontrar individuos con alas bien desarrolladas o reducidas. Una explicación plausible a esta variación es la disminución del vuelo durante su ciclo biológico, debido a la simbiosis estrecha que tienen con su



Figura 3. Dípteros de la familia *Streblidae* (hospedero: murciélago *Artibeus lituratus*) (Fotografía: H. Colín-Martínez).

hospedero. Lo anterior indica que las adaptaciones son importantes en el proceso evolutivo y coevolutivo entre los dos grupos de organismos (Bruyndonckx, *et al.*, 2010).

Aparentemente a los murciélagos no les afecta estar asociados con los ácaros y las moscas. Estas últimas han tenido, con el paso del tiempo, variaciones que los han hecho adaptarse a cambios en los microbiotopos brindados por su hospedero, en respuesta a un ambiente cambiante al cual también se han ido adaptando los murciélagos. Esto podría indicarnos procesos coevolutivos importantes entre estos animales, y que las condiciones ambientales en el estado de Oaxaca están favoreciendo estos procesos.

Los ejemplos anteriores evidencian cómo los organismos de distintos grupos conviven en ecosistemas, tanto abiertos como cerrados, y que en el estado de Oaxaca existen las condiciones óptimas para que estos procesos ecológicos, biológicos, de especiación y evolutivos se lleven a cabo.

María Sabina lo sabía: los hongos de Oaxaca deben conocerse

Los hongos representan el segundo grupo más diverso de organismos en el planeta; sin embargo, falta mucho por conocer a nivel estatal, así como nacional e incluso internacional. Los cálculos señalan la existencia de 1.5 millones de especies de hongos en el mundo (Hawksworth, 2001), de las cuales se cree que aproximadamente 200 000 habitan en México (Guzmán, 2008; Hawksworth, 2001) señala que por cada planta vascular existen seis especies de hongos; en Oaxaca se han registrado 8 903 plantas vasculares (Meave, Romero-Romero, M.A., Salas-Morales, Pérez-García y Gallardo-Cruz, 2012), por lo tanto, podemos estimar que alrededor de 53 418 especies de hongos podrían estar coexistiendo en Oaxaca. El conocimiento taxonómico que tenemos se desconoce con precisión, ya que la mayoría de los estudios realizados son muy fragmentados y sólo involucran algunos grupos, principalmente a los hongos macroscópicos, como setas, repisas, en forma de copa y bolitas sopladoras, entre otras (Figura 4).

Guzmán (2008) establece que los macromicetos pueden llegar a representar el 25% de todas las espe-



Figura 4. *Cookeina tricoloma*. Especie de macromiceto en forma de copa, muy común en zonas tropicales (Fotografía: J.L. Villarruel-Ordaz).

cies de hongos, por lo que podemos presuponer que en Oaxaca hay aproximadamente 13 355 especies de hongos macroscópicos, de las cuales actualmente solamente se han registrado alrededor de 400 (Villarruel-Ordaz, Canseco y Cifuentes, 2015)... ¡sólo el 3%! Es necesario realizar trabajos taxonómicos que permitan enriquecer el conocimiento que se tiene sobre los hongos en el estado de Oaxaca, considerada como una de las entidades federativas con mayor diversidad biológica en nuestro país (Meave *et al.*, 2012).

Sin embargo, debido al escaso apoyo que reciben este tipo de trabajos, el avance ha sido lento (Guzmán, 2008), por lo que es necesario proponer estrategias que reviertan ese fenómeno a través de proyectos multidisciplinarios que permitan obtener información sobre la diversidad de especies, junto con datos que coadyuven otras áreas del conocimiento, como son la biología molecular y el manejo de recursos naturales.

La biota oaxaqueña del pasado

Oaxaca tiene una compleja topografía que se remonta al pasado geológico. La topografía compleja crea diversos hábitats, aumenta los gradientes ambientales, impone barreras para la dispersión y aísla poblaciones, lo cual, provocará eventos de especiación (Badgley, 2010). Es probable que Oaxaca haya tenido una alta biodiversidad a lo largo de las eras geológicas, lo cual influyó en la conformación de la biodiversidad actual.

