

EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONOCIMIENTO SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE BRASIL

Resumen Ejecutivo



EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONOCIMIENTO SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE BRASIL

Resumen Ejecutivo

República Federativa de Brasil

Presidente: Luiz Inácio Lula da Silva

Vice-Presidente: José Alencar Gomes da Silva

Ministerio del Medio Ambiente

Ministra: Marina Silva

Secretario Ejecutivo: Cláudio Roberto Bertoldo Langone

Secretario de Biodiversidad y Bosques: João Paulo Capobianco

Director para Conservación de la Biodiversidad: Paulo Yoshio Kageyama

Gerente para Conservación de la Diversidad Biológica: Bráulio Ferreira de Souza Dias

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
SECRETARIA DE BIODIVERSIDAD Y BOSQUES
DIRECTORIA DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD
PROYECTO ESTRATEGIA NACIONAL DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONOCIMIENTO SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE BRASIL

Resumen Ejecutivo

Brasília
2003

Evaluación del Estado de Conocimiento sobre Diversidad Biológica de Brasil: Resumen Ejecutivo

Personal del Proyecto Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica: Fátima Pires de Almeida Oliveira (gerente), Ana Lúcia Leite Prates, Gabriela Tunes Silva, Luciana Aparecida Zago de Andrade, Mariana Otero Cariello, Marília Guimarães Araújo, Núbia Cristina Silva y Saulo Marques de Abreu Andrade

Coordinación General y Organización de la Evaluación: Thomas Michael Lewinsohn

Apoyo: Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – NEPAM / UNICAMP

Coordinación de la Evaluación, por Tema:

Microorganismos: Gilson Paulo Manfio

Invertebrados Marinos: Alvaro Esteves Migotto y Antonio Carlos Marques

Invertebrados Terrestres: Carlos Roberto Ferreira Brandão, Eliana Marques Cancellato y Christiane Izumi Yamamoto

Organismos de Agua Dulce: Odete Rocha

Vertebrados: José Sabino y Paulo Inácio Prado

Plantas Terrestres: George John Shepherd

Genética: Louis Bernard Klaczko y Roberto Donizete Vieira

Traducción: Saulo Marques de Abreu Andrade

Revisión Técnica: Leandro Claudio Baumgarten, Luciana Aparecida Zago de Andrade y Mariana Otero Cariello

Diseño Gráfico y Cubierta del Resumen: Ana Lúcia Leite Prates

Editoración: Formato 9 Produção Gráfica Ltda

Catálogo y Referencias: Alderléia Marinho Milhomens Coelho

Fotografías amablemente donadas por: Alvaro Esteves Migotto, Ana Cláudia Peres, Evandro Mateus Moretto, Galina Ananina, George John Shepherd, Gustavo Barbosa Mozzer, José Sabino, Louis Bernard Klaczko, Magno Botelho Castelo Branco y Patrícia Mariana Zachello

Apoyo: Proyecto Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica – BRA 97/G31, Fondo para el Medio Ambiente Mundial - GEF, Agencia Brasileña de Cooperación – ABC, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – UNDP

El Ministerio del Medio Ambiente no es responsable por las informaciones y contenido de los textos presentados por los autores

ISBN 85-87166-58-1

Brasil. Ministerio del Medio Ambiente. Secretaria de Biodiversidad y Bosques. Directoria de Conservación de la Biodiversidad. Proyecto Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica.

Evaluación del estado de conocimiento sobre diversidad biológica de Brasil: resumen ejecutivo Proyecto Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica. Brasilia: MMA, 2003.

1. Diversidad Biológica – Brasil. I. Título.

CDU 574.4

Ministério do Meio Ambiente – MMA

Centro de Informação e Documentação *Luis Eduardo Magalhães* – CID Ambiental

Esplanada dos Ministérios – Bloco B – Térreo

Cep: 70068-900 Brasília – DF

Tel: 0 xx 61 317-1235

Fax: 0 xx 61 224-5222

e-mail: cid@mma.gov.br

Projeto Estratégia Nacional de Diversidade Biológica e Relatório Nacional

SCEN Trecho 2 Edf. Sede do IBAMA Bloco H

Cep: 70818-900 Brasília - DF

Tel: 0 xx 61 325-5761

Fax: 0 xx 61 325-5755

www.mma.gov.br/biodiversidade

Prefacio

Siendo el país con la mayor diversidad biológica del mundo, con 15% al 20% de las especies descritas en el planeta, el Brasil tiene una responsabilidad profunda hacia el Convenio sobre Diversidad Biológica, especialmente con respecto a la conservación de las especies y al uso sostenible. Para obtener suceso en la conservación y utilización racional de este rico patrimonio, es crucial el conocimiento de nuestras especies y de sus ocurrencias en este extenso territorio.

Teniendo esto en mente, nuestro primer paso fue evaluar el estado actual del conocimiento sobre la biodiversidad brasileña. Esta tarea fue hecha posible a través de un trabajo de colaboración entre el Ministerio del Medio Ambiente – como parte del desarrollo de la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica - y los investigadores respetables, que compilaron estas informaciones dispersas en instituciones, museos, y colecciones científicas. Tal compilación identificó las lagunas principales en conocimiento de la biodiversidad de Brasil - relacionadas a los taxa, a la región y al bioma siempre que posible – así como acentuó nuestra necesidad urgente de familiarizarnos con esta herencia inmensa.

El conocimiento de nuestra biodiversidad es la base más fuerte sobre la cuál políticas públicas responsables en su conservación y uso sostenible pueden ser desarrolladas. Esto es urgente considerando las amenazas del crecimiento poblacional explosivo y desordenado, de las disparidades sociales y económicas y, sobre todo, de la degradación ambiental – como la sobreexplotación de los recursos naturales, la introducción de especies exóticas y la pérdida y fragmentación de hábitat – sobre esta diversidad preciosa de vida.

Este documento representa un inestimable hito en el conocimiento de la diversidad biológica brasileña que el Ministerio del Medio Ambiente orgullosamente proporciona al pueblo de Brasil en general, a los tomadores de decisión, a los investigadores e instituciones, organizaciones no-gubernamentales, y nuestros otros socios en la conservación de la biodiversidad y uso sostenible. Entre nuestros próximos pasos y desafíos están la expansión de este conocimiento y la gestión responsable, justa e integrante de esta diversidad biológica valiosa.

Agradezco a todos los especialistas que pusieron muchos esfuerzos compilando y produciendo esta información así como a todos que con ellos colaboraron. Agradezco también a todos que contribuyeron de diferentes maneras para la producción de este resumen.

Marina Silva
Ministra de Estado del Medio Ambiente

Presentación

La Conferencia sobre el Ambiente y Desarrollo - Rio-92, realizada en Rio de Janeiro en 1992, llamó la atención para la necesidad de la conservación ambiental del mundo a través del Convenio sobre Diversidad Biológica - CDB, que fue firmado por 170 países - siendo Brasil su primer signatario.

El Brasil, una vez que firmó el CDB, se comprometió a promover la conservación de la diversidad biológica en su territorio así como el uso sostenible de sus componentes y la repartición equitativa de los beneficios resultantes del uso de los recursos genéticos. Para implementar los compromisos del CDB, en 1998, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) creó el Proyecto Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica que, a través de estrategias, planes y programas, visa a proporcionar la información necesaria al Gobierno Brasileño y a la sociedad sobre el establecimiento de las prioridades para la conservación de la biodiversidad nacional, el uso sostenible y la repartición de los beneficios. Este proyecto es auspiciado por el Fondo del Ambiente Global, y apoyado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Agencia Brasileña de Cooperación (ABC), y el Consejo Brasileño de Investigación (CNPq).

Considerando que Brasil es el país más rico del mundo en términos de la diversidad biológica, que la información sobre su biodiversidad se ha dispersado en instituciones, museos, y colecciones científicas y que la mayoría de tal riqueza puede ser desconocida, el Proyecto Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica y un grupo de investigadores promovieron la Evaluación del Estado del Conocimiento sobre Diversidad Biológica de Brasil. Esta publicación, aquí presentada como breve perfil, compila la información sobre la diversidad biológica de microorganismos, de invertebrados marinos, de invertebrados terrestres, de organismos de agua dulce, de vertebrados, de plantas terrestres, y de la genética. Nuestra intención y desafío era primero estar familiarizado con tal biodiversidad y entonces poder conservarla y utilizarla sosteniblemente a través de políticas públicas responsables y serias. Entre las acciones generales recomendadas por los especialistas para satisfacer las lagunas encontradas en el conocimiento de la biodiversidad brasileña están la mejora de colecciones y de los museos, el entrenamiento y el empleo de investigadores y técnicos, estímulo de revisiones y de publicaciones taxonómicas, y producción de guías de identificación.

Los resultados presentados en esta publicación proporcionan al Ministerio del Medio Ambiente la base científica necesaria para dirigir las estrategias del MMA y los planes de acción para una conservación bien sucedida y un uso sostenible de nuestra riqueza biológica.

João Paulo Capobianco
Secretario de Biodiversidad y Bosques

Contenido

Introducción	9
Thomas Michael Lewinsohn	
Biodiversidad del Brasil: Una Síntesis del Estado Actual del Conocimiento	11
Thomas Michael Lewinsohn y Paulo Inácio Prado	
Microorganismos	21
Gilson Paulo Manfio	
Invertebrados Marinos	29
Alvaro Esteves Migotto y Antonio Carlos Marques	
Invertebrados Terrestres	35
Carlos Roberto Ferreira Brandão, Eliana Marques Cancellato y Christiane Izumi Yamamoto	
Organismos de Agua Dulce	39
Odete Rocha	
Vertebrados	45
José Sabino y Paulo Inácio Prado	
Plantas Terrestres	51
George John Shepherd	
Genética	57
Louis Bernard Klaczko y Roberto Donizete Vieira	
Referencias	64

Introducción

El proyecto cuyos resultados presentamos aquí, en forma resumida, representa una ocasión única en la ciencia ecológica brasileña. En seguida a la Conferencia Mundial del Ambiente (Rio-92), algunos científicos se auto convocaron en varias reuniones informales para discutir un problema particular. Organizando la conferencia y siendo el primer país a firmar el Convenio sobre Diversidad Biológica, el gobierno brasileño había asumido un número de obligaciones que exigieron acciones legislativas y ejecutivas urgentes. Del punto de vista de la comunidad científica, el gobierno necesitaría el asesoramiento especializado en diversidad biológica brasileña para lograr éxito en estas tareas; pero, aunque reconocimos que, de hecho, el conocimiento y la maestría substanciales existieron, estos no eran ni fácilmente accesibles ni comprensibles, estando dispersos en las publicaciones académicas y en las tesis no publicadas o confinados, a menudo, a los conocimientos personales no escritos por los científicos. En medio a las muchas ideas sobre las varias maneras de publicar y tornar el conocimiento de los expertos eficazmente disponible, entre otras ideas fructuosas, la actual evaluación fue concebida y delineada.

Esas reuniones tempranas del GTB (Grupo de Trabajo de la Biodiversidad, reconocido en 1997 como un grupo consultivo por el presidente del CNPq, el Consejo de Investigación Nacional Brasileño) ocurrieron por invitación del Dr. Braulio Ferreira Dias, que en aquel tiempo era el Director de Conservación de la Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente. El nos desafió a formalizar esta idea como una propuesta, y después de cerca de dos años, tal propuesta vino a ser comisionada por el Ministerio, para ser incorporada en el PUND y el proyecto Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica Brasileña apoyado por el GEF.

Este comienzo del proyecto se parece digno de contar de nuevo no solamente por el interés histórico, pero por lo que revela en una relación de desarrollo entre los científicos biológicos y el gobierno. Muchos biólogos brasileños se han visto hasta bien recientemente, por opción o sino, quitados de cualesquiera implicaciones que su trabajo pudo tener en las decisiones gubernamentales para la Ciencia y Tecnología y sus aplicaciones, pero esto se parece cambiar. Los científicos que trabajan de varias maneras en diversidad biológica generaron esta propuesta para resolver lo que reconocieron como necesidad institucional. Aunque esta no era la única ni la primera evaluación del recurso a ser emprendida por la comunidad académica biológica en el Brasil, ellas se sucedieron en un momento donde algunas agencias gubernamentales estaban particularmente receptivas. Esta evaluación también propuso evaluar las condiciones para la producción y organización del conocimiento en biodiversidad de una manera diversa, teniendo como objetivo otras aplicaciones para este conocimiento más allá de su valor como investigación básica.

Esperamos que esta receptividad señale una interacción de dos vías continuada entre los científicos y las instituciones gubernamentales a cargo de la política de la biodiversidad y sus acciones. Hoy, la mayoría de los biólogos brasileños tienen una vista más clara de las dimensiones sociales e institucionales de su trabajo. Esto no significa que la investigación libremente elegida y conducida por la curiosidad se está disminuyendo —es y será siempre la matriz de la cual la novedad científica genuina puede emerger. Pero, referente a la diversidad biológica, una comunidad grande de los científicos, involucrada con recogimiento a campo y los estudios taxonómicos, perciben hoy en día que su trabajo alcanza más allá del conocimiento inmediato de su grupo elegido. Muchos de estos científicos comparten un sentido de la urgencia en avanzar nuestro

conocimiento total de la biodiversidad brasileña y en hacer este conocimiento inmediatamente usable, y así, influenciar de alguna manera las perspectivas futuras de la conservación y del uso sensible de esta misma biodiversidad.

Al planear esta evaluación, tuvimos que tomar algunas decisiones del principio. Un examen completo y exacto de la gente, de instituciones y del conocimiento existente sería casi imposible alcanzar, y fijar este tipo de meta retrasa su finalización para siempre. Propusimos en lugar de eso un criterio diverso, esforzándonos más bien por la utilidad que por la perfección. Esto es lo que esperamos haber alcanzado a un cierto grado. Aunque el cuadro que presentamos es preliminar, creyemos que está bastante comprensivo y correcto en la base.

El cuadro que uno ve en esta evaluación puede emerger como absolutamente singular, aunque no único, en términos de mundo. El Brasil se alinea unánimemente entre los sostenedores principales de la biodiversidad del mundo. Entre los países denominados “megadiversos”, desafortunadamente muchos no tienen una base adecuada de recurso, humano e institucional, para el estudio de la biodiversidad. El Brasil es una de las excepciones: un país con una biodiversidad rica y variada, aliada a una capacidad significativa de investigación. Aunque el país necesite ansiosamente más investigadores, y más y mejores instalaciones, nuestras prioridades más importantes son poner en uso el conocimiento existente e involucrar investigadores disponibles con el empleo adecuado y permanente. Estas van de común acuerdo con la necesidad evidente de las inspecciones urgentes y bien planeadas en biomas poco conocidos; del estímulo al entrenamiento de investigadores dedicados a los hábitats y a los grupos taxonómicos poco conocidos, pero importantes; del fomento a las nuevas o existentes instituciones y grupos en regiones menos dotadas para que trabajen en un patrón mayor; de la atracción de más genetistas para investigar la genética de poblaciones naturales incluyendo, pero no limitándose a, especies puestas en peligro; de la difusión del conocimiento de la biodiversidad en formatos y medios diversos, para estimular el interés y uso por los no especialistas.

El Brasil tiene posibilidades muy verdaderas de todo esto, pero no puede hacer tanto solo. La cooperación y el intercambio académicos internacionales han sido siempre, y más do que nunca son, una condición previa crítica para avanzar el conocimiento de la diversidad biológica, y esto por dos razones muy simples: primero, las especies y las poblaciones superan las fronteras políticas; en segundo lugar, los especialistas taxonómicos y ecológicos son demasiado pocos, dispersados en todo el mundo, y sin correlación con la biodiversidad de sus propios países. Poner sus propios recursos al buen uso, crear oportunidades y canales de apoyo para nuevos proyectos en la investigación de la biodiversidad, y promover la producción común eficaz y equitativa del nuevo conocimiento - estos son tres desafíos importantes que esperamos que el Brasil los sobrepase.

