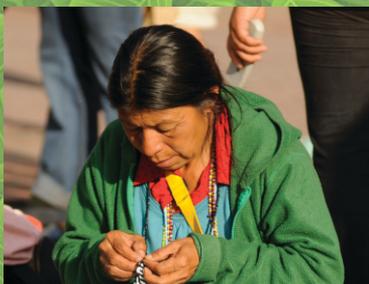


Biblioteca José Jerónimo Triana  
Número 28  
Colección Retratos de la Biodiversidad

# ABC de la Biodiversidad

HUGO F. LÓPEZ-ARÉVALO  
OLGA L. MONTENEGRO  
LUISA F. LIÉVANO-LATORRE



*Jardín Botánico  
José Celestino Mutis*

Centro de Investigación y Desarrollo Científico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ  
FACULTAD DE CIENCIAS  
INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES



Biblioteca José Jerónimo Triana  
Número 28

Colección Retratos de la Biodiversidad

# **ABC de la Biodiversidad**

HUGO F. LÓPEZ-ARÉVALO  
OLGA L. MONTENEGRO  
LUISA F. LIÉVANO-LATORRE

Bogotá, Colombia  
2014

Prohibida la reproducción, total o parcial, por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

© Jardín Botánico José Celestino Mutis

© Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias  
Instituto de Ciencias Naturales

© Hugo F. López Arévalo, Olga L. Montenegro y Luisa F. Liévano Latorre

Fotografías: Jorge Luis Contreras Herrera, excepto por las figuras 3.2, 3.5, 7.4 y recuadro 7.2 (Olga Montenegro), 3.7 (Guido Medina-Rangel), 4.4A y recuadro 5.1B (Luisa F. Liévano), 4.5 (Fabián Correa Bohórquez), 5.2 (Sebastián Vega Rojas), 6.4 (Rafael Moreno), 7.5. (Jardín Botánico de Bogotá - Carlos Forero) y los recuadros 5.1 (Cortesía de Julia Sánchez de Hernández), 6.1 (Ángela Viviana Rojas), y 8.1 (Heidi Pérez).

Ilustraciones: Diego Rueda

Diseño y Diagramación: Andrea Kratzer

Impreso y hecho en Bogotá, Colombia.





*Jardín Botánico*  
*José Celestino Mutis*

Centro de Investigación y Desarrollo Científico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE CIENCIAS

INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES

**Jardín Botánico**  
**José Celestino Mutis**

Director

*Luis Olmedo Martínez Zamora*

Subdirector Científico

*Mauricio Diazgranados*

Subdirectora Educativa y Cultural

*Adriana María Lagos Zapata*

Subdirector Técnico Operativo

*Jorge Enrique Sánchez Segura*

**Universidad Nacional**  
**de Colombia**

Rector

*Ignacio Mantilla Prada*

Decano de la Facultad de Ciencias

*Jesús Sigifredo Valencia Ríos*

Vicedecano de Investigación  
y Extensión

*Jaime Aguirre Ceballos*

Director del Instituto  
de Ciencias Naturales

*Germán Domingo Amat*



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

**BOGOTÁ**  
**HUMANANA**

Colección Retratos de la Biodiversidad  
**ABC de la Biodiversidad**

HUGO F. LÓPEZ-ARÉVALO  
OLGA L. MONTENEGRO  
LUISA F. LIÉVANO-LATORRE

GRUPO EN CONSERVACIÓN Y MANEJO DE VIDA SILVESTRE



*Jardín Botánico*  
*José Celestino Mutis*  
Centro de Investigación y Desarrollo Científico

Jardín Botánico  
José Celestino Mutis

Director

*Luis Olmedo Martínez Zamora*

Comité Editorial  
(en orden alfabético)

*Germán Ignacio Andrade*  
*Martha Patricia Hernández Moreno*  
*María Eugenia Torres Cárcamo*



**BOGOTÁ**  
HUMANA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ  
FACULTAD DE CIENCIAS  
INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES

Universidad Nacional de Colombia  
Instituto de Ciencias Naturales

Director

*Germán Amat García*

Comité Editorial  
Biblioteca José Jerónimo Triana

*Germán Amat García*  
*Jaime Aguirre-Ceballos*  
*Jaime Uribe-Meléndez*  
*Diego Giraldo-Cañas*

# CONTENIDO

Presentación . . . . .	7
Prólogo . . . . .	9
Agradecimientos . . . . .	11
Autores de los recuadros . . . . .	13
<b>Sección 1</b>	
<b>Biodiversidad, conceptos y patrones . . . . .</b>	<b>15</b>
1. Qué es la biodiversidad? . . . . .	17
2. Cuánta biodiversidad hay y dónde se encuentra? . . . . .	29
3. Midiendo la biodiversidad . . . . .	42
4. Biodiversidad y sociedades humanas en Colombia . . . . .	56
<b>Sección 2</b>	
<b>De la historia natural a la conservación de la biodiversidad . . . . .</b>	<b>73</b>
5. Recuento histórico: hacia el conocimiento de la biodiversidad en Colombia . . . . .	75
6. Causas de pérdida de biodiversidad . . . . .	98
7. Conservando la biodiversidad desde lo global a lo local . . . . .	116
8. Fuentes de información sobre la biodiversidad y la conservación . . . . .	137
Glosario . . . . .	158
Referencias . . . . .	165
Reseña de los autores . . . . .	185



# PRESENTACIÓN

## Más que un ABC, todo un alfabeto por descubrir

Por: Luis Olmedo Martínez Zamora

Director Jardín Botánico José Celestino Mutis

El ABC de la biodiversidad es el primero de cinco libros de la colección “Retratos de la Biodiversidad” que a su vez es el resultado de una importante alianza entre el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia y el Jardín Botánico de Bogotá *José Celestino Mutis*, dos centros de investigación con trayectorias compartidas y afinidades para el avance científico del país.

Justamente, estas coincidencias son las que motivan el trabajo conjunto de profundizar en el conocimiento de nuestra biodiversidad con investigaciones básicas y aplicadas en torno a la conservación, el manejo y la gestión apropiada de los recursos florísticos y muy especialmente para fortalecer procesos de generación de capacidades científicas y tecnológicas en el país.

La colección que hoy presentamos está alineada con la estrategia de favorecer la consolidación de redes de investigadores que orbitan temas comunes, como el caso del Programa de Estímulos a la investigación: Thomas van der Hammen, impulsado por esta Alianza, el ICN y el JBB.

El trabajo de los investigadores Hugo López, Olga Montenegro y Luisa Liévano del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia representa un aporte fundamental para avanzar en la apropiación social del conocimiento en diferentes niveles, realizado con elevada calidad científica y claridad de mensajes para que pueda ser utilizado como libro de mesa, como lectura obligada en centros académicos de todo orden y como parte de aquellos textos que están en la casa para disfrutarlos en cualquier momento. El texto aporta conceptos e información relevante para que la sociedad establezca un puente sólido con el conocimiento de la biodiversidad que todos los colombianos deberían saber, pues somos uno de los países más ricos en biodiversidad, y solo podremos valorarla cuando la conozcamos más.

Se trata de una guía para la alfabetización del *no iniciado* sobre un tema que extrañamente todavía nos parece lejano, muy lejano: la biodiversidad y la vitalidad de las formas de vida de la cual somos parte. En ocasiones los documentos realizados desde una perspec-

tiva científica que abordan la riqueza, la diversidad de las especies y sus hábitats y la heterogeneidad y dinámica de los ecosistemas alejan al lector no especializado y se diluye la oportunidad de incorporar elementos de la biodiversidad en sus actividades cotidianas, en los temas sectoriales, y en las decisiones públicas o privadas que pueden favorecer o perjudicar la biodiversidad nacional como riqueza colectiva.

Pocas veces los mismos científicos, abordan la difícil tarea de dar a conocer sus resultados de investigación con perspectiva de llegar a un público amplio, no solamente especializado. Tras una sólida conceptualización, los

autores nos llevan por un viaje desde la historia natural hasta los escenarios actuales para la conservación. Abordando a la par las certezas y las incertidumbres como caminos para la gestión de la complejidad. Texto básico de referencia, para quienes tienen la enorme responsabilidad de conducir el cambio, hacia una sociedad que enfrenta y se adapta al cambio ambiental global. Cometido que desde la misión e incidencia del Jardín Botánico de Bogotá, hemos venido construyendo como parte de la propuesta de la Bogotá Humana, que no podría dejar de contar con la biodiversidad y su conocimiento al alcance de todos.



## PRÓLOGO

La biodiversidad es un tema tratado ampliamente en muchas publicaciones científicas y populares, así como en muchos escenarios académicos, económicos, administrativos y políticos. Mucho se ha dicho sobre este tema, tanto en el mundo, como en Colombia. Por estas razones, cuando el actual director de Instituto de Ciencias Naturales, el profesor Germán Amat, nos invitó a participar en este proyecto editorial bajo el ambicioso nombre *ABC de la Biodiversidad*, sabíamos que nos enfrentábamos a un reto difícil. La dificultad estaba no solamente en abordar un tema muy conocido, sino también pensar en un público amplio, sin caer en la simplicidad o superficialidad de los temas. Pero esta misma dificultad nos proporcionó una oportunidad para compilar y organizar mucho de los materiales que hemos venido utilizando y actualizando a lo largo de los años en los que hemos sido profesores de cursos como biología de la conservación y otros afines, a nivel de pregrado y posgrado, en la Universidad Nacional de Colombia (HFL y OLM).

¿Qué hace de este libro algo diferente a otros similares en el tema? Pensamos que mantener una visión global, pero enfatizar en casos colombianos sería un aporte útil. Muchos de los ejemplos presentados en estas páginas provienen de lo que vemos cotidianamente en nuestro país, e incluso en nuestra ciudad de Bogotá. Mencionamos algunos estudios de caso que en ocasiones han

sido producto de tesis o trabajos de grado de nuestros estudiantes, así como de proyectos propios o de investigadores cercanos. Además de ejemplos a lo largo del texto, incluimos recuadros de temas específicos en los cuales contribuyeron algunos colegas o egresados. Este enfoque busca de alguna forma dar a conocer, así sea muy brevemente, iniciativas o trabajos de investigación en Colombia que han contribuido al conocimiento de nuestra biodiversidad y su conservación.

Este libro está organizado en dos secciones. En la primera buscamos dar un panorama conceptual del término biodiversidad (capítulo 1), sus patrones (capítulo 2), formas de medición (capítulo 3) y algunas de sus relaciones con la sociedad (capítulo 4). En la segunda sección buscamos explorar cómo se ha abordado el conocimiento de la biodiversidad en Colombia, desde su enfoque de historia natural al de la conservación (capítulo 5), para luego examinar las principales causas de pérdida de biodiversidad (capítulo 6). Seguimos con un vistazo a las acciones de conservación de la biodiversidad desde lo global a lo local (capítulo 7) y concluimos con una compilación de algunas fuentes de información que complementan los temas tratados a lo largo de texto (capítulo 8). En cada capítulo presentamos unas sencillas preguntas para generar reflexiones en el lector. Estas preguntas buscan integrar la cotidianeidad del



lector con los textos expuestos y servir de herramienta en las discusiones que esperamos promover en docentes de diferentes niveles de enseñanza y grupos sociales interesados en el tema.

Este libro se elaboró en el marco del convenio entre la Universidad Nacional de Colombia y el Jardín Botánico

de Bogotá José Celestino Mutis (JBB-JCM) para la producción de la serie *Retratos de la Biodiversidad*, de la cual este es el primer número. Los autores, sin embargo, asumimos toda la responsabilidad por las ideas, errores u omisiones que pudieran encontrarse.

*Los autores*

## AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este primer número de la serie *Retratos de la Biodiversidad*, dentro de la Colección José Jerónimo Triana, fue posible gracias a la colaboración de muchas personas. Primero, deseamos agradecer a la coordinadora de este proyecto editorial, Martha Patricia Hernández Moreno y su equipo de trabajo en el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis por todo el apoyo prestado para el logro de este producto y por su paciencia. Así mismo, agradecemos al Dr. Germán I. Andrade por su cuidadosa y crítica revisión de estos textos y por sus valiosas sugerencias. A todos los autores de los recuadros les expresamos nuestro agradecimiento por sus aportes, los cuales complementan y enriquecen el contenido de este libro.

También expresamos nuestro reconocimiento al ilustrador Diego Rueda por interpretar nuestras ideas para las figuras y por su arte y creatividad. La gran mayoría de las fotografías que aparecen en esta obra fueron generosamente suministradas por el biólogo y fotógrafo Jorge Luis Contreras Herrera, a quien agradecemos su aporte para ayudar a ilustrar este libro. También recono-

mos al estudiante de Biología Sebastián Vega Rojas, quien nos compartió las fotos de las pinturas rupestres de Cerro Azul en el Guaviare, a Fabián Correa Bohórquez por la fotografía del nevado del Cocuy, a los biólogos Rafael Moreno por la foto de *Anolis heterodermus* y a Guido Medina por las fotos de reptiles del Caribe colombiano. Así mismo apreciamos la labor de la diagramadora Andrea Kratzer quien le dio la forma final al documento.

Finalmente, aunque no menos importante, reconocemos a la Universidad Nacional de Colombia por darnos el espacio académico y laboral para realizar este trabajo. En particular, agradecemos al profesor Germán Amat, actual director del Instituto de Ciencias Naturales, por la invitación a participar en este proyecto. Así mismo, apreciamos la labor del actual vicedecano de Investigación y Extensión de la Facultad de Ciencias, el profesor Jaime Aguirre Ceballos, por su apoyo desde esa instancia, y a los editores de la Serie José Jerónimo Triana, por su revisión y soporte.





## AUTORES DE LOS RECUADROS

### **Germán Amat**

Biólogo  
Profesor Asociado  
Instituto de Ciencias Naturales  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Bogotá  
*gdamatg@unal.edu.co*

### **José M. Avendaño**

Biólogo  
Contratista, Instituto de Ciencias  
Naturales  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Bogotá  
*jmavendanof@gmail.com*

### **Claudia Brieva**

Médico veterinario  
Profesora Asociada  
Grupo en Conservación y Manejo de  
Vida Silvestre  
Facultad de Medicina Veterinaria y  
Zootecnia  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Bogotá  
*cbrievan@gmail.com*

### **Juan Álvaro Echeverri**

Antropólogo  
Profesor Asociado  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Amazonia  
*jaecheverri@unal.edu.co*

### **Edgar Linares**

Biólogo  
Profesor Asociado  
Instituto de Ciencias Naturales  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Bogotá  
*elinares@unal.edu.co*

### **María A. Martínez**

Bióloga  
Contratista, Instituto de Ciencias  
Naturales  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Bogotá  
*angelicamariama@gmail.com*



**María Fernanda Martínez-  
Polanco**

Antropóloga  
Investigadora, Grupo en Conservación  
y Manejo de Vida Silvestre  
Grupo Arqueología y Ambiente  
Instituto de Ciencias Naturales  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Bogotá  
*mfmartinezp@gmail.com*

**Germán Peña**

Antropólogo  
Profesor Asociado  
Grupo Arqueología y Ambiente  
Grupo en Conservación y Manejo de  
Vida Silvestre  
Instituto de Ciencias Naturales  
Universidad Nacional de Colombia –  
Sede Bogotá  
*gapenal@unal.edu.co*

**Heidi Pérez**

Bióloga  
Investigadora, Grupo en Conservación  
y Manejo de Vida Silvestre  
Instituto de Ciencias Naturales  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Bogotá  
*heidiyohana@yahoo.es*

**Ángela V. Rojas**

Bióloga  
Contratista  
Instituto de Ciencias Naturales  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Bogotá  
*avrojasr@gmail.com*



# SECCIÓN 1

## BIODIVERSIDAD, CONCEPTOS Y PATRONES





# Capítulo 1

## ¿QUÉ ES LA BIODIVERSIDAD?

### El concepto de biodiversidad

Al escuchar la palabra diversidad nos vienen a la cabeza ideas como variedad, cambio, pluralidad, complejidad, entre otros. La diversidad ecológica y biológica, y el estudio de la variedad de especies y la abundancia de las poblaciones ha sido un tema central en el estudio de la ecología. Desde mediados de la década de los años ochenta el uso del término “*biodiversidad*” para referirse a la diversidad biológica (Wilson y Peter 1988), empezó a tomar fuerza en el contexto mundial (ver detalles del origen del término en el capítulo 5). El uso de este término ha sido tan popularizado no solo en el ámbito académico sino en escenarios de conservación y gestión de vida silvestre, de forma que han surgido varias definiciones del mismo. Entre las más generalizadas tenemos la expresada por el Convenio de Diversidad Biológica, CDB, (1992) que en su segundo artículo dice: “*Por diversidad biológica se entiende la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras, los ecosistemas terrestres, y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte, comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas*”. Bolen y Robinson (1995), definen biodiversidad como “*la variedad de vida, expresada típicamente en términos*

*de riqueza de especies, pero también puede ser aplicada a genes y ecosistemas*”. Se ha popularizado tanto el uso de la palabra *biodiversidad* que incluso a veces se desvanece su significado biológico original. Por ejemplo, Tuomasjukka y Solis (1995), indican que biodiversidad es “*un término de carácter político creado para facilitar la conservación de la naturaleza a través de su aprovechamiento y promover el interés focal en los aspectos de uso sostenible de los recursos naturales renovables a nivel de tomadores de decisión*”.

Dependiendo del contexto se ha utilizado una u otra definición. Sin embargo, Colombia como país firmante del CDB acoge la definición propuesta por este organismo dentro de sus documentos de política. Por ejemplo esa definición la utilizó la Política Nacional de Biodiversidad de 1996, o más recientemente, la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE) del 2013. El propósito de esta última política es enmarcar y orientar conceptual y estratégicamente todos los demás instrumentos ambientales de gestión, existentes o que se desarrollen, para la conservación de la biodiversidad en sus diferentes nive-

les de organización, además de ser base de articulación intersectorial y parte fundamental en el desarrollo del país (MADS 2013).

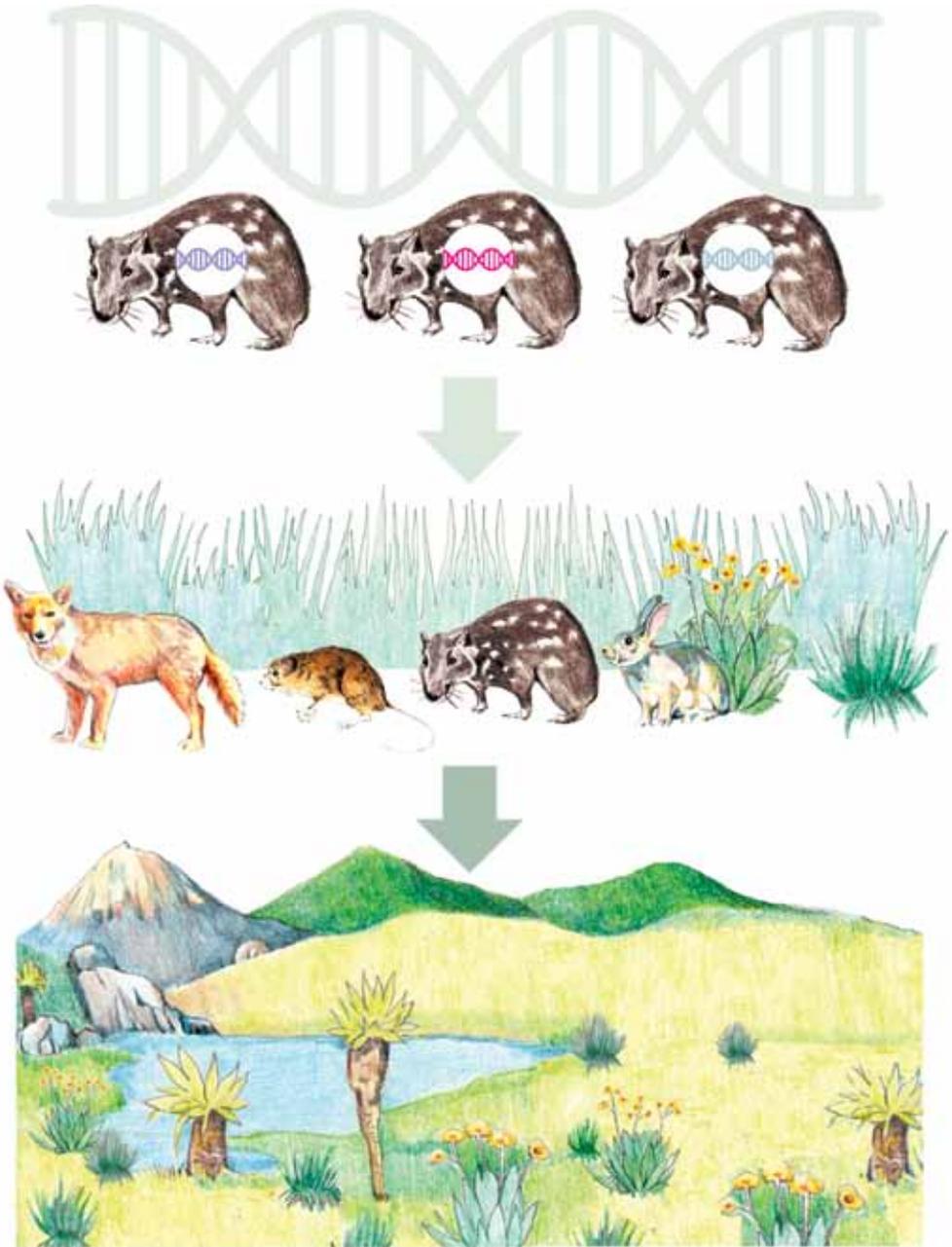


## La biodiversidad a diferentes niveles y escalas

### Biodiversidad desde los genes a los paisajes

La vida en la tierra se caracteriza por su organización jerárquica y su complejidad. Para visualizar esta jerarquía se podría iniciar a partir de las bases químicas de la vida (átomos y moléculas), hacia los organelos que forman las unidades más pequeñas de la vida, que son las células. Las mismas, se organizan en órganos que a su vez forman individuos u organismos. De allí siguen los niveles de poblaciones, especies, comunidades, ecosistemas, paisajes y finalmente toda la biosfera. La biodiversidad se expresa en cada uno de estos niveles de organización (Figura 1.1.). La diversidad genética, por ejemplo, es consecuencia de la diversidad a nivel molecular. La diversidad genética es la responsable de las diferencias observadas tanto entre especies como al interior de poblaciones (individuos de una misma especie). Transmitidas de padres a hijos, los genes (las unidades que contienen la información hereditaria) determinan las caracte-

terísticas expresadas por un individuo. La diversidad genética influye ampliamente, por ejemplo, en las diferencias físicas y la predisposición a enfermedades en humanos, la resistencia de ciertas plantas a la sequía y de ciertas bacterias a los antibióticos. La diversidad genética bajo la presión del ambiente marca las características biológicas de todos los organismos en el planeta tierra (Galindo 2010). Los avances tecnológicos y científicos han permitido profundizar en la explicación de esta diversidad genética y su importancia y aplicaciones tanto en especies domésticas como silvestres. Por ejemplo, estudios sobre el ganado criollo colombiano utilizando marcadores moleculares han evidenciado una diversidad genética relativamente alta, la cual permite programas de mejoramiento genético de utilidad para el sector ganadero del país (Moreno *et al.* 2001).



**Figura 1.1.** Expresiones de la biodiversidad en varios niveles de organización biológica. La diversidad genética genera diferentes fenotipos en una población (individuos de la misma especie). La co-existencia de varias especies en un lugar definen la diversidad de una comunidad ecológica y las diferentes interacciones entre especies y su medio natural establecen la diversidad a nivel ecosistémico.

Además de la alta diversidad genética de estas razas, es posible inferir procesos de cruces y selección de estas razas con aquellas de origen foráneo y hasta es posible realizar análisis de paternidad (Ortega-Torres y García 2009).

En especies silvestres colombianas también se ha examinado la diversidad genética. Un ejemplo es el estudio de la diversidad genética en poblaciones de chigüiro (el roedor más grande del mundo) en varios municipios del departamento del Casanare (Correa y García 2013). Este estudio evidenció que las poblaciones estudiadas variaban muy poco entre ellas y que probablemente la mejor estrategia para mantener e incluso aumentar la diversidad genética entre estas poblaciones es permitir el flujo de genes que ha existido históricamente en el departamento (Correa y García 2013).

En el otro extremo de la jerarquía biológica podemos examinar la biodiversidad a nivel de ecosistemas y paisajes. Una forma de apreciar tal diversidad es a través de la clasificación y cuantificación de los diferentes ecosistemas presentes en una región. En Colombia, por ejemplo, la propuesta de clasificación del IDEAM indica que existen más de 300 tipos de ecosistemas continentales y costeros. Dentro de estos tipos de ecosistemas se incluyen tanto las áreas naturales con poca transformación, como paisajes transformados por actividades humanas de asentamiento, producción y extracción. Entre los bosques naturales, los de menor extensión son los bosques secos y manglares que en con-

junto no superan el 0.5 % respecto al total continental del país. Los bosques húmedos tropicales están mejor representados con una área calculada para el 2007 de un poco más de 49 millones de hectáreas (IDEAM *et al.* 2007).

El paisaje, desde el punto de vista ecológico, es un nivel de organización superior al ecosistema. Algunos lo definen como la expresión espacial de los ecosistemas, definición que incluye la visión geográfica de patrones espaciales y la visión biológica de procesos ecológicos (Burel y Baudry 2003). La expresión de biodiversidad en este nivel de organización podría verse a nivel regional, por ejemplo, en donde se pueden apreciar tanto paisajes naturales como rurales y urbanos.

En cada uno de estos niveles de organización es posible distinguir tres atributos de la biodiversidad, que corresponden a **composición**, **estructura** y **función** (Noss 1990). Podemos visualizar estos tres atributos examinando por ejemplo a nivel de comunidad, las aves de un lugar particular. En Colombia se encuentra la mayor riqueza mundial de especies de aves, la cual sobrepasa las 1850 especies. Si tomamos una comunidad de aves de la región de la Orinoquía colombiana como ejemplo, las diferentes especies de garzas, loros, colibríes y en general todas las otras aves que viven en la región, hacen parte de la **composición** de especies de esa comunidad. La **estructura** de esa misma comunidad puede analizarse a través, por ejemplo, de la abundancia proporcional de cada especie en rela-

ción al total de aves de la comunidad. Otra forma de analizar la estructura de la comunidad de aves es examinando la abundancia de grupos de especies que se alimentan de forma similar (gremios). Por ejemplo, en la Orinoquía colombiana, las aves como los atrapamoscas se agrupan dentro del gremio insectívoro, el cual es el más abundante en esa región. La **función**, por su parte, es el atributo de la biodiversidad que se

refiere a la gran variedad de procesos ecológicos que se dan en cada nivel jerárquico. Las aves que consumen semillas, por ejemplo, son muy importantes en los procesos de dispersión y los nectarívoros (aves que consumen néctar), en los procesos de polinización. Estos dos procesos son parte fundamental en el funcionamiento del ecosistema y son un atributo de la biodiversidad de la región (Figura 1.2.).





**Figura 1.2.** Atributos de la biodiversidad (composición, estructura y función), utilizando como ejemplo las aves de la Orinoquía colombiana. La composición está representada por las diferentes especies (garzas, colibrís, etc.), la estructura por la abundancia proporcional de cada especie en la comunidad (observamos que no todas las especies tienen la misma abundancia), y la función, por el papel que juegan en el ecosistema; en la imagen, vemos a un colibrí polinizando una flor.