Los fósiles son una fuente valiosa de datos para los estudios sistemáticos porque pueden representar combinaciones de estados de caracteres que ya no existen. Por ello, pueden resolver relaciones filogenéticas de taxones que cuenten con politomías (tres o

más ramas partiendo de un solo nodo) utilizando sólo los estados de carácter de los taxones recientes. Los patrones de especiación y extinción de los clados permiten conocer cómo han sido los patrones evolutivos de los grupos bajo estudio, si muestran un patrón de equilibrios puntuados, de anagénesis o cladogénesis.

Los fósiles son la única evidencia de las formas de vida que existieron en el pasado geológico, por lo que su estudio nos permite documentar la biodiversidad en el tiempo profundo. El conocer cómo respondieron los taxones de ecosistemas antiguos a las perturbaciones climáticas, sugiere cómo responderán las especies actuales al cambio climático que experimentamos.

Un ejemplo de cómo el estudio del registro fósil ha contribuido a conocer la sistemática de la biota oaxaqueña es la investigación que se realiza en la Mixteca Alta, la cual nos ha permitido comenzar a conocer la riqueza de especies de la primera asociación faunística continental del Eoceno de Norteamérica tropical. Anteriormente, la mayor parte del conocimiento de la diversidad de vertebrados terrestres norteamericanos se conocía a partir de fósiles recolectados en las Grandes Planicies de los Estados Unidos de América y de localidades ubicadas en el este de Texas; nada se conocía en el sur de México ni de Mesoamérica por extensión. El estudio de la fauna del Eoceno oaxaqueño ha permitido reconocer los registros más antiguos de roedores geomorfos –del grupo de las tuzas-, de un grupo de perisodáctilos extinto llamado calicoterios y de rumiantes basales; dichos registros indican un origen más antiguo de estos linajes. La distribución geográfica de varios taxones de tortugas, pecaríes, camellos, équidos, y rinocerontes se amplió desde el sur de los Estados Unidos de América (Jiménez-Hidalgo, Smith, Guerrero-Arenas y Alvarado-Ortega, 2015).

Por su parte, el estudio de la fauna del Pleistoceno oaxaqueño ha permitido reconocer los primeros registros fósiles de taxones de mamíferos y moluscos continentales que ahora se distribuyen sólo en el centro y en el norte de México, evidenciando cambios de distribución geográfica en varios taxones en los últimos 40 000 años, y también, varios de los taxones reconocidos son los registros más sureños para Norteamérica, tales como el perezoso terrestre

Nothroteriops, la llama *Hemiauchenia*, o el bisonte *Bison antiquus*, entre otros (Jiménez-Hidalgo, Guerrero-Arenas, MacFadden y Cabrera-Pérez, 2011; Guerrero-Arenas, Jiménez-Hidalgo y García-Barrera, 2013) (Figura 5).



Figura 5. Équidos fósiles identificados en Oaxaca. 1) *Miohippus assinoboensis*, edad Eoceno tardío. 2) *Equus conversidens*, edad Pleistoceno tardío. Ambos ejemplares fueron recolectados en la Región de La Mixteca Alta y son los primeros registros para el estado (Fotografía: E. Jiménez-Hidalgo).

Conclusiones

Conocer la sistemática de la biota de Oaxaca permite abrir la puerta para realizar otro tipo de estudios: ecológicos, evolutivos, de conservación, aprovechamiento económico de recursos naturales e incluso biotecnológicos. Si bien es cierto que algunos grupos de organismos han sido estudiados extensivamente en el territorio oaxaqueño, falta atender el estudio de varios taxones.

También, es necesario el apoyo para el mantenimiento y creación de museos y colecciones científicas adicionales en Oaxaca. Aunque existen instituciones educativas en el estado y centro del país que albergan ejemplares oaxaqueños, los especialistas que trabajan en ellas no cubren la variedad de grupos biológicos existentes en el estado. Es necesario impulsar la preparación de futuros recursos humanos que atiendan esta problemática.

Desafortunadamente, en tanto que la imagen de los taxónomos y sistematistas sea negativa para los estudiantes de ciencias naturales, difícilmente podremos contar en un futuro con investigadores competentes y capaces de estudiar la biota oaxaqueña.