Thomas M. Lewinsohn

Biodiversidad del Brasil:

Una Síntesis del Estado Actual del Conocimiento



Planta acuática *Ludwigia sedoides*
Foto: Magno Botelho Castelo Branco



Camalote *Eichhornia azurea*
Foto: Magno Botelho Castelo Branco



Saimirí orejudo *Saimiri ustus*
Foto: José Sabino / Natureza em Foco



Medusa *Ectopleura obypa*
Foto: Alvaro Migotto

Biodiversidad del Brasil: *Una Síntesis del Estado Actual del Conocimiento*

Thomas Michael Lewinsohn¹ & Paulo Inácio Prado²

Historia

Este proyecto fue concebido en 1997 en el Grupo de Trabajo de la Biodiversidad, una junta consultiva independiente adjunta al CNPq, el Consejo de Investigación Nacional Brasileño. Fue motivado inicialmente por la carencia de información organizada sobre el conocimiento existente de la diversidad biológica brasileña, según lo atestiguado por ejemplo por la información escasa sobre el Brasil encontrada en el Centro de Seguimiento de la Conservación Mundial de la “Global Biodiversity”, el principal examen global preparado para la Conferencia Rio-92. El proyecto fue contratado a finales de 1997 por la sección de la Biodiversidad y Bosques (después la Oficina General de Biodiversidad) del Ministerio del Medio Ambiente de Brasil, con fondos del GEF/PNUD, como parte del desarrollo de la Estrategia Nacional de la Biodiversidad Brasileña. La mayoría de los datos para el proyecto fueron recogidos de finales de 1997 a principios de 1999, organizados y analizados en 1999 y 2000.

El objetivo central del proyecto era producir un perfil de la capacidad y del conocimiento actuales en biodiversidad brasileña y por lo tanto de auxiliar a la opción de las prioridades para el desarrollo posterior de este conocimiento y de su uso, así cumpliendo con las obligaciones internacionales asumidas por Brasil bajo el Convenio sobre Diversidad Biológica e, internamente, bajo la Constitución Federal y Legislación específica sobre el ambiente.

Los datos de versiones iniciales fueron incorporados en el primer informe brasileño al Convenio sobre Diversidad Biológica (1998). Las versiones finales de informes específicos fueron presentadas en principios de 2000. A finales de 2002, la síntesis final fue publicada (T.M. Lewinsohn and P.I. Prado, “Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento”, Editora Contexto, São Paulo). Esta es una versión en parte actualizada y ampliada del resumen del texto publicado en 2002.

Estrategia, Métodos y Fuentes de Datos

El trabajo fue realizado con un grupo de consultores, para los cuales tareas fueron asignadas por una combinación de categorías taxonómicas y ambientales, aprovechando así el beneficio de la familiaridad y de la facilidad del acceso entre los especialistas que trabajan en grupos y ambientes similares. Esta subdivisión resultó en siete informes detallados (véase la tabla 1) que se presentan resumidos por separado después de este texto. La fuente de información dominante fue un

¹ Departamento de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

² Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP

Tabla 1. Asuntos principales del proyecto y los respectivos consultores principales.

Asunto	Consultores
Diversidad Microbiana	Gilson P. Manfio
Invertebrados Marinos	Álvaro Migotto
Invertebrados Terrestres	Carlos Roberto F. Brandão, Eliana Canello y Christiane Izumi Yamamoto
Invertebrados y Plantas de Agua Dulce	Odete Rocha
Vertebrados	José Sabino y Paulo Inácio Prado
Plantas Vasculares Terrestres	George J. Shepherd
Diversidad Genética	Louis Bernard Klaczko

cuestionario, distribuido por los consultores principales del proyecto y sus colaboradores a los especialistas en varios grupos y áreas del conocimiento y de diversas instituciones. El propósito del cuestionario era obtener informaciones sobre: el estado actual de la taxonomía de cada grupo; el estado del conocimiento de su diversidad en el Brasil y en el mundo; la extensión del muestreo en diversos biomas, hábitats o regiones geográficas del país; el valor de cada grupo para los diversos usos y líneas de interés; los estudios genéticos de o dentro del grupo; los recursos humanos actuales; el estado y amplitud de colecciones biológicas; y sobre las necesidades y prioridades propuestas para avanzar el conocimiento del grupo. El cuestionario fue estructurado para evocar evaluaciones por los especialistas basadas en su experiencia; la mayoría de las preguntas ofrecieron opciones en una escala reducida de respuestas cualitativas o, siempre que posible, respuestas alternativas ordinales.

Aunque sería deseable conseguir respuestas del número máximo de especialistas, la meta elegida era obtener un conjunto completo de respuestas por lo menos de un especialista activo en cada grupo principal. En todos, más de 400 especialistas fueron contactados; los cuestionarios fueron vueltos (con respuestas completas o parciales) por 148 y más 27 forneceron información suplementaria sobre vertebrados. El índice de respuestas vueltas es comparable al de otros estudios similares. Cada especialista proporcionó informaciones de las entidades taxonómicas, que variaron del phylum (más común en invertebrados marinos) a la familia (especialmente dentro de artrópodos terrestres), según el nivel usual de la especialización dentro de cada grupo.

Otras fuentes examinadas para informaciones adicionales incluyeron bases de datos y los varios directorios en la Internet (especialmente las bases de datos del grupo de investigación de CNPq y los directorios de especialistas taxonómicos), varias bases de datos bibliográficas en CD-ROMs o la Internet (Biological Abstracts, Zoological Record, Aquatic Science and Fisheries Abstracts), y los varios informes técnicos, los resúmenes de talleres y otras publicaciones.

Estimaciones Totales de la Biodiversidad Brasileña

No hay, actualmente, compilaciones suficientemente amplias para contar el número de especies registradas en Brasil. No obstante, produjimos por la primera vez una estimación combinando la información obtenida de especialistas y de la literatura con las inferencias basadas

en el porcentaje conocido de las especies brasileñas contra totales mundiales en algunos grupos mejor conocidos o en proporciones dentro de un mismo grupo. Estimamos que hasta ahora aproximadamente 200.000 especies (dentro de un intervalo de 180 a 225 miles) han sido registradas en el Brasil, la mayoría de ellas en los grandes taxa de los cuales las listas de especies siguen siendo incompletas o no existentes.

La diversidad de taxa mejor conocidos en el país indica que las especies brasileñas corresponden alrededor del 14% de la biota del mundo. Aplicando este cociente al número global estimado de especies en taxa importantes, estimamos la diversidad total de especies del Brasil en la orden de 2 millones de especies. Esta figura tiene que ser entendida como una primera aproximación dado las significativas lagunas en nuestro conocimiento, pero nos lleva a esperar que la biodiversidad brasileña sea cerca de diez veces más grande que la conocida actualmente. Incluso con estimaciones conservadoras, la diversidad total de especies prevista en el Brasil es seis veces el número actualmente registrado.

Maestría Taxonómica, Instituciones e Instalaciones

Las respuestas de especialistas a nuestro examen demuestran que, aunque Brasil tiene un conjunto substancial y establecido de instituciones y de recursos humanos, para lograr un nivel razonable del conocimiento de la biodiversidad del país, sería necesario un esfuerzo adicional substancial, más grande que todo el trabajo hecho hasta ahora. Si el número de especies desconocidas es de hecho 10 veces lo actualmente sabido, en el actual índice de estudio tomaría varios siglos para lograr la cobertura adecuada de todos los grupos. Para complicar más la cuestión, en la mayoría de los taxa las especies no descritas son claramente más pequeñas, menos visibles y más difíciles recoger o muestrear que las ya conocidas.

Según especialistas, en muchos taxa, los géneros Brasileños o Neotropicales, y a veces familias, no están establecidos y necesitan revisión. En la mayoría de los taxa, las especies se pueden confiablemente identificar o clasificar solamente por los especialistas, con la ayuda de colecciones de referencia. Sin embargo, las colecciones biológicas brasileñas fueron juzgadas suficientes para el estudio de solamente cerca del 25% de los taxa, y consideradas totalmente inadecuadas para 27% de ellos. Mismo las colecciones importantes tienen un déficit crítico de curadores en su personal permanente.

Las bibliotecas científicas fueron consideradas satisfactorias para trabajar en 47% de los taxa evaluados, y totalmente inadecuadas para 7%. Una laguna particular en la literatura científica es la carencia de guías y de llaves de identificación; ninguno de estas está aparentemente disponible para 35% de los taxa en los cuales la información fue obtenida. Además, una parte substancial (38%) de estudios juzgados importantes por los especialistas son publicados solamente como tesis o informes que son difíciles de obtener. No obstante, las respuestas a nuestro examen indican que para la mayoría de los taxa hay investigadores brasileños capaces de producir guías de identificación que se podrían terminar en la mayoría de los casos en el plazo de cuatro a seis años.

La mayoría de las colecciones y de las bibliotecas importantes se concentran en pocas instituciones, situadas principalmente en el Sudeste brasileño. Los casi 80% de las colecciones mejores, según especialistas, están ubicadas en el Sudeste y en el Sur. La mitad de las colecciones más importantes referidas por los especialistas se abrigan en solamente siete instituciones; cuatro de estas están en el Sudeste, una en el Sur y dos en el Norte. Institutos de investigación y universidades más grandes abrigan varias colecciones de taxa de animales y plantas, pero las

colecciones microbianas excepcionales tienden para ser abrigadas en un sistema distinto de instituciones.

El número de especialistas en actividad fue juzgado escaso para la gran mayoría de los taxa, y hay varios grupos importantes, especialmente dentro de los invertebrados, donde ni un solo especialista activo pudo ser localizado en el Brasil; los especialistas consultados creen que solamente para el 5% de los taxa evaluados hay bastantes investigadores en el país. Semejantemente a las colecciones y a las bibliotecas, los especialistas se concentran masivamente (circa del 80%) en el Sur y Sudeste (véase Figura 1).

Tal estimativa tuvo como base el número de especialistas actualmente activos y el número adicional de investigadores necesarios en nuestro examen en varios grupos taxonómicos. Estimamos que el número de los taxonomistas en el Brasil tiene que ser por lo menos triplicado. Las respuestas del examen indican que esto es factible con el entrenamiento de nuevos taxonomistas y con la generación de empleo a profesionales disponibles. Según nuestros respondedores esto se puede lograr en corto plazo y por los profesionales en el Brasil, dado las condiciones materiales necesarias.

El sondeo de investigadores en diversidad genética fue conducido con un cuestionario separado. Los grupos de investigación y las publicaciones fueron clasificados de acuerdo con las técnicas principales empleadas para analizar variabilidad genética. Un número grande de los grupos de investigación fue localizado, aunque varios están empleando métodos menos eficaces o en parte obsoletos. Esto, entretanto es un problema de menor importancia. La dificultad crucial es que pocos investigadores están preocupados directamente con la investigación de la diversidad genética en poblaciones naturales. Por ejemplo, ningún estudio de la variabilidad genética en felinos pudo ser encontrado, aunque este es un grupo de gran preocupación para la conservación. Para promover nuestro conocimiento de la diversidad genética, la prioridad principal se parecería así ser la motivación y atracción de los grupos de investigación hacia las preguntas y los taxa más relevantes para la comprensión de la diversidad biológica.

Parecer de Expertos sobre Necesidades y Prioridades

Las prioridades elegidas con más frecuencia en todos los grupos para incrementar el conocimiento fueron, en primer lugar, la mejora de las colecciones (estudiando y organizando colecciones existentes, o ampliándolas a través de recogimiento planeado) y, en segundo lugar, aumentando el personal de apoyo técnico. El empleo de investigadores fue lo más comúnmente indicado como una prioridad para los invertebrados y los vertebrados terrestres, mientras que el desarrollo de la capacidad con el entrenamiento del taxonomista fue indicado en la mayoría de los casos para los invertebrados marinos.

Virtualmente todos los taxa incluidos en las respuestas del examen fueron priorizados para los estudios de la biodiversidad por sus especialistas que afirmaron la necesidad de más comprensión de la diversidad y la biogeografía del grupo en el Brasil, o su importancia ecológica y económica. La mayoría de los taxa mencionados en las respuestas del examen (85%) también fueron considerados de alta prioridad para los estudios sistemáticos. Las respuestas del examen indican que la meta principal de estudios sistemáticos sigue siendo el inventario y la descripción de las especies que ocurren en el Brasil, y así acentúan cómo aún es limitado nuestro conocimiento actual de la biodiversidad brasileña. En la evaluación de la importancia de diferentes taxa, se

consideró la mayoría (83% de los que fueron informados) como relevante para la investigación básica, aunque la mayoría de las categorías específicas escogidas por las respuestas señalaron razones de carácter aplicado.

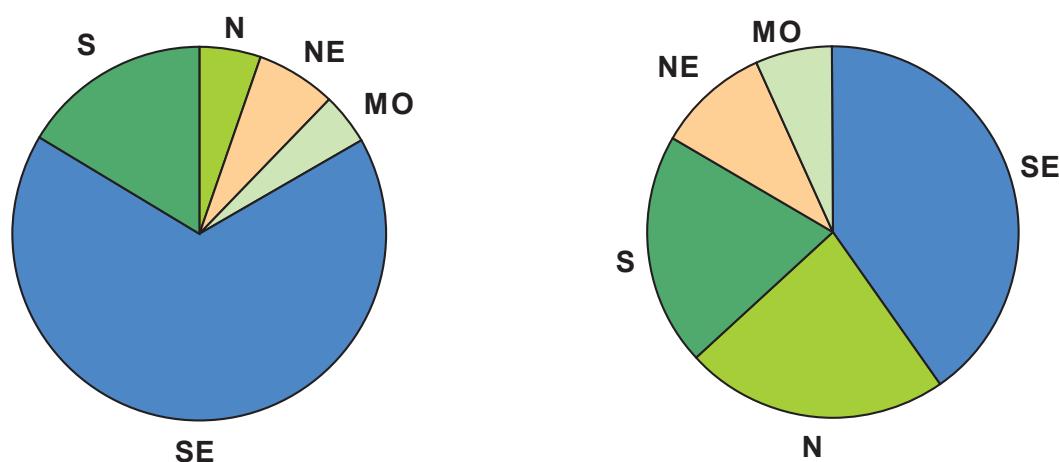


Figura 1. *Izquierda*: Distribución proporcional de especialistas taxonómicos citados entre las regiones geográficas del Brasil, de acuerdo con los cuestionarios retornados por los informadores. Las colecciones biológicas (no demostradas) tienen una distribución muy similar. Más del 80% de los especialistas citados son de instituciones en el Sudeste (SE) o (S) del Sur. *Derecha*: Inventarios publicados citados en el Zoological Record 1985-1999, con autoría o co-autoría de investigadores con direcciones profesionales brasileñas, por región geográfica. Aunque el desequilibrio es más pequeño que para los investigadores y las instituciones, el Sudeste y el Sur juntos todavía explican el 60% del total. Muchos taxonomistas y biólogos de campo no trabajan solamente dentro de la región geográfica donde están profesionalmente basados. Por ejemplo, 23% de los estudios se refieren a la Amazonía (N, región Norte) pero sus autores no residen solamente en esa región. Por cualquier criterio, el Nordeste (NE) y Medio Oeste (MO) son los más desventajados para los investigadores y el estudio científico.

Cobertura Geográfica y Ecológica

La extensión del muestreo en la mayoría de los biomas brasileños fue considerada inadecuada para todos los taxa, a menos de las plantas vasculares. Relativamente hablando, el Bosque Atlántico es el bioma lo mejor estudiado y se juzga estar razonablemente bastante bien muestreado para la mayoría de los taxa de plantas vasculares, vertebrados y invertebrados terrestres. La Amazonía, el Cerrado, los Llanos Meridionales y los Bosques Mezclados, así como los Ecosistemas Costeros recibieron grados intermedios por los expertos en cuanto a su cobertura del muestreo, con algunos taxa siendo extensivamente recogidos y estudiados. En el otro extremo encontramos la Caatinga y el Pantanal, biomas que se juzgan ser mal muestreados y poco conocidos para la gran mayoría de los taxa evaluados.

Una pesquisa sobre la literatura de los últimos 15 años del vigésimo siglo demostró que los inventarios de especies en el Brasil están muy concentrados en algunos taxa y no necesariamente aquellos menos conocidos. Una vez más, el 60% de los inventarios se concentran en el Sudeste y en el Sur, y la mitad de los estudios en los sistemas naturales se concentran en los biomas del Bosque Atlántico o de la Amazonía (véase la Figura 1). Una proporción notablemente elevada de todos los inventarios, alrededor de 1/3 de todos los estudios publicados, fueron realizados en los ecosistemas modificados por la acción humana y la mayoría de estos centrados en taxa de interés médico o agrícola.