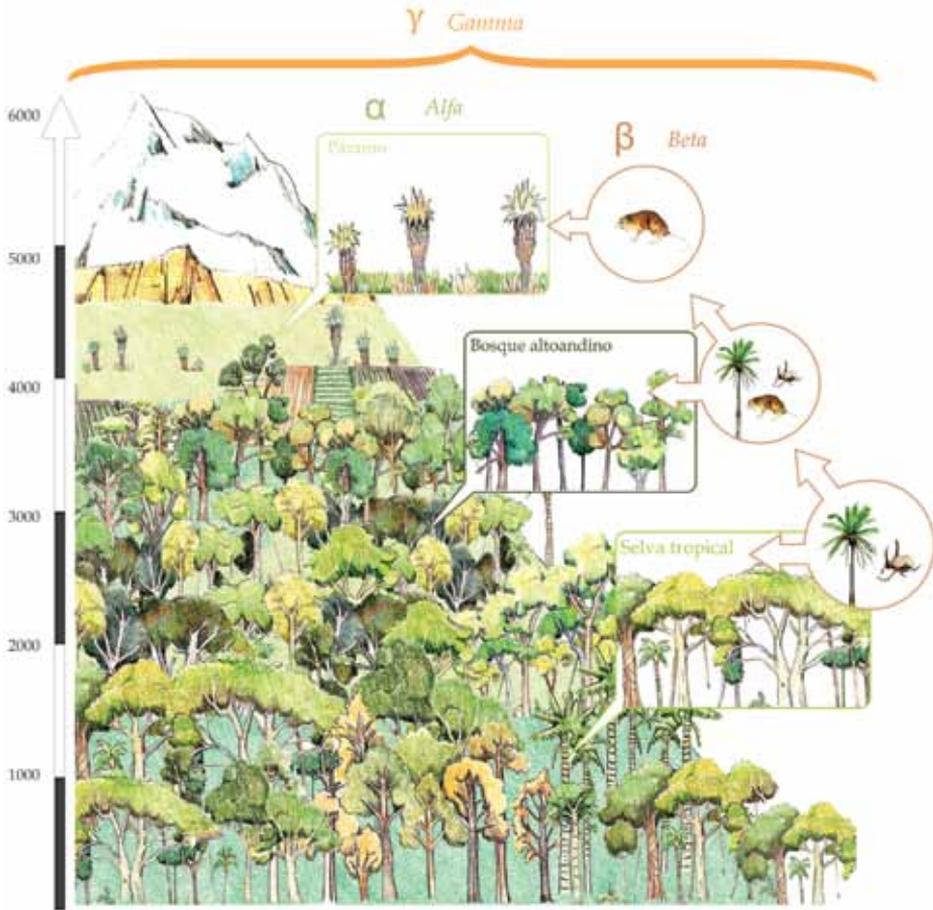
## Diversidad a diferentes escalas geográficas

La diversidad de especies es una de las expresiones de la biodiversidad más comúnmente evaluadas tanto a nivel local como regional. Dado que la diversidad de especies no se encuentra homogéneamente distribuida a lo largo del país ni del planeta (ver capítulo 2: ¿Cuánta diversidad hay y dónde se encuentra?), es posible distinguir tres tipos de diversidad de acuerdo con la escala espacial o geográfica en la que se hace la medida y corresponden a las llamadas diversidad alfa, beta y gamma (Figura 1.3.). La diversidad **Alfa** se refiere al número de especies en un hábitat o en una localidad. La diversidad **Beta** hace referencia al cambio en la composición de especies a lo largo de un gradiente ambiental, y la diversidad **Gamma** se refiere a los cambios en la composición de especies a través de gradientes de paisaje dentro de un área geográfica (Spellerberg 1995). Esta última también puede verse como la diversidad total a nivel regional.

Para entender estas definiciones podríamos hacer un recorrido desde la parte alta de la cordillera Oriental de los Andes hasta las áreas más bajas. Al partir

encontraríamos el ecosistema de páramo, y a medida que vamos bajando, vemos bosques altoandinos, bosques andinos y subandinos. La evaluación o conteo de las especies de plantas presentes en cada tipo de ecosistema corresponderían a la diversidad alfa o diversidad local. Por ejemplo, la diversidad alfa de los bosques andinos incluye especies propias de éste, tales como los encenillos (*Weinmannia* spp.), manos de oso (*Oreopanax* sp.), cedros (*Cedrela* sp.), robles (*Quercus* sp.), y uvos (*Cavendishia* sp), entre otras. A medida que bajamos, el ambiente poco a poco cambia en temperatura, humedad y otros aspectos ambientales, de forma gradual (gradiente ambiental), generando que las especies adaptadas a las condiciones de altura sean cada vez menos frecuentes mientras van apareciendo otras especies propias de áreas más bajas. Este reemplazo o recambio de especies a lo largo de este gradiente corresponde a la diversidad beta. Al finalizar el recorrido, tendríamos un número total de especies de todos los ecosistemas encontrados en esta región, lo que corresponde a la diversidad gamma (Figura 1.3).





**Figura 1.3.** Representación de los componentes de diversidad alfa, beta y gamma en un paisaje. Perfil idealizado de la vegetación existente en los Andes colombianos, donde observamos unos cambios a lo largo del recorrido altitudinal, comenzando en la base con un bosque húmedo tropical con enclaves de bosque seco, hasta los páramos. Cada ecosistema cuenta con determinadas especies (diversidad alfa), que son reemplazadas por otras especies a medida que aumentamos la altitud (diversidad beta), aunque algunas son compartidas entre ecosistemas. La diversidad gamma corresponde a la diversidad total de la cordillera.

Además de la escala espacial, también se puede considerar la escala temporal para examinar la biodiversidad de una región. La inclusión de la escala temporal de la biodiversidad nos lleva una característica fundamental, el dinamismo o cambio permanente en cada uno de los niveles biológicos a lo largo del

tiempo y en un espacio determinado. Dado que la escala temporal puede variar, desde días o meses hasta millones de años, los procesos involucrados pueden clasificarse como procesos de sucesión, perturbación, biogeográficos o evolutivos. El papel de los procesos biogeográficos y evolutivos puede identifi-

carse, por ejemplo, en la composición de la fauna de mamíferos colombianos y en general de Sudamérica. Esta fauna está compuesta por un grupo de especies que evolucionaron aislados antes de la emergencia del Istmo de Panamá, aproximadamente 2.5 millones de años atrás, entre las que se encuentran los antecesores de los actuales armadillos y las faras, chuchas o zarigüeyas. Posterior a esta conexión, Sudamérica recibió un

gran número de especies provenientes del norte del continente americano entre ellos los ancestros del actual oso de anteojos y los felinos silvestres, que hacen parte de la actual fauna del sur del continente americano. Esto indica que la biodiversidad varía no solo espacial, sino temporalmente. El entendimiento de los procesos históricos es fundamental para comprender los patrones de diversidad actuales.

### Diversidad cultural y diversidad biológica

Estrechamente relacionada con la biodiversidad de Colombia está la riqueza cultural y étnica de nuestro país. Colombia cuenta con una inmensa diversidad de grupos étnicos, que incluyen no sólo tradiciones diferentes, sino gran número de lenguas indígenas (Recuadro 1.1.). La forma como los grupos humanos existentes en Colombia nos relacionamos con la naturaleza varía, bien sea si la analizamos al interior de un pueblo o grupo étnico, indígena, afrocolombiano, rom (o gitanos), o dentro de los demás colombianos, comúnmente llamados “blancos” que son resultado de los procesos de mestizaje y que conforman la población mayoritaria (ver capítulo 4: Biodiversidad y sociedades humanas en Colombia). Las expresiones como valluno, costeño, santandereanos, opitas, paisas, llaneros, entre otros hacen referencia no sólo a la geografía y a los ecosistemas sino también a diferencias en la historia, la economía, el habla (dialectos regionales), la música, la tradición oral, la culinaria, la estructura familiar, las fiestas (Aristizábal 2000).

Como cualquier otra especie biológica, la especie humana se ha adaptado a las condiciones biofísicas, clima y recursos naturales. Nuestra capacidad de modificación del entorno ha originado variación entre las especies que utilizamos o con las que convivimos cotidianamente lo que se relaciona con el proceso de domesticación de especies. Por ejemplo las variedades cultivadas de papa y otros tubérculos andinos cuyo origen se ha identificado al sur del Perú y se expresan a lo largo de los Andes y fuera del continente, se han originado a través de las prácticas de agricultores que se remontan al período precolombino y que se mantienen hasta la fecha. Otro ejemplo del papel de la selección humana son las razas y variedades de perros y otros animales domésticos que comparten nuestro espacio y vida (Reinoso 2013).



## Recuadro 1.1. Indígenas: una población diversa y plurilingüe

Por: Juan Álvaro Echeverri

La población indígena de Colombia es muy diversa. Mientras hay pueblos indígenas que hablan su lengua y viven en su territorio ancestral, hay otros que han perdido su idioma y territorio, o que han sido desplazados y viven en centros urbanos. Hay indígenas de desierto e indígenas de selva, indígenas de océano e indígenas de montaña; según el Censo General de Población del año 2005, en Colombia hay 87 pueblos indígenas reconocidos con situaciones demográficas muy diversas, desde los Wayuu con una población de casi 300.000 personas hasta grupos que apenas suman unas decenas. Según el Censo de 2005 la población indígena total del país era de 1.392.623 personas, de los cuales el 46% es menor de 18 años. Los pueblos indígenas habitan en todos los departamentos y regiones del país, y un buen número de ellos en zonas de frontera. Aunque la población indígena es mayoritariamente rural, se ha dado crecientemente un proceso de migración indígena hacia las ciudades, en buena medida por causa del conflicto armado.



Taita Héctor Yaiguaje Coca  
(Siona del Putumayo)



Estos pueblos indígenas hablan 66 lenguas aborígenes, pertenecientes a 13 familias lingüísticas y 8 estirpes lingüísticas aisladas. La familia lingüística más numerosa es la Arawak, con 7 lenguas (Wayuu la más importante) y casi el 40% del total de hablantes de lenguas nativas del país. La familia Chocó (2 lenguas) se encuentra en la costa del Pacífico, desde Panamá hasta Ecuador; en Colombia se encuentran la lengua Emberay el Waunan, La familia lingüística Chibcha (7 lenguas) está presente en el Darién (Tule), la Sierra Nevada de Santa Marta (Kogui y otras), la región del Catatumbo (Barí) y en Arauca (U'wa). La familia lingüística Barbacoa (3 lenguas) se encuentra en el suroccidente andino, con las lenguas Guambiano y Totoró en el Cauca, y AwáKwaikeren Nariño. Este grupo de lenguas representan casi el 75% de los hablantes nativos del país.



El resto de hablantes está distribuido en las familias lingüísticas: Guahibo (5 lenguas) en los Llanos orientales colombianos y venezolanos; la familia Tukano, repartida en dos áreas: occidental (2 lenguas) en el Alto Caquetá-Putumayo, y oriental (17 lenguas) en el Alto río Negro y Vaupés; la familia Quechua, con 3 lenguas (Ingano, Kichwa y Otavaleño); la familia Caribe, con 2 lenguas (Barí y Carijona); la familia Makú-Puinave, con 4 lenguas, que agrupa pequeñas comunidades nómadas selváticas del río Inírída y de las selvas del Guaviare y del Vaupés; la familia Witoto, con 3 lenguas, en el interfluvio Caquetá-Putumayo; la familia Sáliba-Piaroa, con 2 lenguas, en los Llanos del Orinoco; la familia Bora, con 3 lenguas en el interfluvio Caquetá-Putumayo; y la familia Tupí, con una lengua en el Trapecio amazónico. Además de estas familias, se hablan en el país 8 lenguas pertenecientes a estirpes lingüísticas aisladas: Nasa o Páez, en el suroccidente; Tikuna y Yagua, en el Trapecio amazónico; Kamëntsa y Kofán en el Putumayo; Yaruro, en la frontera colombo-venezolana; Andoque en el Amazonas; y por último la lengua Yurí, hablada por indígenas en aislamiento voluntario en la frontera colombo-brasilera.

El uso la diversidad existente en forma natural en las diferentes regiones de nuestro país y su inclusión en la cultura por parte de las comunidades humanas, nos lleva a afirmar sin lugar a dudas que esta diversidad cumple un papel fundamental en nuestro bienestar o “buen vivir”. Este papel proviene tanto de sus valores de uso, valores de existencia o valores de opción que serán tratados en otras secciones. Sin embargo, debemos estar atentos a identificar y entender los impactos que nuestras actividades están ocasionando sobre todos los niveles de la biodiversidad señalados acá (Ver capítulo 6: Pérdida de la biodiversidad).

Colombia se encuentra en varios procesos económicos y sociales que no pueden dejar atrás el papel y la importancia de la diversidad biológica en nuestro bienestar actual y futuro. Se hace necesario promover acciones de monitoreo, entendido como el registro periódico de información para cada uno de los diferentes niveles de organización y a las diferentes escalas espaciales y temporales. Así mismo, es necesario promover estrategias para conservar nuestro patrimonio biológico desde distintos sectores de la sociedad (Ver capítulo 7: Conservando la biodiversidad desde lo global a lo local).

## PARA REFLEXIONAR

- **Piensa en una definición de diversidad que incluya todas las ideas que encuentre en el texto.**
- **La biodiversidad no es estática en el tiempo. Da un ejemplo para Colombia y para tu región de cómo puede variar la biodiversidad con el paso de los años.**
- **¿Qué variedades de cultivos conoces, que sean propios de tu región? ¿Sabes si alguna de esas variedades aún se cultiva? ¿Qué diferencias puedes encontrar en la variedad de productos ofrecidos en un supermercado y en una plaza de mercado?**
- **¿Cuáles crees que son las causas de pérdida de biodiversidad en Colombia y en tu región? Da algunos ejemplos para cada caso.**

## Capítulo 2

### ¿CUÁNTA BIODIVERSIDAD HAY Y DÓNDE SE ENCUENTRA?

Las cifras de cuánta biodiversidad existe en la tierra son motivo de controversia, especialmente en lo que respecta al número total de especies que pueden existir en el planeta. Según las cifras presentadas por Wilson (1992), hasta inicios de la década de 1990 se habían descrito un total de 1.412.000 especies, de las cuales 751.000 correspondían a insectos 281.000 a todos los otros grupos de animales 248.400 a plantas, 69.000 a hongos, 30.800 a especies del reino protista 26.000 a algas, 4.800 a bacterias y formas similares y 1.000 a virus. Este mismo científico estimó que el número eventual de especies sin identificar, podría alcanzar los cinco millones. Otros investigadores proponen que esta cifra está entre 10 e incluso 50 millones (May 1988; Gaston y Spicer 2003). Sin embargo, las estimaciones más populares incluyen un rango entre 5 y 30 millones de especies, sin contar con aquellas que se encuentran extintas. Una de las estimaciones más recientes sugieren que el número total de especies estaría alrededor de 8.7 millones de especies (Mora *et al.* 2011).

La mayoría de estas estimaciones provienen de extrapolaciones a partir de muestras tomadas de diferentes grupos vivientes y en diferentes lugares del mundo. Por ejemplo, el entomólogo

Erwin (1982), tomando muestras de artrópodos de la copa de una especie de árbol en un bosque tropical encontró que más de la mitad pertenecían a especies nuevas para la ciencia (no previamente descritas) y haciendo una extrapolación a partir de estas muestras, estimó que el número total de especies no podría ser inferior a 30 millones (Erwin 1982).

Desde la estimación de Wilson (1992) hasta la fecha (2013) el número total de especies descritas se ha incrementado a cerca de 1.89 millones, es decir que en dos décadas, se han descrito más de 400.000 especies. Este aumento significa que en promedio se han descrito alrededor de 17.000 especies por año desde la clásica publicación de Wilson (1992). Este número sigue en aumento debido a una mayor exploración de la tierra y al uso de nuevos métodos para separación de especies como el uso de técnicas moleculares. Los hongos, por ejemplo, son uno de los grupos de organismos cuyo número de especies ha aumentado dramáticamente en menos de 20 años gracias a técnicas moleculares que han permitido mayor resolución taxonómica (Figura 2.1). En 1991 se había estimado que podría existir alrededor de 1.5 millones de especies de hongos (Hawksworth 1991), pero es-

tudios más recientes que han utilizado secuencias de ADN, indican que este

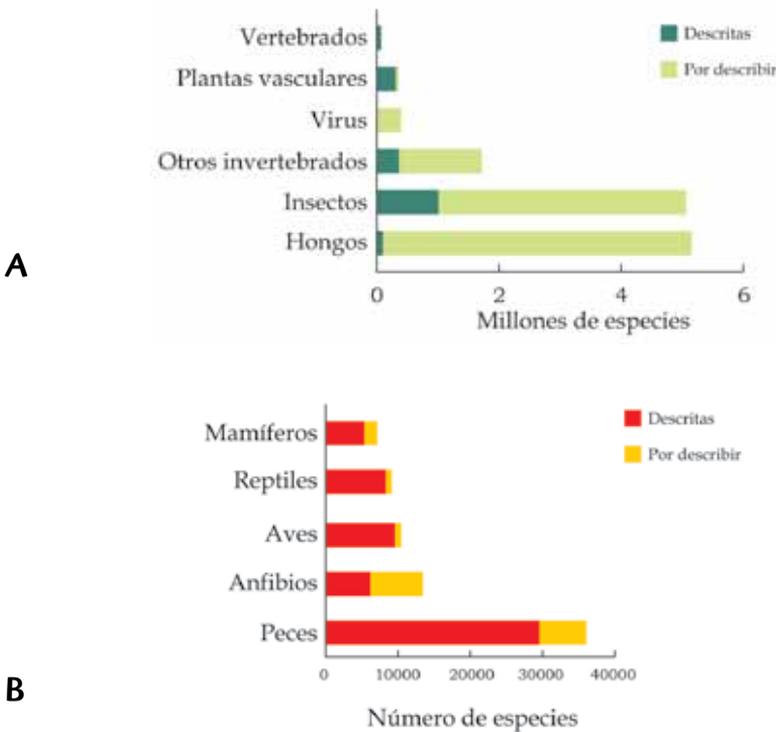
número es de al menos 5.1 millones de especies (Blackwell 2011).



**Figura 2.1.** Representante de los hongos, uno de los grupos con mayor número de especies por conocer.

De plantas con flores, actualmente se conocen alrededor de 350.000 especies (Whitfield 2012), pero aún quedarían por conocer otras 70.000 más (Joppa *et al.* 2010). La tasa de descripción de nuevas especies de plantas ha sido en las últimas décadas de alrededor de 2.000 especies al año, una tendencia que va a continuar en los años venideros (Whitfield 2012). En todos los grupos taxo-

nómicos, existen muchas especies aún por conocer y describir (Figura 2.2). Entre los vertebrados, por ejemplo, se considera que aún están por describir más de 2.000 nuevas especies de mamíferos (Reeder *et al.* 2007). El amplio rango de estimaciones evidencia que no se conoce ni siquiera el orden de magnitud del número total de especies que habitan la tierra.



**Figura 2.2.** Número de especies conocidas y por conocer. A. Diferentes grupos de organismos y B. Detalle de los vertebrados.

En el conocimiento de las especies que existen en el planeta, los herbarios y los museos de historia natural han sido y seguirán siendo muy importantes, pues

estas instituciones resguardan muestras de la biodiversidad que existe en las diferentes regiones del planeta. Su papel en el conocimiento de la riqueza

za biológica es fundamental, pues en muchas partes del mundo, gran parte de la biodiversidad está en peligro de extinción y es posible que muchas de las especies solo queden representadas en colecciones científicas (Figura 2.3). Además, mucha de la diversidad que está aún por describir ya se encuentra en estas instituciones. Por ejemplo, muchas especies de plantas de las que están por describir ya han sido colectadas y están a la espera de estudio (Bebber *et al.* 2010).

De igual forma, las colecciones zoológicas guardan ejemplares colectados hace muchos años y que ahora son examinados con nuevas técnicas lo que han permitido detectar nuevas especies que inicialmente permanecían bajo el nombre de otras. Por ejemplo, recientemente se describió una especie de mamífero carnívoro que habita en las copas de los árboles, el cual se ha llamado “olinguito”, por su menor tamaño, comparado

con las otras especies del mismo género (Helgen *et al.* 2013). El hallazgo de que el olinguito era una especie no antes descrita se logró con base en la extracción y análisis del ADN, así como de la medición de varias partes del cráneo de especímenes colectados en 1923 y que están depositados en el Museo de Historia Natural de Nueva York (Estados Unidos). Así mismo, se propone su distribución con base en herramientas computacionales modernas, que modelan la distribución geográfica potencial. Esta nueva especie de mamífero, que los científicos llamaron *Bassaricyon neblina*, sería la primer especie de carnívoro descrita en los últimos 35 años y solo se ha registrado en bosques húmedos ubicados en las laderas del flanco occidental de los Andes en Colombia y Ecuador y en el flanco oriental de la cordillera Central en Colombia, a 1500 y 1750 m sobre el nivel del mar (Helgen *et al.* 2013).

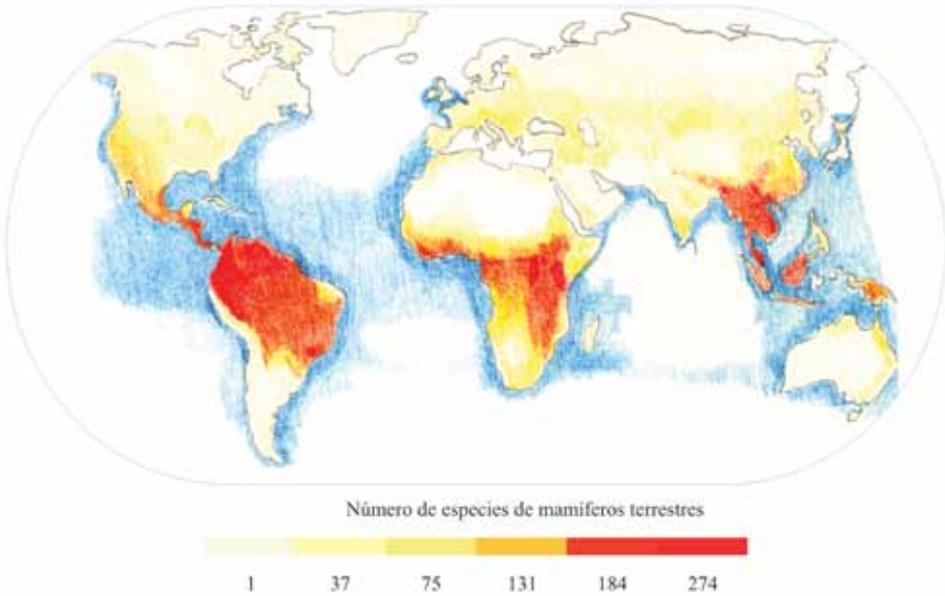
## Patrones de diversidad

Cuando se examina el número conocido de especies en todo el mundo, es evidente que existen diferencias entre las regiones. Estas diferencias forman patrones espaciales que han sido objeto de estudio por muchos años. El primer patrón y el más conocido y documentado consiste en la existencia de mayor número de especies en las regiones tropicales, comparado con las regiones templadas. Por ejemplo, el 70% de la diversidad de especies de vertebrados, y de plantas superiores se encuentra en las regiones

tropicales y subtropicales, en 12 países denominados megadiversos: México, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Zaire, Madagascar, China, India, Malasia, Indonesia y Australia (McNeely *et al.* 1990). Este patrón puede verse en cada grupo taxonómico. Por ejemplo, entre los mamíferos la mayor concentración de especies se encuentra en el norte de Sudamérica (especialmente en las zonas bajas de la Amazonía y en los Andes), en el este de África y Sureste de Asia (Ceballos y Ehrlich 2006) (Figura 2.4).



**Figura 2.3.** Ejemplar del Herbario Nacional Colombiano, que hace parte del patrimonio biológico y cultural depositado en las colecciones biológicas del país. El ejemplar corresponde a *Rapatea peludosa* colectada en 1953 por Richard E. Schultes e Isodoro Cabrera en el río Kuduyari (Vaupés, Colombia).



**Figura 2.4.** Patrón de distribución de la riqueza mundial de mamíferos. El color más intenso indica las áreas con mayor número de especies. Nota que estas áreas se concentran en el trópico. Adaptado de Ceballos y Ehrlich, 2006.

Este patrón general tiene, sin embargo, variaciones espaciales que están relacionadas con factores como la altitud, la aridez, la topografía y otros elementos físicos del ambiente (Gaston 2000). De allí aparece un segundo patrón que consiste en una disminución del número de especies a medida que se sube en altitud (altura sobre el nivel del mar). Este patrón es muy evidente en las montañas, aún en las regiones tropicales.

Un tercer patrón consiste en el incremento de la riqueza de especies a medida que aumenta la complejidad estructural de las comunidades ecológicas. Los hábitats estructuralmente más simples como desiertos albergan menos especies que, por ejemplo, los bosques húmedos tropicales (Figura 2.5) y los arrecifes de coral.

El cuarto patrón, corresponde al aumento del número de especies a medida que aumenta el área. Esto se conoce como la relación especies-área y se usó mucho para examinar el número de especies en islas. De hecho, una de las teorías más influyentes en décadas pasadas fue la teoría de biogeografía de islas, propuesta por McArthur y Wilson (1967), la cual considera que el número de especies en una isla está positivamente relacionado con su área, y negativamente con la distancia al continente. Esta teoría intentó explicar el número total de especies presentes en islas, como el equilibrio entre dos procesos principales, la colonización y la extinción.



**Figura 2.5.** Diferencias en la estructura de dos ecosistemas colombianos. A. Desierto de la Tatacoa (Huila) y B. Bosque húmedo tropical de la reserva Pericos (Valle del Cauca). La estructura más compleja de bosques se propone como una de las causas de mayor riqueza de especies.

Según esta teoría, en islas alejadas del continente la colonización es menos frecuente que en islas cercanas al mismo. De la misma manera, en islas pequeñas, las tasas de extinción son mayores que en islas grandes. Por lo tanto, en un momento dado, el número de especies en una isla dependería de su distancia al continente y de su tamaño, de forma que el mayor número de especies se encontraría en islas grandes, y cercanas al continente, mientras que en islas pequeñas y alejadas del continente en número de especies sería pequeño. Durante varias décadas, muchos investigadores buscaron poner a prueba esta teoría, comparando la riqueza de

especies en islas de diferentes tamaños y a diferentes distancias de masas continentales.

Aunque esta teoría ha sido muy popular, no es suficiente para explicar el número de especies endémicas en islas. Las especies endémicas son aquellas que solo existen en un lugar o región. En este caso, se refiere al número de especies que solo existen en islas, y que probablemente aparecieron como producto del proceso de especiación (o aparición de nuevas especies a partir de poblaciones que quedan aisladas geográfica o ecológicamente).

## ¿Cómo se explican los patrones de diversidad?

Los patrones de riqueza de especies arriba descritos se han tratado de explicar por medio de diversas hipótesis las cuales no son mutuamente excluyentes. Gaston (2000) enfatiza en los siguientes puntos: (1) no hay un único mecanismo que explique los diferentes patrones espaciales en la diversidad de especies, (2) los patrones observados pueden variar con la escala espacial, (3) los procesos a escalas regionales influyen en aquellos observados a escalas locales y (4) los patrones siempre tienen variaciones o excepciones.

Una de las primeras hipótesis propuestas para explicar los patrones globales de la biodiversidad es la diferencia en la productividad a lo largo de la superficie terrestre (Connell y Orias 1964). Esta hipótesis propone que un aumento de la productividad resulta en un aumen-

to en número de individuos, y de aquí, una mayor posibilidad de dividir recursos entre un mayor número de especies. Si esta productividad se combina con las condiciones de humedad tropicales, donde los animales gastan menos energía en mantener su temperatura y humedad, entonces existe mayor energía disponible para el aumento en las poblaciones y el número de especies.

El patrón de reducción en el número de especies con la altitud se asocia con la disminución de la productividad en los ecosistemas, la cual es determinada por la temperatura, humedad y fertilidad del suelo. Las zonas más altas presentan temperaturas más bajas por lo que su productividad disminuye, resultando en un menor número de especies que en las zonas más bajas.