Los recursos humanos y materiales necesarios para llevarlos a cabo son solamente una parte de

la problemática que debemos resolver para crear especialistas en sistemática; la carencia más grave es la falta de visión y la ignorancia por despreciar esta ciencia. Ningún conocimiento científico sobra cuando puede utilizarse a favor de la conservación y aprovechamiento de la biodiversidad de Oaxaca, y en general, de nuestro país. 

Agradecimientos

Los autores agradecen al revisor anónimo por las sugerencias realizadas a este manuscrito, las cuales contribuyeron a enriquecerlo. Asimismo, al doctor Álvaro J. Mendoza por su apoyo e interés de publicar este ensayo.

Bibliografía

- Badgley, C. (2010). Tectonics, topography and mammalian diversity. *Ecography* 33. 220-231.
- Bloch, C. (2012). Why Snails? How gastropods improve our understanding of ecological disturbance. *Bridgewater Review* 31. 8-13.
- Bogan, A.E. (2008). Global diversity of freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia) in freshwater. *Hydrobiologia* 595. 139-147.
- Brown, J.H. y Lomolino, M.V. (1998). *Biogeography*. Massachusetts: Sinauer Press.
- Bruyndonckx, N., Biollaz, F., Dubey, S., Goudet, J. y Christie, P. (2010). Mites as biological tags of their hosts. *Molecular Ecology* 13. 2770-2778.
- Cardoso, P., Erwin, T.L., Borges, P.A.V. y New, T.R. (2011). The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. *Biological Conservation* 144. 2467-2655.
- CONABIO. (1997). *Provincias biogeográficas de México*. Escala 1:4000000. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Contreras-Ramos, A. (2014). La Sistemática: Ruta histórica para conocer la biodiversidad. *Revista Digital Universitaria* 15. 2-11.
- Contreras-Ramos, A. y Goyenechea, I. (2007). La Sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad. Pp. 11-21. In Contreras-Ramos, A., Cuevas-Cardona, C., Goyenechea I. y Iturbide, U. (eds.). *La Sistemática, Base del Conocimiento de la Biodiversidad*. Pachuca, Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Crisci, J. (2006). Espejos de nuestra época: biodiversidad, sistemática y educación. *Gayana Botánica* 63. 106-114.
- Davis, G.M. (1995). *Systematics and Public Health*. American Institute of Biological Sciences 45. 705-714.
- Dick, C. W. y Dittmar, K. (2014). Parasitic Bat Flies (Diptera: Streblidae and Nycteribiidae): Host Specificity and Potential as Vectors. Pp. 131-155. In Klimpel S. y Mehlhorn H. (eds.). *Bats (Chiroptera) as Vectors of Diseases and Parasites*. Parasitology Research Monographs 5. Department of Zoomorphology Cell Biology and Parasitology Heinrich Heine University. Germany.
- Dick, C. W. y Miller, J. A. (2010). Streblidae. Pp 1249-1260. In Brown, B. V., Borkent, A., Cumming, J. M., Wood, D. M., Woodley, N. E. y Zumbado, M. (eds.). *Manual of Central American Diptera*. National Research Council, Ottawa.
- Dittmar, K., Morse, S., Gruwell, M., Mayberry, J. y DiBlasi, E. (2011). Spatial and temporal complexities of reproductive behavior and sex ratios: a case from parasitic insects. *PLoS One* 6. 1-9.
- Ellis, C.J. (2011). Predicting the biodiversity response to climate change: challenges and advances. *Systematics and Biodiversity* 9. 307-317.
- Eriksson, A., Gracioli, G. y Fischer, E. (2011). Bat flies on phyllostomid hosts in the Cerrado region: component community, prevalence and intensity of parasitism. *Memorias Instituto Oswaldo Cruz* 3. 274-278.
- FAO. (2011). *Biodiversity for Food and Agriculture. Contributing to food security and sustainability in a changing world*. Italia: FAO.
- Goyenechea, I. (2007). Sistemática: su historia, sus métodos y sus aplicaciones en las serpientes del género *Conopsis*. *CIENCIA ergo sum* 14. 1-9.
- Goyenechea, I., Bueno-Villegas, J., Manríquez, N.L. y Márquez, J. (2009). Sistemática: La base del conocimiento de la biodiversidad. *Herreriana* 5. 1-4.
- Guerrero-Arenas, R., Jiménez-Hidalgo, E. y García-Barrera, P. 2013. New records of temperate mollusks in two late Pleistocene terrestrial localities from northeastern Oaxaca, southern