Conclusiones y Recomendaciones

Tomándose en su totalidad, nuestros resultados demuestran que el nivel general del conocimiento de la biodiversidad en el Brasil es todavía muy inadecuado, y también muy desigual, así como de los recursos para incrementar este conocimiento. Dado este cuadro y la necesidad urgente de la información sobre biodiversidad, las metas de la investigación futura y del desarrollo de la capacidad tienen que ser fijados con una estrategia comprensiva y una comprensión clara del uso pretendido de esta información. Claramente, la investigación espontánea sin ninguna ayuda especial o dirección no puede hacer frente ni a las necesidades más acuciantes del conocimiento en biodiversidad.

Dado este dilema, sugerimos varias acciones, cuyas prioridades y detalles tienen que caber al estado actual y al potencial de cada grupo taxonómico y región eco geográfica. Proponemos que la política se debe dividir inicialmente en dos canales importantes, para cada uno de los cuáles nosotros indicamos algunos ejemplos:

◆ **Uso del conocimiento y de la capacidad existentes:**

- Estudio detallado de las colecciones disponibles, priorizando los grupos bien representados con taxonomía sólida; publicación electrónica rápida de catálogos de gran amplitud y de listas de comprobación;
- Estimulando la producción y la publicación de revisiones taxonómicas y de guías de identificación, especialmente de aquellas accesibles a los técnicos no especialistas, a los profesores etc.; a estas se debe dar peso igual al de las publicaciones científicas y no ser tratadas como subproductos o manías personales de científicos, en la evaluación de su productividad;
- Consolidación de la infraestructura material y técnica de las colecciones, a través del establecimiento de posiciones permanentes para los guardianes, los técnicos y el personal de apoyo. Tales posiciones se pueden exigir de las instituciones como contrapartes para el financiamiento de fuentes exteriores para la investigación.

◆ **Nuevas iniciativas:**

- Estableciendo y consolidando centros regionales, especialmente en las regiones del Nordeste y Medio Oeste, incluyéndolos en los proyectos nacionales o regionales para el inventario y el monitorio de la biodiversidad en colaboración con grupos experimentados;
- Nuevos inventarios en regiones y hábitats poco conocidos con geo-referenciamiento y diseños y procedimientos comunes de muestreo que permitan análisis comparativos y cuantitativos;
- Despliegue de las nuevas tecnologías de bioinformática para acelerar el catálogo y la difusión del conocimiento de la biodiversidad y para facilitar su acceso y uso;
- Asociación de iniciativas internacionales, especialmente las que fomentan sociedades con las instituciones con colecciones fuertes y los investigadores con experiencia en la biota Neotropical.

Puesto que la encuesta y el análisis de los datos principales para este proyecto fueron terminados (en 1999 y 2000), un número de tendencias promisorias son evidentes. Aunque no se ha conducido ninguna actualización sistemática, reconocemos por ejemplo:

- Un aumento claro en los estudios de campo publicados, los inventarios y las encuestas basados en diseños de muestreo acertados y que usan métodos estadísticos apropiados, junto con las publicaciones y los cursos que orientan sobre el uso de tales métodos y análisis de campo;
- Un número creciente de revisiones taxonómicas y de sinopsis;
- Un aumento sensible en guías de campo publicadas, sobre todo de los grupos vertebrados o de las plantas florecientes, pero también de algunos grupos invertebrados, que son accesibles a los non-especialistas y en muchos casos a los non-científicos también.
- Algunos nuevos grupos de investigación se están esforzando a establecerse en las regiones con necesidad demostrada de más instituciones e investigadores.

Tales tendencias son ciertamente animadoras y levantan las expectativas que el conocimiento usable y aplicable en biodiversidad brasileña se puede mejorar substancialmente mismo en corto plazo. Sin embargo, tales indicios favorables todavía son contrarrestados por los obstáculos que fueron reconocidos en el examen inicial. Un número cada vez mayor de investigadores bien enseñados graduados en el Brasil o en el exterior están perdiendo su capacidad por la carencia de empleos adecuados. En el mismo tiempo, muchas colecciones y bases de datos biológicas permanecerán sin uso por falta del personal competente mínimo. Esta combinación da lugar a una pérdida neta de recursos preciosos.

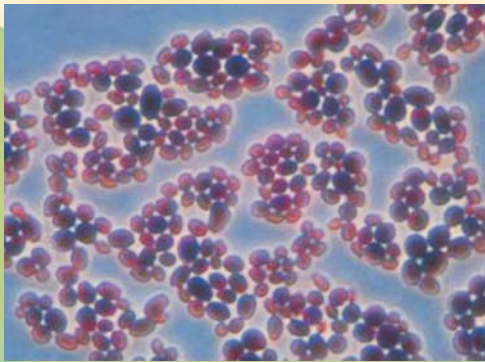
Dado que el trabajo de investigación de la biodiversidad, incluyendo la evaluación y el monitoreo, es intrínsecamente un trabajo intensivo, los investigadores y los técnicos no deben sólo ser entrenados adecuadamente sino ser empleados constantemente para asegurar la capacidad de producir y de procesar extensas muestras en tiempo relativamente corto. Estas tareas se pueden apresurar por varios medios, algunos de los cuales fueron mencionados arriba, pero no pueden evitar siempre la necesidad de grupos de investigación grandes y bien enseñados para los trabajos de campo y de laboratorio.

Otra preocupación actual tiene que ver con la dificultad en el control del muestreo de especímenes y/o de la exportación para el gaño ilegal – biopiratería - sin en el mismo tiempo obstaculizar la investigación legítima que es no sólo deseable sino urgentemente requerida. Dos cuestiones claves son las restricciones en trabajo de campo por los investigadores brasileños, y el préstamo de especímenes a y desde colecciones en instituciones extranjeras. Mientras que los investigadores reconocen y apoyan esfuerzos para controlar el muestreo malévolo de especímenes biológicos, la investigación legítima tiene que ser reconocida y adecuadamente protegida de tratamiento similar. El intercambio internacional con las instituciones de investigación *bona fide*, dentro del país así como en ultramar, asimismo es muy importante hacia la mejora del conocimiento de la biodiversidad. Otro asunto relacionado son los procedimientos muy restrictivos para la investigación en áreas protegidas brasileñas. Una vez más, mientras que estos son indudablemente necesarios, los requisitos actuales son a menudo difíciles, ambiguos y lentos de satisfacer. Los retrasos resultantes acaban por actuar por último contra la necesidad urgente de más y de mejor información para ameliorar la evaluación y la gerencia de la biodiversidad dentro de estas mismas áreas protegidas.

Las agencias del Gobierno y la comunidad científica en colaboración deben desarrollar políticas y procedimientos para proporcionar salvaguardias apropiadas, así como para realzar, más bien que obstruir, los investigadores brasileños en su trabajo, incluyendo la colaboración de ultramar. La mejora en estas materias probablemente provocará un aumento neto inmediato en la extensión, la calidad y la utilidad de la información científica sobre biodiversidad brasileña.

Microorganismos

Fotos: Patrícia Mariana Zacheilo



Levadura *Saccharomyces cerevisiae*



Bacteria *Alicyclobacillus* sp.

Introducción

Un examen extenso en el estado de arte de la diversidad microbiana en el Brasil, centrándose en los taxa microbianos así como en los investigadores, fue parte de un inventario de la diversidad biológica coordinado por el Dr. Thomas M. Lewinsohn, en el Proyecto Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica (“Estratégia Nacional de Diversidade Biológica” - BRA97G31-MMA/GEF/PNUD) del Programa Nacional de la Diversidad Biológica (“Programa Nacional de Diversidade Biológica” - PRONABIO)².

Las conclusiones y la síntesis del inventario nacional fueron publicadas en 2003 por Lewinsohn y Prado. En este resumen ejecutivo presentamos los resultados principales del examen microbiológico de este estudio. Los datos extendidos del examen se pueden encontrar en el sitio de las publicaciones de la Directoria de Conservación de la Biodiversidad (DCBio) del Ministerio del Medio Ambiente (*Avaliação do Estado Atual do Conhecimento Sobre a Diversidade Microbiana no Brasil: Relatório Final – Revisado*; <http://www.mma.gov.br/port/sbf/chm/doc/microb1.pdf>)

Diversidad Microbiana

Microorganismo es una definición taxonómica que abarca los grupos diversos de organismos unicelulares de dimensiones microscópicas que viven en naturaleza aislados o en agregados de células. Estos incluyen las bacterias, el archaea, los hongos y las levaduras filamentosas, los protozoos y los virus.

Los microorganismos fueron las primeras formas de vida que colonizaron la Tierra. Se estima que la vida microbiana comenzó hace más de 3.5 millones de años. Hoy, ocurren en virtualmente todos los hábitats en el planeta, prosperando bajo condiciones ambientales que sobrepasan los niveles de tolerancia de la mayoría de las plantas y de los animales, incluyendo fuentes geotérmicas, los desiertos, hábitats polares, lagos alcalinos, sedimentos sub-superficies y mismo en interiores de rocas.

¹ Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas, Divisão de Recursos Microbianos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

² Directoria de Conservación de la Biodiversidad – “Diretoria de Conservação da Biodiversidade - DCBio; Secretaría de Biodiversidad y Bosques – “Secretaria de Biodiversidade e Florestas” – SBF; Ministerio del Medio Ambiente – “Ministério do Meio Ambiente” - MMA.

La existencia y la diversidad de toda la vida en el planeta ligasen íntimamente a la diversidad y a la actividad metabólica de los microorganismos en la naturaleza. Los microorganismos desempeñan papeles importantes en procesos ecológicos, tales como la fotosíntesis y la generación del oxígeno, los ciclos de la materia orgánica, los ciclos biogeoquímicos (carbón, nitrógeno) y del mantenimiento de la fertilidad y de la estructura de suelo, entre otros.

A despecho de su importancia ecológica enorme, el número de especies microbianas conocidas (diversidad de especies), representado por los organismos cultivados descritos en la literatura, representa una fracción pequeña de la diversidad microbiana encontrada en la naturaleza (entre < 0,1 al 1%, dependiendo del hábitat), estimada en los estudios basados en análisis directo usando métodos moleculares.

La clasificación filogenética moderna de microorganismos, derivada del análisis de los datos ribosomales de la secuencia del ácido ribonucleico (rRNA), pone los diferentes grupos microbianos en tres dominios importantes: Bacterias, Archaea (archaeobacteria) y Eucarya (incluye los hongos y los protozoos).

Cada uno de éstos tiene sus propios esquemas de clasificación y de identificación, siguen diversos códigos de nomenclatura biológica y es el foco de la atención de las comunidades de investigación independientes y separadas, que comprenden los bacteriólogos (especialistas incluyendo en archaea), botánicos³, micólogos, protozoólogos y virólogos.

Se estima que, en una escala global, la diversidad de microorganismos se excede, en algunas órdenes de magnitud, la diversidad de plantas y de animales. Los exámenes a partir de los años 90 indican que solamente 5% de los hongos son conocidos actualmente, con aproximadamente 69.000 especies descritas. Para los procariontes, incluyendo bacterias y archaea, se conocen 4.314 especies, asignadas en 849 géneros, correspondiendo entre 0,1 al 12% de las estimaciones de la diversidad para el grupo. Los protozoos y los virus tienen cerca de 30.800 y 5.000 especies descritas, respectivamente, correspondiendo al 31% y 4% del número estimado de especies.

En muchos casos, la caracterización de especies en algunos grupos microbianos es pobre, en parte, debido a las dificultades en el crecimiento de los organismos en el laboratorio y la ejecución de pruebas rutinarias de caracterización. Estas deficiencias hacen la identificación de aislados ambientales una tarea dura y subjetiva. Como consecuencia, muchas encuestas sobre la diversidad confían en la adopción de esquemas taxonómicos de baja resolución, donde los aislados se asignan con frecuencia a los grupos taxonómicos superiores, tales como géneros, familias o arriba, o aún se basan en la asignación a los principales grupos funcionales (los organismos diversos que realizan funciones comunes en el ambiente, tales como los microorganismos degradadores de celulosa, incluyendo bacterias y hongos).

Las dimensiones considerables de la diversidad microbiana hacen muy difícil de conducir un examen amplio en el estado de arte en el nivel nacional, tornando el esfuerzo en una tarea muy compleja. La estrategia para recopilar la información sobre profesionales de la investigación en áreas relacionadas al tema implicó dos distintos y complementarios enfoques: 1) datos de investigación sobre profesionales y líneas de investigación institucional/departamental/personal al acceder los sistemas de dominio público de información de *Curriculum Vitae* y las bases de datos brasileños de publicaciones a partir de los diez años pasados (1989-1996), y; 2) distribución de cuestionarios estándares para recopilar datos de los profesionales identificados como "líderes de grupo de pesquisa" y los investigadores individuales con Maestría o grados más

³ La taxonomía de bacterias fotosintéticas, conocidas como algas azul-verdes, o Cyanophyceae, también es estudiada independientemente por los botánicos y gobernada por el código botánico, siguiendo esquemas distintos de clasificación del código bacteriológico.

altos en las áreas de la bacteriología, micología, alimento, industrial, médica y microbiología del suelo, procesos de fermentación, genética molecular y microbiana, y virología.

Las bases de datos consultadas incluyeran:

- Quien-es-quien en la Biodiversidad (“Quem é quem em Biodiversidade”)⁴
- el “Cadastro Nacional de Competência em Ciência e Tecnologia” del CNCT (<http://reaact.cesar.org.br/cnct/novo-cnct/htmlEstatico/Welcome.html>).
- el directorio de los grupos de investigación en el Brasil (“Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil”), de CNPq, versiones 2 (<http://www.cnpq.br/gpesq2/>) y 4 (<http://www.cnpq.br/gpesq3/dgp4>).
- la base de datos de *Lattes* (“Base de Currículos Lattes”, de CNPq, versión de Marzo 2003 (<http://lattes.cnpq.br/>)).

A pesar de la carencia de una base de datos unificada en investigadores y de actividades de investigación a la hora del primer examen⁵, y de las limitaciones de algunas de las fuentes (registros antiguos, diferentes esquemas de clasificación para las áreas de investigación y actividades), y de la respuesta pobre de los cuestionarios impresos, la compilación de los datos obtenidos permitió que evaluáramos el estado de arte global de la diversidad microbiana en un nivel nacional.

Los resultados y las tendencias generales observadas con respecto a la distribución geográfica de profesionales y las líneas de investigación evaluadas a finales de 1996 (primer examen) fueron corroborados por los exámenes suplementales conducidos con datos de la base de datos de CV de *Lattes*, realizada en Marzo 2003⁶.

La distribución geográfica de investigadores en microbiología (Tabla 1) es discontinua en el Brasil, y se relaciona directamente al número de instituciones de investigación en las diversas regiones geopolíticas del país. La gran mayoría de profesionales está situada en institutos en los estados de las regiones Sudeste (MG, SP y RJ) y Sur (PR, SC y RS).

Varios factores pueden haber contribuido para esto, incluyendo aspectos históricos e institucionales, infraestructura y recursos para el financiamiento de investigación. Sin embargo, vale observar que las regiones del Norte, del Nordeste y del Medio Oeste abarcan áreas de considerable biodiversidad global, incluyendo los bosques tropicales de la Amazonía, el Cerrado (sabana), el Pantanal (humedales) y las porciones restantes del Bosque Atlántico. La escasez de profesionales que trabajaban en instituciones ubicadas cerca o en el corazón de estos patrimonios representa ciertamente una limitación significativa para el conocimiento de la diversidad microbiana en tales áreas brasileñas de alta biodiversidad.

⁴ El Ministerio del Medio Ambiente ahora coordina la Red de Información en Biodiversidad (“Rede de Informações em Biodiversidade” - BinBr; <http://www.binbr.org.br/quem>), y la base de datos Quien-es-quien en Biodiversidad - “Quem é quem em Biodiversidade?”), localizado originalmente en la Fundação André Tosello (<http://www.bdt.org.br/bdt/whobio> - ahora inactiva).