Por otro lado, la riqueza de algunos grupos como las aves, por ejemplo, se ha asociado con una mayor complejidad en la estructura de la vegetación, lo que se ha llamado hipótesis estructural. Según esta hipótesis, la complejidad estructural del ambiente genera la existencia de mayores recursos para ser explotados por un mayor número de especies. Adicionalmente, la competencia puede generar un aumento en el número de especies, al originar una fina segregación de hábitats entre las especies. Este papel de la competencia unido con la depredación como generadora de diversidad, son incluidos por la hipótesis competencia-depredación. Los predadores actúan sobre competidores que serían, de otra manera, dominantes, previniendo así, la exclusión competitiva. Otra interacción propuesta en este sentido es el parasitismo, el cual sería más alto en las especies tropicales, lo que controlaría el tamaño de las poblaciones, dando lugar a más especies. Esta idea, sin embargo, requiere mayor soporte empírico.

Dos hipótesis cuya importancia ha sido disminuida a partir de los resultados de múltiples investigaciones son la hipótesis del equilibrio, en la que se postulaba que condiciones climáticas estables generan alta diversidad de especies, y la hipótesis del tiempo geológico en la que se asume que la estabilidad geológica más duradera en los trópicos, que en las otras regiones del planeta, sería el efecto generador de la gran diversidad de especies. Contraria a esta visión de equilibrio está la hipótesis de las perturbaciones intermedias (Connell 1978; Denslow 1985), la cual indica que el máximo número de especies en muchos sistemas, aparecen al existir un nivel intermedio (intensidad o frecuencia) de perturbaciones naturales, (caídas de árboles, incendios, huracanes, depredación etc.).

En general, las principales explicaciones que se han propuesto para entender los patrones globales de diversidad se pueden resumir en seis (Gaston 2000): (1) el azar, (2) perturbaciones históricas, (3) estabilidad ambiental, (4) heterogeneidad del hábitat, (5) productividad y, (6) interacciones entre especies.

## Riqueza de especies en Colombia

Colombia, con una extensión continental de 1.141.748 km<sup>2</sup> y alrededor de 900.000 km<sup>2</sup> de territorio marino, es considerada como uno de los países más diversos del planeta. Su gran diversidad no solamente se refiere a la riqueza de especies, sino también a la gran variedad de ecosistemas que alberga. Aunque no se conoce con certeza el número total de especies que existen en el

país, pues muchas de ellas aún están por descubrir, las cifras registradas hasta la fecha indican que Colombia se encuentra en los primeros lugares a nivel mundial en cuanto al número de especies de plantas y vertebrados. Así mismo, Colombia podría tener cerca del 32% de las especies de insectos en el mundo (Recuadro 2.1.).

## Recuadro 2.1. El escenario de la biodiversidad en la entomología colombiana

Por: Germán D. Amat-García

La Entomología Sistemática actual, además de describir y explicar el ordenamiento de los insectos con criterios filogenéticos, tiene el reto de documentar la biodiversidad del grupo no solo en términos de composición de especies sino también en términos de riqueza. En todo el mundo se conoce un total de 1.001.280 especies con una gran concentración en la región tropical del planeta. Los estudios de Faunística, por ejemplo, comprenden estos dos componentes, a varias escalas, que van lo local hasta lo regional. Los estudios sobre valoración de la biodiversidad, bajo este enfoque, se han incrementado y mejorado gracias al uso de los instrumentos digitales integrados al conocimiento taxonómico, ecológico, sobre distribución geográfica, entre otros dando como resultado todo un desarrollo informático en este campo.

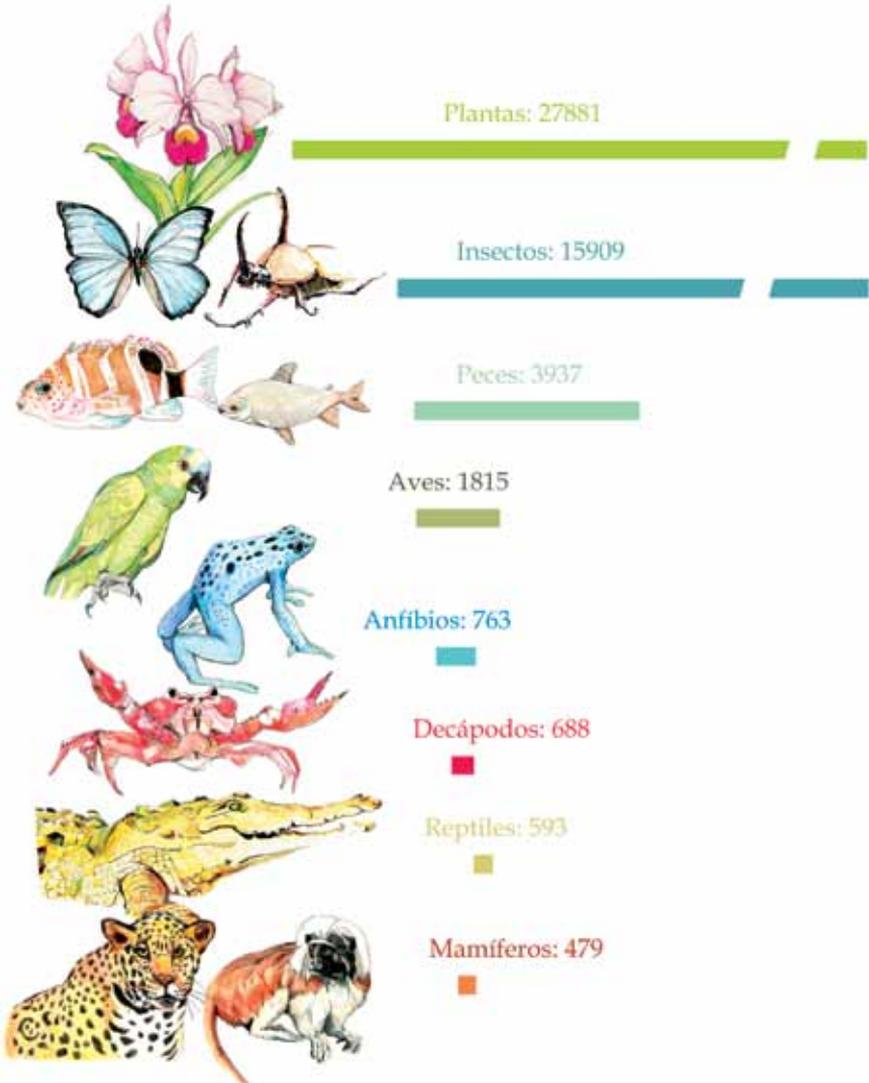


En términos de valoración de insectos es importante considerar para Colombia, la riqueza documentada colecciones y la riqueza estimada o inferida. De acuerdo a las fuentes, el número de especies de insectos hasta hoy conocido (riqueza documentada) en el país puede alcanzar la cifra de 65.000; este valor es menor del 3% de todas las especies del mundo; si consideramos que Colombia es uno de los países de la “megabiodiversidad” quizás este número no sea un reflejo real de esta condición,

evidenciándose la necesidad de más entomólogos en nuestro país. La riqueza estimada de insectos en Colombia podría corresponder a las 350.000 especies, valor cercano al 32% del total de las especies del planeta. Para tener un referente, Brasil tiene documentadas 90.269 especies de insectos y estima que pueden existir unas 400.000 especies en su territorio. Los nuevos estudios que pretendan avanzar en el conocimiento sobre valoración de la biodiversidad de insectos en el país deben tener en cuenta los siguientes componentes: 1) intensificar las labores de colecta y muestreo en campo con inclusión de ejemplares en colecciones; 2) describir nuevas especies; 3) enriquecer las bases de datos y generar mapas digitales; 3) implementar estudios de alfa y beta diversidad; 4) integrar el componente filogenético con el apoyo de la biología molecular para generar conocimiento genómico de las especies (código de barras biológico).

Se considera que Colombia tiene alrededor del 10% de la diversidad de especies a nivel mundial (Arbeláez-Cortés 2013). Aunque las cifras del número de especies colombianas cambia constantemente, a medida que se describen nuevas especies, para 2011 se habían registrado más de 35.000 especies de

fauna y más de 27.000 especies de flora (Figura 2.6), (Andrade-C 2011, Bernal *et al.* 2006). Entre la flora, se estima existen en el país entre 41.000 y 45.000 especies (Rangel 2002). En general, se estima que en Colombia podrían existir entre 200.000 y 900.000 especies (Arbeláez-Cortés 2013).



**Figura 2.6.** Número de especies de algunos grupos biológicos en Colombia (Fuente de los datos: Andrade-C 2011).

Estos números de especies ubican a Colombia en el primer lugar en el mundo en especies de aves y anfibios, el segundo en plantas, peces de agua dulce, y tercero en especies de reptiles (Andrade-C. 2011). El conocimiento de la

biodiversidad de Colombia ha crecido en los últimos años. Se ha estimado que de 1990 a 2011 se describieron al menos 2490 especies nuevas en Colombia (Arbeláez-Cortés 2013).

## Endemismos

Colombia tiene un alto número de especies endémicas, es decir especies que solo se encuentran en el territorio nacional. Estos endemismos ocurren por la gran variedad de ecosistemas que caracterizan el país. Las estimaciones ac-

tuales (Andrade-C 2011) indican que al menos 2.433 especies en Colombia son endémicas, es decir cerca del 4.3 % de las especies hasta ahora descritas en el país. Los endemismos ocurren en varias zonas del país, principalmente en



**Figura 2.7.** Dos especies endémicas de Colombia A. Ratón andino de pies blancos (*Thomasomys niveipes*) de la Cordillera Oriental y B. tití cabeza de algodón (*Saguinus oedipus*) del departamento de Bolívar, en el Caribe colombiano.

la región Andina. Entre las especies endémicas de esta región se encuentran algunos roedores, plantas y ranas (Figura 2.7a). Otros endemismos se encuentran en otras regiones, como los bosques secos de la región Caribe colombiana en donde se encuentra al tití cabeza de algodón (*Saguinus oedipus*) (Figura 2.7b) y en bosques interandinos de la cuen-

ca del río Magdalena como el titi gris (*Saguinus leucopus*) el cual se encuentra en bosques relictuales de los departamentos de Antioquia, Caldas y Tolima. A pesar de la gran diversidad de ecosistemas y especies en Colombia, mucha de esta riqueza natural se encuentra en peligro por diversas causas, las cuales se revisan en el capítulo 6.

## PARA REFLEXIONAR

- **¿Por qué crees que la diversidad es mayor en el trópico?**
- **¿Es mayor la diversidad en zonas altas o en zonas bajas? ¿Por qué crees que se da esta diferencia? ¿Puedes dar un ejemplo?**
- **De los grupos de fauna presentes en Colombia, indica los tres más diversos y plantea una explicación**
- **Se ha planteado que el papel de los grandes carnívoros incide en la mayor riqueza de especies de un lugar ¿Cómo explicas este fenómeno?**
- **¿Cuál consideras que es la región con mayor diversidad de especies en Colombia?**

## Capítulo 3

### MIDIENDO LA BIODIVERSIDAD

Como vimos en los capítulos anteriores, existe una gran variabilidad en la naturaleza, la cual se encuentra distribuida en el mundo de una manera heterogénea. Para conocer esta diversidad y descubrir si existen patrones espaciales o temporales, especies endémicas, especies raras, entre otras cosas, es necesario hacer estudios que nos permitan responder preguntas como ¿Qué elementos componen la diversidad? ¿Cómo están organizados? ¿Qué función tienen esos elementos? ¿Hay cambios a lo largo del tiempo? ¿Cómo se ven afectados los elementos de la diversidad con los cambios? e incluso, responder preguntas sobre aspectos evolutivos de las especies y de los sitios que queremos estudiar.

La diversidad se considera como un indicador del estado de conservación de los ecosistemas. Además de las especies presentes podemos averiguar el estado de sus poblaciones para determinar si se requiere el incremento de poblaciones pequeñas, el control de poblaciones problemáticas (como especies invasoras) o el manejo de poblaciones con fines productivos. El estudio de la biodiversidad, además, hace posible comparar dos ecosistemas diferentes, o el mismo ecosistema en momentos distintos. Así mismo, permite conocer la distribución de ciertas especies y los cambios que puede sufrir esa distribución como

consecuencia, por ejemplo, de fenómenos como el cambio climático. Además, la evaluación de la diversidad biológica también sirve como herramienta para supervisar los efectos de las actividades humanas sobre los ecosistemas y para desarrollar estrategias de conservación y manejo. En el manejo de áreas bajo explotación o transformación, la evaluación de la diversidad biológica se utiliza para evaluar la magnitud del efecto de tales procesos y para orientar la toma de decisiones. Un ejemplo de esta aplicación de evaluaciones de la diversidad son los estudios de impacto ambiental y los planes de manejo necesarios para la realización de proyectos de infraestructura tales como construcción de represas o explotación minera o petrolera (Galindo-Leal 1997; Moreno 2001, Magurran 2003, Rincón *et al.* 2009).

La biodiversidad es muy compleja, por lo que su medición no es fácil. Por décadas ha existido debate sobre la manera más apropiada para la cuantificación de la diversidad biológica, los métodos correctos y la interpretación de diversas mediciones propuestas. Una forma muy común de medir la diversidad es la estimación de la riqueza (o número) de especies. La medición puede incluir además la estimación de la abundancia (número de individuos) de cada especie y su proporción dentro del número total de individuos (Figura 3.1.). Así

mismo, la riqueza de especies se puede medir a diferentes escalas geográficas, para lo cual se utilizan los conceptos de diversidad alfa, beta, gamma, (ver Capítulo 1: ¿Qué es la biodiversidad?) (Moreno 2001). La estructura de las comunidades se puede abordar examinando la **dominancia** y la **equidad** (también citada como *equitatividad* o *equitabilidad* en otros textos). Estos dos conceptos son opuestos y giran alrededor de la abundancia de las especies. Para entender estos dos conceptos, podríamos imaginar dos comunidades de peces de arrecifes de coral, cada una con 10 especies (Figura 3.1.). Consideremos que un muestreo en ambos arrecifes de co-

ral se censaron en total 987 peces. Sin embargo, en el arrecife A, la mayoría de los individuos fueron de unas pocas especies, mientras las otras estuvieron representadas por pocos individuos. En este arrecife se aprecia la dominancia de una o dos especies. En contraste, en el arrecife de coral B, todas las especies de peces estuvieron similarmente representadas, y por lo tanto hubo mayor equidad. En este ejemplo, a pesar de que la riqueza de especies de peces es igual en los dos arrecifes de coral, el arrecife B exhibe mayor diversidad de peces mientras que el arrecife A muestra mayor dominancia de pocas especies.

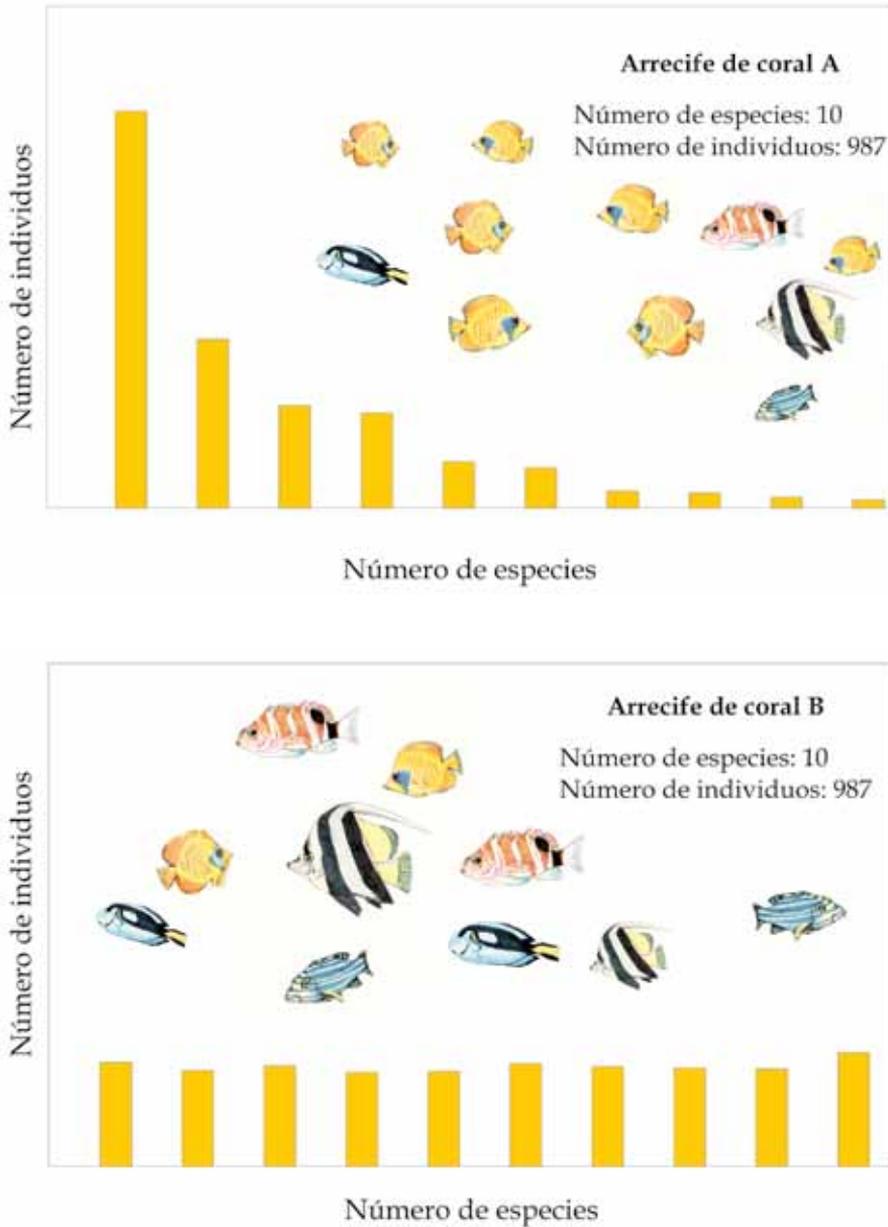
## Inventarios y monitoreos

Para estudiar la biodiversidad, es necesario reconocer qué elementos la componen y la realización de inventarios facilita este proceso, ya que permite conocer la estructura y composición de la diversidad a diferentes niveles. Un inventario es el reconocimiento, ordenamiento, catalogación, cuantificación y mapeo de entidades naturales (ya sean genes, especies, comunidades, ecosistemas o paisajes) y por tanto es la forma más directa de reconocer la diversidad de un lugar determinado.

Normalmente un inventario completo debería obtener la información de, por ejemplo, todas las especies presentes en una zona. Esto, sin embargo, no es tan fácil debido a que muchas especies pueden ser poco conspicuas y por lo tanto difíciles de detectar. Un inventario

de especies en un lugar determinado requiere de mucho esfuerzo, tiempo y recursos. Inventarios relativamente completos se pueden alcanzar luego de años de trabajo de campo y son relativamente factibles en vertebrados, pero mucho más difíciles en invertebrados, dada la gran riqueza de especies.

En muchas ocasiones se requiere tener inventarios de especies en corto tiempo, para orientar decisiones sobre el uso de un área. Dada la dificultad para obtener inventarios completos de especies en tiempos breves, en muchos casos se realizan inventarios rápidos hechos por expertos en cada grupo taxonómico. Estos inventarios se convierten en un insumo muy valioso para inferir el estado de conservación de una zona y tomar decisiones. Por ejemplo, en la



**Figura 3.1.** Representación de los conceptos de riqueza, abundancia, dominancia y equidad en dos arrecifes de coral. Los arrecifes tienen una riqueza igual (10 especies y 987 individuos); pero la abundancia es diferente. En el arrecife A observamos una especie dominante, es decir, con muchos individuos; y en el arrecife B observamos que todas las especies cuentan con igual número de individuos. Entonces, aunque ambos arrecifes cuentan con igual número de especies, el arrecife más diverso es el arrecife B.

Amazonía peruana varios inventarios biológicos y sociales rápidos han suministrado información clave para la declaración de áreas protegidas, como la recientemente creada Área Natural Protegida (ANP) Yaguas. Esta es una zona localizada en la cuenca baja del río Putumayo en el departamento de Loreto del Perú y protege más de 800 hectáreas de bosque húmedo tropical. En dos inventarios rápidos realizados en la zona (Pitman *et al.* 2004, 2011) se registraron más de 980 especies de plantas, 337 de peces, 75 de anfibios, 53 de reptiles,

393 de aves y 71 de mamíferos (Pitman *et al.* 2011) (Figura 3.2.). Aunque estos registros son solo parte de la diversidad real de la zona, su conocimiento fue fundamental para la declaración del área protegida. Es importante considerar que más que tener un listado de especies exhaustivo de un sitio, la meta de estos inventarios rápidos es “... *catalizar acciones efectivas para la conservación en regiones amenazadas, las cuales tienen una alta riqueza y singularidad biológica*” (Pitman *et al.* 2004).



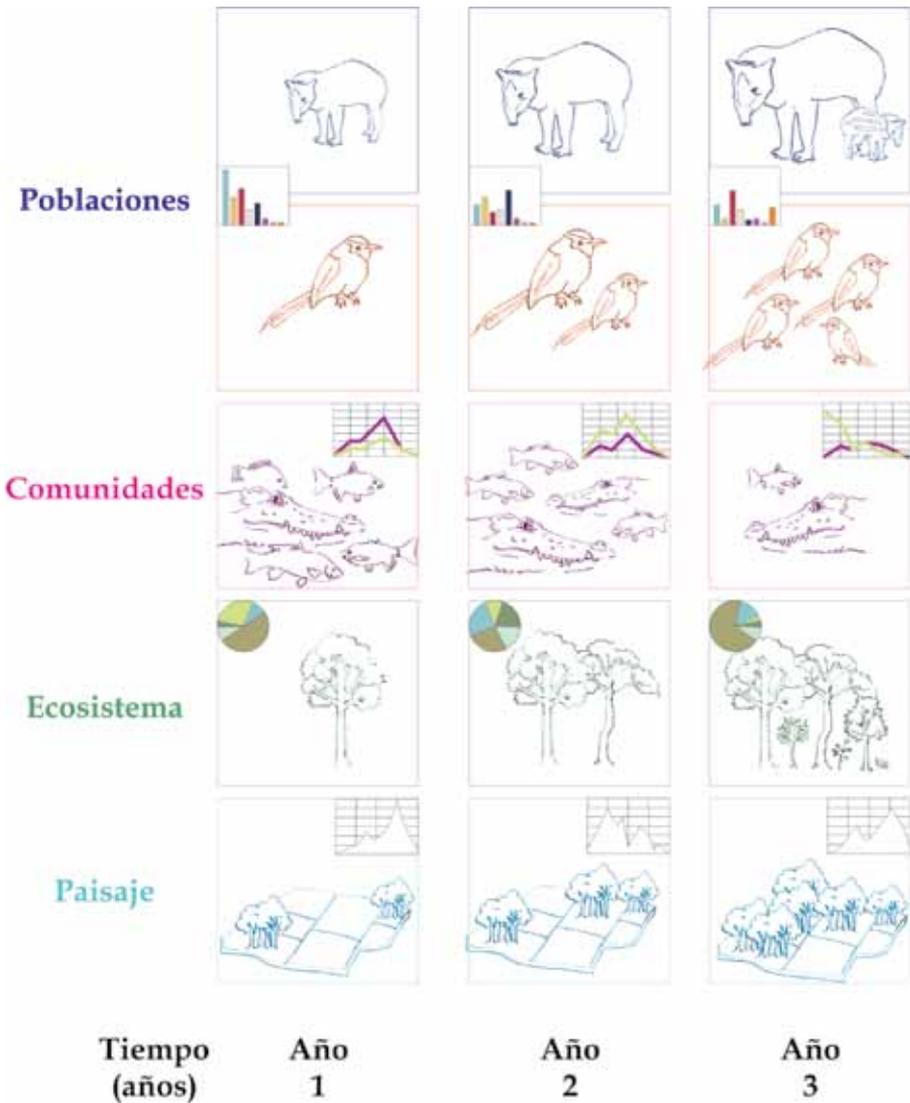
**Figura 3.2.** A. Investigadores en labores de campo durante un inventario rápido en el río Yaguas, Amazonía peruana (botánicos Zaleth Cordero y Roosevelt García). B. Oso hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*) registrado por avistamiento directo en cuenca del río Yaguas en la Amazonía peruana.

Si se realizan una sola vez, los inventarios proporcionan una “fotografía” instantánea de la diversidad en ese momento. Sin embargo, en muchos casos requerimos conocer cómo cambia esa diversidad a lo largo del tiempo, ya sea por procesos naturales o como resultado de acciones humanas. En ese caso, se emplean los seguimientos en el tiempo, cuyo término popularizado en América es *monitoreo*. Esta palabra viene de *monitor*, y ha generado verbos como *monitorear* (en América) o *monitorizar* (en España). Aunque el término no figura todavía en el “Diccionario de la Lengua Española (RAE 2013), su uso es aceptado actualmente, y de hecho si figura en el “Diccionario Panhispánico de Dudas” (RAE 2013).

Un monitoreo de biodiversidad consiste en la evaluación permanente a algún nivel de organización (poblaciones, comunidades, ecosistemas, etc.) de uno o varios atributos de la diversidad (composición, estructura o función) (Figura 3.3.). En un monitoreo se registran los datos con cierta periodicidad para detectar cambios a largo plazo, o para entender la dinámica del componente de la diversidad de interés. Por ejemplo, si el nivel de interés es el paisaje, se puede monitorear cómo cambian en el tiempo la magnitud y forma de las coberturas que forman el paisaje. Si el interés es una población de animales, un monitoreo nos permite entender la dinámica de esa población y percibir si aumenta o disminuye con el tiempo y cuáles son los procesos demográficos responsables de esos cambios.

Los monitoreos se aplican en gran medida en áreas protegidas, porque permiten saber si se están cumpliendo los objetivos de conservación y tomar acciones si se detectan cambios negativos en los grupos de interés (INRENA 2005). Por ejemplo, un monitoreo podría consistir en contar las aves avistadas en un bosque, una vez al mes durante varios años, llevando un registro de los cambios que percibimos a lo largo del tiempo. Los monitoreos deben partir de una línea base, o inventario inicial, a partir del cual se escogen algunas especies ya sea porque permiten detectar fácilmente cambios en el tiempo o porque son objeto de manejo y conservación. Las primeras generalmente se denominan especies “indicadoras”, aunque es necesario definir claramente lo que se espera estén indicando. Las segundas corresponden generalmente a especies que están en algún grado de amenaza de extinción o que son objeto de uso como la cacería, por ejemplo.

La selección de especies para un monitoreo se hace necesario porque sería casi imposible hacer seguimiento a todas las especies existentes en un lugar, dados las limitaciones de tiempo, personal, esfuerzo y recursos. Las especies seleccionadas para un monitoreo pueden arrojar información sobre la dinámica de sus poblaciones, su estado de salud, movimientos, uso de recursos, etc., que pueden usarse como indicadores del estado del algunos componentes del ecosistema. Estos indicadores nos permitirían medir si nuestro objeto de monitoreo se encuentra en un estado “bueno”, “regular” o “malo”; para lo



**Figura 3.3.** Esquema representando posibles variables a monitorear en los diferentes niveles de la biodiversidad. De arriba hacia abajo los niveles monitoreados y de izquierda a derecha los cambios temporales en el atributo medido. En las poblaciones, se puede evaluar el cambio de la estructura (proporciones de edades, entre otros). En las comunidades, se puede monitorear cómo fluctúa la abundancia de cada especie a lo largo del tiempo. En los ecosistemas, se puede monitorear cómo varían en el tiempo los procesos ecológicos; y en el paisaje, se puede monitorear cómo varía la estructura espacial a lo largo del tiempo.

cual se deben establecer unos valores umbrales. Un buen indicador debe: ser efectivo (en tiempo y dinero), tener relación con el objetivo del monitoreo, permitir una detección temprana del deterioro del ambiente o del objeto de monitoreo, responder a los niveles de especie, comunidad y ecosistema y pro-

veer información que permita evaluar el deterioro ambiental en su conjunto. Además, las especies a monitorear deben ser fácilmente identificables y de fácil observación, lo que normalmente corresponde a especies abundantes en el ecosistema de interés.