- Mexico. *Journal of South American Earth Sciences* 47. 213-219.
- Guzmán, G. (2008). Análisis de los estudios sobre los macromycetes de México. *Revista Mexicana de Micología* 28. 7-15.
- Hawksworth, D.L. (2001). The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research* 105. 1422-1432.
- Jiménez-Hidalgo, E., Guerrero-Arenas, R., MacFadden, B. y Cabrera-Pérez, L., 2011. The late Pleistocene (Rancholabrean) Viko vijin local fauna from La Mixteca Alta, northwestern Oaxaca, southern Mexico. *Revista Brasileira de Paleontologia* 14. 15-28.
- Jiménez-Hidalgo, E., Smith, T. K., Guerrero-Arenas, R. y Alvarado-Ortega, J. 2015. The first Late Eocene continental faunal assemblage from tropical North America. *Journal of South American Earth Sciences* 57. 39-48.
- Johnson, K.G., Brooks, S.J., Fenberg, P.B., Glover, A.G., James, K.E., Lister, A.M., Michel, E., Spencer, M., Todd, J.A., Valsami-Jones, E., Young, J.R. y Stewart, J.R. (2011). Climate Change and Biosphere Response: Unlocking the Collections Vault. *BioScience* 61. 147-153.
- Lomolino, M.V. (2004). Conservation biogeography. Pp. 293-368. In Lomolino, M.V. y Heaney, L.R. (eds.). *Frontiers of Biogeography: New Directions in the Geography of Nature*. Massachusetts: Sinauer Associates.
- Lücking, R. (2008). Taxonomy: a discipline on the brink of extinction. Are DNA barcode scanners the future of biodiversity research? *Archives des Sciences* 61. 75-88.
- Meave, Romero-Romero, Salas-Morales, S.H., Pérez-García, E.A. y Gallardo-Cruz, J.A. (2012). Diversidad, amenazas y oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. *Ecosistemas* 21. 85-100.
- Miller, D.R. y Rossman, A.Y. (1995). Systematics, Biodiversity, and Agriculture. *American Institute of Biological Sciences* 45. 680-686.
- Mokany, K. y Ferrier, S. (2011). Predicting impacts of climate change on biodiversity: a role for semi-mechanistic community-level modeling. *Diversity and Distributions* 17. 374-380.
- Naranjo-García, E. y Olivera-Carrasco, M.T. (2014). Moluscos dulceacuícolas introducidos e invasores. Pp. 337-345. In Mendoza, R. y Koleff, P. (coords.). *Especies acuáticas invasoras en México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Rangel-Ruiz L. J. (1987). *Biomphalaria temascalensis*, sp nov. (Pulmonata: Planorbidae) en Temascal, Oaxaca, Mexico. *Universidad y Ciencia* 4. 25-34.
- Riosmena-Rodríguez, R., Paul-Chávez, L., Hernández-Carmona, G., López-Vivas, J.M. y Casas-Valdéz, M. (2009) Taxonomic reassessment of the genus *Padina* (Dictyotales, Phaeophyta) from the Gulf of California. *Algae* 24. 213-229.
- Rosas-Alquicira, E.F. (2015). Botánica marina en el Pacífico mexicano: ¡una historia afortunadamente sin fin! *Ciencia y Mar* 48. 45-47.
- Schweitzer, C.E. (2008). Paleontological Systematics in the 21st Century: We need more specialists and more data. *Palaeontologia Electronica* 11. 1-4.
- Thompson, F. G. (2011). An annotated checklist and bibliography of the land and freshwater snails of México and Central America. *Bulletin of Florida Museum of Natural History* 50. 1-299.
- Villarruel-Ordaz, J.L., Canseco, E. y Cifuentes, J. (2015). Diversidad fúngica en el municipio de San Gabriel Mixtepec, región costa de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Micología* (aceptado para su publicación).
- Wheeler, Q.D. (2004). Taxonomic triage and the poverty of phylogeny. *Philosophical Transactions of Real Society of London B* 359. 517-583.
- Wilson, E. (2003). The encyclopedia of life. *Trends in Ecology and Evolution* 18. 77-80.