⁵ La “Base de Currículos Lattes” del CNPq/MCT representa un sistema de información nacional unificado, conteniendo más de 8 millones de entradas (Marzo/2003) de investigadores de diversas áreas científicas y tecnológicas.

⁶ Más datos se pueden encontrar en el sitio <http://www.mma.gov.br/port/sbf/chm/doc/microb1.pdf>.

Tabla 1. Distribución geográfica de profesionales y de instituciones relacionados con la investigación de la diversidad microbiana en el Brasil (datos a partir de 1996).

Regiones	Instituciones	Profesionales
Norte/Nordeste	4	5
Medio Oeste	4	9
Sudeste	22	62
Sur	6	15
Total	36	91

Resultados de un examen suplementario conducido en Marzo 2003 (Tabla 2), usando la base de datos de Lattes (<http://lattes.cnpq.br>) no revelaron un incremento grande cuando comparado a los datos a partir de 1996 en el número de los investigadores asignados a la categoría “Microbiología”, enumerados ambos bajo los directorios de ciencia de la biología (código 2120) y de la agricultura (código 5010). Una vez más, la mayoría de los profesionales están situados en instituciones de las regiones del Sudeste (el 59%) y del Sur (el 17%) (Figura 1).

Tabla 2. Número de investigadores asignados a las áreas de la Microbiología (código 2120) y Agronomía (código 5010) en la base de datos de Lattes (de CNPq/MCT, de 19 Marzo 2003).

Clasificación CNPq	Áreas	Total per área principal ^a	%	Total con redundancia ^b	%
21200009	Microbiología	394	18,0	1018	18,4
21201005	Biología y Fisiología de Microorganismos	109	5,0	443	8,0
21201013	Virología	176	8,0	327	5,9
21201021	Bacteriología	250	11,4	536	9,7
21201030	Micología	160	7,3	354	6,4
21202001	Microbiología Aplicada	226	10,3	826	15,0
21202010	Microbiología Médica	366	16,7	753	13,6
21202028	Microbiología Industrial y de Fermentación	229	10,5	594	10,8
50101048	Microbiología del Suelo y Bioquímica	242	11,1	468	8,5
50102044	Microbiología Agrícola	37	1,7	205	3,7
	TOTAL	2.189		5.524	

^a Profesionales que seleccionaron las áreas específicas como su principal en el sistema de la base de datos.

^b Profesionales que seleccionaron la área como uno de sus campos de investigación.

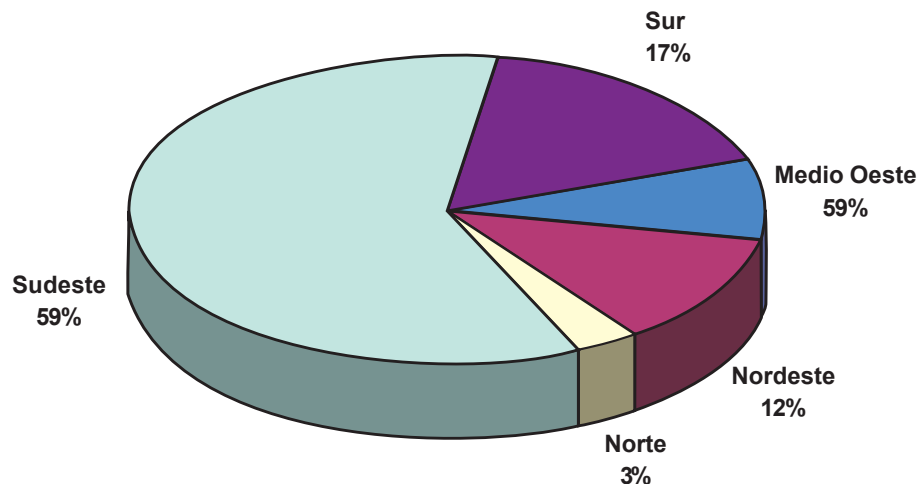


Figura 1. Distribución geográfica de instituciones de los profesionales clasificados en las áreas principales de la Microbiología (código 2120) y la Agricultura (código 5010) en la base de datos de Lattes (CNPq/MCT, 19 Marzo 2003).

Un análisis detallado de las líneas de investigación y de las publicaciones de los diversos grupos identificados en este examen indicó que, en su totalidad, la investigación en la diversidad microbiana, y, por lo tanto, el conocimiento específico en el tamaño de la diversidad de microorganismos en el Brasil, se limita a un número pequeño de investigadores y a una variedad relativamente estrecha de grupos taxonómicos, con cobertura geográfica heterogénea.

Los proyectos de investigación se centran principalmente en la caracterización taxonómica y la identificación de grupos microbianos específicos, usando los métodos clásicos (fenotípicos) basados en el crecimiento de los organismos y de la observación de características morfológicas, del metabolismo y de la fisiología. El uso de la caracterización molecular y de métodos cultura-independientes, dirigido al estudio de comunidades microbianas complejas en el ambiente y a la caracterización de la diversidad genética infra específica fue identificado en seis grupos, alguno de ellos todavía trabajando para que se consoliden en el área.

La diversidad taxonómica de géneros y de especies de microorganismos en el Brasil es mejor conocida y documentada para los hongos filamentosos. Hay fuentes literarias ricas y diversificadas, incluyendo revisiones taxonómicas e inventarios de especies conducidos en biomas brasileños. Sin embargo, estos en general están concentrados en un número reducido de taxa.

La diversidad del archaea, de bacterias, de levaduras, de protozoos y de virus, principalmente para los grupos aislados del ambiente, es todavía poco conocida. La literatura en estos grupos en el Brasil se enfoca principalmente en, y de alguna manera se restringe a, microorganismos de interés clínico, los patógenos de plantas y los inoculantes agrícolas (p. ej. *Rhizobia*).

Básicamente, dos líneas principales de investigación y entrenamiento académico son evidentes en el Brasil:

- Microbiología determinativa: practicada principalmente en las áreas de la microbiología clínica y del alimento, en las cuales la detección y la identificación de microorganismos se basan en procedimientos estandarizados, desarrollados para las clases principales de los patógenos humanos, de animales y de plantas;
- Microbiología sistemática, *sensu lato*: la práctica se restringe a pocos grupos de investigación, relacionados a los estudios taxonómicos y de la caracterización de microorganismos ambientales.

La microbiología clínica demostró mayor desarrollo comparado a la microbiología ambiental. Varios grupos de investigación con tradición en investigación de largo plazo y reputación internacional siguen siendo activos y involucrados principalmente con la investigación de microorganismos de importancia a la salud pública, tal como protozoos y virus. Los microorganismos asociados a las enfermedades tropicales siguen siendo asuntos importantes de la investigación en instituciones tales como Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Instituto Evandro Chagas y Universidade de São Paulo (USP). Grupos consolidados en bacteriología fueron identificados en el Instituto Adolfo Lutz (IAL), Instituto de Medicina Tropical de la Universidade de São Paulo (IMT/USP) y Universidade Federal de Río de Janeiro (UFRJ), mientras que los micólogos médicos fueron identificados en el DPUA, Universidade do Amazonas e IMT/USP.

La investigación en microbiología ambiental está ganando fuerza, con el emerger de grupos que se enfocan en biomas de Bosque de la Amazonía (Universidade do Amazonas), Cerrado Central (sabana, Universidade de Goiás) y Bosque Atlántico (Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal do Río de Janeiro y Universidade de São Paulo).

Además, especialistas en microorganismos de microbiología agrícola, ambiental, industrial y del alimento se pueden encontrar en varios centros, incluyendo EMBRAPA, IBSBF/Instituto Biológico, CNEN/PC-SP, SEMIA/IPAGRO (Piracicaba, SP), DTPE/CETESB (SP), INCQS/FIOCRUZ, Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, SP), Instituto de Tecnología de Alimentos (ITAL, SP), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade de Brasília (UnB) y Universidade de São Paulo (USP).

Los conocimientos técnicos y los recursos en microbiología sistemática, incluyendo la capacidad instalada para la taxonomía polifásica, sistemática molecular y estudios cultura-independientes, necesitados en los análisis de comunidades microbianas complejas, requieren la infraestructura y el entrenamiento específicos. La *expertise* y el uso de estos métodos todavía se limitan a algunos grupos e instituciones de investigación.

La carencia de apoyo de las colecciones de culturas microbianas fue levantada como una limitación crítica al desarrollo de la microbiología ambiental en el Brasil. Las colecciones científicas importantes, con especímenes de microalgas, protozoos, bacterias, hongos filamentosos, levaduras y líneas celulares, están situadas principalmente en institutos de investigación y universidades de las regiones del Sudeste y del Sur. En contraste, las regiones consideradas de alta diversidad, por ejemplo el Nordeste y el Medio Oeste del país, tienen un número limitado de colecciones.

Los datos de un examen realizado entre 1982 y 1989 enumeraron un total de 36 colecciones, con acervos de algas (7), de bacterias (18), de hongos filamentosos y de levaduras (18), de protozoos (4), de virus (1) y culturas de células animales (1). Permanece, todavía, un vacío grande en la información, dado los datos limitados sobre el estado y el grado de conservación de tenencias, documentación, la disponibilidad de datos en el formato electrónico, los recursos humanos y, en general, sobre los usuarios, el uso y la investigación basados en los acervos. En el proyecto SICol⁷, una iniciativa reciente del Ministerio de la Ciencia y de la Tecnología (MCT), la información sobre centros de recursos biológicos se está organizando en un sistema Internet-basado, integrando colecciones de interés para la biodiversidad, la biotecnología, y para usos industriales en el país.

Reconocimientos. Thomas Michael Lewinsohn por la oportunidad de participar en este examen y por la constante motivación. Manuela da Silva y Lyriam Lobo Rosa Marques por la ayuda en la organización y en el análisis de los datos del examen de 1996. Charles Henrique de Araújo y Geraldo Sorte del CNPq/MCT por ayudar con búsquedas en las bases de datos de Lattes en 2003. A los investigadores y a los colegas que contribuyeron con datos.

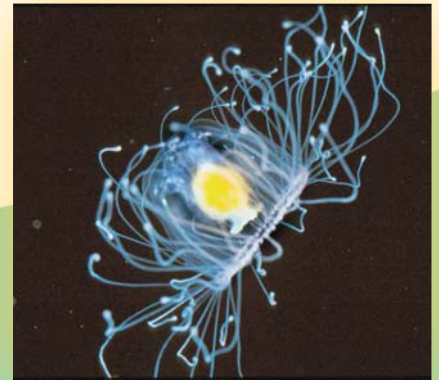
⁷ Sistema de Información sobre Colecciones de Interés Biotecnológico- SICol; <http://sicol.cria.org.br>.

Invertebrados Marinos

Fotos: Alvaro Migotto



Cangrejo ermitaño *Petrochirus diogenes*



Medusa *Turritopsis nutricula*



Zoantideo *Palythoa variabilis*

Invertebrados Marinos

Alvaro Esteves Migotto¹ & Antonio Carlos Marques²

Los organismos non-vertebrados, colectivamente denominados invertebrados, incluyen de 30 a 35 filos de animales. La mayoría de estos (16-18) son exclusivamente marinos, ocho son en su mayoría marinos y siete tienen representantes marinos. Todavía abarcando taxa insuficientemente conocidos, la descripción de nuevas especies y taxa superiores de invertebrados es frecuente, incluyendo filos nuevos, mismo para regiones y ambientes bien conocidos. Como porciones extensas de los océanos son casi inexploradas, particularmente el mar profundo, no es imposible que ecosistemas completamente nuevos no sean revelados al mundo, como el descubrimiento reciente de los respiraderos termales. Referente al Atlántico del Sur, su fauna marina está entre la más pobremente conocida en el mundo. Particularmente para el Brasil, hay muchos filos sin un solo registro de especies a lo largo de su costa entera, mientras que varios otros filos son casi totalmente ignorados.

El objetivo de este estudio fue compilar y evaluar críticamente el conocimiento disponible en la biodiversidad de invertebrados en el Brasil, incluyendo listas de especialistas, los museos y las colecciones, y la infraestructura general, indicando deficiencias y sugiriendo las acciones necesarias. Los datos fueron recopilados usando un cuestionario estándar distribuido a los sistematas seleccionados. Siete filos que no tienen especialistas trabajando actualmente en el Brasil non fueron incluidos.

Las familias y los géneros de los taxa superiores incluidos en este examen general fueron considerados por la mayoría de los especialistas consultados como siendo taxonómicamente bien establecidos y apropiadamente visados, permitiendo su identificación en el nivel de género, o aún en el nivel de especie, en la mayoría de los casos. Las identificaciones se pueden hacer basadas en la literatura, que, en general, es considerada extensa.

El número de especialistas en actividad en el Brasil es pequeño considerando la extensión geográfica y la diversidad de los organismos abarcados. Por lo tanto, el entrenamiento taxonómico es considerado como prioridad número uno. Taxonomistas se pueden calificar en períodos relativamente cortos (entre dos a cuatro años), casi enteramente en el Brasil. En muchos taxa, el empleo inmediato de taxonomistas por las universidades y los institutos es una prioridad urgente.

Una segunda prioridad es la mejora de las colecciones de los museos principalmente recogiendo nuevo material que es en general representativo de las especies en escalas regionales y mundiales, además de la cooperación con los investigadores y los institutos extranjeros. Las colecciones existentes en los museos son casi siempre insuficientes (inexistentes en algunos casos). Hay una necesidad urgente de crear las condiciones para mantener estas colecciones biológicas, lo que no siempre es posible en instituciones sin la tradición adecuada. Puesto que la mayoría de los invertebrados marinos necesitan ser preservados y mantenidos en soluciones acuosas o alcohólicas, sus colecciones exigen espacios grandes, control de la temperatura y cuidado constante. También, la mayoría de los especímenes de varios taxa superiores son muy pequeños o microscópicos, de modo que las colecciones en museos públicos necesitan ser mantenidas directamente por los taxonomistas o por técnicos especializados. El entrenamiento

¹ Centro de Biologia Marinha, Universidade de São Paulo, São Sebastião, SP.

² Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

de técnicos se puede realizar en el Brasil a lo largo de un período de cerca de dos años. Es también importante promover el depósito del material biológico por non-sistematas, asegurando así el cuidado apropiado y por largo plazo en el museo.

Para la mayoría de los taxa, las guías y los manuales de identificación son escasos o tratan solamente de la parte de la fauna marina. Considerase que los investigadores brasileños tienen bastante maestría para producir tales publicaciones –para las cuales financiamiento debe ser otra prioridad– generalmente en un período de dos a cuatro años. Simultáneamente a la publicación de manuales y de guías, la producción de revisiones taxonómicas y de catálogos debe también ser incentivada pues son fundamentales para las evaluaciones de la biodiversidad.

Prácticamente todos los taxa fueron considerados importantes para la investigación básica, y se deben contemplar en programas de sistemática y de biodiversidad. La carencia del conocimiento de los invertebrados marinos brasileños y la importancia potencial de muchos de ellos en clarificar aspectos de la filogenia metazoaniana son algunas de las razones levantadas para justificar su estudio extendido. Las especies indicadoras (de disturbios ambientales) se incluyen en casi todos los grupos. Representantes de pocos taxa se utilizan directamente como fuente del alimento en el Brasil (moluscos, crustáceos y, en cantidades bajas, equinodermos), pero la mayoría son artículos importantes en la dieta de organismos económicamente explotados, tales como pescados y crustáceos. Impactos negativos en actividades económicas y públicas se atribuyen a muchos taxa que son venenosos, parásitos, componentes de suciedad, o agentes de la corrosión de estructuras de madera y de concreto. El campo de la biotecnología marina es extremadamente importante, incluyendo la investigación sobre los productos naturales derivados de animales marinos. En un contexto más amplio la conservación de los ambientes marinos únicos, como los filones coralinos, es clave para el ecoturismo y para las actividades ambientales de la educación, pero nuestra carencia del conocimiento sobre biodiversidad podría limitar nuestra capacidad de lograr esta meta deseable.