## Planeación y obtención de medidas de biodiversidad

Ya sea que nos enfrentemos a un inventario o a un monitoreo, hay unos elementos esenciales que debemos considerar antes de realizar el trabajo. En primer lugar, se deben definir claramente cuáles son los objetivos que se buscan con el inventario o el monitoreo. Debemos pensar en preguntas como ¿Qué deseo saber? ¿Para qué? Teniendo claro las respuestas a estas preguntas, debemos pensar en el área de trabajo y delimitarla, de acuerdo con los objetivos. Este paso requiere seguramente de un examen de materiales cartográficos (mapas, imágenes de sensores remotos, planos, etc.) que permitan apreciar regionalmente las características del área y su heterogeneidad. Este paso también ayudará a estimar el tiempo y recursos necesarios para llevar al cabo el inventario y/o para planificar el monitoreo posterior.

Si el interés es el número de especies en un lugar, debemos primero indagar lo

que se conoce previamente de la zona y planificar el tiempo requerido para obtener la información directamente en el campo. Esta etapa corresponde a la elección de los métodos para detectar las especies. Es importante combinar varios métodos dirigidos al grupo de interés, porque permiten capturar una mayor cantidad de información sobre las especies presentes. En el sitio de estudio, podríamos registrar la información sobre la presencia de las especies por métodos directos o indirectos. Entre los métodos directos están la observación y/o toma de especímenes, fotos, entre otros, que se depositan en colecciones y museos, de forma que se pueda verificar nuestros resultados, o se realicen estudios posteriores. (Villarreal *et al.* 2004) (Figuras 3.4. y 3.5.). Entre los métodos indirectos se encuentran el uso de huellas, rastros, grabaciones de vocalizaciones, u otra evidencia de la presencia de las especies en la zona de interés.



**Figura 3.4.** Los estudios de la biodiversidad implican el uso de diferentes metodologías. A. Trampas para captura de mamíferos. B. Captura de un zorro (*Cerdocyon thous*) en el Caribe colombiano.

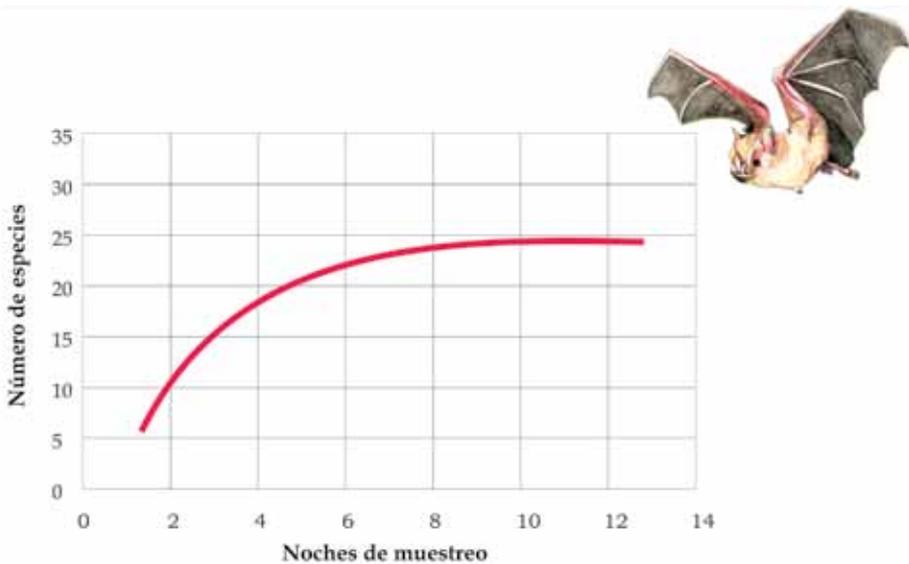


**Figura 3.5.** Las colecciones zoológicas son depositarios de muestras de nuestra diversidad biológica, cuya información permanecerá a lo largo del tiempo como herramienta de consulta actual y futura. Se ilustran ejemplares de cerdo de monte (*Tayassu pecari*) depositados en la colección de mamíferos del Museo de Historia Natural de Nueva York.

Una vez recolectada la información en el campo y procesados los ejemplares colectados, se debe proceder a la organización y el análisis de la información. Tal análisis implica generalmente el uso de índices de diversidad los cuales buscan tener estimaciones a partir de muestras tomadas en el campo y permiten hacer comparaciones entre localidades (Krebs 1985, Moreno 2001).

La descripción detallada de cada uno de estos índices puede consultarse en Magurran (2003) y Moreno (2001). Aquí presentamos solo algunas generalidades. Los índices que examinan diversidad alfa se pueden agrupar aque-

llos que describen la riqueza específica y aquellos que describen la estructura de las comunidades, para lo cual se deben considerar los conceptos de riqueza, dominancia y equidad (Moreno 2001). Los índices de riqueza específica se basan en el número de especies de la localidad que muestreamos y el número de individuos encontrados en cada una. Una forma sencilla de evaluar si las muestras tomadas revelan todas o la mayoría de las especies presentes en un área o si por el contrario, se requieren mayores esfuerzos de muestreo son las curvas de acumulación de especies (Figura 3.6.).



**Figura 3.6.** Una de las formas para determinar si hemos registrado todas las especies de un grupo en un determinado sitio es el uso de las curvas de acumulación de especies. En el ejemplo, vemos que después de la sexta noche de muestreo, la curva deja de crecer, indicando que ya hemos registrado la mayoría de las especies.

Estas curvas de acumulación ilustran cómo aumenta el número de especies a medida que se tienen más muestras hasta el punto en el cual la curva se estabiliza porque ya no se encuentran nuevas especies, a pesar de continuar el muestreo. Estas curvas permiten conocer si se requieren más esfuerzos de muestreo o si ya tenemos una muestra representativa de la riqueza de especies del sitio. También permiten comparar la riqueza de especies entre sitios o entre épocas.

Un concepto importante aquí es el de rareza, que se refiere a las especies poco comunes de un sitio, especies restringidas a un lugar determinado o ambas (Ceballos 2009). Estas especies se detectan porque son poco abundantes en los resultados de un inventario, ya sea que aparece sólo un individuo en el muestreo o unos pocos en sólo una muestra. Las especies raras son importantes porque podrían ser especies amenazadas o endémicas. Algunos conservacionistas se enfocan en estas especies con la premisa que al protegerlas, se garantiza la permanencia de las demás (Magurran 2003).

Los índices de abundancia relativa se basan tanto en la riqueza como en la abundancia proporcional de cada especie, permitiendo evaluar las dos al tiempo. En organismos donde no podemos distinguir fácilmente el número de individuos (por ejemplo plantas provenientes de un solo rizoma) se puede utilizar la biomasa (materia orgánica generada por un organismo vivo) como medida de abundancia. Los índices de abundancia relativa también sirven

para comparar entre localidades, o entre hábitats dentro de una localidad. Por ejemplo, en un estudio sobre la diversidad de reptiles en una zona del Caribe colombiano Medina-Rangel (2011) evaluó la riqueza y abundancia local de 48 especies de reptiles (Figura 3.7) en cinco hábitats diferentes, comparando curvas de rango de abundancia en cada hábitat. De esta forma se encontraron las especies dominantes y raras en cada hábitat y se detectaron diferencias en estructura de las comunidades entre hábitats.

Hace varias décadas Pielou (1975) propuso el concepto de diversidad jerárquica en el cual los índices de diversidad se podrían fraccionar para reflejar la contribución de los diferentes niveles taxonómicos a la diversidad total. Usando este concepto, se considera que hay mayor diversidad en comunidades donde hay individuos de muchos géneros, respecto a comunidades donde todos los individuos pertenecen al mismo género, aunque a especies diferentes.

Para la diversidad beta, normalmente se utilizan índices que comparan la composición de especies entre las comunidades. Normalmente éstos corresponden a índices de similitud o disimilitud entre hábitats. También se utilizan métodos de ordenación y clasificación (Moreno 2001). En el ejemplo de los reptiles de una localidad de Caribe colombiano mencionado anteriormente, Medina-Rangel (2011), muestra que en promedio hay 50% de reemplazo de especies entre los hábitats evaluados, siendo los lagartos las espe-

cies más compartidas. En general, entre mayor sea el reemplazo (o recambio) de especies entre hábitats a lo largo de un gradiente ambiental, mayor será la diversidad beta.

A su vez, la diversidad gamma puede medirse como la diversidad alfa promedio por la diversidad beta por la dimensión de la muestra (número de comunidades) (Schluter y Ricklefs 1993). Se han propuesto variaciones a este índice y también se usan varios de los índices

utilizados para la diversidad alfa, pero con información a nivel regional.

Debido a la gran cantidad de metodologías e índices existentes, se han creado métodos para medir su la eficacia (Galindo-Leal 1997; Magurran 2003). Sin embargo, la elección de cualquier índice de diversidad, dependerá de la naturaleza de los datos, los supuestos asociados a cada índice, el tamaño de muestra, entre otros factores.



**Figura 3.7.** Algunas especies de las comunidades de reptiles y anfibios del Caribe colombiano, registradas por Medina-Rangel (2011).

## Posibles errores en la medición de la biodiversidad

En muy pocos casos es posible muestrear todas las especies de una comunidad, por tanto, se deben hacer estimaciones. En todo este proceso, se pueden cometer errores, ya sea durante los estudios de campo, o en el análisis. Un supuesto para muchos de los análisis de la diversidad es que los muestreos son al azar, pero, en muchos de los casos, se utilizan cebos para atraer a los animales, como frutas, maní, grasa animal, atún, sardina o trampas de luz que introducen un sesgo en el estudio. En estos casos, la muestra no es al azar porque los animales pueden verse o no atraídos al cebo e incluso pueden ahuyentarse. Algunos índices, como el de Brillouin,

se usan cuando no hay garantía de la aleatoriedad de la muestra.

Otra fuente de error es la cantidad y calidad de los datos. Muestras muy pequeñas o estudios de muy poca duración, e incluso el uso de trampas o cebos poco efectivos generan datos pobres y difíciles de usar. Las curvas de acumulación de especies son una forma de evaluar la calidad de la muestra. Por otro lado, la escogencia del análisis de datos también afectará el resultado, ya que según el índice que utilicemos, obtendremos resultados ligeramente diferentes (Magurran 2003).

## En Colombia

Como sabemos, Colombia es un país megadiverso dado que alberga una gran cantidad de ecosistemas, que a su vez, son hábitat de un gran número de especies. Sin embargo, el conocimiento de la biodiversidad aún está retrasado en muchos grupos. Por ejemplo, de las 1437 especies de peces dulceacuícolas registradas para el país, se desconoce cuántas de ellas son endémicas. Algo similar sucede con los invertebrados, de los que desconocemos el número total de especies presentes (Andrade-C 2011).

Para llenar este vacío, existen varias entidades que realizan inventarios y monitoreos de especies. En primer lugar, están las entidades adscritas al Minis-

terio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), que son órganos de carácter técnico asesor para el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Estos son el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR), el Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt (IAvH), el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Estas instituciones hacen investigaciones básicas y aplicadas en el área al cual están adscritos, es decir, INVEMAR realizará inventarios, monitoreos y estudios

sobre conservación y uso sostenible en ecosistemas marinos y costeros. El IDEAM no trabaja con organismos, sino que se encarga de estudiar la hidrología, geografía, hidrogeología, geomorfología, suelos y meteorología del país; lo cual nos brinda información vital para los estudios biológicos. Sólo por mencionar algunos ejemplos recientes, tenemos el estudio de flora de las formaciones rocosas de la Serranía de La Lindosa, en el departamento del Guaviare (Cárdenas *et al.* 2008) y el proyecto de monitoreo de la deforestación en toda la Amazonía (SINCHI 2013b).

En segundo lugar, contamos con los trabajos realizados por universidades. La Universidad Nacional de Colombia cuenta con el Instituto de Ciencias Naturales (ICN) donde se alberga el Herbario Nacional Colombiano, el cual contiene gran parte de la flora descrita en el país, así como colecciones biológicas de los diferentes grupos animales. Por ejemplo, sólo en mamíferos, la colección cuenta con más de 21.000 especímenes depositados. Las colecciones se han apoyado tanto de investigación de los profesores e investigadores, como de las tesis de estudiantes de pregrado o posgrado y de las labores de docencia llevadas a cabo en la Universidad. Mucha de información de estas colecciones y de permanentes trabajos de campo se hace disponible a través de publicaciones seriadas. Por ejemplo, el ICN publica la serie *Colombia Diversidad Biótica*, cuyo objetivo es presentar el estado de conocimiento del patrimonio natural de la biodiversidad de Colom-

bia. El proyecto inició en 1995 con una publicación sobre el estado del inventario de varios grupos y una visión de la biodiversidad de las regiones del país (Rangel-Ch 1995). Hasta la fecha, se han publicado trece números con información sobre varias regiones del país. En el último número disponible hasta 2013, por ejemplo, se presenta al complejo cenagoso de Zapatosa y Ciénagas del sur de Cesar, tratando aspectos de biodiversidad, manejo, conservación y servicios ecosistémicos. En este número se registraron 45 especies de peces 202 especies de aves, siendo las más diversas los atrapamoscas (Tyranidae), garzas (Ardeidae) y águilas (Accipitridae) y 39 de mamíferos (23 murciélagos y 16 terrestres), además de conflictos entre humanos y naturaleza y algunas propuestas de conservación y uso sustentable (Rangel-Ch 2013).

Para integrar muchas fuentes de información, se crea en el año 2000 la iniciativa nacional del Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB). Este sistema busca brindar acceso libre a la información sobre la diversidad biológica del país para la construcción de una sociedad sostenible. Así mismo, el SIB busca facilitar la publicación en línea de datos sobre biodiversidad y su acceso. El SIB es liderado por un Comité Directivo, conformado por el MADS, los cinco institutos de investigación del SINA y la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente existen más de cien entidades participantes en este sistema. Hay un Equipo Coordinador que se asegura de la disponibilidad de la información y un

Comité Técnico, grupos de trabajo *Ad Hoc* para temas específicos (SIB 2013). El SIB permite consultar el catálogo y las cifras de la biodiversidad en Colombia, así como las diferentes publicaciones relacionadas con el tema. Otro recurso importante son las colecciones en línea de instituciones como el ICN, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

(IAvH), el SINCHI, la Universidad de Antioquia, entre otras.

Por último, hay otras entidades, fundaciones y organizaciones no gubernamentales (ONG) que apoyan este tipo de investigaciones. Por ejemplo, la Fundación Natura, la Fundación ProAves, Conservación Internacional, entre muchas otras.

## PARA REFLEXIONAR

- **Plantea una actividad en la que evalúes la riqueza de especies (animales o plantas) en un sitio. Compara tus resultados con los encontrados en otros grupos**
- **¿Crees que es necesario realizar más inventarios y monitoreos de la biodiversidad en el país? ¿Por qué?**
- **¿Conoces algún inventario realizado en los ecosistemas de tu región? ¿Quién lo llevó a cabo? Nombra algunas de las especies encontradas.**
- **¿Conoces algún programa de monitoreo en tu región? ¿Qué nivel de organización biológico usan?**
- **¿Conoces alguna forma de capturar o de atrapar animales en tu región? ¿Es posible usarla para monitorear o inventariar la biodiversidad? Explica.**

## Capítulo 4

# BIODIVERSIDAD Y SOCIEDADES HUMANAS EN COLOMBIA

### Biodiversidad y factores socio-económicos

La alta riqueza biológica presente en los países tropicales, de los que Colombia hace parte, se resalta como una de las potencialidades de la región latinoamericana y en la que según varias propuestas, puede estar el futuro desarrollo de esta. Sin embargo, las características sociales, económicas y políticas de la región pueden o no hacer posible que la existencia de este recurso brinde realmente una mejora en la calidad de vida a sus habitantes. Un patrón bien conocido es que las áreas de gran diversidad biológica se sobrepone en gran medida con las áreas de mayor pobreza social (Fisher y Christopher 2007). Los niveles de pobreza se miden por lo general con el Índice de Pobreza Multidimensional (IMP) que incluye cinco dimensiones: condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y la juventud, salud, trabajo, y acceso a los servicios públicos domiciliarios y las condiciones de la vivienda. En Colombia, en el año 2011, el IMP indicó que a nivel nacional el porcentaje de personas en pobreza fue 34,1%, el cual se segregó en el 30,3% en las cabeceras municipales y en el 46,1% en el resto del territorio nacional (DANE 2012). Unido a esto, Colombia ocupa el séptimo lugar entre los países con mayor desigualdad en el

mundo y el segundo en Latinoamérica (Revista Dinero 2012). Paradójicamente, Colombia es uno de los cinco países considerados megadiversos en el planeta pero se encuentra entre los 27 países que menos invierte en la conservación de su biodiversidad (Waldron *et al.* 2013). El reconocimiento de la relación entre pobreza y biodiversidad es crucial para avanzar en la reducción de la primera sin detrimento de la segunda, visión elusiva pero posible (Fisher y Christopher 2007).

Resumir la importancia social de la biodiversidad es muy ambicioso, pues el concepto de sociedad involucra un amplio espectro de percepciones y de relaciones entre el hombre y la naturaleza. Nuestro propósito aquí es brindar algunos ejemplos de estas relaciones en sociedades colombianas y revisar brevemente aspectos del uso y valoración de la biodiversidad.

Colombia es un país multiétnico y multicultural en el cual, de acuerdo con nuestra constitución política, todas las etnias y grupos sociales tienen los mismos derechos y deberes. El Estado, además, reconoce la autonomía a todas las etnias indígenas y grupos sociales. Para garantizar esta autonomía se han

generado múltiples leyes que reconocen a las comunidades indígenas, afrocolombianas (comunidades negras, palenqueras y raizales) y rom (o gitanos) y buscan preservar sus lenguas, tradiciones y costumbres (Decreto 2957/2010;

Ley 21/1991; Ley 70/1993; Ley 1381/2010) (Moreno-Parra 2013). Además de este marco legal, es importante apreciar cómo muchas tradiciones y costumbres reflejan las relaciones de las sociedades con la naturaleza y la importancia de su valoración.

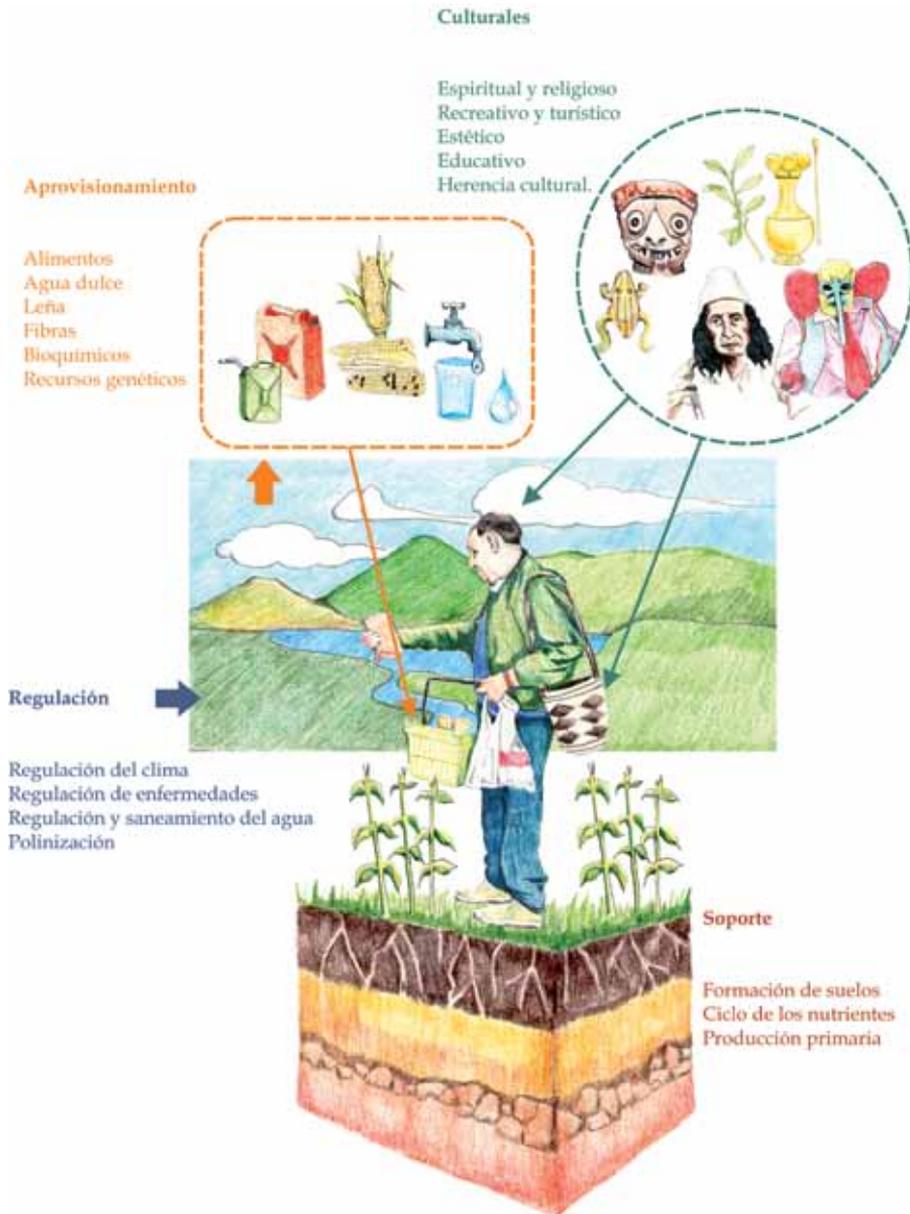
## Usos, servicios y valoración de la biodiversidad

La relación hombre-naturaleza es compleja y puede examinarse desde muchos ángulos. Tal vez el más fácil de identificar es el enfoque utilitarista o del beneficio directo que los diferentes grupos humanos tenemos de cualquiera de los componentes de la biodiversidad. Ejemplos sencillos son el consumo de frutos silvestres, de leña para cocinar los alimentos y de animales silvestres y peces como fuente de proteína (Ayales *et al.* 1996, Campos *et al.* 1996). Sin embargo, existen otras formas de uso indirecto que se relacionan con el funcionamiento de los ecosistemas, como son el proceso de fotosíntesis y la formación y almacenamiento de materia orgánica; el ciclo de nutrientes; la creación y asimilación del suelo y la neutralización de desechos tóxicos. Estos beneficios de

la biodiversidad que recibe la sociedad, ya sean directos o indirectos, se han llamado *servicios ecosistémicos* (Camacho-Valdez y Ruiz-Luna 2012).

Según la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA 2003, 2005), se pueden identificar los siguientes cuatro tipos de servicios ecosistémicos: Servicios de *soporte*, aquellos necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos; servicios de *aprovechamiento* que hace referencia a los productos obtenidos del ecosistema; los servicios de *regulación*, aquellos beneficios obtenidos de la regulación de los procesos del ecosistema y los servicios *culturales*, que son los beneficios no materiales que la gente obtiene de los ecosistemas (Figura 4.1).





**Figura 4.1.** Los servicios ecosistémicos son los beneficios que obtenemos de la biodiversidad. Estos son de aprovisionamiento (comida, agua, tela, madera), de soporte y regulación (varios procesos ecológicos) y culturales (recreación, espiritualidad, expresiones artísticas, etc.)

## Ejemplos de servicios ecosistémicos en Colombia

### Servicios de aprovisionamiento

Los diferentes grupos sociales dan diferentes usos a la naturaleza, aunque vemos ciertas similitudes según la región del país de donde provienen. Por ejemplo, en los Andes se cultivan plantas diferentes, como maíz, papa, olluco, oca, cebolla, frijón, calabaza, quinua, chocho, col, cilantro, repollo, haba, cebada, trigo, hortalizas, legumbres, arracacha, yuca, guineo, plátano, café, caña y diversas frutas, entre otras (Figura 4.2.). Las diferentes alturas en la región andina, permiten la existencia de una gran variedad de plantas y usos. Los indígenas Yanaconas (Valle) nos dan un ejemplo de esto, porque tienen cuatro zonas térmicas, con diferentes usos: el páramo provee plantas medicinales, la montaña les da sitios para ganadería, extracción de madera y plantas medicinales, en la sabana construyen sus viviendas y cultivan maíz y en “lo caliente” siembran plátano, café, yuca y caña (Correa-Rubio *et al.* 1998a). En cuanto al uso de animales, vemos que en los Andes se cazaban venados y guaguas, entre otros. Por ejemplo, existen reportes arqueológicos de uso del venado cola blanca en la sabana de Bogotá (Recuadro 4.1.)

Pasando a otras zonas del país, vemos que los afrocolombianos que habitan en las costas del Pacífico utilizan a los manglares y bosques para extraer los recursos necesarios para su subsistencia. Ellos comercian pescados, madera, productos de temporada, tagua, caucho, mangle, moluscos, pieles y aletas. En la zona no es posible cultivar, pero gracias a la diversidad de los manglares y bosques, obtienen gran cantidad de productos para autoconsumo y venta como almejas, frutos, peces, etc. (Arrocha-Rodríguez *et al.* 1998).



## Recuadro 4.1. Uso prehispánico del venado de cola blanca en la sabana de Bogotá

Por: María Fernanda Martínez-Polanco,  
Olga L. Montenegro, Germán Peña



El venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) fue muy utilizado por los habitantes de la sabana de Bogotá en tiempos prehispánicos. Su carne y grasa se utilizó como fuente de alimento, sus huesos y astas fueron empleados como herramientas y su piel como abrigo. Uno de los registros arqueológicos que evidencia este uso del venado y otras especies animales se encuentra en Aguazuque, un sitio arqueológico de la Sabana de Bogotá que va desde 2725±35 A.P. hasta 5025±40 A.P. Este sitio se ubica en lo que actualmente es el municipio de Soacha. En un estudio sobre los restos arqueológicos de venado de este sitio, analizamos cambios a lo largo del tiempo, en la proporción de animales de diferentes clases de edad, en la proporción de sexos y en las tallas. Encontramos cierta tendencia hacia la cacería de venados adultos tanto jóvenes como viejos, sin diferenciar entre machos y hembras. Esta cacería pudo haber sido sostenible por muchos años, y al parecer no generó cambios en el tamaño de los animales, a lo largo del tiempo, como suele suceder cuando se cazan intensamente los más grandes. Al parecer en Aguazuque hubo una tendencia al manejo de la cacería del venado de cola blanca que permitió su uso sostenible en el lapso de tiempo analizado. Actualmente esta especie se encuentra localmente extinta en la zona de Aguazuque, pero su desaparición es un evento mucho más reciente y está más asociado con la transformación de su hábitat que con sobre-explotación en tiempos prehispánicos.



**Figura 4.2.** Existe una gran variedad de plantas cultivadas en los Andes, muchas de las cuales consumimos diariamente. Detalle de la plaza de mercado de la ciudad de San Agustín, en el Huila.