El número de especies registradas en la costa brasileña sigue siendo bajo, siendo difícil de estimar el número verdadero de especies debido a la escasez de inventarios y de estudios taxonómicos. Nematoda es un ejemplo de un taxon casi descuidado en el Brasil, a pesar de ser muy abundante y diverso en la mayoría de los sistemas bénticos, ocurriendo en densidades generalmente más grandes que cualquier otro filo animal. La mayoría de los especialistas consideran que el número de especies no descritas o no registradas es alto a lo largo de la costa brasileña, incluso en los ambientes marinos más accesibles. Los estudios que emplean metodologías recientes como la ordenación del DNA y el análisis de la ultra estructura pueden contribuir para destapar la biodiversidad ‘escondida’, consistiendo en, por ejemplo, complejos de especies y especies hermanas. Hay una predicción general que el número de especies registradas de la costa brasileña se debe doblar o triplicar, especialmente si los esfuerzos de recolección se concentraren en ambientes menos estudiados, tales como la fauna de alto mar.

Pocos ambientes se pueden considerar como teniendo un grado satisfactorio de conocimiento. En general, la fauna béntica de los ambientes intertidales o del infra litoral raso es relativamente bien conocida debido a la facilidad del acceso a estas zonas. La fauna de la plataforma continental y de la costa, en el contrario, es menos recogida debido a la necesidad de navíos oceanográficos y de dispositivos especiales de coleta, y de esa manera la gran mayoría de los taxa de estos ambientes son inadecuadamente conocidos. Las zonas nerítica y oceánica del reino pelágico también se conocen muy poco, a excepción de algunos taxa superiores. Los estuarios y los manglares son relativamente bien conocidos para algunos taxa, aunque en general su fauna fue considerada insuficientemente estudiada.

La fauna marina de la costa norteña del Brasil es hasta ahora la menos estudiada y con escasas colecciones de museos. En contraste, la costa del Sudeste es unánimemente considerada

la mejor conocida con respecto a su fauna marina, principalmente debido a la existencia de varias instituciones, taxonomistas dedicados al estudio de ambientes marinos y por la presencia fuerte de agencias que apoyan la investigación, como FAPESP. Los museos de historia natural y las universidades también se concentran en esta parte del país. Los especialistas consultados también precisaron que pocos taxa superiores son bien estudiados o bien investigados en las costas meridionales y del Nordeste del Brasil, aunque en general estas regiones son consideradas poco conocidas.

La neo-extinción de invertebrados no ha sido registrada para la costa brasileña, aunque ciertas especies sean consideradas amenazadas. Aunque la neo-extinción aparece ser rara entre invertebrados marinos, la carencia del conocimiento de la biodiversidad marina en el Brasil imposibilita una evaluación mejor en el tema. Las extinciones regionales debido a los problemas ambientales crecientes, como pérdida de habitats y las invasiones biológicas, pueden ser también en grande parte desapercibidas, especialmente en los lugares mal estudiados.

Concluimos que la necesidad urgente de taxonomistas en el Brasil especializados en invertebrados marinos implica que ellos deben ser entrenados adecuadamente en herramientas modernas de la taxonomía, y que tengan condiciones para mantener a un equipo integrado por los gerentes de las bases de datos, ilustradores científicos, técnicos (especializados en preparaciones de especímenes, ordenación del DNA, microscopia del MEV, etc.) y estudiantes graduados. Los programas de biodiversidad deben ser financiados adecuadamente para asegurar que los taxonomistas existentes tengan condiciones de trabajar extensivamente en inventarios, descripciones y análisis filogenético centrado en los taxa en los cuales son especializados. En el mismo tiempo, estos programas deben emplear nuevos taxonomistas para trabajar en los taxa descuidados. La mejora de las colecciones de los museos y de la creación de museos nuevos son otra prioridad. Estas instituciones deben trabajar como centros de excelencia para la taxonomía, proporcionando colecciones geográficamente amplias y de especímenes taxonomicamente representativos, además de la preparación y el mantenimiento de los especímenes, servicios de identificación y bases de datos así como trabajo taxonómico básico, como descritos arriba.

Invertebrados Terrestres



Oruga de mariposa Saturniidae
Foto: Gustavo Mozzer



Abeja *Epicharis* cf. *rustica*
Foto: Gustavo Mozzer



Palomilla *Myscelia orsis*
Foto: José Sabino / Natureza em Foco

Invertebrados Terrestres

Carlos Roberto Ferreira Brandão¹, Eliana Marques Cancelló¹

& Christiane Izumi Yamamoto¹

Presentamos informaciones detalladas y discutimos el estado del conocimiento en el Brasil en los gusanos (Annelida), en los Arthropoda Arachnida (arañas en general y Mygalomorphae, en particular opiliones, ácaros y escorpiones), en Myriapoda (los ciempiés y los milpiés); entre el Insecta, en Odonata (libélulas), Isoptera (termitas), el coleóptero (escarabajos en general), y especialmente Cerambycidae (escarabajos de cuernos largos), Elateridae (escarabajos de tecleo) y Curculionidae (gorgojos); entre los himenópteros, en Ichneumonoidea (avispa parásitas), Sphecidae (avispa cavadora) y Formicidae (hormigas). Por otra parte, agregamos la información tomada de la literatura reciente y provista por los colegas en los grupos no cubiertos por los cuestionarios usados para este examen. También hacemos comentarios sobre las mejores colecciones del país y las prioridades indicadas por los especialistas para mejorar el estudio de invertebrados terrestres.

Los taxa discutidos aquí incluyen especies consideradas importantes como parásitos del ecosistema agrícola en el manejo de agro ecosistemas; vectores de patógenos en agro ecosistemas; polinizadores y/o parásitos/predadores de otros parásitos; vectores de parásito de seres humanos y de animales; especie venenosa, para la identificación de nuevos productos químicos; especie rara o amenazada, como buenos indicadores de las consecuencias para el medio ambiente; y como buenas herramientas en programas de educación.

Todos los especialistas que han contribuido a esta diagnosis consideraron sus grupos de especialidad como prioridad para los programas de investigación sobre la Sistemática. Al analizar en la información recopilada por cada uno de los especialistas consultados, uno puede evaluar la importancia relativa de los taxa considerados y obtener indicaciones de cómo mejorar su conocimiento, y también cómo esta información puede contribuir para formular políticas de conservación.

El Nordeste de Brasil fue indicado como la región más pobremente conocida por todos los especialistas en todos los criterios usados. El bioma del Nordeste de la Caatinga también fue alineado como el peor sabido en el Brasil. La región del Medio Oeste fue alineada como la segunda menos conocida con respecto al conocimiento encendido sobre la mayoría de los grupos invertebrados y el esfuerzo de muestreo en los mismos. Por consiguiente, el Pantanal y el Cerrado han sido clasificados como poco conocidos por la mayoría de los especialistas. La región norteña del Brasil apareció en una posición intermedia una vez que algunos de los grupos investigados pueden ser considerados razonablemente bien conocidos en la Amazonía. En el Brasil meridional, la mayoría de los grupos invertebrados fueron considerados razonablemente conocidos, aunque algunos taxa nunca se han recogido sistemáticamente allí. El Sur fue la región brasileña con las graduaciones positivas en ambos criterios y por lo tanto el bioma del Bosque Atlántico recibió equivalentemente altas graduaciones.

De los taxa acentuados en este estudio, solamente las hormigas se han investigado sistemáticamente en ambientes montañosos más altos.

¹ Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

Información electrónica adicional sobre los invertebrados terrestres brasileños se puede obtener en los sitios siguientes:

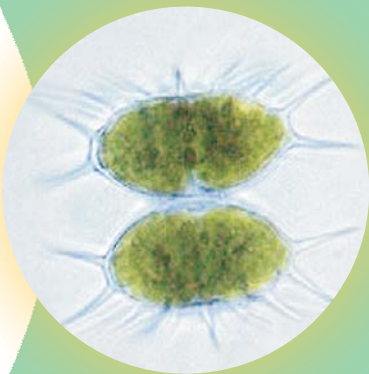
<http://www.bdt.org.br/bdt/biotasp/planaria.htm> (sobre platelmintos).

<http://www.bdt.org.br/bdt/biotasp/indnema.htm> (sobre nematodos).

<http://www.bdt.org.br/bdt/biotasp/insecta> (sobre insectos in general).

Algunos textos recientes pueden también complementar esta información: Brandão y Cancellato (1999) y Guedes (1998).

Organismos de Agua Dulce



Fitoplanton *Staurastrum setigerum*
Foto: Ana Cláudia Peres



Zooplanton *Daphnia laevis*
Foto: Evandro Moretto



Ninfa *Nymphaea elegans*
Foto: Magno Botelho Castelo Branco

Organismos de Agua Dulce

Odete Rocha¹

Los invertebrados de agua dulce pertenecen a una variedad de categorías taxonómicas, aunque en la mayoría de los casos el componente de agua dulce es menos diverso que el componente marino y en general los organismos de agua dulce son más pequeños, menos coloridos y menos visibles que sus contrapartes marinas. La biodiversidad de agua dulce es también menos conocida que la biodiversidad marina. Por consiguiente, el programa Diversitas de la UNESCO ha elegido la biodiversidad de agua dulce como uno de sus blancos especiales para los estudios en el futuro cercano.

De acuerdo con la información recolectada entre especialistas y en la revisión de la literatura, es presentada la siguiente diagnosis en el conocimiento actual de la Biodiversidad de los Invertebrados de Agua Dulce en el Brasil.

No hay información disponible con respecto a la diversidad del virus, de bacterias y de protozoos de las aguas dulces brasileñas. Informaciones fragmentarias fueron compiladas, pero no fue posible alcanzar cualquier estimación de los números de especies o de hecho, de géneros, ni mismo con una conjetura preliminar. Hay muy pocos investigadores que trabajan con taxonomía y la ecología de estos grupos, y ninguno es especialista de hecho y derecho. Será necesario entrenar a un número de investigadores para cubrir estos grupos importantes. Ellos son de gran importancia sobre los puntos de vista económico y científico general. Los recursos humanos, la literatura y las colecciones son escasos.

Hay 2.331 especies de hongos de agua dulce conocidos en el mundo. En el Brasil hay 414 especies conocidas, 141 que pertenecen al Stramenopila, 180 que representan juntas el Acrasiomycota, el Dictyosteliomycota, el Myxomycota y el Plasmodiophoromycota, y 93 en el Chytridiomycota. Hay grupos de investigación en São Paulo (Instituto Botánica y Universidad del Estado de São Paulo en Botucatu) y en la Universidad Federal de Pernambuco. Los expertos juzgan que ese entrenamiento y el contrato de investigadores en empleos donde pueden continuar el trabajo son las prioridades principales para el avance del conocimiento de hongos. Ellos afirman que un especialista puede calificarse en cuatro a diez años, pero que, en cerca de dos años, un técnico podría ser entrenado para recoger, clasificar e identificar especies comunes.

Las algas son un grupo grande y diverso en organismos de agua dulce. Hay alrededor de 10.000 especies identificadas en organismos de agua dulce brasileños: 800 Cyanophyceae, 3.500 Chlorophyceae, 1.200 Bacillariophyceae, 2.000 flagelados que pertenecen a varios grupos, 50 Rodophyta y algunos otros grupos. Son extremadamente importantes en la agua dulce porque son los productores primarios principales y por lo tanto la base de todas las cadenas alimentares. Hay un número de taxonomistas en el Brasil. Un grupo de investigación importante se encuentra en el Instituto de Botánica de São Paulo, pero también hay especialistas en muchas otras instituciones brasileñas, por ejemplo: Universidad Federal de Paraná, Curitiba; El Museo de Ciencia Natural en Porto Alegre, Rio Grande do Sul; Universidad del Estado de Ponta Grossa, Paraná; Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis; Museo Nacional, Rio de Janeiro; Universidad Federal de São Carlos, y otras. Los investigadores consideran que las acciones prioritarias para

¹ Laboratório de Limnologia, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São de Carlos, São Carlos, SP.

aumentar el conocimiento incluyen la mejora de colecciones, de la literatura, y la multiplicación de recursos humanos bien enseñados. Hay colecciones importantes y literatura disponibles en el Instituto de Botánica de São Paulo, el Museo Nacional en Rio de Janeiro, Universidad Federal de Paraná y el Museo de Ciencia Natural en Porto Alegre. Los especialistas cuentan con que el número conocido de especies se pueda por lo menos triplicar a través de un programa completo de la biodiversidad.

Las plantas florecientes o las angiospermas son de ocurrencia común en los ambientes de agua dulce brasileños y ocupan diversos habitats en los ambientes acuáticos, sea arraigadas, inmersas o flotantes en las aguas. Un número de especies es conocido en el Brasil, pero no fue posible recopilar la información en su totalidad. Como una conjetura, por lo menos 100 especies se pueden encontrar en aguas brasileñas.

Para el componente de los animales invertebrados, encontramos que por lo menos 3.134 especies han sido registradas en organismos de agua dulce brasileños. Ellas pueden ser agrupadas como:

- I) Un grupo diversificado pero pequeño constituido por diez taxa pequeños representados por menos de 100 especies cada uno, sumando 365 especies (44 Porifera; 9 Cnidaria; 92 Turbellaria; 2 Nemertinea; 63 Gastrotricha; 10 Nematomorpha; 10 Bryozoa; 61 Tardigrada; 74 Annelida);
- II) Rotifera, con 467 especies conocidas en el Brasil;
- III) Moluscos (Gastropoda y Bivalvia), sumando 308 especies;
- IV) Acari (Hydracarina) con un total de 332 especies;
- V) Crustacea, con un total de 365 especies;
- VI) Insecta, con 1.297 especies registradas para los organismos de agua dulce.

Hay grupos invertebrados importantes para los cuales no hay especialistas brasileños y no se está realizando ningún trabajo de inventario en el momento. Estos incluyen Nematoda; Platyhelminthes Turbellaria; Nemertinea; Gastrotricha; Nematomorpha; Bryozoa; Hydracarina (ácaros acuáticos); Syncarida; Ephemeroptera; Trichoptera; Coleoptera; Hemiptera; varias familias de Diptera; Annelida Hirudinea entre otros. El problema es agravado más a fondo por el hecho de que los científicos extranjeros, algunos en el siglo pasado, describieron muchas especies y los holotipos están en las colecciones fuera de Brasil lo que obstaculiza las comparaciones requeridas para la identificación correcta en muchos grupos.

Los grupos planktónicos como Rotifera, Cladocera, y Copepoda son mejor conocidos que las formas bénticas. Entre organismos bénticos, algunos como Crustacea Decapoda, son mejores conocidos, porque son importantes en las cadenas tróficas, tienen tamaños grandes y pueden ser cultivados o cosechados comercialmente. Otra tendencia notable es que los grupos relevantes a la salud pública son mejor conocidos. Ésa es especialmente la situación de moluscos y de vectores de insecto o de transmisores de enfermedades. Para tales grupos hay suficientes investigadores en el país y las prioridades deberían ser: motivar a los científicos jóvenes ya entrenados para continuar el trabajo taxonómico a través de oportunidades de trabajo; y extender al Brasil en su totalidad, los programas de investigación como lo fomentado actualmente por FAPESP en el estado de São Paulo (el programa Biota-FAPESP).

Todos los investigadores consultados durante la recopilación de informaciones para esta revisión acentuaron la necesidad de entrenar a más gente; de contratar a investigadores entrenados en empleos donde pueden continuar el trabajo de investigación; la necesidad de mejorar colecciones y la cobertura geográfica; de mejorar la literatura y de producir la documentación, llaves y los manuales para identificación. Con respecto al último, la importancia de la ayuda de expertos extranjeros es indicada para muchos grupos.

Según las estimaciones compiladas aquí, debería haber por lo menos 8.500 especies todavía no registradas o descritas (alrededor de 1.000 coleópteros, 500 Heteroptera y 5.000 Diptera, 500

crustáceos, 500 rotíferos más cerca de 1.000 especies en todos los otros taxa) no contando bacterias y los protozoos. Para los hongos, las algas, los musgos, los helechos y las plantas florecientes de agua dulce, la estimación de 20.000 especies todavía a ser identificadas es probablemente una aproximación conservadora. Hasta ahora se puede decir que menos del 30% de la biodiversidad de agua dulce en el Brasil es conocida.