Los Achagua, en la Orinoquía, así como otros grupos indígenas dependen de las temporadas de lluvia y sequía. En invierno, al no poder cazar, consumen caimán, tortuga, güíros (anacondas), dantas, iguanas y manatíes; cultivan yuca, casabe, maíz y ají, guayaba, barbaco, onoto, pimiento, yuca dulce, piña, varias especies de palma, caña de azúcar, varias frutas y achiote. Son especialistas en sacar fibras de la palma *Quitebe*. Asimismo, elaboran *Quiripa* o *Quirripa*, que es una sarta de conchas, utilizada a modo de moneda (Romero-Moreno *et al.* 2000). Las tribus de la Amazonía tienen también una vocación hortícola, excepto los Makú, que son

nómadas. Estos indígenas consumen tortugas, anguilas, ranas, larvas, camarones, flores y frutos. Tienen clasificación para sus presas de caza: los peces se distinguen por su capacidad de comercialización, los tucanes, guacamayas y loros son fáciles de cazar, pero les aportan más carne las gallinetas, pavas y paujiles. En su clasificación de la fauna, agrupan los animales que se desplazan por el suelo (puerco de monte, venado, cerrillo, armadillo) (Figura 4.3a.) y por los árboles (mico churuco y maicero). Son presas difíciles las dantas y pacas (Figura 4.3b.). A las mujeres se les permite cazar agutíes en la huerta (Correa-Rubio 2000a).



**Figura 4.3.** El uso y convivencia con diferentes especies origina conocimiento por parte de los pobladores indígenas y campesinos en la Amazonía. A. Puerco de monte, B. danta.

### Servicios Culturales

Por otro lado, desde el punto de vista cultural, la diversidad juega un papel muy importante en las religiones y cosmovisiones de las diferentes comunidades. Aquí mencionamos solo algunos ejemplos en varios grupos étnicos del país. En los Pastos, la creación del mundo estuvo en manos de dos viejas indias poderosas, que eran perdices, una blanca y otra negra. Para crear el

mundo hicieron una apuesta: juntar las caras, cerrar los ojos, lanzar una flor al aire y dar vueltas, bailando. Así, determinaron el lugar de las cosas. Hay un relato similar, donde los danzantes son tigres (“Del *Chispas* y el *Guamgas*”) (Correa-Rubio *et al.* 1998a). Los Nasa o Páez (Cauca), tienen una leyenda con Juan Tama, considerado el amo de la magia y defensor de la tradición. Es

el gran maestro de las plantas medicinales (Cerón-Rengifo *et al.* 1996). En el archipiélago de San Andrés y Providencia, los habitantes tienen leyendas y cuentos donde los protagonistas son Anancy o Nancy (araña) y tigre (Arrocha-Rodríguez *et al.* 1998). Los Makú vinieron al mundo en una anacondacanoa (Correa-Rubio 2000b).

Existen plantas sagradas que permiten el contacto con espíritus y con la naturaleza como la coca y el yagé, por ejemplo. La coca es muy importante para los Páez y por eso, es sembrada aparte de

las otras plantas. A diferencia de otros, en este grupo étnico, las mujeres son las encargadas de cosechar las hojas de coca, que son utilizadas para elaborar el *mambe*, en el cual se incluyen hojas de coca y cal. La coca ayuda a los indígenas a realizar las actividades agrícolas y es importante para los chamanes porque los ayuda a mantener la vigilia y a realizar adivinaciones en los rituales (Cerón-Rengifo *et al.* 1996). El uso del yagé es propio de los indígenas Inga y Kamsa que viven en el valle de Sibundoy (Putumayo) (Figura 4.4.).



**Figura 4.4.** Yagé (*Banisteriopsis caapi*), planta sagrada para muchos pueblos indígenas de la Amazonía. A. Planta adulta registrada en cercanías de Leticia, Amazonas, B. Plántula creciendo en el departamento del Putumayo (Colombia).

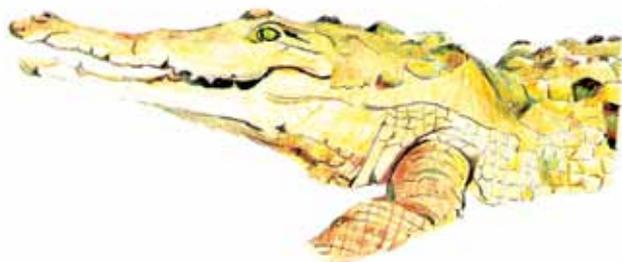
Esta planta permitía a los chamanes conectarse con los animales y volverse taita-tigre, taita-danta y taita-colibrí; pero desde la llegada del cristianismo, afirman que pueden adquirir la fuerza espiritual de estos animales, pero no transformarse. Existen varios tipos de yagé, que inducen a la visión de diferentes cosas (danta-*huasca*, culebra-*huasca*, *quinde-huasca*, etc.). Ellos consideran que el yagé y las otras plantas tienen sentimientos, porque el yagé es gente que está en las plantas. Las plantas se usan con fines medicinales. Los *chondores* ayudan a atraer animales para caza, a ser más atractivo, a ganar la fuerza del tigre, entre otros (Correa-Rubio *et al.* 1998b).

Muchos grupos consideran a la naturaleza como su hermana. Así como los Inga y Kamsa, los afrocolombianos también consideran que las plantas y animales tienen sentimientos y sensaciones, al igual que los Makuna en el Amazonas. Para los afrocolombianos todo lo que es y será vive en el monte, él guarda el poder del secreto y la fuerza, allí están los espíritus más poderosos, las plantas que curan o dan maleficios. El hombre es un ser inculto y limitado, pero algunos, como los curanderos y magos, pueden conjurar el poder del monte. Los clanes de los Amorúa en los Llanos se identifican con un animal o una planta y poseen una conexión mística con éste, ya que se consideran descendientes de ellos (Romero-Moreno *et al.* 2000). La leyenda de la “Madremonte” proviene de los indígenas Coyaimas y Natagai-mas. La “Madremonte” atemoriza a los hombres que destruyen los bosques, ex-

trayendo más leña de la que necesitan (Cerón-Rengifo *et al.* 1996).

Varios grupos en la Orinoquía y la Amazonía se distinguen entre ellos según la influencia y dominio sobre un río específico; algunos nombran a los ríos según los animales que los frecuentan (por ejemplo, río Paca, río Armadillo, río Lobo). Igualmente, varios grupos nombran sus clanes con nombres de animales. Los Achagua, en la Orinoquía, tienen regiones como Amanzano (culebra), Isirriberrenay (murciélago) y Guarruberrenay (lora). Los Uitoto, también nombran sus clanes con nombres de animales (gavilán, águila, cucarrón, arriera, venado, pava, palo, sapo, murciélago, ave).

Algunos indígenas del Amazonas, como los Makuna, distinguen las mismas constelaciones occidentales, con nombres nativos; así, Escorpio es anaconda de agua y Sirio y Canopus son tres pirañas. Gracias a las constelaciones, y a la observación minuciosa, estos indígenas conocen el ciclo de inundaciones y sequías, hábitos alimenticios de los peces y épocas del año en las que se encuentran (Romero-Moreno *et al.* 2000; Correa-Rubio 2000a). Esta estrecha relación con la naturaleza no solo es cultural, sino que se sobrepone totalmente con el uso de los recursos.



## Servicios de soporte y regulación

Los servicios de soporte provienen de procesos que ocurren a gran escala, es decir, que toman mucho tiempo y requieren grandes áreas para actuar, tales como la formación del suelo, el ciclo de agua y de nutrientes, la producción primaria, entre otros. El suelo es un servicio de soporte muy importante porque permite la existencia de la cobertura vegetal que da vida al planeta. El suelo además, permite la agricultura y muchas otras actividades productivas que sostienen nuestras sociedades humanas. En Colombia existe una gran diversidad de suelos, los cuales varían en todas las regiones naturales del país, dadas sus condiciones de formación, material parental, clima y relieve entre otros factores (Malagón 2003). Las características de los suelos en Colombia, contribuyen a definir la vocación de uso de la tierra. Así, por ejemplo, se considera que el 58.6% del territorio nacional tiene vocación forestal, el 18,9% agrícola y silvoagrícola, el 12,5% ganadero y silvopastoril, el 6% agrosilvopastoril, y el 4% conservación de recursos hídricos (IGAC 2002).

Otro servicio de soporte es el ciclo del agua. Este se refiere a los procesos por los cuales circula el agua por la Tierra. Colombia es uno de los países con mayor oferta hídrica en el planeta: la precipitación anual es de 3700 Km<sup>3</sup>, de los cuales, el 61% va a alimentar las cinco cuencas hidrográficas: Magdalena-Cauca (13%), Amazonía (39%), Orinoquía (27%), Caribe (8%) y Pacífico (8%).

La escorrentía promedio es de 1988 mm, siendo muy baja en La Guajira y mayor en el Pacífico. El volumen de aguas subterráneas de Colombia es de 5848 Km<sup>3</sup>, estando las mayores reservas en los Llanos Orientales, Caguán-Putumayo y Cordillera Oriental. En cuanto a los glaciares y nevados, contamos con un área de 46,8 Km<sup>2</sup> representados por los volcanes Nevado del Ruiz, Santa Isabel, Huila, Tolima y dos sierras nevadas: Santa Marta y El Cocuy (Figura 4.5.).

Toda esa oferta hídrica permite el desarrollo de ecosistemas exuberantes (como los bosques) de los que obtenemos alimento, madera, fibras, colorantes, resinas, etc. De igual manera, el agua en sí misma es un recurso vital para nosotros y disponemos de ella gracias a esas fuentes como ríos, lagunas y aguas subterráneas. Por ejemplo, en la zona de Magdalena-Cauca, en la región Andina de Colombia, está el 63% de las cabeceras municipales del país, es decir, hay una alta demanda por agua, mientras que en el Amazonas, donde está la mayor oferta hídrica, sólo están el 4,7% de las cabeceras municipales. El Río Magdalena nace en el sur de Colombia (Figura 4.6.) y recorre toda la región Andina colombiana, representando uno de los más importantes del país. Sin embargo, actualmente la calidad del agua de este río y de sus afluentes es baja, debido a la gran cantidad de contaminantes y desechos humanos que van a parar allí (IAvH *et al.* 2011).



**Figura 4.5.** Los glaciares, como el Nevado del Cocuy son una fuente importante productora de agua, cuya área se ha venido reduciendo.



**Figura 4.6.** Río Magdalena en sitio *el estrecho* (San Agustín, Huila), pocos kilómetros abajo de su nacimiento en el Páramo de las Papas. En esta parte de su recorrido el río está en buen estado, pero su condición se deteriora a medida que recorre el país.

Por otro lado, los servicios de regulación incluyen el mantenimiento de la calidad del aire, regulación del clima, control de la erosión, de enfermedades y la purificación del agua (MADS 2012). Según el clima y el tipo de suelo, se desarrollarán ecosistemas determinados y permitirán la siembra de diferentes especies de plantas, proveyendo los servicios ecosistémicos que nombramos

anteriormente. La regulación del clima se da a nivel global, ya que depende de las corrientes oceánicas y atmosféricas y de los movimientos de rotación y traslación del planeta y puede verse afectado por algunos seres vivos, como algas (que permitieron el desarrollo de la atmósfera hace millones de años) o los humanos, actualmente; así como por tormentas solares, entre muchos otros.

## Valoración de la Biodiversidad

La definición de valor implica “el grado de utilidad o aptitud de las cosas, para satisfacer las necesidades o proporcionar bienestar o deleite” y aunque la valoración se relaciona con el significado de señalar el precio de algo (RAE 2001), no todos los valores se pueden suscribir a la esfera monetaria o económica. La valoración ambiental es una herramienta útil a la hora de responder las preguntas de qué y cómo conservar.

Hasta hace poco tiempo sólo existían enfoques ecológicos o económicos para valorar un ecosistema. Sin embargo, estos enfoques han demostrado ser insuficientes y durante la última década los esfuerzos de economistas, ecólogos, manejadores de vida silvestre, ambientalistas, entre otros profesionales, ha sido crear metodologías conjuntas para determinar el valor de un ecosistema o área en particular.

## Métodos de valoración

La biodiversidad en sí misma tiene una utilidad económica, pero al mismo tiempo son las fuerzas económicas las causantes de gran parte de la extinción de los recursos naturales. Todo esto debido a que durante mucho tiempo, los beneficios obtenidos a partir de la naturaleza se habían considerado gratuitos. La ciencia que se ha encargado de diseñar, probar y aplicar estas técnicas es lo que hoy se conoce como economía ecológica.

El primer paso de la economía ecológica ha sido tratar de unificar conceptos entre la ecología y la economía para que

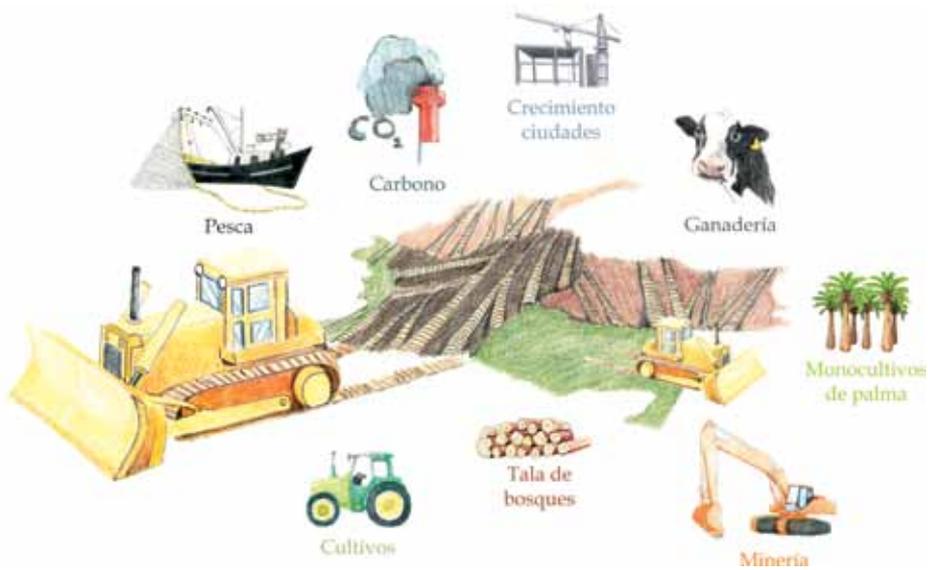
sean herramientas eficaces en la búsqueda de soluciones de conservación. Para entender esta fusión de dos ciencias es útil remitirse a sus definiciones. La ecología es la ciencia que estudia las interacciones (flujos de energía, materia e información entre los seres vivos) que regulan la distribución y abundancia de los organismos (Krebs 1985). Por su parte, la economía estudia la distribución de los recursos (energía, materia e información), medidos casi siempre en forma monetaria, dentro de la sociedad humana. El estudio de estas dos defi-

niciones resultó en la comprensión de que las dos ciencias comparten objetivos y métodos, ya que las dos estudian los mismos procesos. Además, como sugieren Wackernagel y Ress (2001), al final la economía se transforma en ecología humana.

Aun así la reunión de estas dos ciencias no es fácil. Ha sido necesario plantear nuevos conceptos y objetivos comunes. Uno de esos conceptos claves es el de capacidad de carga, que; Wackernagel y Ress (2001), definen como el máximo número de una población que un hábitat determinado puede soportar indefinidamente. Para la economía, la capacidad de carga (sostenibilidad ecológica) de la población humana es la tasa máxima de consumo de los recursos y de descarga de desechos, que se puede mantener indefinidamente, sin dañar la

integridad y productividad de nuestro ecosistema tierra.

Tanto economistas como ecólogos están de acuerdo en que esta capacidad de carga de humanos, como especie, ha sido sobrepasada. En otras palabras, presentamos una “huella ecológica” mucho mayor que las áreas que ocupamos físicamente (Wackernagel y Ress 2001) (Figura 4.7.). Esa situación unida a la conexión entre los humanos y el resto de los seres vivos, hace necesaria una inversión por parte de la especie, en forma de un capital natural (recursos), que aseguren el bienestar humano. Por ahora, la única manera es poner límites a la actividad humana, para que la capacidad de carga de la tierra (flujo continuo de energía) represente fielmente el capital natural disponible para una economía sostenible y estable.



**Figura 4.7.** La huella ecológica se refiere al impacto causado por las actividades humanas sobre los ecosistemas. En Colombia, las regiones con una mayor huella ecológica son los Andes, Caribe y Orinoquía.

La idea, en términos económicos, es lograr almacenar el suficiente capital natural (recursos), de manera tal que podamos vivir de sus intereses. Así, se asegura no acabar con la inversión inicial y evitamos al mismo tiempo la quiebra de la empresa (vida). Traduciendo al lenguaje ecológico: el plan es mantener los ecosistemas necesarios (inversión del capital natural), de manera que se asegure la permanencia de la vida gracias a las funciones continuas de estos ecosistemas (intereses).

### ¿Y cómo valorar en la práctica?

En un principio, la teoría es buena. Pero ¿cómo cuantificar ese capital natural en la práctica, de manera que sea posible un diálogo con los demás renglones de la economía mundial? Existen diferentes enfoques (económicos y ecológicos), según la manera en que aborde la cuantificación de los diferentes tipos de valores de un ecosistema (Tabla 4.1).

**Tabla 4.1.** Enfoques de valoración de ecosistemas (Costanza *et al.* 1990).

Enfoque	Explicación
<b>Económico</b>	
Valor económico neto	Para los productos del ecosistema que se venden en el mercado, determina su valor como la suma de los sobrepuestos del productor y el consumidor
Costos de viaje	Se usa para calcular el valor de los beneficios recreativos, utilizando los costos de viaje como sustituto de un precio
Valoración hedonista	Supone que el precio que se paga por una mercancía refleja los atributos del producto
Valoración contingente	Usada para calcular de alguna manera los valores que no son de uso
Valores de uso diario	Una actividad valorada a diario en un sitio se usa para valorar la misma actividad en el sitio de estudio.
Costo de reemplazo	Calcula el valor de un servicio no comercial basándose en el costo de su sustitución
Costo de oportunidad	Valor para funciones o servicios inciertos de un ecosistema
<b>Ecológico</b>	
Análisis energético	Supone que el valor de un producto se refleja en la energía que se requiere para producirlo.
Modelo económico-ecológico	Construye modelos de simulación que tienen en cuenta factores económicos y ecológicos

En general, el enfoque económico se basa en el cálculo de un valor monetario, el cual siguiendo en líneas generales el modelo del Valor Económico Total (VET) de Pearce y Moran (1994), propone:

$$\begin{aligned} \text{VET} &= \text{VU} + \text{VNU} \\ &= (\text{VDU} + \text{VIU} + \text{VO}) + (\text{VE} + \text{VA}) \end{aligned}$$

donde VET: Valor económico total, VU: Valor por uso, VNU: Valor no utilizable, VDU: Valor por uso directo (pesca, caza, madera, etc.), VIU: Valor por uso indirecto (beneficios derivados de la función del ecosistema como agua, oxígeno, etc.), VO: Valor de opción (valor aproximado de la voluntad de pago ahora por un posible uso más tarde), VE: Valor de existencia o valor “pasivo”, VA: Valor altruista, es decir el conocimiento de que otros podrán beneficiarse en el futuro.

Es debatible qué tan útil y cercano al valor real del capital natural es el VET, debido a que no todos los valores que incluye su cálculo son medibles de manera objetiva. Por ejemplo, el valor de opción, junto con el de existencia y el altruista, tienen un fondo moral difícil de cuantificar. En este empeño de dar un valor al medio ambiente, se han realizado otras clasificaciones de los posibles valores que se le puede aplicar a un área en particular. Barzetti (1993) divide los valores en aquellos de uso directo y aquellos de uso indirecto, los cuales responden a los valores por uso y los valores no utilizables de Pearce y Moran (1994).

Para evitar estos problemas de valoración monetaria, algunos ecólogos han propuesto el enfoque energético

(Odum 1990) en el cual la moneda es la energía solar necesaria para la creación y funcionamiento de cada componente del sistema. Este modelo se rige por el principio de máxima potencia, el cual predice que el sistema que maximice su potencia (tasa de trabajo) en la competencia por recursos energéticos es el que triunfa. Por ello, el sistema económico humano trata de tomar la mayor cantidad de energía, en cada momento, sin pensar a largo plazo. El problema, está en que la fuente de energía es finita.

La propuesta es simple: hay que comenzar a tener en cuenta los costos del trabajo de transformación de la energía primaria (sol) por parte de la biosfera, para hacerla disponible para la elaboración de otros bienes de consumo. En otras palabras, se trata de evaluar la contribución de la naturaleza que no es identificada por el sistema económico (Odum 1990). Por último está el enfoque de construcción de modelos detallados y dinámicos en el tiempo y el espacio, de manera que simulen sistemas ecológicos y económicos que interactúan, que después ajustados a condiciones particulares pueden determinar líneas de acción y lazos entre los dos sistemas. Sin importar la aproximación que elijamos siguen escuchándose voces que nos invitan a reflexionar sobre el estilo de vida y de consumo que la mayoría de nuestros países mantienen y promueven. Señalando lo imprescindible que es vincular la economía con la sociedad y con el medio ambiente y la necesidad de introducir elementos éticos y morales en la economía y evaluar la opción de decrecimiento (Max-Neef 1998; Jackson 2011; Latouche 2012).

## PARA REFLEXIONAR

- **¿Qué prácticas has visto o escuchado en tu familia que involucren el uso de animales y plantas? ¿Y en tu región?**
- **La biodiversidad está presente en costumbres y tradiciones. Nombra algunas, leyendas, refranes o canciones que conozcas, que involucren animales o plantas.**
- **¿Qué diferencias encuentras en el uso de la diversidad entre la sociedad típicamente urbana y una comunidad indígena o rural?**
- **¿Crees que la alta riqueza biológica ha beneficiado al país? ¿Puedes dar ejemplos que apoyen la afirmación o negación a esta pregunta?**
- **¿Cómo crees que es posible incluir en las propuestas de desarrollo de nuestro país la riqueza biológica y cultural que tenemos?**





## SECCIÓN 2

### DE LA HISTORIA NATURAL A LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD





## Capítulo 5

### RECUENTO HISTÓRICO: HACIA EL CONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD EN COLOMBIA

En este capítulo buscamos mostrar cómo ha variado el enfoque en el conocimiento de la biodiversidad a lo largo del tiempo. No pretendemos hacer un recuento histórico exhaustivo, sino más bien dar algunos ejemplos para ilustrar las formas en que se ha abordado la biodiversidad. Iniciamos con una breve mención al conocimiento tradicional indígena en América, para luego revisar

cómo posterior a la conquista, la riqueza biológica aparece mencionada de forma indirecta o anecdótica en documentos antiguos, antes de pasar a los inicios más formales de su estudio. Finalmente mencionamos cómo el enfoque inicial descriptivo de los naturalistas ha variado hacia el enfoque de la biodiversidad, conservación, uso y gestión.

#### La diversidad biológica en las culturas prehispánicas

Se ha documentado ampliamente que antes de la llegada de los europeos a tierras americanas en 1492, las sociedades indígenas de este continente eran mucho más avanzadas y numerosas de lo que convencionalmente se pensaba (Mann 2005). Aunque las sociedades más notables por sus ciudades, obras de infraestructura y enorme legado cultural fueron los Mayas y Aztecas en Mesoamérica, y los Incas en Suramérica, en todo el continente existieron muchos grupos humanos cuya existencia dependió de un profundo conocimiento de la diversidad biológica. Este conocimiento les facilitó la domesticación de plantas y animales. Ejemplos notables son la domesticación del maíz (Figura 5.1a), en México, y de la papa en Perú, así como de animales como la alpaca y la llama como fuente de pieles (Fi-

gura 5.1b) o del curí, como fuente de alimento, en los Andes suramericanos. Los Incas, además, dejaron evidencia de infraestructura para actividades agrícolas, como la construcción de terrazas, algunas de las cuales se piensa que fueron para cultivos experimentales (Figura 5.1.c).





**Figura 5.1.** A. Representación Maya del maíz, mural del Museo de Antropología de México. B. Llama, un mamífero domesticado en los Andes, pastando cerca de Machupichu, antigua ciudad Inca. C. Terrazas de Moray en Cuzco, Perú, construidas por los Incas para cultivos experimentales.

El conocimiento de la naturaleza existente entre las sociedades indígenas también se ve reflejado en sus sistemas de clasificación de plantas, animales y ecosistemas. Por ejemplo, aún hoy día se preserva nomenclatura botánica entre los descendientes de los Mayas (Barrera *et al.* 1976). Otro ejemplo se aprecia en la Amazonía peruana, en donde indígenas Matses han usado por milenios un sistema de clasificación en el cual se incluye no sólo la vegetación, sino otros aspectos bióticos y abióticos, llegando a reconocer 175 clases de bos-

que (Fleck y Harder 2000). Ejemplos en Colombia son las abundantes figuras zoomorfas en las culturas prehispánicas (Legast 1995), algunas de ellas registradas en pinturas rupestres en sitios como el Parque Nacional de Chiribiquete o en Cerro Azul en el departamento de Guaviare (Figura 5.2). Así mismo, están los sistemas de clasificación de la fauna del pueblo Embera del Chocó (Hernández 1995) o el nombramiento de animales a través de las plantas en la tradición de los Ocaína (Echeverri y Candre 2008).



**Figura 5.2.** Pinturas rupestres de Cerro Azul, Guaviare. Se aprecian varias figuras de animales y personas.

## Las “rarezas del nuevo mundo”: algunos documentos históricos sobre el conocimiento de la diversidad en América y Colombia

Cuando llegaron los españoles a América en 1492, Europa pasaba por la época del Renacimiento, caracterizada por el avance de las humanidades y las ciencias. España no era ajena a este proceso y la llegada a América le brindó la oportunidad de enriquecer no solo sus arcas, sino el conocimiento existente. Los españoles estaban interesados en conocer “las rarezas del Nuevo Mundo”, porque consideraban que estas tierras ofrecían cosas nuevas y extrañas. La vocación científica española fue esencialmente descriptiva, lo que se refleja en los relatos, que eran informes científicos que pueden verse como incipientes (Hernández de Alba 1991), pero que eran avanzados para su época.

Los primeros textos que mencionaban algo de la fauna y flora en las Américas son las “Crónicas de Indias”. Estas son narraciones escritas por los colonizadores españoles principalmente, donde hablan de los acontecimientos sucedidos durante la colonización y conquista española. En estos relatos, describen la relación con los pueblos indígenas, costumbres, los procesos de dominación sobre estos pueblos y la naturaleza, la cual despierta su interés puesto que de ella podrían obtener productos importantes.

En Europa, muchas personas querían saber más sobre “Las Indias” y los cronistas y primeros viajeros científicos lograron transmitir los primeros cono-

cimientos sobre la realidad americana. Por eso, la principal contribución de los naturalistas y cronistas españoles fue incorporar elementos americanos a las ciencias europeas (Hernández de Alba 1991).

Los cronistas expresaron su asombro y miedo de lo que veían en América, e incluso muchas veces mezclaron la realidad con fantasía. En muchas crónicas aparecen sucesos y seres sobrenaturales, asociados con textos bíblicos y de literatura grecorromana, además de elementos poéticos y novelescos. Por ejemplo, los indígenas de la Amazonía fueron confundidos con las Amazonas de la mitología griega (de ahí el nombre de la región). Algunos textos sobre naturaleza afirman que *“todos los animales y plantas que se han podido ver en las Indias Occidentales, en sus mismos nativos colores. El mismo color que el árbol y la yerba tienen, en raíz, tronco, ramas, hojas, flores, frutos. El que tiene el caimán, la araña, la culebra..., el pez con sus escamas; las hermosísimas plumas de tan diferentes aves...”* o *“La mayor cosa después de la creación del mundo, sacando la encarnación y muerte del que lo crió, es el descubrimiento de las Indias; y así las llaman Nuevo Mundo... se puede llamar nuevo por ser todas sus cosas diferentísimas de las del nuestro. Los animales en general, aunque son pocos en especie, son de otra manera...”* (López de Gómara 1555), (Figura 5.3.).

Un cronista importante fue Gonzalo Fernández de Oviedo, quien escribió la *Historia general y natural de las Indias*, en el cual describe sus vivencias en la isla “La Española” (República Domi-

nicana y Haití). La crónica se divide en varios libros, donde trata los cultivos, árboles frutales, árboles “salvajes”, hierbas, plantas medicinales, animales terrestres, animales acuáticos, etc.



**Figura 5.3.** Guacamayas azul (*Ara ararauna*) y bandera (*Ara macao*). Los plumajes coloridos de éstas y otras especies asombraron a los primeros colonos europeos que llegaron a América, lo cual fue plasmado en las Crónicas de Indias.

Al describir estos elementos, Fernández de Oviedo referencia la existencia de plantas no conocidas en Europa, como el maíz, batatas, yuca, calabaza, ají, bijaos, cabuya, maguey, piña y frijoles, entre muchos otros. Al hablar de los árboles “salvajes” los describe así: “...*hay algunos dellos de muy buen olor y lindeza de sus flores y olorosa la madera o cortezas, otros de innumerables y diversas formas de frutas salvajes, que solamente los gatillos monos las entienden y saben que son a su propósito. Otros árboles hay tan espinosos y armados que no se dejan tocar con mano desnuda; otros de mala vista y salvajes; otros cargados de yedras y bejucos y cosas semejantes, otros llenos de arriba debajo de cierta manera de hilos, que parece questan cubiertos de lana hilada sin serlo*”. En cuanto a los animales, Fernández de Oviedo narra la existencia de culebras, lagartos, animales ponzoñosos, perros, ratones, etc. Por ejemplo, el cronista relata la existencia de la hutía, como un animal “*de cuatro pies, a manera de conejo, pero algo menor y de menores orejas, y las tiene este animal y la cola como de ratón... son de color pardo gris, buen manjar*” o el quemí, otro animal de “*cuatro pies, tan grande como un podenco o sabueso mediano, de color pardo como la hutía y del mismo talle o manera, excepto que el quemí es mucho mayor...*”. Estos relatos reflejan aspectos importantes de la fauna de las islas del Caribe. Por ejemplo, hutía es un nombre usado para un grupo de roedores que solo existen en estas islas (Figura 5.4a) y quemí, al parecer corresponde a un roedor grande de la familia Heptaxodontidae que se extinguió en Cuba poco después de la llegada de los

Espanoles (Figura 5.4b). También en sus descripciones Fernández de Oviedo (1851) menciona las primeras especies vegetales y animales introducidos en las Américas, tales como olivos, parras, perros y caballos.

En Colombia, varias crónicas revelan la distribución geográfica y el uso de especies animales durante la Colonia. Por ejemplo, Martínez-Polanco (2008), muestra que en las *Relaciones y visitas a los Andes, siglo XVI*, y en las transcripciones sobre la formación social Chibcha, los registros de mamíferos más frecuentes corresponden a venado de cola blanca, danta, manatí, oso hormiguero y “tigre” (jaguar), y menciona sus localidades geográficas y usos entre 1539 a 1601. En muchas de esas localidades, actualmente ya no existen estas especies. Otro ejemplo son los registros históricos de danta o tapir en Boyacá, animal que figura en la *Relación de Tunja de 1610* en el siguiente texto: “... *hay dantas que son tan grandes como mulas; hay osos, tejones, raposas...*” (Rodríguez 1999). Aunque no hay claridad de a cuál especie de danta (de montaña o de tierras bajas) hace referencia esta crónica, ninguna de estas dos especies se encuentra actualmente en Boyacá.

La diversidad de la flora y la fauna en selvas colombianas fue tratada de forma indirecta por importantes etnólogos y viajeros, en sus descripciones de los indígenas y sus costumbres. Por ejemplo, el etnólogo alemán Theodor Koch-Grünberg (1995), en su libro “*Dos años entre los indios, Viajes por el noreste brasileño 1903-1905*” hace



**Figura 5.4.** Especies referenciadas por los cronistas de Indias. A. Ilustración de una hutía, una de varias especies de la familia Capromyidae, endémicas de las Antillas Mayores, en el Caribe. B. Ilustración del quemí, un roedor extinto en Cuba. Fue un roedor de la familia Heptaxodontidae, que al parecer se extinguió poco después de la conquista de las islas de Caribe.

referencias a la flora y fauna utilizada por indígenas amazónicos. Sobre la fauna se encuentran pasajes como: "... *Así escondido, [el indio] mata pájaros, como papagayos, aráras, palomas y el kujubim, una gallineta cuya carne es especialmente grasosa y sabrosa durante la época de cosecha de la palma assai*" (Koch-Grünberg 1995: 128). Otro viajero de la época, el inglés Thomas Whiffen, escribió en su libro "*The north-west Amazons: notes of some months spent among cannibal tribes*" (Las Amazonas noroccidentales: notas de algunos meses vividos entre tribus caníbales) que "...*los peces, si son abundantes, son difíciles de cazar para los inexpertos, ocasionales tapires o pe-caríes, las delicias de la carne de mono, los incautos, aunque no-palatables loros, ranas y serpientes...*" (Whiffen 1915),

refiriéndose a presas de caza. En el mismo libro, Whiffen también menciona otros animales que le llamaron la atención como las mariposas azules (*Morpho* sp.), yacarés, sanguijuelas, insectos, serpientes, aves, monos, entre otros. Por otra parte, el geógrafo alemán Alfred Hettner recorrió los Andes colombianos, especialmente la cordillera Oriental, y escribió una crónica sobre su historia, habitantes, geología y geografía. En sus crónicas relata sus viajes por el río Magdalena, Bogotá, el páramo de Ambalema, los Llanos, laguna de Fúquene, territorios indígenas y minas, haciendo menciones de regiones y animales (Hettner 1884). Sin embargo, todos estos estudios no estaban enfocados específicamente en la biota, sino que la referenciaban de forma indirecta.

## Primeros estudios formales de la biota en Colombia

El siglo de las Luces en Europa (siglo XVIII) dio importancia a las ciencias naturales, impulsando la multiplicación de jardines botánicos, gabinetes de historia natural, creación y ampliación de observatorios taxonómicos y estimuló la llegada de diversos naturalistas a América (Hernández de Alba 1991). En la Nueva Granada (hoy Colombia) uno de los primeros esfuerzos por conocer su diversidad botánica (y una de las mayores empresas científicas de la Colonia) fue la "Real Expedición Botánica" (1783 a 1816), llevada a cabo por el médico y clérigo español José Celestino Mutis. Este tipo de expediciones eran dirigidas por médicos, pues sus prin-

cipales propósitos eran buscar plantas útiles. Por ejemplo, durante mucho tiempo se estudiaron las quinas porque su uso permitía curar diversas fiebres, a las que se veían expuestos los europeos que llegaban a América (Hernández de Alba 1991).

La Expedición Botánica fue organizada por el Estado español y pretendía conocer la geografía de la región y sus riquezas naturales para su aprovechamiento. Esta expedición produjo gran parte de la primera información biológica de Colombia y muchos de sus participantes, como Francisco José de Caldas, se formaron en ciencias y

estuvieron involucrados en la gesta de Independencia. Las ilustraciones y las plantas colectadas durante la expedición (Figura 5.5), fueron llevadas a España antes de independencia. (Díaz-Piedrahita 2009). La expedición tuvo su sede en La Mesa y Mariquita, donde trabajaron como ayudantes de Mutis, Eloy Valenzuela, Bruno Landete, Salvador Rizo, Francisco Javier Matís, Sinfonso Mutis y Pedro Fermín de Vargas. Entre 1790 y 1816, la expedición se instaló en Santa Fe y se vincularon Jorge Tadeo Lozano, Francisco José de Caldas y Francisco Antonio Zea. También para esa época, a solicitud de Mutis se construyó el Observatorio Astronómico Nacional, cuyas funciones centrales eran la hora y el servicio meteorológico, además de investigaciones astronómicas, geográficas y botánicas a cargo de Caldas. Caldas, Lozano y Zea, quienes causaron gran impacto social al aplicar los métodos de las ciencias a problemas sociales de la época, influyendo en la gesta de la independencia, además de los grandes aportes científicos realizados. Con la Independencia y Reconquista, los criollos fueron condenados a muerte, porque se consideraban provocadores de las revoluciones, se detuvieron las investigaciones iniciadas y todo el material fue llevado a España (Becerra-Ardila y Restrepo-Forero 1990; Hernández de Alba 1991).

Francisco José de Caldas contribuyó enormemente al conocimiento actual de la diversidad de las plantas en Colombia. Además de participar en la Expe-

dición Botánica, realizó estudios sobre los perfiles de las alturas, mapas donde daba especial importancia a las plantas útiles, zonas cultivables del país, entre otros. En 1801 publica un manuscrito sobre la nivelación de plantas en Ecuador, y en 1802 se une a la Expedición Botánica, donde se centra en el estudio de las quininas en Ecuador, de donde colecta cerca de 6000 ejemplares. Paralelo a esto, se centra en investigar la distribución de las plantas conforme a la altitud (Díaz-Piedrahita 1992).

Dentro de los naturalistas que llegaron a América, se encuentra Alexander von Humboldt, junto con el botánico francés Aimé Bonpland (1789-1804), quienes recorrieron gran parte del territorio americano (actuales Estados Unidos, México, Cuba, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú) realizando observaciones de importancia para diferentes áreas del conocimiento científico, entre ellas la astronomía, geografía, geología, botánica, zoología y antropología. Sus observaciones se plasmaron en numerosas publicaciones y en diversas colecciones (López-Arévalo 1998).

Otro estudio de gran magnitud fue la Comisión Corográfica (1850 a 1859), la cual buscaba conocer el territorio nacional, para ver las condiciones físicas, morales y políticas de Colombia. La comisión fue dirigida por Agustín Codazzi, quien recorrió y cartografió gran parte del país. Después de su muerte, Indalecio Liévano, Manuel Ponce, Manuel Paz y Felipe Pérez complementaron los estudios y publicaron atlas de diversas zonas de Colombia.



**Figura 5.5.** *Cinchona pubescens*, ejemplar colectado por José Celestino Mutis entre 1783 y 1808. El ejemplar proviene del Jardín Botánico de Madrid y actualmente está depositado en el Herbario Nacional Colombiano.

El botánico José Jerónimo Triana (1828-1890) aportó al conocimiento de las plantas de la región con publicaciones como “Plantas útiles de la Nueva Granada” (1852) y “*Nuevos géneros i especies de plantas para la flora neogranadina*” (1854). Triana realizó un herbario con cerca de 4000 especies, que fue depositado en el Museo de Historia Natural. Entre 1881 y 1883 se creó la Comisión Científica Permanente, dirigida por José Carlos Manó para estudiar botánica, geología, mineralogía, zoología, geografía y arqueología. Esta comisión debían tomar muestras para el Museo de Nueva York y para el Museo de la Universidad Nacional. En 1903 se abre en el observatorio una oficina de Historia Natural, dirigida por Santiago Cortés, quien realizó la Monografía de las leguminosas y Flora de Colombia (Becerra-Ardila y Restrepo-Forero 1990).

Las comunidades religiosas también adelantaron estudios sobre la naturaleza en Colombia. Los Hermanos de las Escuelas Cristianas de San Juan Bautista de La Salle Colombia, o hermanos Lasallistas, eran una comunidad de clérigos franceses y colombianos que se establecieron en Colombia en 1862. Diez de ellos eran conocidos como los *hermanos naturalistas*. Ellos hicieron varias expediciones cuyos resultados se encuentran en 626 trabajos, donde estudiaron y analizaron gran cantidad de plantas y animales y describieron o enviaron a otros especialistas unas 250 especies nuevas. Además de eso, se dedicaron a la enseñanza. Los *hermanos naturalistas* más importantes fueron

Apolinar María, Nicéforo María, Idinael y Ariste. Apolinar María fundó la Sociedad de Ciencias Naturales, que después pasó a ser la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. El hermano Daniel o Julián González Patiño también realizó una labor importante, ya que publicó alrededor de 200 artículos y libros. Este hermano se dedicaba principalmente a la botánica, pero también describió varias especies de arácnidos, reptiles y anfibios. En 1938 fundó la Sociedad de Ciencias Naturales Caldas y se dedicó a enriquecer las colecciones del Museo de La Salle (López-López 1989).

Una tendencia en el siglo XVIII en Colombia fue la creación de academias y sociedades de naturalistas. La primera de ellas es la Academia Nacional de Colombia (1826), después seguida por asociaciones como la Sociedad de Naturalistas Neogranadinos (1859-1861) y la Academia de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales. El objetivo de estas sociedades era estimular el conocimiento de las artes, las letras, las ciencias naturales y exactas, la moral y la política (Obregón-Torres 1994). La creación de la Sociedad de Naturalistas Neogranadinos surgió de una excursión al cerro de Monserrate, en los cerros orientales de Bogotá, organizada a mediados de 1859 por unos de sus fundadores, Ezequiel Urichoechea, quien se desempeñaba como profesor de química y mineralogía en el Colegio del Rosario (Obregón 1990) y quien fuera uno de los primeros científicos del país. Una vez fundada la sociedad, Urichoechea publicó el libro “*Contribuciones de Colombia*

a las ciencias i a las artes” (Uricoechea 1860). Los estudios de la biota en ese tiempo, tenían un enfoque principalmente naturalista y taxonómico. Por ejemplo, los miembros de la Sociedad de Naturalistas Neogranadinos realizaban viajes a diversos sitios del país para describir especies de plantas y animales. Además, sus miembros mantenían contacto con naturalistas europeos con los que intercambiaban especímenes e información. En el primer boletín de la sociedad (1860), se publica la “*Memoria sobre el estudio de la botánica en Nueva Granada*” donde se busca recuperar la tradición indígena y continuar con el estudio de la botánica en el país (Obregón 1990). En varios apartes del boletín se encuentra por ejemplo: “... pero lo que me admiró fue que todas las plantas que me presentó como eficaces a la mordedura de las serpientes eran de un solo género: todas eran Beslerias.” (Palabras de Caldas); o “*Ahora bien, investigar cuál fuera la extensión e importancia de los conocimientos botánicos que tuvieran los aborígenes sería ciertamente una obra digna de esfuerzos, por el provecho incalculable que de ella pudieran reportar las ciencias i las artes...*” “... existen muchas plantas, principalmente herbáceas y sarmentosas, que tienen adquirida grande reputación medicinal entre la jente de los campos, y la ciencia debe pedirles cuenta de esa reputación, por medio de análisis químicos y de experimentos formales que den a conocer si es verdad que gozan de virtud curativa...” (Vezga 1860).

Posteriormente, en el siglo XIX otros botánicos extranjeros realizaron expediciones en Colombia como el alemán

Carl Friedrich von Martius, quien viajó por el río Caquetá, Alfred Russel Wallace, quien llegó hasta Mitú y Richard Spruce, quien también viajó por el Vaupés y quien describió la planta del yagé (*Banisteriopsis caapi*).

Aparte del enfoque naturalista, también existió el interés por conocer la biota con fines netamente extractivos. Este es el caso de la fiebre de las quinas y del caucho en la Amazonía (Domínguez y Gómez 1990). Debido a esto, también se dieron procesos de colonización y algunas mejoras de infraestructura vial (Sierra 1989). Los estudios medicinales también tenían en cuenta el conocimiento tradicional, porque a partir de él, podían conocer las propiedades de las plantas (Obregón 1990).

Durante los siglos XIX y XX, científicos de Estados Unidos y Europa llevaron a cabo expediciones de colecta en toda Sudamérica, especialmente para el estudio de enfermedades tropicales. En 1923, se establece un laboratorio biológico en la Isla Barro Colorado (Panamá) para investigaciones entomológicas y, posteriormente, ornitológicas. Estas investigaciones fueron iniciadas por Chapman, quien fue apoyado por el *American Museum of Natural History*. Hacia 1930, Robert Enders inicia investigaciones en mamíferos. Desde 1946, la Isla Barro Colorado pasa a ser responsabilidad del Instituto Smithsonian, que hasta la fecha, ha continuado investigaciones y generado información importante acerca de los ecosistemas tropicales (López-Arévalo 1998).

## Colecciones científicas y centros de formación académica

Las colecciones botánicas y zoológicas son sitios donde se depositan ejemplares que ilustran la diversidad de un lugar. Gracias a los estudios de la flora y fauna realizados por los diferentes naturalistas que nombramos anteriormente, se empiezan a crear colecciones en nuestro país. En Colombia, se crea el Museo de Historia Natural en 1824 con la asistencia del vicepresidente Francisco de Paula Santander. El museo hoy en día hace parte del Instituto de Ciencias Naturales. En el año 1931 se crea el Herbario Nacional y el Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis” gracias a la gestión de Enrique Pérez Arbeláez. Este último fue un científico, educador, escritor y clérigo antioqueño, que realizó sus estudios en Alemania y al regresar realizó varias publicaciones sobre las plantas útiles de Colombia. El Herbario Nacional inició su colección con alrededor de 23.000 plantas y actualmente cuenta con más de 300.000, siendo el más grande de Colombia. En 1940 se crea el Instituto de Ciencias

Naturales en la Universidad Nacional el cual se encarga del manejo del Herbario Nacional (Figura 5.6 a y b). Sus objetivos son documentar la diversidad en Colombia, explicar sus causas, formar científicos y biólogos y atender las necesidades de la sociedad colombiana. El Instituto de Ciencias Naturales, junto con el Museo de Historia Natural es la institución líder en botánica y zoología hoy en día (Becerra-Ardila y Restrepo-Forero 1990).

Otra colección científica de larga historia es el Museo de la Salle, actualmente bajo el cuidado de la universidad del mismo nombre. Este museo fue creado en 1904 por el hermano Apolinar María y allí se desarrolla investigación sobre la diversidad biológica y cultural de nuestro país (Museo de La Salle 2011). Otra universidad que cuenta con colecciones científicas la Pontificia Universidad Javeriana, cuya Facultad de Ciencias se crea en 1966. Las Universidades de Antioquia, Valle, Caldas e Industrial de Santander, entre otras, también cuentan con colecciones biológicas, que albergan especímenes importantes para las regiones a las que pertenecen y para el país.





**Figura 5.6.** A. Entrada del Instituto de Ciencias Naturales, en el campus de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá. B. Herbario Nacional Colombiano (Dr. Carlos Parra, actual director del herbario).

## Cambios de enfoques en el conocimiento y la gestión de diversidad biológica

La crisis de la biodiversidad generada por factores antrópicos (ver capítulo 6: Causas de pérdida de la biodiversidad) influye para que del enfoque naturalista de los siglos XIX y XX, se empiece a cambiar hacia un enfoque conservacionista. Esta orientación empieza alrededor de 1926, cuando el biólogo norteamericano Aldo Leopold propone el concepto de conservación de áreas silvestres (*Wilderness conservation*) e introduce en 1939 la relación entre la ecología como ciencia y la conservación de la vida silvestre en su libro *Biotic View of Land*. (López-Arévalo 1998; Rodríguez-Becerra y Espinoza 2002). En 1948 se crea la Unión Internacional por la Conservación de la Naturaleza, UICN, una organización internacional dedicada a la conservación de los recursos naturales. En 1962, Rachel Carson

publica el libro “La primavera silenciosa”, donde expone los efectos perjudiciales de los pesticidas sobre las aves londinenses. Los anteriores son solo algunos ejemplos que ilustran cómo paulatinamente se empieza a incrementar el interés por temas ambientales a nivel mundial. Este creciente interés se ve reflejado en la realización de eventos internacionales que llevan a la firma de acuerdos y convenciones. Uno de los primeros eventos en este sentido fue la Convención sobre Humedales de Importancia Internacional, especialmente como hábitat de la vida Acuática (RAMSAR 1971), seguido por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano en Estocolmo (1972) y la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies en Extinción (CITES 1973).

### Aparición del término *biodiversidad*

El término *Biodiversidad* (*biodiversity*, originalmente en inglés) fue utilizado por primera vez en 1986 por Walter G. Rosen, un miembro del Consejo Nacional de Investigación de la Academia Nacional de Ciencias (NRC/NAS) de los Estados Unidos, para dar nombre a un foro nacional organizado por esta academia y el Instituto Smithsonian. El evento (*National Forum on BioDiversity*) se realizó en la ciudad de Washington entre el 21 y el 24 de septiembre de 1986 y tuvo la participación de más de 60 asistentes, entre biólogos, economis-

tas, filósofos, y representantes de agencias ambientalistas, entre otros. Las memorias de este foro fueron publicadas en 1988 a manera de 57 ensayos, en un libro titulado *Biodiversity*, editado por Edward O. Wilson y Frances M. Peter. Aunque la palabra *biodiversidad* es una forma abreviada para referirse a la diversidad biológica, desde su aparición, este término se ha utilizado principalmente en un contexto de conservación. La realización del evento que dio lugar al uso de la palabra *biodiversidad* y la posterior publicación de sus memorias

ocurren en un momento histórico en el cual toma fuerza el interés por los problemas ambientales y su escala global. Como indican los editores de *Biodiversity*, el creciente interés por estos temas proviene de la acumulación de información sobre deforestación, extin-

ción de especies y biología tropical, así como de la creciente conciencia sobre la estrecha relación entre el desarrollo económico y la conservación de la biodiversidad (Wilson y Peter 1988).

## Otros avances en el enfoque de conservación de la biodiversidad y su influencia en Colombia

También en la década de los ochenta ocurre la creación de la Sociedad de Conservación Biológica (*Society for Conservation Biology*) en 1986 y el lanzamiento de su revista científica *Conservation Biology*, un año después. Se comienza a fortalecer la biología de la conservación, como nueva disciplina académica, con el aumento en publicaciones científicas (libros y revistas) y la generación de programas académicos en el tema.

En la década de los noventa, se dan otros eventos importantes como la Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro, Brasil) en 1992 de la cual se genera la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) y posteriormente el Protocolo de Kyoto (1997) que busca reducir las emisiones de gases invernadero. Otros eventos en la misma línea son el Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad de la Biotecnología (1999), sobre bioseguridad de los organismos genéticamente modificados, la Cumbre Mundial en Johannesburgo (2002) y Cumbre de Copenhague sobre el cambio climático (2009). En 2012 se realiza la Cumbre Río + 20 la cual buscó evaluar

los avances, obstáculos y retos respecto a las metas propuestas en 1992 en la Convención de Diversidad Biológica.

Colombia no es ajena al creciente interés mundial en temas ambientales. En la década de los sesenta el movimiento ambientalista en este país surge con el fin de defender ecosistemas valiosos y hace algunas alianzas con otros sectores, como los defensores de territorios indígenas sagrados, de movimientos universitarios y obreros. Sucesos como la construcción de la vía Barranquilla-Santa Marta alentaron este movimiento. El ecologismo fue una de las corrientes más fuertes, ya que impulsó la creación de políticas y partidos “verdes”, así como alentó la movilización social. Por ejemplo, en esa época se impulsa la creación de parques nacionales en Colombia, influenciada por la creación de los parques Yosemite y Yellowstone en Estados Unidos en el siglo XIX. En 1962 se crean las corporaciones (bajo la administración de Carlos Lleras Restrepo), siendo la primera la Corporación de los Valles de los ríos Magdalena y Sinú (Guerrero-Giraldo 2010). Como parte de este movimiento, se crea el

Movimiento Ambientalista en Colombia (MAC), se publican libros sobre el tema, como “Hacia una sociedad ambiental” (Augusto Ángel Maya 1989) y en los años noventa se introduce la formación ambiental a los pregrados de las universidades (Tobasura-Acuña 2007; Mejía 2011). Colombia también participa en muchos de los eventos internacionales antes mencionados, y firma, entre otros, la Convención de Diversidad Biológica.

Respecto a la normatividad ambiental, en 1974 se crea en Colombia el Código de los Recursos Naturales y Protección del Medio Ambiente, bajo el liderazgo del académico colombiano Julio Carrizosa Umaña. También se crean el Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables (INDERENA),

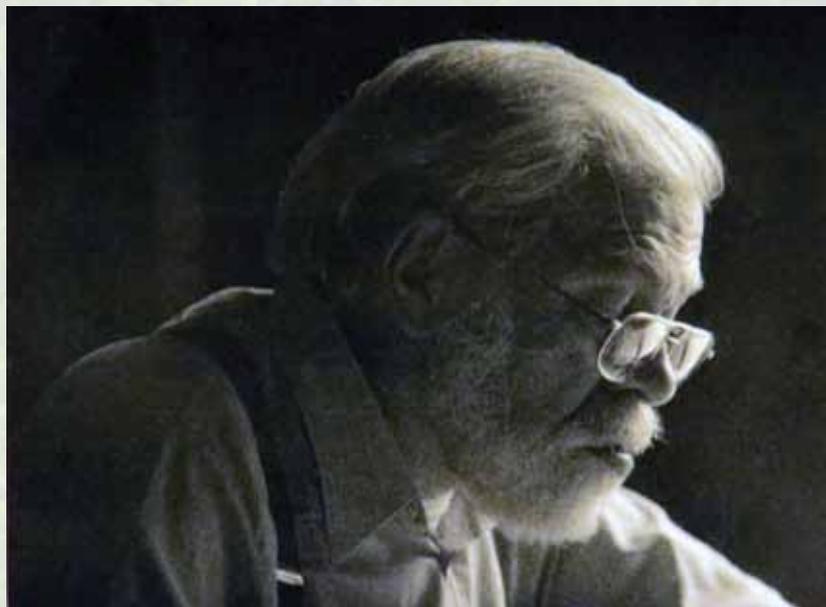
en 1968 (el cual desaparece en 1991) y el Ministerio de Medio Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental (SINA), gracias a la Ley 99 de 1993. Posteriormente, el Ministerio de Medio Ambiente pasa a ser en 2002 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y en 2010 es separado de éstos para ser el actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Además de Julio Carrizosa Umaña, otra de las personas visionarias que ayudó a impulsar el conocimiento y la gestión de los recursos naturales en Colombia fue Jorge Hernández – Camacho “el Mono”, quien no solo apoyó a Carrizosa en la creación del código de recursos naturales, sino que impulsó la creación del sistema de áreas protegidas en el país (Recuadro 5.1).



## Recuadro 5.1. Un personaje excepcional

Por: Luisa F. Liévano y Hugo F. López-Arévalo



Jorge Ignacio  
Hernández Camacho

Jorge Ignacio Hernández Camacho (El “mono” Hernández) (1935-2001) es considerado uno de los últimos naturalistas colombianos, debido a que poseía un saber integral sobre botánica, zoología, geología, temáticas ambientales, recursos genéticos y biología de la conservación; siendo un conservacionista puro. Gran parte de su conocimiento fue adquirido informalmente, es decir, gracias a su propia curiosidad, pues desde muy joven asistía por cuenta propia al Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional a aprender de los investigadores y de las colecciones científicas. Su primera publicación es un aporte botánico de las Bombacáceas de Colombia (coautor junto con el profesor García Barriga y Armando Dugand) a la edad de 17 años. Fue profesor del Instituto de Ciencias Naturales, funcionario del antiguo Instituto Nacional de Recursos Naturales - INDERENA (1969-1994) y creador de la Fundación para la Conservación del Patrimonio Natural – BioColombia; instituciones donde realizó aportes valiosos desde diferentes perspectivas.

Como académico, es autor y coautor de publicaciones sobre Botánica, Zoología (Mastozoología, Herpetología y Ornitología), Ecología, Paleontología, Virología y Genética. Tenía un especial interés por los primates y es considerado el padre de la Primatología en Colombia porque bajo su dirección se asentaron las bases preliminares para su estudio. Además reportó al género *Callimico* en Colombia, en 1966. El doctor Hernández propuso una zonificación biogeográfica para Colombia, incluyendo centros de endemismo. Como funcionario delINDERENA fue autor fundamental del proceso de creación del sistema colombiano de parques nacionales naturales y realizó valiosos aportes para la definición y la creación de políticas y bases institucionales de la gestión pública ambiental. También le dio solidez conceptual al Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y del Ambiente. Por su conocimiento global de Colombia, su opinión siempre era consultada para temas de recursos naturales.