La situación de las colecciones para la mayoría de los grupos es de gran escasez y mismo de ausencia completa para algunos grupos. Las excepciones notables son, por ejemplo, la colección de Decapoda en el Museo Zoológico de la Universidad de São Paulo y la colección de Porifera en el Museo de Ciencias Naturales en Rio Grande do Sul. Para la mayoría de los taxa, las colecciones están incompletas y dispersas entre muchas instituciones. Los recursos financieros y el entrenamiento de técnicos especializados son necesarios para el mantenimiento apropiado de las colecciones. Hay problemas en mantener las colecciones ya existentes. Algunos museos carecen de la infraestructura, de taxonomistas y de guardianes necesarios para las tareas requeridas. Los grupos sin colecciones organizadas conocidas incluyen el Turbellaria, Bryozoa, Nemertea, y Oligochaeta. Hay especímenes en departamentos de universidades y algunos grupos están en colecciones personales, tales como Gastrotricha y Lepidoptera.

Hay una necesidad urgente de la creación de colecciones completas, a través del muestreo extenso en todo el país y del preparo de colecciones confiables de referencia, así haciendo los materiales y la información más accesibles.

Una lista de los investigadores actuales de grupos de agua dulce fue obtenida por esta evaluación, aunque incompleta. Está claro en general que hay demasiado pocos trabajadores. No fue posible comprobar si los investigadores están haciendo el trabajo taxonómico a tiempo completo, por horas o en su tiempo de repuesto, aunque la mayoría cae ciertamente en las dos últimas categorías, porque ellos están en universidades y se abruman con la enseñanza y la administración. Además, la mayoría de los investigadores tienen ayuda técnica y administrativa inadecuada, cuándo la tienen. Algunos investigadores pueden identificar organismos de agua dulce, pero trabajan preferiblemente con formas marinas.

Hay preguntas importantes que se contestarán en el futuro cercano, como por ejemplo: ¿Cuáles son las estimaciones del endemismo de especies o de niveles taxonómicos más altos? ¿Cómo adecuadas son las colecciones y cuánto accesibles son los tipos? ¿Qué proporción de éstos se sostiene de ultramar? ¿La descripción y el examen de los taxa desconocidos están procediendo en un paso demasiado lento? ¿Esto se puede acelerar? La búsqueda por la información que clarifique estas preguntas ya está en curso.

Vertebrados

Fotos: José Sabino / Natureza em Foco



Seriema *Cariama cristata*



Rana veneno flecha *Dendrobates leucomelas*



Pez caracideo *Brycon hilarii*



Jaguarete *Panthera onca*

Brasil es, ciertamente, el país más rico del mundo en términos de especies de vertebrados, si se consideran los tetrápodos y peces junto. Esta condición nos impone la responsabilidad ética de entender la magnitud de esta riqueza. El conocimiento de tal diversidad es esencial para la exploración, el uso responsable y la conservación de este rico patrimonio.

El actual estudio resultó de una petición por la Secretaria de Biodiversidad y Bosques del Ministerio del Medio Ambiente (SBF-MMA) dentro del Proyecto Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica. La diagnosis de la diversidad de vertebrados es parte de un proyecto más amplio (Síntesis del Conocimiento de la Diversidad Biológica del Brasil), y es financiada por el Fondo Ambiental Mundial y apoyada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Agencia Brasileña de Cooperación (ABC), y el Consejo Brasileño de Investigación (CNPq).

La meta de este documento era proporcionar un primer perfil del conocimiento actual en diversidad de vertebrados en el Brasil. Los aspectos principales considerados fueron la riqueza de especies (por taxa y por biomas), colecciones, especialistas, y literatura disponibles, y también prioridades para el futuro cercano. En esta síntesis, discutimos aspectos de la fracción conocida de la diversidad de vertebrados del país e intentamos indicar maneras de mejor trajinar con este grupo admirable de animales. Examinando diversas fuentes de datos, remontamos un perfil de la infraestructura existente, y señalamos lagunas en el conocimiento. También indicamos los grupos que necesitan más especialistas para mejorar el conocimiento de los taxa, y que áreas deben ser ampliadas en la bibliografía disponible. Este trabajo es solamente una caracterización inicial del conocimiento actual en la diversidad de vertebrados en nuestro país, con la diagnosis de la riqueza taxonómica, el estado de las colecciones, y la bibliografía. Para producir tal diagnosis, 62 especialistas de diversos grupos taxonómicos fueron consultados, y datos adicionales fueron recopilados de publicaciones, de bases de datos, y de la Internet.

Muchos especialistas consultados por el proyecto, así como la literatura específica que ellos acentuaron, demostraron la enorme diversidad de los vertebrados brasileños, considerada la más grande del mundo (Tabla 1). Esta “mega diversidad” todavía es poco conocida y una parte substancial de ella es amenazada críticamente por las actividades humanas, lo que refuerza la necesidad y la urgencia de la ampliación del conocimiento de este patrimonio natural. Por ejemplo, el Brasil tiene la mayor riqueza de especies de peces de agua dulce y de mamíferos del mundo, la segunda mayor diversidad de anfibios, la tercera de aves y la quinta de reptiles (Tabla 1). Sin embargo, el número exacto de las especies de vertebrados brasileños todavía es desconocido, especialmente porque hay áreas extensas que no han sido todavía inventariadas. Mismo en áreas con gran esfuerzos de colección, nuevas especies son descritas regularmente, incluyendo las que pertenecen a grupos visibles, como primates y aves.

El conocimiento en diversidad de vertebrados varía extensamente entre grupos, área geográfica, y biomas. De grosso modo, hay más y mejor información sobre aves y mamíferos, y el Bosque Atlántico es el bioma donde se ha hecho más muestreos. La compilación reciente del muestreo y de los datos para los biomas poco conocidos (por ejemplo, Caatinga, Cerrado, Pantanal, y la Amazonía), debe exigir un gran aumento en la riqueza de las especies de vertebrados brasileños, particularmente para los peces huesudos, los anfibios, y los reptiles.

El número de especialistas varía entre clases taxonómicas, pero, como regla general, hay buenos expertos en todas las clases, aunque no en suficiente número. Para la mayoría de las

¹ Laboratório de Biodiversidade, Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos, Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, Campo Grande, MT.

² Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

clases, hay expertos entrenados que no trabajan en instituciones de investigación. Las colecciones son, en general, accesibles y parcialmente adecuadas para la investigación taxonómica. Las tres instituciones más importantes, con colecciones extensas para todos los grupos, son Museu de Zoologia de la Universidade de São Paulo USP (MZUSP), Museu Nacional (MNRJ), y Museu de Ciência e Tecnologia de la Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (MCP).

Los informadores del proyecto acentuaron la necesidad urgente de la mejora de las colecciones, y el contrato de investigadores y del personal técnico. Las colecciones se pueden mejorar con el muestreo de biomas y de grupos poco conocidos. Además, la publicación de recursos de identificación (guías de campo, llaves) fue considerada urgente para casi todos los grupos de vertebrados brasileños.

Los recursos y los expertos para el estudio de la diversidad de vertebrados están muy concentrados en el Brasil meridional y del Sudeste, las regiones más pobladas e industrializadas, y también las peor preservadas. Así, la mejora de instituciones y el contrato de especialistas son necesidades urgentes para las otras regiones del país (Norte, Nordeste y Medio Oeste). Sin embargo, los principios políticos para reducir al mínimo las diferencias regionales se deben establecer por la calidad de la producción de los grupos de investigación o de las instituciones que solicitarían recursos.

Tabla 1. Diversidad de los vertebrados (número de especies descritas) en el Brasil y mundial, el porcentaje de especies endémicas en el Brasil, y la posición del país en la clasificación en el mundo de la biodiversidad. Algunos valores actualizados se diferencian de las de Lewinsohn y Prado (2002).

Grupo	N de especies en el mundo	N de especies en Brasil	Endemismo en Brasil (%)	Clasificación de la diversidad de Brasil
Agnatha	83 ⁽¹⁾	04 ⁽²⁾	-	-
Chondrichthyes	960 ⁽³⁾	141 marinos ⁽⁴⁾ 3 agua dulce ⁽⁵⁾	- 23% ⁽⁵⁾	-
Osteichthyes	ca. 23.800 ⁽⁶⁾	1.300 marinos ⁽⁴⁾ ca. 3.000 agua dulce ⁽⁷⁾	ca. 10-20% ⁽⁸⁾ -	- 1
Amphibia	ca. 4.800 ⁽⁹⁾	ca. 600 ⁽¹⁰⁾	57 % ⁽¹¹⁾	2 ⁽¹¹⁾
Reptilia	ca. 10.400 ⁽⁹⁾	468 ⁽¹¹⁾	37 % ⁽¹¹⁾	5 ⁽¹¹⁾
Aves	9.700 ⁽¹²⁾	1.688 ⁽¹³⁾	11 % ⁽¹¹⁾	3 ⁽¹¹⁾
Mammalia	4.650 ⁽¹⁴⁾	525 ⁽¹⁵⁾	25 % ⁽¹⁵⁾	1 ⁽¹¹⁾
TOTAL	ca 54.393	ca 7.739	-	1

Fuentes:

- 1 Potter, 1995.
- 2 Mincarone, 2002; Osvaldo T. Oyakawa, comunicación personal.
- 3 Stevens y Last, 1995.
- 4 Buckup, P.A. y N.A. Menezes (eds.), 2002. **Catálogo de Peixes Marinhos e de Água Doce do Brasil**. Proporcionan una lista de especies marinas y de los peces de agua dulce brasileños, actualizada periódicamente. URL: <http://www.mnrj.ufrj.br/catalogo/> (accesado en julio, 2003).
Lista de especies marinas y de agua dulce del mundo (editada por Froese, R. y D. Pauly, 2003. **FishBase**, World Wide Web Electronic Publication). URL: <http://www.fishbase.org> (accesada en agosto, 2003).
- 5 Rosa, 1985 y comunicación personal, para rayas de agua dulce.
- 6 Weitzman, 1995.
- 7 Menezes, 1996 (estimación conservadora para el número de especies de peces de agua dulce brasileños).
- 8 Castro y Menezes, 1998. La tasa de endemismo extrapolada para el estado de São Paulo, proveída por estos autores, y adicionada a la información proporcionada por Rodrigo Leão de Moura (comunicación personal).
- 9 Zug *et al.*, 2001.
- 10 Haddad, 1998 (especies estimadas).
- 11 Mittermeier *et al.*, 1997.
- 12 Silva, 1998.
- 13 Comitê Brasileiro de Registro Ornitológico, 2003. Lista primaria de aves brasileñas, actualizada periódicamente. URL: <http://www.ib.usp.br/cbro> (accesado in junio, 2003).
- 14 Vivo, 1998.
- 15 Fonseca *et al.*, 1996. Adicionó la especie *Mazama bororo*, descrita por Duarte (1996).

Recomendaciones

Entre todos los aspectos expuestos en el actual estudio, es posible resumir las recomendaciones siguientes:

- Aumentar las colecciones con el incentivo de inventarios generales y las colecciones dirigidas que acentúan a las áreas, a los biomas y a grupos poco conocidos destacados como prioritarios durante los talleres para la evaluación de los diversos biomas brasileños (para el conocimiento detallado en estas áreas, incluyendo mapas, vea MMA, 2002);
- Estimular la producción y la publicación de listas de especies, de revisiones taxonómicas, llaves y guías del campo, con énfasis sobre grupos poco documentados;
- Estimular la publicación de llaves, manuales y guías del campo, que permitan la identificación de las especies por los especialistas y los no especialistas;
- Aumentar el número de especialistas, con el entrenamiento de nuevos profesionales, y promover políticas para la colocación de aquellos ya graduados pero no absorbidos por las instituciones científicas, empleando incluso a los guardianes de las colecciones zoológicas (una laguna destacada por varios contribuidores del proyecto);
- Disminuir las disparidades regionales en la distribución de recursos humanos y materiales para los estudios en la diversidad de vertebrados, consolidando a las instituciones y estimulando la fijación de los investigadores en áreas menos asistidas tales como el Norte, el Nordeste y el Medio Oeste de Brasil. Sin embargo, tal ayuda no debería ser basada solamente en necesidades materiales y en la carencia del conocimiento en los biomas poco inventariados, sino que debería también ser contorneada por la productividad previa y los méritos del científico, del grupo de investigación o de la institución requiriendo los recursos;
- Crear los mecanismos distintos para emplear y fijar los investigadores en las instituciones de enseñanza y de investigación en las regiones del Medio Oeste, del Norte y del Nordeste, estimulando la creación y la ampliación de los grupos previstos para investigar la diversidad de vertebrados en aquellas áreas de pocos muestreos, que todavía presentan partes significativas de su biota a ser correctamente inventariadas;
- Superar la carencia de las principales colecciones bibliográficas y biológicas, con respecto a la necesidad del personal cualificado (incluyendo técnicos), de instalaciones y de catalogación. Otro aspecto considerado indispensable para las colecciones presupone el aumento y la instalación de las colecciones y de los laboratorios, que incluyen las herramientas para el análisis del material genético y de los sonidos (el último aplicase a los anfibios y aves);
- Crear bases de datos automatizadas, tales como el “Catálogo de Peixes Marinhos e de Água Doce do Brasil” (“Catalogue de Peces Marinos y de Agua Dulce de Brasil”) y el “Comitê Brasileiro de Registro Ornitológico” (“Comité Brasileño de Registros Ornitológicos”), como medio de facilitar la consulta por la comunidad científica;
- Utilizar la Internet para diseminar la información ya disponible en formato electrónico y para estimular la compilación de la información todavía no convertida a digital para este propósito, acentuando las colecciones científicas, investigadores y bibliografía, actualizados periódicamente;
- Crear y establecer medios de tener acceso a la información disponible sobre la diversidad de vertebrados brasileños, como ayuda para enseñar e investigar;

- Destinar los recursos para la publicación de periódicos y de libros científicos focados en la fauna de vertebrados brasileños;
- Producir material para propagar la información y para sensibilizar al público sobre la importancia de los vertebrados brasileños. La edición de libros, de guías de la vida silvestre y de artículos en diversos medios, basados en conocimiento científico, es considerado muy importante en el proceso de la educación popular;
- Estimular la producción del material educativo dirigido a los niveles básicos de la escuela y el entrenamiento del profesor, basado en ejemplos de la fauna de vertebrados de Brasil, y adaptar la lenguaje a ese público específico. Enfatizar la biología de las especies de vertebrados con mala reputación entre el público (e.g., tiburones, pirañas, sapos, serpientes, y murciélagos).

Esperamos que las recomendaciones presentadas en el estudio actual puedan ser puestas en ejecución, y que contribuyan para mejorar el conocimiento científico de las comunidades en la diversidad extraordinaria de vertebrados brasileños. También contamos con que tal aumento en conocimiento fomente los progresos de nuevos medios del uso responsable y sostenible de la biodiversidad de vertebrados. Finalmente, esperamos que los científicos compartan su conocimiento con la sociedad brasileña más y más, así popularizando la importancia, la grandiosidad y la belleza de los vertebrados brasileños, educando varios segmentos de la sociedad y movilizándolos a la defensa y conservación de este precioso recurso natural.

Plantas Terrestres

Fotos: George Shepherd



Angiosperma *Bromelia antiacantha*



Gimnosperma *Podocarpus lambertii*



Briofita *Lophocolea* sp.

Plantas Terrestres

George John Shepherd¹

Del punto de vista de plantas terrestres, Brasil es el país con la mayor biodiversidad en el mundo y contiene de 15 a 20% de las especies conocidas. Esto representa una fracción substancial de la biodiversidad total del globo y da al Brasil una posición privilegiada y una responsabilidad pesada en la exploración, la explotación y la preservación de la biodiversidad del mundo.

Este informe discute qué se sabe sobre esta diversidad y procura de evaluar la capacidad de ocuparse con esto en términos de la mano de obra e infraestructura.

Las plantas terrestres son clasificadas aquí en cuatro grupos importantes - Briofitas, Pteridofitas, Gimnospermas y Angiospermas.

Las **Briofitas** son plantas relativamente pequeñas, delicadas, que se reproducen por esporas y prefieren habitats húmedos y sombríos. En Brasil, las briofitas son representadas por cerca de 3.100 especies - aproximadamente 22% del total de especies conocidas. El país posee así una parte muy elevada de la flora de briofitas del mundo. El número de briólogos profesionales o de aficionados serios en el Brasil es muy limitado, con quizás solamente nueve o diez investigadores en posiciones permanentes. Aunque el número total de especies puede ser estimado, las colecciones de briofitas en el Brasil siguen siendo muy limitadas y una proporción importante, incluyendo la mayoría del material tipo esencial a los estudios nomenclaturales y a las revisiones taxonómicas, es depositada en herbaria en Europa o en los Estados Unidos. El conocimiento en distribuciones regionales y la ocurrencia de las especies en los biomas principales siguen siendo muy incompletos y no es posible proporcionar datos exactos. Está claro, sin embargo, que las principales regiones en diversidad de briofitas están en el Sur y el Sudeste del Brasil y no en las regiones de tierra baja de la Amazonía que tienden a ser comparativamente pobres en briofitas. Actualmente, los briólogos que trabajan en el Brasil son capaces de identificar la mayoría del material recogido en el país, pero sus números limitados hacen difícil de atender a la demanda para las identificaciones, así como de conducir la investigación taxonómica original. Aunque este grupo no sea de gran importancia económica, es de interés considerable de un punto de vista ecológico y evolutivo. Las recomendaciones importantes para este grupo incluyen:

- Un aumento en el número total de los investigadores que trabajan con el grupo.
- Formación de nuevos investigadores, la cual puede ser parcialmente concluida dentro del Brasil. Sin embargo, el número de supervisores potenciales es muy limitado y se puede ser necesario enviar a los estudiantes para el entrenamiento en el extranjero, especialmente dónde un experto reconocido estea disponible para supervisarlos.
- Inversión considerable en nuevas colecciones y estudios de distribuciones geográficas.
- Conservación de estos organismos, que depende de la conservación de habitats enteros, especialmente los bosques, puesto que las colecciones vivas y el almacenaje de esporas no son opciones viables para la conservación.

Las **Pteridofitas** son un grupo de plantas más grandes, vasculares que, como las briofitas, se reproducen por esporas y prefieren habitats relativamente húmedos, sombríos. Este grupo es algo menos diverso en el Brasil, con quizás cerca de 1.400 especies, representando cerca del 10 al 12% del total del mundo. El número de los investigadores que trabajan con pteridofitas en el

¹ Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

Brasil es también muy bajo. La estimación de la diversidad total es probablemente razonablemente exacta, pero todavía hay grandes dificultades taxonómicas con algunos grupos. El conocimiento de la distribución regional y la ocurrencia en diversos biomas es algo mejor que lo existente para las briofitas, pero aún es muy limitado. Como las briofitas, la diversidad más grande se encuentra en el Sur y Sudeste del país y no en los bosques de tierra baja de la Amazonía que tienden a ser relativamente pobres en especies. Pteridólogos que trabajan en el Brasil son capaces de identificar la mayoría del material encontrado dentro del país, pero de nuevo, tienden a sobrecargarse por la cantidad de material a ser identificado y por el número de grupos que todavía requieren la revisión taxonómica. Aunque este grupo es de importancia económica limitada (principalmente plantas ornamentales), es de interés considerable de un punto de vista ecológico y evolutivo. Recomendaciones importantes:

- Un aumento en el número total de los investigadores que trabajan con el grupo.
- Formación de nuevos investigadores, la cuál puede ser probablemente concluida principalmente dentro del Brasil. Sin embargo, el número de supervisores potenciales es muy limitado y se puede ser necesario enviar a los estudiantes para el entrenamiento en el extranjero, especialmente dónde un experto reconocido estea disponible para supervisarlos.
- Inversión considerable en nuevas colecciones y en estudios de distribuciones geográficas es requerida.
- Conservación de estos organismos, que depende de la conservación de habitats enteros, especialmente los bosques. Aunque algunos helechos se cultivan comúnmente, no hay colecciones vivas completas y algunos de los otros grupos de pteridofitas son más difíciles de cultivar. El almacenaje de la espora no es probablemente una opción viable.

Las **Gimnospermas** son predominantemente un grupo leñoso, con la mayoría de las especies formando árboles moderados o grandes. Hay probablemente solamente 14-16 especies de gimnospermas en el Brasil, representando solamente cerca del 2% del total del mundo. Esto no sorprende pues este grupo es el grupo más común en climas frío-templado. Parece no haber especialistas brasileños que trabajan exclusivamente con este grupo, pero la mayoría de las especies se pueden identificar sin gran dificultad, a excepción del género *Gnetum* en el área de la Amazonía. El valor económico se confina principalmente a la *Araucaria* (madera) y al *Ephedra* (producción de la efedrina), pero los géneros *Gnetum*, *Ephedra* y el *Zamia* son de gran interés de un punto de vista evolutivo. Recomendaciones principales:

- El entrenamiento y la formación de especialistas en taxonomía del grupo probablemente no se justifican dado el pequeño número de especies, pero la investigación de la variación genética y de la preservación del germoplasma de las poblaciones naturales de *Araucaria* debe recibir una cierta prioridad.
- Esfuerzos fuertes se deben hacer para investigar la ecología y la biología reproductiva de *Gnetum*, de *Zamia* y de *Ephedra* para asegurar la protección adecuada de las poblaciones naturales de estos géneros dadas la gran significación evolutiva y relativa rareza en todo el mundo.

Las **Angiospermas** (plantas florecientes) son en gran medida las más abundantes y dominantes de todas las plantas terrestres. La flora brasileña contiene, probablemente cerca de 50.000 o más especies, representando cerca del 16 al 20% del total del mundo. Hay probablemente alrededor de 200 investigadores en el Brasil que trabajan activamente con la taxonomía y la identificación de este grupo de plantas, con otro grupo capaz de identificar por lo menos las especies más comunes, y otros investigadores que trabajan con ecología, biología reproductiva, citología y la variación genética. Aunque este número de investigadores es impresionante en comparación con los que trabajan con otros grupos, está lejos de suficiente considerando el gran tamaño de

este grupo y la importancia económica y ecológica de estas plantas. No hay floras o manuales de identificación recientes disponibles para toda la flora brasileña y es improbable que tal tarea se pueda contemplar en el futuro inmediato. En este momento, una estrategia de floras que se desarrollen en el nivel del estado o en áreas más restrictas parece ser un consenso entre investigadores en el Brasil, y las tentativas de producir una flora completa requerirían un gasto enorme de tiempo y de esfuerzos, que simplemente no son factibles actualmente. El conocimiento en distribuciones geográficas y ecológicas es mucho más abundante que en otros grupos pero no está disponible en una forma concentrada y sistemática, y es difícil proporcionar los datos exactos para la diversidad regional y al nivel de bioma. Las recomendaciones importantes para este grupo son:

- Un gran aumento en el número de los investigadores que trabajan en este grupo. Muchas familias grandes tienen muy pocos taxonomistas o investigadores capaces de identificarlas exactamente.
- Muchos de los esfuerzos deben ser dedicados en mejorar colecciones existentes y su preservación, y en mejorar la distribución de las colecciones, que siguen siendo inaceptablemente desiguales en muchas regiones. Aunque han recogido a este grupo en mayor cantidad que cualquier otro grupo de plantas terrestres, las colecciones siguen siendo inadecuadas para estimar la flora total, y la biodiversidad regional o local.
- Ayuda se debe dar a los proyectos de flora en los niveles de estado y local, pero el número total de taxonomistas disponibles es insuficiente para permitir la ejecución simultánea de todos los proyectos de flora que son planeados ahora.

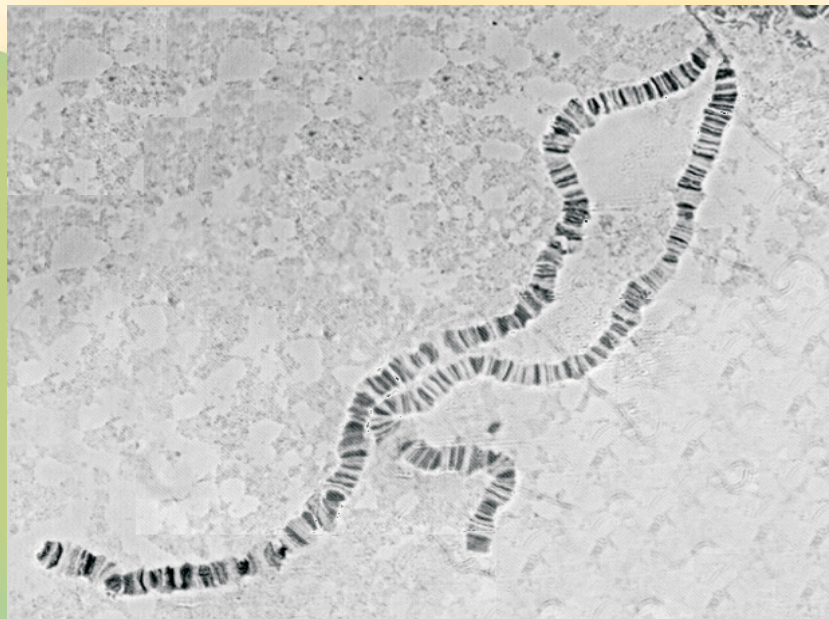
Un número de recomendaciones es igualmente aplicable a todos los grupos considerados hasta ahora:

- La inversión en la formación de recursos humanos es altamente necesaria para que el Brasil llegue a ser razonablemente autosuficiente en la gerencia e identificación de su propia biodiversidad. Para muchos grupos, especialmente en la región de la Amazonía, los únicos taxonomistas capaces de identificar al nivel de especies viven y solamente trabajan en Europa o en los Estados Unidos, y visitan el Brasil esporádicamente.
- El entrenamiento y el desarrollo de las nuevas técnicas para apresurar estudios taxonómicos y florísticos deben ser una alta prioridad. El uso de los métodos automatizados para la descripción y la identificación taxonómicas representan una promesa enorme, pero requieren una inversión masiva en el entrenamiento y recursos para tener suceso.
- Una inversión grande en infraestructura física y en la informatización de colecciones es necesaria si éstas adecuadamente sirven para responder a su propósito de documentar la biodiversidad y como instrumentos de investigación. Mucha de la información requerida para las decisiones actuales sobre la gerencia y la explotación de la biodiversidad solo se puede obtener probablemente por un programa extenso y urgente de las herbarias y de otras bases de datos de colecciones.
- El progreso en taxonomía y ecología para muchos grupos depende de la disponibilidad de manuales de identificación. Los materiales convenientes para enseñar al estudiante graduado o no graduado son casi no existentes para muchos grupos y la producción de tales manuales debe tener alta prioridad. La elaboración de llaves de identificación bien ilustradas, interactivas, automatizadas podría ser de gran uso en la enseñanza y en el entrenamiento, y entonces debe ser estimulada.
- La repatriación de datos y de imágenes de especímenes tipo y otros materiales llevada a cabo en herbaria y otras colecciones en el exterior sería enormemente útil en apresurar y facilitar la investigación taxonómica de plantas brasileñas. Consideración se debe dar al establecimiento de un esfuerzo nacional de remediar la carencia de tales materiales y de

hacerlos extensamente disponibles a través de la Internet o en medios electrónicos tales como CD-ROMs.

- La distribución de investigadores y de colecciones por el país es muy desigual, con una gran concentración de trabajadores en el Sudeste y el Sur. Se requiere un esfuerzo fuerte de aumentar el número de los taxonomistas y de los ecólogos que trabajan en regiones mega diversas tales como la Bacía de la Amazonía y la región del Medio Oeste.
- Técnicas moleculares en sistemática de plantas son actualmente muy utilizadas, de gran importancia, y necesitan ser más desarrolladas en el Brasil. Sin embargo, esto no debe divergir esfuerzos y recursos de actividades más básicas de recoger y de taxonomía alfa, que forman la base para el resto de los estudios de la biodiversidad y proveen las materias primas para aplicaciones más sofisticadas.

Genética



Cromosomas politénicos da mosca *Drosophila mediopunctata*
Foto: Galina Ananina y Louis Bernard Klaczko

La genética se puede dividir didácticamente en cinco áreas según los métodos usados y el material estudiado: Citogenética; Genética Molecular; Genética Bioquímica (Isozymes); Genética Cuantitativa (Rasgos Cuantitativos); y genética de la población (Polimorfismos).

Para determinar el estado actual del conocimiento en biodiversidad genética en el Brasil, preparamos un cuestionario con siete fichas. La primera recogió datos sobre la persona que daba la información (el investigador), sobre miembros del personal y sobre la institución. La última obtuvo las referencias bibliográficas del grupo de trabajo. Las otras cinco fichas fueron asignadas a cada una de las áreas de la genética mencionadas arriba.

Cada ficha se podía completar con información sobre los taxa estudiados, la identificación de familia y de la orden, lugares estudiados, habitats, citas relevantes de referencia, y una descripción corta de los resultados y de las conclusiones principales. Además, los campos de los objetivos y de los métodos fueron diseñados para adquirir respuestas dirigidas entre varias alternativas. Para los objetivos, proporcionamos una serie de alternativas que aumentaron progresivamente la complejidad de la caracterización de la variabilidad genética. Por ejemplo, en los estudios ínter específicos, las opciones siguientes fueron proporcionadas: caracterización de especies, comparaciones entre especies, e inferencias filogenéticas. Para los métodos, asimismo, procuramos hacer una lista que presentó complejidad y/o grado crecientes de información.

Para recoger los datos y para determinar la utilidad de las fichas preparadas, utilizamos inicialmente los resúmenes publicados del 42º Congreso de la Sociedad Brasileña de Genética (SBG) (1996), en lo cual la biodiversidad genética fue el asunto principal. Estos resúmenes fueron utilizados para llenar un total de 242 fichas: 142 en Citogenética; 34 en Isozimas; 40 en Genéticas Moleculares; 22 en Rasgos Cuantitativos; y 4 en Polimorfismos.

Después de probar el cuestionario usando los resúmenes del congreso, fue enviado a 80 científicos, cabezas de los grupos de Investigación en el Brasil. Sus nombres fueron elegidos de los resúmenes antedichos así como del Directório de Grupos de Investigación, y del sistema "Prosiga", ambos del "Conselho Nacional de Ciência e Tecnología-CNPq". De los 80 científicos que fueron contactados, 33 completaron los cuestionarios. Aproximadamente el 60% de las respuestas vinieron del estado de São Paulo, 10% de Rio Grande do Sul, y el restante de Minas Gerais, Rio de Janeiro, y Paraná. En total, 106 fichas fueron vueltas: 42 en Citogenética; 17 en Isozimas; 24 en Genética Molecular; 20 en Rasgos Cuantitativos; y tres en Polimorfismos. Puesto que había muy pocas fichas en polimorfismos, no serán discutidos aquí.

Citogenética

Los métodos citogenéticos pueden ser divididos en tres o cuatro categorías según la complejidad y/o la cantidad de información. Analizando los datos de los resúmenes de SBG

¹ Departamento de Genética e Evolução, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

encontramos entre 141 fichas: 36% usando los métodos más simples; 57% usando bandas o técnicas similares (que son más informativas), y 6% usando técnicas con una definición más alta (cromosomas politénicos e hibridación *in situ*). En los datos recibidos de los científicos (43 fichas), encontramos: 38% que usan hibridación *in situ*; 14%, cromosomas politénicos; 39%, alguno tipo de técnica de bandas, y 12% usando el cariotipo simple o el conteo de cromosomas.

Con respecto a los objetivos, 33 resúmenes de SBG fueron relacionados con el estudio de la variación ínter específica: 12 apuntaron inferencias filogenéticas y los 21 restantes tuvieron la intención de solamente hacer comparaciones entre especies. Veinticinco resúmenes de SBG fueron relacionados con estudios intra específicos: 18 se relacionan con la descripción de la variación intra poblacional y de las comparaciones entre poblaciones; tres investigaron variabilidad geográfica; y cuatro buscaron por los “clines”. De estos resúmenes, 52% tenían objetivos solamente descriptivos, y el 17% hicieron una tentativa de explicar los resultados.

Entre las respuestas dadas por los científicos, 37 se relacionaron con los estudios ínter específicos. La mayoría de estos (81%) eran estudios que se preponían hacer inferencias filogenéticas y solamente una porción pequeña (19%) fue limitada a la comparación simple de especies.