Parque Nacional  
Natural Tayrona

“El mono” recibió 20 distinciones durante su vida, dentro de las cuales se destacan el premio Internacional Global 500 de las Naciones Unidas (durante la Cumbre de Río en 1992), Premio a la vida y obra del Fondo para la protección del medio ambiente José Celestino Mutis – FEN Colombia en 1997, doctorado *Honoris Causa* de la Universidad Nacional de Colombia (1997) y Premio a la obra integral de un científico de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (2001). Jorge Hernández Camacho falleció en el año 2001, durante una salida de campo en el Caribe colombiano, a un área que actualmente corresponde al santuario de flora y fauna el Corchal “El Mono Hernández”. Los que tuvimos la posibilidad de conocerlo apreciamos además de su conocimiento, su humildad y calidad humana. Las personas que no tuvieron esa oportunidad encontrarán su legado, no solo en sus publicaciones, sino en áreas protegidas y demás aportes a la conservación de la diversidad colombiana.

Con la creación del SINA, se estimuló el conocimiento y conservación de la biodiversidad del país gracias a la creación de institutos de carácter técnico asesor, los cuales promueven la investigación sobre la diversidad (inventarios, recursos genéticos, servicios ecosistémicos, entre otros) y su conservación. Estos institutos son: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, que se centra en el medio ambiente físico (hidrología, geología, geomorfología, meteorología), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés, INVEMAR, que realiza investigación en ecosistemas marinos y costeros, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI, el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, IAvH (IAvH 2013). Estos institutos tienen un carácter especial y difieren de otras instituciones

que también estudian la biodiversidad como el Instituto de Ciencias Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia. El IAvH, por ejemplo, se creó en 1993 como una entidad mixta de ciencia y tecnología, vinculada al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), pero regida por las normas del derecho privado, con autonomía administrativa y patrimonio propio. Su trabajo está enmarcado en el Convenio sobre Diversidad Biológica, a través del cual busca fomentar y realizar investigaciones sobre biodiversidad en Colombia. Este instituto genera obras sobre aspectos de la biodiversidad del país y publica la revista científica *Biota Colombiana*, dedicada principalmente a inventarios regionales de flora y fauna. Además, el IAvH ha adquirido otras funciones como la coordinación de las autoridades científicas de Cites (Decreto 14 (20 de 1997), y el registro de colecciones biológicas (Decreto 309 de 2000), entre otras (IAvH 2013).

### **Contribuciones de la academia al conocimiento de la biodiversidad en Colombia**

La academia, representado por las universidades, ha hecho contribuciones significativas al conocimiento de la biodiversidad en Colombia y en la preparación de personas dedicadas al tema. Por ejemplo, la Universidad Nacional de Colombia fue la primera en ofertar la carrera de Biología en el país (creada en 1966) la cual fue originalmente creada como carrera de ciencias naturales, con énfasis en botánica y zoología, desde el

Instituto de Ciencias Naturales (ICN). Actualmente, varias universidades del país ofertan la carrera de Biología y promueven la investigación en diferentes aspectos de la biodiversidad. Asimismo, la oferta de posgrados relacionados con conservación ha aumentado en los últimos años. Adicionalmente, en las universidades colombianas se empiezan a crear grupos afines con el movimiento ambiental en los años setenta, como el

grupo ecológico de la Universidad del Tolima, la cátedra de Ecología para la carrera de Agronomía en la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y la institucionalización de las jornadas ecológicas en la Universidad del Valle. En las dos últimas décadas, se han creado diversas fundaciones y organizaciones no gubernamentales de carácter ambiental, así como grupos universitarios y en colegios en pro de la conservación (Guerrero-Giraldo 2010).

En 1991, Colciencias, la institución gubernamental para el avance de las ciencias en Colombia, promueve el modelo de “grupo de investigación” definido como el núcleo o unidad básica para la generación de conocimiento a partir de la investigación (Colciencias 2012). Este modelo se impuso en prácticamente todas las universidades del país, como requisito para optar a recursos para la investigación. Actualmente en la Universidad Nacional de Colombia, por ejemplo, existen varios

grupos de investigación que se enfocan en el conocimiento de la diversidad de nuestro país. Entre ellos se encuentra el Grupo en Conservación y Manejo de Vida Silvestre (GCMVS) creado en el 2000, el cual ha participado en varios proyectos e investigaciones y es uno de los más antiguos de este tipo en el país. Igualmente, existe el grupo en Biodiversidad y Conservación, el cual publica la serie *Colombia Diversidad Biótica* de la cual ya existen once volúmenes con información de la biodiversidad de varias regiones del país. Así mismo este grupo promueve la investigación básica y aplicada para generar el conocimiento necesario para inventariar, analizar, conservar y hacer uso sostenible de los recursos bióticos. Actualmente existen cientos de grupos de investigación en todas las universidades del país que se dedican directa o indirectamente al conocimiento de la biodiversidad colombiana y a generar aportes para su conservación.

### Contribuciones de asociaciones civiles

Aparte de las entidades gubernamentales, existen organizaciones no gubernamentales, fundaciones y entidades privadas que promueven el conocimiento y conservación de la biodiversidad. Estas asociaciones cobraron fuerza en la década de los 80; y hasta hoy han contribuido al conocimiento de la diversidad, pero se han centrado en proponer y adelantar propuestas hacia la conservación.

Una de las fundaciones con mayor trayectoria en el país es la Fundación Natura, la cual se creó en 1984 con el objetivo de contribuir a la conservación de la diversidad biológica de Colombia y a la búsqueda de alternativas de uso sostenible de los recursos naturales. Actualmente, la Fundación cuenta con proyectos de desarrollo sustentable, planificación, fortalecimiento institucional, conservación, tesis de investi-

gadores y el manejo de cinco reservas (Fundación Natura 2013). La Fundación Tropenbos, con presencia en países como Camerún, Indonesia, Surinam, Ghana y Colombia, trabaja con instituciones, entidades gubernamentales y comunidades con el fin de reflejar las perspectivas locales, conocimiento tradicional y fortalecimiento local en relación a la conservación del bosque húmedo tropical. En Colombia, esta entidad tiene proyectos de seguridad alimentaria en la Amazonía y de manejo sustentable de cadenas productivas en la Amazonía, el Pacífico y la Orinoquía (Tropenbos International 2013).

Las Reservas de la Sociedad Civil son iniciativas privadas que buscan contribuir al conocimiento, consolidación y posicionamiento de sus iniciativas, a través de procesos de uso y manejo sostenible de la diversidad biológica para la construcción del tejido social, modelos de vida y desarrollo alternativos, con criterios de equidad generacional, étnica y de género. Algunas de ellas se agru-

pan en la Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil (Resnatur), creada en 1991 (Resnatur 2013). Estas iniciativas apoyan la conservación de la biodiversidad y apoyan las iniciativas del Estado como los parques naturales.

En el año 2000 nace la Asociación Latinoamericana de Conservación y Manejo de Vida Silvestre, como una iniciativa de profesionales de academias de toda Latinoamérica que buscan promover la conservación y manejo de vida silvestre en Latinoamérica, incentivar la discusión y formulación de conceptos, fomentar el intercambio de experiencias y desarrollar actividades de actualización sobre vida silvestre (ALCOM 2005).

Si bien todo lo anterior son avances importantes en el conocimiento y conservación de la diversidad, aún nos hace falta mucho camino por recorrer, no solo en el conocimiento de nuestra biodiversidad, sino en formas efectivas para su conservación.

## PARA REFLEXIONAR

- **¿Cuáles consideras que fueron las principales contribuciones de la Expedición Botánica al conocimiento de la diversidad biológica del país? ¿Conoces otras experiencias similares?**
- **¿Crees que los acontecimientos sociales influyen la ciencia que se desarrolla en un tiempo determinado?**
- **¿Qué piensas sobre la visión de naturaleza que tenían los conquistadores españoles?**
- **¿Conoces organizaciones no gubernamentales (ONG) y/o fundaciones que trabajen con la diversidad de tu región?**

## Capítulo 6

### CAUSAS DE PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

Como vimos al definir la biodiversidad (Capítulo 1: ¿Qué es la biodiversidad?) ésta tiene diferentes atributos y puede observarse a lo largo de los niveles de organización de la vida, desde genes hasta ecosistemas e incluso a nivel de paisajes. La pérdida de la biodiversidad puede verse también en todos estos niveles, aunque es muy frecuente visualizarlo a nivel de especies. La desaparición de las especies corresponde al proceso de extinción y ha ocurrido prácticamente desde la historia de la vida sobre el planeta. Existen, sin embargo, importantes diferencias entre los procesos naturales

de extinción, y aquellos recientes, generados por las actividades humanas. En este capítulo, partimos de una diferenciación entre los procesos de extinción históricos ocurridos por causas naturales y aquellos generados por factores antrópicos para luego presentar una visión general de las principales causas actuales de pérdida de biodiversidad, haciendo referencia principalmente a casos colombianos. Finalmente, mencionamos cómo las políticas nacionales y el sistema económico propuesto, pueden afectar el patrimonio biológico de nuestro país.

#### Extinciones pasadas y el papel de la humanidad en extinciones actuales

La extinción puede entenderse como la desaparición del último individuo de una especie o como la terminación de un linaje. En general, se distingue entre dos tipos de extinción: natural y masiva. La extinción natural es aquella que ocurre a lo largo de la historia evolutiva de las especies que han surgido en la tierra. Este proceso de extinción natural ocurre lentamente en escalas de millones de años. Se ha calculado que las especies perduran en el planeta entre 4 a

22 millones de años y que el 99.9% de las especies que alguna vez han existido se han extinguido (Raup 1991). Las extinciones masivas, también conocidas como extinciones mayores, son eventos en los cuales desaparece un gran número de especies en periodos cortos de tiempo. Se han documentado cinco eventos de extinción masiva desde la aparición de la vida en la tierra (Figura 6.1.).

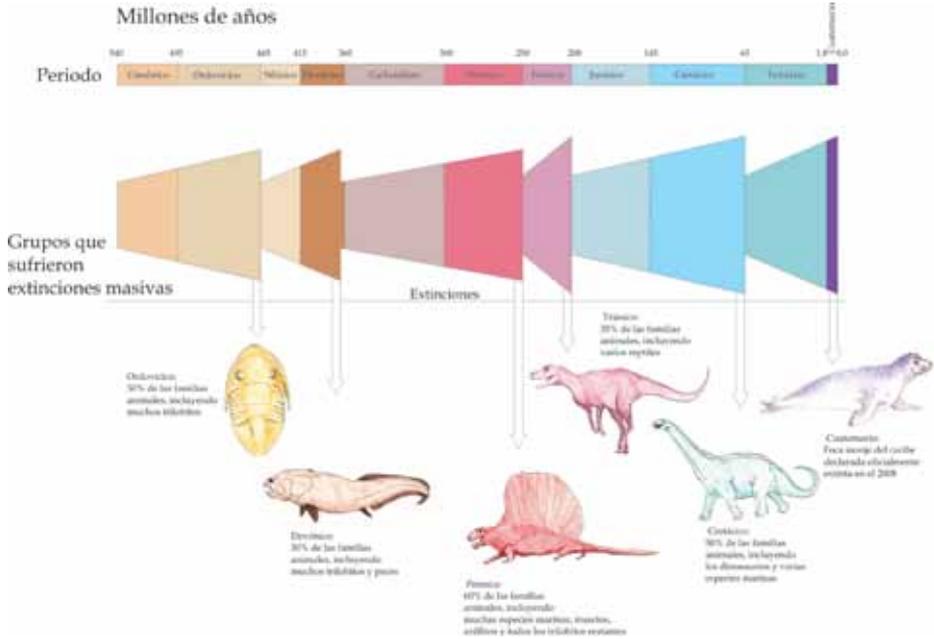


Figura 6.1. Extinciones masivas a lo largo de la vida sobre la Tierra.

Estos eventos se han evidenciado gracias al estudio de registros fósiles asociados a diferentes periodos geológicos. La extinción masiva más antigua ocurrió hace unos 440 - 450 millones de años, durante el periodo llamado Ordovícico, en el cual desapareció cerca del 85% de las especies marinas (Sheehan 2001). La segunda extinción masiva ocurrió en el periodo Devónico, hace 375- 359 años atrás, y afectó de nuevo a más del 70% de los organismos marinos que existían por esa época. La tercera extinción masiva ocurrió en el Pérmico, hace 248 millones de años y afectó a más del 95% de las especies, especialmente las marinas. Este ha sido el evento de extinción masiva de mayor proporción jamás registrado en la historia de la Tierra. El siguiente evento

de extinción masiva ocurrió hace 201 millones de años, en el periodo Triásico y afectó entre el 76 al 84% de las especies. Finalmente, la última extinción masiva en tiempos geológicos, ocurrió hace 65 millones de años y es una de las más populares porque fue en este evento en el cual desaparecieron los dinosaurios y en muchas otras especies, alcanzando el 85% de la biota de la época. Un patrón recurrente luego de una extinción masiva es la aparición de nuevas especies, fenómeno que se conoce como radiación adaptativa. Este proceso toma muchos millones de años. Por ejemplo, luego de la extinción masiva del Pérmico pasaron cerca de 100 millones de años antes de tener una biodiversidad comparable a la que existía antes de la extinción.

Se han propuesto muchas hipótesis para explicar estas extinciones masivas, las cuales incluyen fenómenos naturales como enfriamiento global por glaciaciones, descensos y ascensos en los niveles oceánicos, depredación y competencia entre las especies, inestabilidad climática y hasta choques de meteoritos, entre otras causas.

En la actualidad, se han registrado muchas extinciones, en periodos de tiempo muy cortos. Este hecho ha generado que muchos investigadores afirmen que estamos presenciando un nuevo evento de extinción, que han llamado la “*sexta extinción masiva*”. Esta extinción mayor se diferencia de las anteriores en dos aspectos muy importantes: (1) la escala de tiempo en la cual están ocurriendo (decenas a pocos cientos de años, comparado con millones de años) y (2) ninguna de las cinco grandes extinciones fue causada por una sola especie a diferencia de la llamada sexta extinción masiva, la cual se atribuye a las actividades humanas.

Pero ¿cómo ha sido el cambio en las sociedades humanas para tener una incidencia tan alta? Un breve vistazo al desarrollo de la humanidad y sus avances tecnológicos pueden ayudar a comprender sus impactos sobre la biodiversidad del planeta.

Los primeros grupos humanos, aparecieron hace 30.000 a 40.000 años aproximadamente en África. Estos humanos eran cazadores y recolectores, lo que los obligaba a tener una vida nómada, por ello se expandieron rápida-

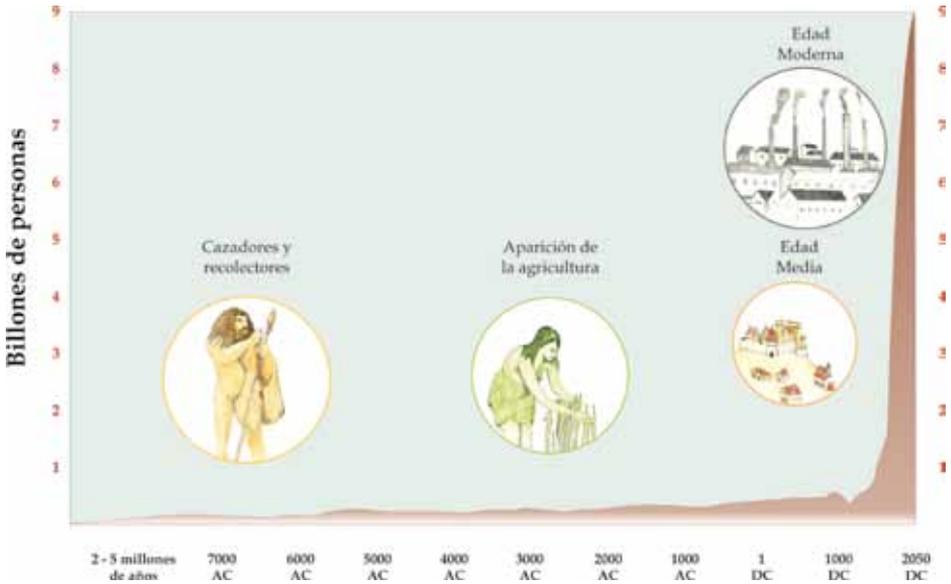
mente a Asia y Europa. Hace 12.000 a 10.000 años, aparece la agricultura itinerante. Luego, hace 7.000 años surge la agricultura estable, permitiendo el asentamiento de sociedades sedentarias, con producción y almacenamiento de alimento. Estas prácticas, permitieron la creación de las primeras ciudades, dando paso a un aumento de la población y a la división de labores (Spielvogel 2010).

Desde sus inicios, las poblaciones humanas tuvieron un crecimiento demográfico a una tasa relativamente constante, pero lenta, debido a las limitaciones de tecnologías sencillas. El crecimiento poblacional siguió a paso lento durante milenios, e incluso tuvo descensos importantes, como el ocurrido en el siglo XIV debido a la llamada peste negra, que causó la muerte a cerca de un tercio de la población de Europa y otras tantas en África y Asia. Posteriormente, a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX se dio la revolución industrial, proceso que facilitaría un crecimiento poblacional sin precedentes en la historia de la humanidad. Desde entonces, la humanidad entró en una etapa de crecimiento exponencial, el cual continúa hasta la actualidad. Su consolidación como sociedades industriales avanzadas es posterior a la I Guerra Mundial (1914-1918) lo que permitió el desarrollo de la economía y de las ciudades, pero también impulsó la transformación profunda de la sociedad.

Aunque no es la única causa, la evidencia de que las actividades humanas

están asociadas una sexta extinción masiva proviene, entre otros datos, de la coincidencia entre el aumento de la población mundial con la cuantificación de las especies extintas en los mismos periodos de tiempo. Por ejemplo, desde el año 1600 hasta principios de año 2000 (sólo en 400 años), la población mundial pasó de aproximadamente

500.000 personas a más de 6 mil millones (Figura 6.2) y en el mismo periodo más de seiscientos especies desaparecieron (Gleich *et al.* 2000, Caughley y Gunn 1997). Actualmente la población mundial supera los 7 mil millones y se estima que llegará a más de 9 mil millones en 2050 (United Nations 2013).



**Figura 6.2.** Crecimiento de la población humana a través del tiempo. Se calcula que para 2050 la población humana sobrepasará los 9 mil millones de personas.

Junto con el crecimiento poblacional, se da el aumento en la demanda de bienes y servicios de la biodiversidad. Las tasas de uso de los recursos naturales se han incrementado en las últimas décadas, aunque de manera desigual en el mundo, siendo los países industrializados donde existen las mayores tasas de consumo (World Wildlife Fund 2004).

Tanto el crecimiento poblacional humano como su uso de los recursos naturales han contribuido en gran medida a la pérdida de biodiversidad en tiempos contemporáneos. Las causas de origen humano asociados a esta pérdida de biodiversidad se pueden agrupar en las siguientes cuatro: (1) disminución en el hábitat por pérdida o fragmentación,

(2) sobre-explotación, (3) invasión de especies introducidas y (4) cambio climático global. A continuación se revisan estos factores, sin pretender hacer

una revisión exhaustiva, pero sí mostrar algunos ejemplos con particular referencia a casos colombianos.

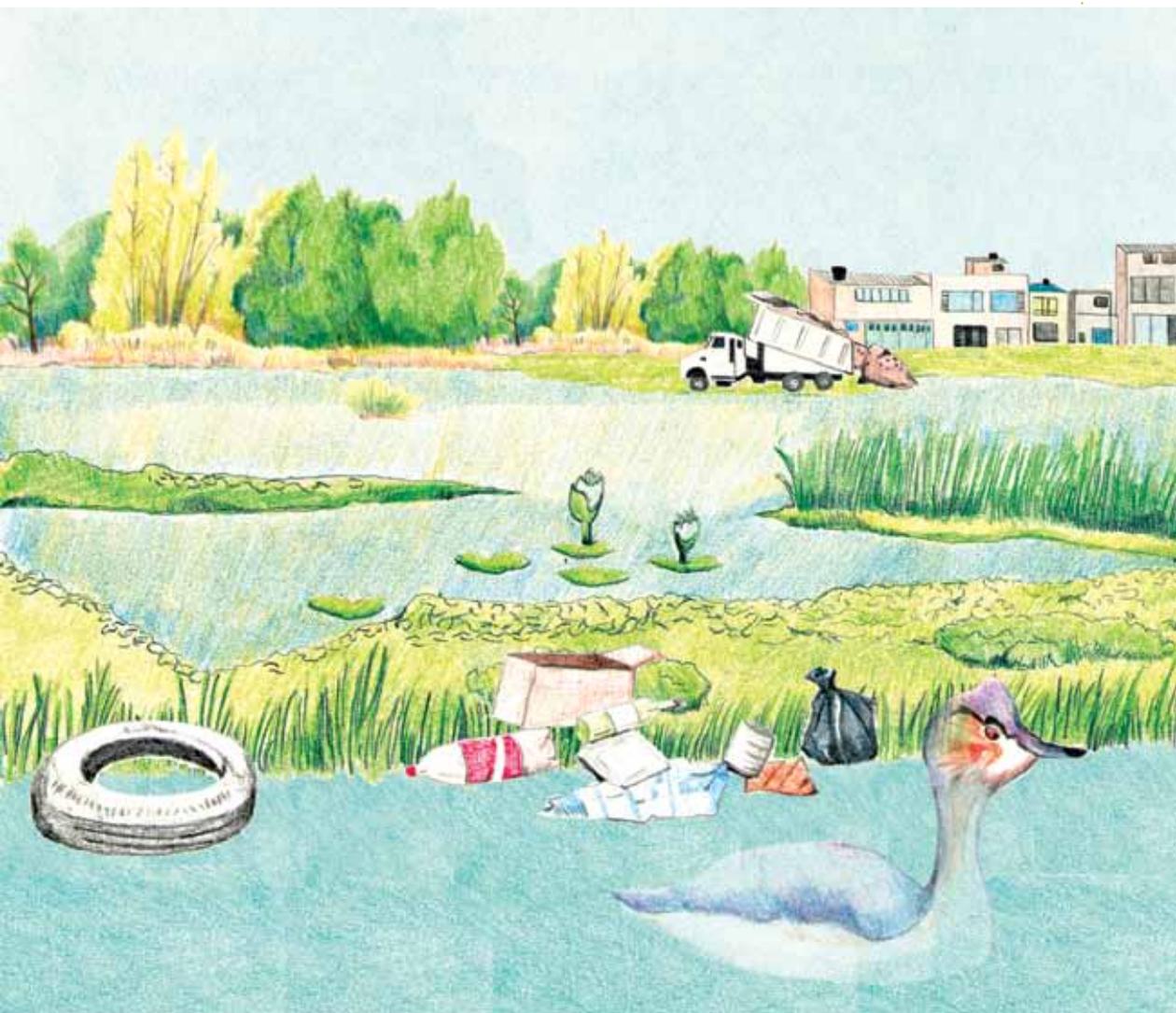
## Factores causantes de pérdida de diversidad biológica

### Pérdida y fragmentación del hábitat

La pérdida y fragmentación del hábitat son unas de las principales causas de pérdida de diversidad de especies. Es importante diferenciar entre estos dos conceptos, pues sus efectos sobre la biodiversidad son diferentes. Se habla de pérdida del hábitat cuando ocurre una modificación tan extrema de un área natural que las especies que la habitan ya no encuentran las condiciones necesarias para su supervivencia y reproducción, y terminan por desaparecer. Por ejemplo, el pato zambullidor bogotano (*Podiceps andinus*) (Figura 6.3), era una especie de ave acuática endémica de los humedales del altiplano cundiboyacense en las zonas altas de la cordillera Oriental colombiana y al parecer se extinguió por el drenaje de muchos de los humedales donde habitaba, así como la destrucción de la vegetación sumergida de una especie de *Potamogeton*, que es una hierba acuática en donde esta ave encontraba los artrópodos que hacían parte de su alimento (Collar *et al.* 1992, Fjeldså 1993). Muchos de los humedales del altiplano se han drenado para convertirlos en potreros y en la ciudad de Bogotá para el levantamiento de construcciones urbanas. El zambullidor bogotano perdió mucho de su hábitat,

lo que generó una reducción en sus poblaciones. Esta especie observó por última vez en 1977 en el Lago de Tota y ahora hace parte de las especies extintas en Colombia. Los humedales que fueron su hábitat, también se consideran como uno de los ecosistemas más amenazados del altiplano cundiboyacense (Andrade 1998).

La pérdida de hábitat boscoso se puede inferir de manera indirecta a través la tasa de deforestación. Se estima que a nivel mundial, la tasa de deforestación es de 13 millones de hectáreas al año (FAO 2010). En Colombia, se han hecho varias estimaciones de deforestación. Las entidades oficiales indican que la tasa promedio de deforestación anual de 1990 a 2010 fue de 310.349 hectáreas (MADS y IDEAM 2013a), principalmente en las regiones Amazónica y Andina. Aunque se estima que para 2010-2012 hubo una reducción de esta tasa a 147.946 hectáreas anuales (MADS e IDEAM 2013b), la deforestación en el país sigue siendo bastante alta. Según las cifras oficiales de los informes anteriores, las áreas deforestadas se han transformado principalmente en coberturas de pastos (56%) y en áreas agrícolas (10%).



**Figura 6.3.** Pato zambullidor, especie de ave acuática que se extinguió de los humedales del altiplano cundiboyacense, debido al deterioro de su hábitat.

Algunas de las áreas con mayor deforestación para agricultura coinciden con sitios de muy alta diversidad biológica (Etter *et al.* 2006). Los patrones de deforestación en Colombia están asociados con varios factores, siendo la densidad poblacional humana uno de los más importantes. Por ejemplo, la tasa anual de deforestación se estima en 3.73 y 0.97% en áreas de alto crecimiento poblacional en el alto Putumayo y la Macarena respectivamente, mientras que son entre el 0.31, 0.23 y 0.01% en áreas indígenas mucho menos pobladas (Armenteras *et al.* 2006). Esta deforestación es una de las principales causas de amenaza a la extinción de las especies silvestres en el país. Por ejemplo, de las 112 especies de aves colombianas consideradas en alguna categoría de amenaza 110 son afectadas por la deforestación (Renjifo *et al.* 2002).

Por otro lado, se habla de la fragmentación como el rompimiento de la continuidad del hábitat resultando en varias unidades más pequeñas, o fragmentos, aislados entre sí y con un área total mucho menor que el conjunto original (Saunders *et al.* 1991, Meffe y Carroll 1997). La fragmentación trae consigo muchos efectos físicos, como cambios en la estructura de los paisajes, el aislamiento de parches y cambios en regímenes microclimáticos en los bordes de los fragmentos. Los efectos en los bordes son muy acentuados. Por ejemplo, un estudio reciente muestra que en áreas fragmentadas de la Amazonia la ocurrencia e intensidad los fuegos se incrementan en los bordes (Armenteras *et al.* 2013). Los efectos biológicos de la

fragmentación del hábitat incluyen una exclusión inicial de algunas especies (las más sensibles a la fragmentación), el fraccionamiento y aislamiento de poblaciones, la facilitación de invasión de especies exóticas, la alteración de interacciones entre especies, de relaciones planta-animal, de redes tróficas y muchos procesos ecológicos, entre otros. El aislamiento de poblaciones en fragmentos de hábitat puede generar por ejemplo un apiñamiento inicial de los individuos en los parches. Al parecer un ejemplo de este proceso se puede estar dando en las poblaciones fragmentadas del tití gris (*Saguinus leucopus*), un primate endémico de Colombia que actualmente habitan fragmentos de bosque en los Andes centrales del país (Figura 6.4a). Estimaciones de abundancia del tití gris en siete fragmentos de bosque indicaron que entre 37 a 149 individuos por Km<sup>2</sup> habitan estos fragmentos, siendo las más altas registradas para especies de titíes (Roncancio *et al.* 2011). Estas abundancias, sin embargo pueden considerarse como un fenómeno de apiñamiento ocasionado por la fragmentación del hábitat, en donde las poblaciones se concentran en los pequeños fragmentos de hábitat disponibles.