Isozimas

Para que un estudio en variabilidad genética sea considerado bueno, el número de *loci* debe exceder de 20. Los estudios que contienen entre diez y 20 *loci* son considerados razonables, y aquellos que contienen menos de diez *loci*, insuficientes. Semejantemente, un número más arriba de 20 sistemas analizados se considera excelente; entre diez y 20 sistemas, bueno; y entre cinco y diez sistemas, razonable.

Los 34 resúmenes de SBG de los estudios de isozima divulgaron el uso de 132 sistemas, con un promedio de 8,1 por artículo. En total, el 36% utilizó menos de cinco sistemas; el 36% entre cinco y diez; y el 34% más de diez. El número medio de *loci* por artículo fue 12,1 donde 42% de los artículos analizaban menos de diez sistemas; el 32%, entre diez y 20 sistemas; y el 26%, más de 20 sistemas.

Entre 17 fichas completadas por los científicos, 180 sistemas fueron utilizados, haciendo un promedio de 11,3 por trabajo - el 11% tenía menos de cinco sistemas; el 33%, entre cinco y diez sistemas; y el 50%, entre diez y 20 sistemas. El número medio de *loci* por trabajo fue 20. Nueve formularios divulgaron de diez a 20 *loci* y siete más de 20 *loci*.

Entre los 34 resúmenes de SBG, 11 se prepusieron a estudiar la variación ínter específica, de los cuales solamente cuatro pretendían hacer inferencias filogenéticas. De los 22 resúmenes restantes, cinco tenían el objetivo de comparar poblaciones, y todos los otros (72%) eran solamente descriptivos.

Entre las 17 respuestas obtenidas de los científicos principales, diez fueron relacionadas con los estudios ínter específicos, de los cuales la mitad de ellos se prepuso hacer inferencias filogenéticas y la otra mitad pretendió hacer comparaciones entre las especies. Entre los siete resúmenes restantes, cinco fueron previstos para estudiar la estructura de poblaciones o para buscar por los “clines” y las correlaciones con variables ambientales, y solamente dos eran enteramente descriptivos. En general, el 40% se podía considerar como esencialmente descriptivo.

Genética Molecular

El análisis de 40 objetivos de resúmenes de SBG demostró que entre 23 relacionados con la variabilidad ínter específica, 83% objetivaron obtener inferencias filogenéticas. En total, 25% tenían metas descriptivas. Por otra parte, entre las fichas llenadas por los científicos, el 75% se relacionó con el estudio ínter específico y todos apuntaron inferencias filogenéticas, mientras que solamente 17% tenían metas simplemente descriptivas.

Entre 38 resúmenes de SBG, 53% utilizaron la ordenación de DNA, el método actual más sofisticado y más informativo de Genética Molecular, 26% utilizaron RFLP, microsatélites o otras técnicas, y 24% utilizaron RAPD (el método menos informativo). Entre los 24 formularios retornados por los científicos, 74% usaban la ordenación de DNA, 25% usaban RFLP, los microsatélites o otros, y solamente 4% el RAPD.

Rasgos Cuantitativos

Entre 22 resúmenes de SBG examinados, 50% usaron análisis estadístico multivariado, y 27% realizaron experimentos en condiciones ambientales controladas o analizaron caracteres hereditarios. Por otra parte, entre las 20 respuestas de los científicos, 60% divulgaron el uso de las herramientas multivariadas y 25% utilizaron la selección artificial, marcadores, análisis de variedades o experimentos bajo condiciones ambientales controladas.

Entre los 20 formularios completados por los científicos, diez fueron relacionados al análisis ínter específico: siete a las inferencias filogenéticas y a los estudios híbridos, y tres a la comparación entre especies. De los diez formularios restantes: cuatro objetivaron estimar herencia; cinco eran descriptivos (dentro de la misma población o variación geográfica); y uno se prepuso estudiar el significado biológico de un rasgo. Así, 35% eran esencialmente descriptivos.

Conclusiones

La dificultad principal en conducir este tipo de estudio es obtener una tasa satisfactoria de la vuelta del formulario. Teniendo esto en mente, utilizamos un proceso doble para recoger la información para esta evaluación: los resúmenes de SBG y los científicos principales y representativos. Con ambas fuentes, 33 de los 80 formularios (41%) nos fueron vueltos. Esta tasa es absolutamente satisfactoria, puesto que este tipo de estudio tiene con frecuencia una tasa de 10% de vuelta.

Para satisfacer las lagunas remanentes y aumentar el nivel de la certeza que las lagunas encontradas eran verdaderas y no debidas a los datos insuficientes, nosotros consultamos Biological Abstracts (1998 y 1999) y Zoological Record (vols. 122-135). Realizamos un estudio bibliográfico para los grupos principales de planta y animales usando palabras claves apropiadas para encontrar cualquier investigación de la biodiversidad genética en el Brasil.

La dificultad más grande encontrada fue caracterizar la información de uno punto de vista biogeográfico. La información que obtuvimos fue muy heterogénea o imprecisa. Así mismo, fue posible analizar los datos de una manera cualitativa, considerados todos los estados brasileños. Sin embargo, uno debe ser cauteloso en sus conclusiones a partir de solamente esta información.

Podemos considerar los estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro y Pará como los más estudiados. Semejantemente, como ya notamos, en general la costa (Bosque Atlántico, ríos costeros, la Bacía del Río Paraná), la región de la Amazonía (el bosque y la bacía del río) y el Cerrado –en los estados de São Paulo, Minas Gerais y Mato Grosso do Sul– fueron los biomas más estudiados. Hubo estudios en el Pantanal, aunque menos intensos. Finalmente, las regiones que aparecen ser las menos estudiadas, o mismo nunca mencionadas, son la Caatinga y la región central, especialmente los estados de Goiás, Mato Grosso y Tocantins.

Examinando los datos en su totalidad, los resúmenes y las respuestas de los científicos, notamos que los taxa más estudiados entre los animales fueron los insectos –principalmente Diptera y Hymenoptera–, peces, mamíferos –particularmente roedores y primates–, y aves. En contraste, las grandes lagunas para los animales son los equinodermos (los pilluelos de mar y las estrellas de mar), los anélidos (gusanos), y los cefalópodos y Pelecypodae entre los gasterópodos. Mismo entre los mamíferos, un taxa relativamente bien estudiado, algunas lagunas fueron observadas como la ausencia total de estudios en Felidae (gatos en general). Ningún estudio fue encontrado en biodiversidad genética en el Brasil en el Zoological Record para cualquiera de los grupos antedichos. Finalmente, entre los insectos, no se encontró ninguna citación para Hemiptera (por ejemplo chinches e insectos del hedor), aunque hubiesen muchas referencias a los estudios con Reduviidae (“kissing bugs”) en el Zoological Record.

Considerando las plantas, había una preferencia sensible por las dicotiledóneas (sobre todo las orquídeas y los cactus), mientras que las lagunas más grandes fueron encontradas en las briofitas (musgo), las pteridofitas (helechos), y las gimnospermas (árboles del pino entre otros). No se mencionó ninguna de estas plantas en ningún de los conjuntos de datos (los resúmenes de SBG o las respuestas de los científicos). Asimismo, la búsqueda bibliográfica a través del Biological Abstracts fue infructuosa en la detección de estudios en biodiversidad genética en el Brasil para estos taxa.

Es difícil establecer *a priori* cual de los dos conjuntos de datos mejor representa la comunidad científica brasileña. Cada uno tiene su propia tendencia. Los científicos contactados están ciertamente entre los mejores del Brasil actualmente. Por lo tanto, sus respuestas estaban probablemente más arriba de la calidad media del trabajo actual y es de suponer que indican probablemente nuestro límite superior actual.

Esto es de hecho lo que encontramos cuando comparamos los dos conjuntos de datos. Por ejemplo, en citogenética, entre los resúmenes de la SBG, las técnicas más simples (cariotipo y cuenta de cromosomas) fueron utilizadas más con frecuencia que la técnica más sofisticada (hibridación *in situ*), mientras que entre las respuestas dadas por los científicos, el patrón fue casi el contrario. Asimismo, la mayoría de los resúmenes de la SBG demostró objetivos descriptivos (52%). Sin embargo, este número declina hasta el 30% en los formularios completados por los científicos. El porcentaje de los trabajos que intentan hacer inferencias filogenéticas –más bien que simplemente comparar entre especies– ha aumentado del 36% hasta el 81% en los dos conjuntos de datos respectivamente. De todo modo, la mayoría de los trabajos ya habían utilizado técnicas con un cierto nivel de sofisticación –por lo menos algún tipo de técnica de bandas. Este patrón total estuvo presente en las otras áreas.

En los estudios con las isozimas, en los resúmenes de la SBG, el número medio de *loci* era 12,1, donde 42% de los trabajos utilizaron menos de diez *loci*. En las respuestas dadas por los

científicos, el número medio fue 20 – Este fue exactamente el mismo número encontrado en una revisión mundial por Avise (1994)! – y todos divulgaron haber utilizado por lo menos diez *loci*.

En genética molecular, 50% de los resúmenes de la SBG divulgaron el uso de ordenación de DNA. Este número aumentó hasta el 74% entre las respuestas de los científicos. Con respecto a los objetivos, en los resúmenes de los estudios sobre la variación ínter específica, 83% indicaron inferencia filogenética, mientras que entre los informes de los científicos este número fue 100%. Esto indicó que este es probablemente el campo de la genética que usa los métodos más modernos disponibles.

Los datos de los rasgos cuantitativos fueron, a un cierto grado, heterogéneos. Una porción pequeña, 18%, fue dedicada a los estudios ínter específicos, y 27% tenían una naturaleza descriptiva. En los datos de los científicos, siete de diez respuestas relacionadas con la variación ínter específica procuraron hacer inferencias filogenéticas. Sin embargo, ninguna respuesta de los grupos objetivó estudiar QTLs (Quantitative Trait Loci), y solamente pocas fueron relacionadas con las variables genéticas. Irónicamente, estos son los asuntos más modernos en el área.

La tarea de estudiar la biodiversidad es enorme en cualquier país. Podemos decir que en ninguna parte se ha estudiado suficientemente. Solamente 20 años se han pasado desde que las herramientas más importantes de la genética han sido desarrolladas, y solamente en la última década, han llegado a ser accesibles. Así, el Brasil no es una excepción. Hay mucho que hacer para todos los grupos, incluyendo los grupos más bien estudiados. De hecho, estos representan un modelo experimental para los estudios con otros grupos de organismos.

Considerando a los datos presentados aquí y a las consideraciones antedichas, podemos decir que el Brasil está en una posición de razonable a buena, considerando los grupos taxonómicos estudiados, las áreas avanzadas de la genética, y los grupos de investigación más bien preparados. En contraste, hay grandes lagunas en el conocimiento en la biodiversidad genética en el Brasil que pueden ser divididas en tres grupos: taxa, áreas geográficas, y campo de la genética. Podemos decir que los anélidos, los equinodermos, los moluscos (los cefalópodos y Pelecypodae), y los felinos son los animales que necesitan ser estudiados con urgencia. De estos, el ejemplo que más espanta se relaciona con los felinos. La significación ecológica de la *Panthera onca* (el jaguar brasileño), y otros gatos salvajes, así como el hecho de esta ser una especie puesta en peligro y de que sus poblaciones están sufriendo casi ciertamente los efectos de la deriva genética, tornan tal especie una oportunidad rara para estudiar el mantenimiento de la diversidad genética en poblaciones naturales. Entre las plantas, hay una carencia total de información para las briofitas, pteridofitas, y las gimnospermas. Geográficamente, el Medio Oeste es la parte del Brasil que más necesita investigación.

Finalmente, un análisis genético moderno de características cuantitativas, en el contexto del estudio de la biodiversidad genética, es una laguna importante a ser completada, particularmente en la búsqueda de la caracterización de QTLs, que puede representar la síntesis entre el fenotipo y el genotipo.

Referencias

- AVISE, J.C. **Molecular markers, natural history and evolution**. New York: Chapman & Hall, 1994.
- BRANDÃO, C.R.F.; CANCELLO, E.M. (Eds.). **Invertebrados terrestres**. São Paulo: FAPESP, 1999. (Biodiversidade do estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX, 5)
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. Brasília: MMA/SBF, 2002. (Biodiversidade, 5).
- BUCKUP, P.A.; MENEZES, N.A. (Eds.). **Catálogo de peixes marinhos e de água doce do Brasil**. Disponível en: <<http://www.mnrj.ufrj.br/catalogo>>. Acessado en julio 2003.
- CANHOS, V.P.; SOUZA, S.; CANHOS, D.A.L. (Eds.). **Bactérias**. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia "André Tosello", 1989. (Catálogo nacional de linhagens, 1).
- CASTRO, R.M.C.; MENEZES, N.A. Estudo diagnóstico da diversidade de peixes do estado de São Paulo. In: CASTRO, R.M.C. (Ed.). **Vertebrados**. São Paulo: FAPESP, 1998. (Biodiversidade do estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX, 6). p 3-13.
- COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTRO ORNITOLÓGICO. **Lista de aves registradas para o Brasil**. Disponível en: <<http://www.ib.usp.br/cbro>>. Acessado en junio 2003.
- DUARTE, J.M.B. **Guia de identificação de cervídeos brasileiros**. Jaboticabal: FUNEP, 1996.
- FONSECA, G.A.B.; et al. **Lista anotada dos mamíferos do Brasil**. Chicago: University of Chicago press, 1996. 38p. (Occasional papers in conservation biology, 4).
- FROESE, R.; PAULY, D. (Eds.). **FishBase**. Disponível en: <<http://www.fishbase.org>>. Acessado en agosto 2003.
- GUEDES, A.C. (Coord.). **Conservação ex situ: relatório do grupo de trabalho temático 3 sobre o artigo 9 da convenção sobre diversidade biológica**. Brasília: COBIO, 1998.
- HADDAD, C.F.B. Biodiversidade dos anfíbios no estado de São Paulo. In: CASTRO, R.M.C. (Ed.). **Vertebrados**. São Paulo: FAPESP, 1998. (Biodiversidade do estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX, 6). p. 15-26.
- LEWINSOHN, T.M.; PRADO, P.I. **Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento**. São Paulo: Contexto, 2002.
- MENEZES, N.A. Methods for assessing freshwater fish diversity. In: BICUDO, C.E.M.; MENEZES, N.A. (Eds.). **Biodiversity in Brazil: a first approach**. São Paulo: CNPq, 1996. p. 289-295.
- MINCARONE, M.M. Myxinidae. In: BUCKUP, P.A.; MENEZES, N.A. (Eds.). **Catálogo de peixes marinhos e de água doce do Brasil**. Disponível en: <<http://www.mnrj.ufrj.br/catalogo>>. Acessado en mayo 2003.
- MITTERMEIER, R.A.; GIL, P.R.; MITTERMEIER, C.G. (Eds.). **Megadiversity: earth's biologically wealthiest nations**. Mexico: Cemex, 1997.
- POTTER, I.C. Jawless Fishes. In: PAXTON, J.R.; ESCHMEYER (Eds.), W.N. **Encyclopedia of fishes: a comprehensive guide by international experts**. San Diego: Academic Press, 1995. p.56-59.
- ROSA, R.S. **A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae)**. Ph.D. dissertation - College of William and Mary: Williamsburg, 1985.
- SILVA, M.N.F. Four new species of spiny rats of the genus *Proechimys* (Rodentia: Echimyidae) from the western Amazon of Brazil. **Proceedings of the Biological Society of Washington** 111: 436-471, 1998.
- STEVENS, J.; LAST, P.R. Sharks, rays and chimaeras. In: PAXTON, J.R.; ESCHMEYER, W.N. (Eds.). **Encyclopedia of fishes: a comprehensive guide by international experts**. San Diego: Academic Press, 1995. p. 60-69.
- VIVO, M. de. Diversidade de mamíferos do estado de São Paulo. In: CASTRO, R.M.C. (Ed.). **Vertebrados**. São Paulo: FAPESP, 1998. (Biodiversidade do estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX, 6) p. 51-66.
- WEITZMAN, S.H. Classifying fishes. In: PAXTON, J.R.; ESCHMEYER, W.N. (Eds.). **Encyclopedia of fishes: a comprehensive guide by international experts**. San Diego: Academic Press, 1995. p. 20-27.
- ZUG, G.; VITT, L.J.; CALDWELL, J.P. **Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2001