La fragmentación del hábitat también puede verse como una presión selectiva nueva en la historia evolutiva de las especies. Poblaciones de la misma especie que han quedado aisladas en fragmentos pueden mostrar estrategias demográficas diferentes. Por ejemplo, el lagarto *Anolis heterodermus* (Figura 6.4b) es un pequeño reptil que habita



**Figura 6.4.** Dos especies de la fauna colombiana afectadas por la fragmentación del hábitat. A. Titi gris (*Saguinus leucopus*) en relictos de bosque del departamento de Caldas y B. Lagarto *Anolis heterodermus* en matorral de la sabana de Bogotá.

en matorrales Andinos, en la sabana de Bogotá. Un estudio de la dinámica poblacional de estos lagartos en varios fragmentos de hábitat de diferente tamaño y características del hábitat mostró que en los fragmentos más pequeños, los lagartos tienen un crecimiento más lento y madurez tardía mientras que su crecimiento es más rápido y llegan pronto a la edad reproductiva en los fragmentos más grandes (Moreno-A y Urbina-C 2013).

La pérdida de hábitat no solo se ve en las áreas boscosas, sino que también afecta otro tipo de ambientes como humedales, sabanas naturales, páramos, ríos, etc. Algunas sabanas de la Orinoquia colombiana, por ejemplo, se han

visto transformadas por la expansión de cultivos industriales como la palma africana. Estas plantaciones en Colombia cubren extensiones superiores a las 400.000 hectáreas de las cuales el 16.1 % corresponde a vegetación natural (bosques y sabanas) que fue transformada para el cultivo (Castiblanco *et al.* 2013). Aunque en Colombia apenas se está empezando a estudiar los efectos de los cultivos industriales de palma africana sobre la biodiversidad, en otros países tropicales como Indonesia y Malasia, ya se ha evidenciado una pérdida en la diversidad de aves y mariposas asociada con la expansión de ese cultivo (Koh y Wilcove 2008).

## Sobre-explotación

Se considera sobre-explotación a la extracción por encima de la capacidad de recuperación de las poblaciones. Después de la pérdida y fragmentación del hábitat, la sobre-explotación es la segunda causa más importante de la pérdida de biodiversidad. A lo largo de la historia, los humanos han cazado animales y han extraído plantas y sus productos de los ambientes naturales. Se ha propuesto que la extinción de mamíferos de gran tamaño (también llamados megafauna) ocurrida al final del Pleistoceno se debió a la cacería excesiva (Martin 1966). Por décadas se ha dado un fuerte debate la validez de esta hipótesis en frente de otras posibles

causas de la extinción de la megafauna tales como cambios climáticos al final del Pleistoceno o la ocurrencia de enfermedades. Dadas las evidencias en varios lugares, existe acuerdo en que los humanos sí cazaban especies de megafauna al final del Pleistoceno, aunque continúa el debate de si esta cacería fue suficiente para generar la extinción. Una visión actual es que la cacería es solo un factor en estas extinciones y que en realidad el avance geográfico de la humanidad y sus actividades hacen parte de un continuo asociado a la pérdida de biodiversidad, el cual continúa hasta la actualidad (Braje y Erlandson 2013).

En Colombia existe evidencia arqueológica de caza de subsistencia que data desde hace más de diez mil años. En el altiplano cundiboyacense, por ejemplo, las especies más frecuentemente cazadas fueron el venado de cola blanca (recuadro 4.1), el curí y las faras o chuchas (Correal 1990, Peña 1995, Martínez-Polanco 2011).

Mucho después, durante la conquista y la colonia, se registra explotación de fauna silvestre en muchas partes del territorio nacional. Por ejemplo, en la Amazonía, la Costa atlántica y el Chocó, se ha documentado la explotación de gran número de nutrias, manatíes, jaguares, o primates, tanto para alimentación como para la comercialización de sus pieles (Galvis 1994). El manatí fue la base del sustento de la economía minera esclavista del Atrato en la colonia, para luego transformarse en un producto apetecido en los mercados de Quibdó y Turbo, a mediados del XIX, hasta encontrarse actualmente en peligro de extinción, por sobre explotación y pesca con dinamita (González 2000).

Una de las principales motivaciones para la cacería de fauna silvestre en el trópico fue y sigue siendo la subsistencia, especialmente en áreas selváticas y rurales. Se estima que en la actualidad 60 millones de personas en los trópicos (áreas de bosques o cerca de ellas) dependen de la fauna silvestre como fuente de proteína (Sodhi *et al.* 2007). Algunas cifras de explotación de fauna silvestre para subsistencia indican que por ejemplo en África y el Neotrópico al menos cinco millones de toneladas

de carne de animales silvestres se cazan al año ((Fa *et al.* 2002). En la Amazonía brasileña se calcula que al año se consumen 23.5 millones de animales (Peres 2000). Las estimaciones indican que las tasas de extracción de fauna silvestre es en promedio 6 veces más alta que tasas consideradas sostenibles (Bennett 2002).

En Colombia, igual que en otros países tropicales, también la cacería de subsistencia es una fuente muy importante de proteína en áreas silvestres. Aunque el estudio del uso de la fauna silvestre en Colombia ha recibido alguna atención, los estudios han tenido en general corta duración, se han enfocado en pocas áreas geográficas (Amazonía y Andes), principalmente en comunidades indígenas, y no han profundizado aspectos ecológicos, demográficos o climáticos, siendo necesario fortalecer esta línea de trabajo (Vargas 2011 2012). Algunos ejemplos muestran que las especies más afectadas por la caza de subsistencia son los mamíferos, las aves y reptiles como tortugas e iguanas (Ojasti y Dallmeier 2000; Campos y Ulloa 2003; Melo *et al.* 2008).

Además de la cacería de animales como fuente de proteína, existen otras motivaciones para la extracción de la fauna. Una de las que más afecta negativamente a la fauna es el tráfico ilegal de animales o sus partes. En Colombia esta práctica ocurre desde hace varias décadas. Por ejemplo, a finales de la década de 1960 y comienzos de 1970, en la Amazonía y Orinoquía se produjo una extracción excesiva de pieles, una

actividad conocida como las tigrilladas. Datos de movilización de pieles y animales vivos provenientes estas dos regiones alcanzaron 115 mil unidades (Mejía 1987). En 1974, se exportaron desde Leticia 3125 pieles de zainos, 416 de nutria, 313 de tigrillo, 62 de tigre y 58 de venado, entre otros vertebrados (Mejía 1987).

El tráfico ilegal de fauna sigue siendo una actividad que ocurre en el país, y sus efectos sobre las poblaciones naturales no se han evaluado en su verdadera dimensión. Se conoce en términos

generales cuáles son las especies más afectadas por este tipo de extracción. Por ejemplo, a inicios de la década del 2000 se cuantificó que 439 especies de fauna estaban afectadas por el comercio ilegal, de las cuales 191 son especies de aves, 88 de mamíferos, 51 de peces, 31 de reptiles y 12 de anfibios, entre los más importantes (Polanco-Ochoa 2000). En muchos casos, el destino de los animales extraído es el comercio de mascotas. Este es una de las principales amenazas para muchas especies, principalmente loros, guacamayos y primates.

### Invasión de especies exóticas

Cuando una especie llega a una localidad, no por sus propios medios de dispersión, sino por la acción humana, se le conoce como especie introducida o exótica. En muchos casos, las especies introducidas se adaptan muy bien al nuevo sitio y comienza a aumentar su población y a expandirse, afectando a las especies nativas y al ambiente. Esto se conoce como una invasión biológica, y es una causa muy importante de pérdida de biodiversidad. Las especies invasoras actúan como depredadores o competidores de especies nativas. Los efectos son severos debido a que las especies nativas evolucionaron en ausencia de la especie invasora y por lo tanto carecen de estrategias que les protejan de la depredación o de la competencia. Además, en muchos casos, las especies invasoras no tienen otras especies que las controlen y generalmente sus poblaciones crecen muy rápidamente.

Las invasiones biológicas varían según el lugar. Las islas son muy vulnerables a las invasiones y sus efectos son muy severos, debido a que mucha de su biota es endémica. En islas oceánicas, por ejemplo, las invasiones biológicas han causado extinción de muchas especies nativas por depredación o por competencia con especies nativas similares. Por ejemplo, la serpiente marrón *Boiga irregularis*, originaria del norte y oriente de Australia e islas vecinas, fue introducida accidentalmente en la isla de Guam, en el Océano Pacífico, en 1950 (Savidge 1987). Esta especie se dispersó rápidamente en la isla y para 1980 su población superaba las 100 serpientes por hectárea (Rodda y Savidge 2007). Desde la década de 1960 las poblaciones de vertebrados pequeños en Guam sufrieron severos descensos, siendo las aves las más afectadas, puesto que la mayoría de las especies se extinguieron,

al igual que 10 a 12 especies de lagartos, y uno de tres especies de murciélagos. La extinción de las aves en Guam también está afectando procesos ecológicos como la polinización de plantas nativas, generando efectos en cascada en los ecosistemas de toda la isla (Mortensen *et al.* 2008).

Las especies exóticas invasoras son una amenaza a la biodiversidad muy importante en todo el mundo. Ejemplos de especies invasoras muy agresivas se encuentran en todos los grupos taxonómicos, como microorganismos, hongos, plantas (acuáticas y terrestres), invertebrados, peces, anfibios, reptiles aves y mamíferos (Lowe *et al.* 2004). En Colombia se ha reportado la existencia de más de 300 especies introducidas que tienen potencial a la invasión (Baptiste *et al.* 2010). Estas especies incluyen

plantas, moluscos, crustáceos, peces y vertebrados terrestres. Entre 83 plantas evaluadas, 42 tienen alto potencial invasor, entre las que se destacan el ojo de poeta o Susana (*Thunbergia alata*), el retamo espinoso (*Ulex europaeus*) buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) y palma africana (*Elaeis guineensis*) (Cárdenas *et al.* 2010). En la sabana de Bogotá, el retamo espinoso fue introducido como planta ornamental y para crear cercas vivas. Actualmente esta especie ha invadido los cerros orientales de Bogotá y muchas otras áreas en Cundinamarca, Boyacá y Antioquia. Entre los invertebrados terrestres invasores se encuentra en Colombia el caracol gigante africano, el cual representa una amenaza importante no solo a la biodiversidad sino también a la salud pública (Recuadro 6.1.).



## Recuadro 6.1. Invasión del caracol gigante africano en Colombia

Por: Edgar L. Linares, José M. Avendaño,  
María A. Martínez y Ángela V. Rojas



El caracol gigante africano (*Achatina fulica*) fue introducido al país para uso estético y alimentación, presumiblemente, desde países vecinos que ya sufrían la invasión de este animal desde hace más de 10 años. En la actualidad se encuentra en el casco urbano de 122 municipios de 26 departamentos: 61 de la región Andina, 29 de la Orinoquia, 22 de la Amazonia y 5 del Caribe y Pacífica, respectivamente. *Achatina fulica* es una plaga polífaga que se alimenta de organismos vivos (plantas, líquenes y hongos); materia orgánica en descomposición (plantas, animales, basura y heces); derivados de plantas (papel y cartón) y paredes estucadas. En Colombia, el caracol gigante africano genera impactos ambientales y sociales que afectan hogares y sistemas productivos de solares y huertas familiares, en los que se hacinan por centenares y miles, y producen olores que desmejoran la calidad de los lugares comunes de la sociedad. Ya consumen 67 especies de plantas, de ellas 35 alimenticias, con lo que deprimen parte de la riqueza acumulada en años de esfuerzo familiar. Además, puesto que reptan por el suelo, entre basureros y escombros, en donde se alimenta de cualquier material orgánico, incluidos cadáveres y heces de diversos organismos, incluidas heces humanas, y también entra en contacto con ratas, puede adquirir parásitos, bacterias y hongos, con lo que se convierte en vector de organismos que pueden afectar la salud de humanos, animales domésticos y ganados diversos. La incertidumbre sobre la presencia de cualquiera de estos organismos en los caracoles, debe bastar para generar un programa de control por los riesgos sanitarios derivados de la zoonosis.

Entre los peces marinos con alto potencial invasor en Colombia, se destaca el pez león (*Pterois volitans*) (Gutiérrez *et al.* 2010). Esta especie es primer pez marino invasor proveniente del Océano Índico y Océano Pacífico que se establece en las costas de Norte América y el Caribe. La invasión de esta especie se ha facilitado por su alta tasa reproductiva, rápido crecimiento inicial y habilidad para sobrevivir largos periodos con poco alimento y actualmente exhibe densidades muy altas en el aguas del Caribe (Johnston y Purkis 2011). Al parecer su invasión se inició por liberaciones al mar asociadas con el comercio de peces ornamentales, aunque el proceso completo no se conoce todavía con precisión. El pez león es un voraz depredador de otros peces y crustáceos en arrecifes de coral y se considera que afecta severamente la red trófica en zonas invadidas (Arias-González *et al.* 2011).

Dentro de los anfibios, un ejemplo importante es la invasión de la rana toro (*Lithobates catesbeianus*) originaria de Norte América. En Colombia, la rana toro fue introducida con fines de zootecnia en 1986 en el Valle del Cauca. A pesar de la exigencia de mantenerla en estricto cautiverio, esta rana escapó a áreas naturales y en 1992 ya se encontraba en Cundinamarca, Tolima y Caldas. En 1994 se detectó en la Laguna del Sonso. Esta rana es un fuerte depredador de insectos y pequeños vertebrados, incluyendo a otras especies de ranas. Además esta especie compite por recursos con otras especies de ranas nativas. Su invasión se ha facilitado por su

alta fecundidad, gran tolerancia ecológica y amplitud en la dieta (Rueda-Almonacid 1999). El control de esta especie debe iniciarse con el conocimiento de su ciclo de vida y demografía, pues medidas de control de los adultos, por ejemplo, puede agravar el problema. Por ejemplo, poblaciones de rana toro en regiones templadas, como la isla de Vancouver en Canadá, muestran dos rutas de desarrollo en los renacuajos y evidencian que el control de los adultos libera la presión sobre los juveniles, haciendo que la población crezca más rápidamente (Govindarajulu *et al.* 2005). En Colombia no se conoce si esta rana muestra el mismo patrón de crecimiento y las mismas características demográficas, lo que debe ser el paso inicial para un control exitoso.

Aunque en Colombia se ha documentado la existencia de especies invasoras y se ha empezado a examinar el caso de algunas de ellas (Recuadro 6.1), es necesario abordar el tema más ampliamente para determinar la dimensión de sus efectos sobre la biota del país.



## Cambio climático

El clima de la tierra fluctúa regularmente en periodos de miles de años. Se conoce, por ejemplo, que la tierra tiene fluctuaciones climáticas en ciclos de 22.000 años (ciclos de Milankovitch) debidas a variaciones en la distancia entre la Tierra y el sol. Adicionalmente, pueden ocurrir otras variaciones en el clima, originadas por fenómenos naturales. Sin embargo, en la actualidad existe cada vez más evidencia de que la Tierra está enfrentando un proceso de calentamiento asociado con la acumulación en la atmósfera de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases que generan efecto de invernadero. El aumento en la acumulación de CO<sub>2</sub> está estrechamente asociado con las actividades humanas, particularmente el uso de combustibles fósiles. El aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> ha generado un aumento de la temperatura a nivel mundial, lo que se conoce como calentamiento global. Por años existió la controversia sobre si el calentamiento global realmente existía, pero la evidencia es tal, que ya las naciones están buscando alternativas para abordar el problema. El panel intergubernamental sobre cambio climático (IPCC) indica en su último informe que el calentamiento del planeta es inequívoco y que desde 1950 muchos de los cambios no tienen precedentes en décadas e incluso milenios (IPCC 2013). Este calentamiento se ha dado en la atmósfera y los océanos y ha causado disminución en las cantidades de hielo y nieve, así como aumento en el nivel de los océanos.

En Colombia se conoce que durante la segunda mitad del siglo XX la temperatura del aire ha aumentado entre 1 0.1 y 0.2°C por decenio, y que se ha dado un incremento en la frecuencia de temperaturas máximas, así como cambios en las lluvias (Pabón-Caicedo 2012). En la región andina se evidencia que la dinámica en el cambio de cobertura vegetal y uso del suelo ha generado cambios en el clima, a escala local (Rodríguez –Erazo *et al.* 2010).

Los efectos del cambio climático actual sobre la biodiversidad son severos, e incluyen cambios en la distribución de muchas especies. Además, actúa se forma sinérgica con otros factores de amenaza a la biodiversidad acelerando procesos de extinción (Brook *et al.* 2008). Muchos investigadores han intentado modelar los cambios futuros en la biodiversidad generados o acelerados por el cambio climático. En aves tropicales, algunos modelos predicen para el año 2100 entre 600 a 900 extinciones de aves terrestres, de las cuales el 89% ocurriría en los trópicos (Şekercioğlu *et al.* 2012). Aunque estas predicciones son difíciles de evaluar en el tiempo presente, sí existe evidencia de cambios en la distribución de algunas aves en un gradiente altitudinal en los trópicos. Por ejemplo, en los cerros de Cira, en Perú, se encontró que un lapso de 41 años, 55 especies de aves mostraron un aumento de 49 metros de elevación en su distribución (Forero-Medina *et al.* 2011).

Se considera que las especies tropicales en zonas de montaña están entre las más vulnerables al cambio climático. En la Sierra Nevada de Santa Marta, por ejemplo, se predice que más del 70% de la distribución actual de siete especies de anfibios, se aislaría térmicamente o se trasladaría hacia áreas alteradas en donde no habría las condiciones para la supervivencia y la reproducción (Forero-Medina *et al.* 2010). La vegetación de las montañas también se ve afectada. Por ejemplo, en las partes altas (3200 a 3600 metros de altitud) de las cordilleras colombianas existen bosques dominados por especies de *Polylepis*, o coloraditos, los cuales, según la evidencia paleoecológica, tuvieron mucha mayor extensión en el Pleistoceno y han mostrado un descenso crítico en los últimos 3000 años (Rangel-Ch. y Arellano-P 2010). En el actual escenario de cambio climático, estos bosques están seriamente amenazados.

El reconocimiento de que el cambio climático actual es una realidad y de que sus causas están estrechamente ligadas a las actividades humanas ha estimulado la búsqueda acciones para desacelerar las tendencias climáticas actuales y permitan adaptaciones al nuevo escenario climático. A nivel internacional, el Protocolo de Kyoto estableció que los países industrializados deben reducir sus emisiones de gases de invernadero, ya sea internamente o con el apoyo de otros países, bajo mecanismos como el comercio de emisiones (países que superen sus metas de reducción de emisiones pueden comerciar el excedente de sus reducciones con otros que las

requieran), implementación conjunta (países de economías de transición pueden transar unidades de reducción) o con mecanismos de desarrollo limpio (MDL). Otro mecanismo es el programa REDD (reducción de emisiones de carbono causadas por la deforestación y la degradación de los bosques), el cual fue propuesto por la ONU y el gobierno noruego en 2008. Este programa busca incentivar la reforestación y lo que se ha llamado la *deforestación evitada*, es decir, el mantenimiento de las coberturas vegetales naturales. Este programa ha ganado mucho interés, aunque aún es un desafío su implementación efectiva. Colombia tiene un buen potencial para implementar proyectos dentro del programa REDD, pero es necesario un fortalecimiento en el monitoreo de la deforestación en todo el país y de aspectos normativos y administrativos que faciliten la efectividad de su implementación (Ortega-P. *et al.* 2010).

Otro proceso invocado para afrontar el cambio climático es la *adaptación*. En la región andina se ha empezado a revisar conceptualmente lo que significa la *adaptación al cambio climático* y a discutir sobre las evaluaciones de vulnerabilidad y la necesidad ineludible del monitoreo a diferentes escalas (Franco-Vidal *et al.* 2010). Aunque la adaptación no es un concepto nuevo, su uso dentro del contexto del cambio climático y la gestión de la biodiversidad si es reciente, por lo que debe verse como un proceso de aprendizaje (Andrade 2010).

## Un vistazo al efecto de las tendencias nacionales

Finalmente, es necesario reflexionar sobre la trayectoria de Colombia en sus políticas de desarrollo y su asociación con la pérdida de la biodiversidad. En Colombia, la población humana ha pasado en los últimos 40 años de 20,5 millones a cerca de 47 millones (DANE 2013). Además de la extinción del pato zambullidor de la sabana de Bogotá, mencionado arriba, también se registra la extinción de la foca monje (*Monachus tropicalis*) y el pez graso *Rhizomichthys totae*. Además existen 1565 especies asignadas a alguna categoría de amenaza en el territorio nacional (Andrade-C 2011). De forma paralela, vastas áreas del territorio colombiano han sido designadas para actividades de producción o extracción de recursos naturales a gran escala. Una de las más afectadas es la región de los llanos orientales. Un estudio reciente, mostró que entre 1987 y 2007 el 14% de la región de los llanos sufrió algún tipo de alteración o cambio en el uso de la tierra, especialmente en la última década. Estos cambios han sido la conversión de sabanas inundables en cultivos industriales y pastos exóticos (Romero-Ruiz *et al.* 2012). Así mismo, se encontró que los principales cambios de cobertura están asociados con la expansión de los cultivos de palma africana, de 31 km<sup>2</sup> en 1987 a 162 km<sup>2</sup> en 2007. Además se estima que los llanos orientales seguirán enfrentando severos cambios debido a que aproximadamente el 70% de los 17.000 km<sup>2</sup>

que cubre esta región se identificaron para la conversión en plantaciones, o para la extracción petrolera y minera (Romero-Ruiz *et al.* 2012). Estas dos actividades económicas se han impulsado en los últimos años y en el actual periodo administrativo del país, corresponden a las llamadas *locomotoras* agrícola y minera. Esta última ha seguido impulsando el aumento en el número de licencias mineras, que ya había pasado de 277 a 2481 en el lapso de 1990-2009 (Andrade-C 2011) y que sigue en crecimiento. El incremento en la minería ha enfrentado la presión de comunidades, la academia y el movimiento ambientalista en diferentes áreas del país por su efecto en áreas de páramo y de las fuentes hídricas. Finalmente la propuesta actual de construir de 2000 km de carreteras y varios puertos planteada por la denominada *locomotora* de infraestructura, afectará individuos de especies que no tienen la capacidad de sobrevivir o dispersarse entre vías de alta velocidad, o que sus hábitats se ven eliminados, por ejemplo en zonas de manglar para nuevos puertos. Esto mismo sucede en las áreas propuestas para la creación de algunas de las 200 o 300 mil viviendas por año, de la *locomotora* de vivienda. En estas circunstancias, la conservación de la biodiversidad en el país se constituye en uno de los más grandes retos, frente a las políticas de desarrollo.

## PARA REFLEXIONAR

- ¿Cuál crees que es el efecto de los períodos de extinción masivos de especies? Explica tu respuesta.
- ¿El efecto de la fragmentación es igual para todas las especies? Utiliza ejemplos explicativos.
- ¿Cuáles son las evidencias a favor y en contra de la hipótesis de la sobre-caza como factor causante de la extinción de la megafauna al final del Pleistoceno?
- ¿Qué acciones humanas están causando la mayor pérdida de hábitat en Colombia?
- ¿Conoces ejemplos de especies invasoras que se encuentren en Colombia?
- ¿Los períodos de cambio climático están asociados a la presencia del hombre?
- ¿Cuáles son las causas de fragmentación en tu región?
- ¿Qué efectos crees que puede ocasionar la desaparición de una especie como el jaguar? ¿Y de un colibrí?
- ¿Piensas que el desarrollo de un país y la conservación siempre serán opuestas? ¿Por qué?

## Capítulo 7

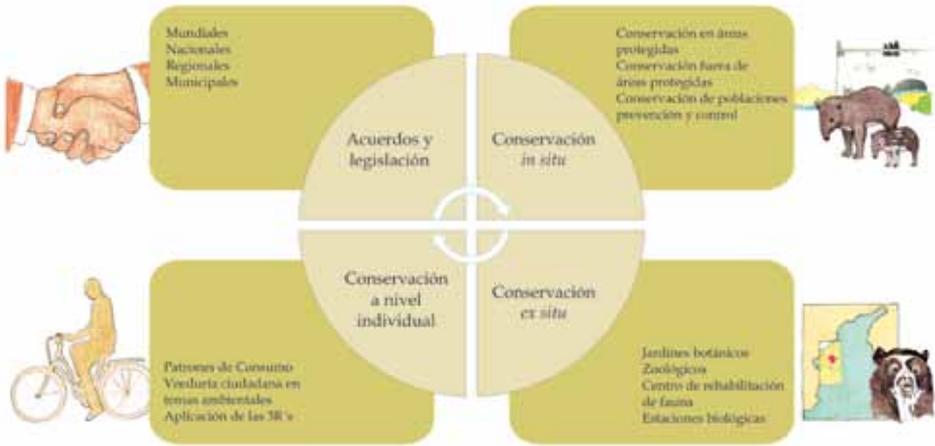
### CONSERVANDO LA BIODIVERSIDAD DESDE LO GLOBAL A LO LOCAL

El concepto de la escala espacial y temporal en ecología ha recibido interés debido al hecho de que tanto la forma de los patrones, como el funcionamiento de los procesos ecológicos dependen de la escala de trabajo. Turner *et al.* (2001), definen la escala como la dimensión física de un objeto o proceso ecológico en el espacio. Así, algunos fenómenos son observables y medibles a escala detallada en centímetros o metros, como por ejemplo la forma de una planta o la fijación de CO<sub>2</sub>. Otros fenómenos, por el contrario, son observables a escalas de varios kilómetros cuadrados, como por ejemplo el cambio de la vegetación a lo largo de un gradiente de altura sobre el nivel del mar o fenómenos de cambio climático global.

Así como los procesos ecológicos dependen de la escala espacial y temporal, las acciones y procesos en la conservación de la biodiversidad pueden abordarse a diferentes niveles o escalas desde lo global o planetario, hasta lo individual. Desde el punto de vista de las acciones de entidades o personas, se puede hablar de la escala internacional, nacional, regional, local e individual. Aunque puede no parecer tan evidente, acciones

individuales pueden lograr un impacto positivo o negativo a una escala global y de forma inversa, decisiones globales o nacionales pueden afectar directamente al individuo de forma significativa. En este capítulo abordaremos los diferentes instrumentos o herramientas y las acciones propuestas para la conservación de la biodiversidad desde perspectivas globales a locales.

En general, las herramientas para la conservación biológica podrían agruparse en cuatro categorías: (1) Los acuerdos internacionales y la legislación ambiental de cada país, (2) la conservación *in situ*, (3) la conservación *ex situ*, y (4) los compromisos y actitudes individuales a favor de la conservación. Dentro de estas categorías se pueden identificar escalas o ámbitos en las cuales se dan diferentes acciones de conservación de la biodiversidad (Figura 7.1.). Estas categorías no son mutuamente excluyentes, sino que por el contrario, se interrelacionan en muchos aspectos. A continuación examinamos algunos aspectos de estas categorías, resaltando algunos ejemplos colombianos de cómo se puede abordar la conservación de la biodiversidad a diferentes escalas.



**Figura 7.1.** Principales herramientas para la conservación de la biodiversidad y sus escalas de acción. Estas herramientas pueden utilizarse en conjunto para lograr objetivos de conservación y gestión de la biodiversidad.

### Acuerdos y legislación: desde el ámbito internacional al local

En el ámbito mundial, los países han firmado varios acuerdos internacionales que buscan reducir los problemas ambientales globales, con la cooperación de las naciones. Colombia por ejemplo, ha firmado algunos convenios y convenciones que fijan compromisos relacionados con la conservación de los diferentes niveles de la biodiversidad. Desde mediados del siglo pasado, en 1961, Colombia firmó y ratificó la Convención sobre la plataforma continental, generada en Ginebra en 1958 durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el tema. Esta convención define la plataforma continental como “El lecho del mar y el subsuelo de las zonas submarinas adyacentes a las costas pero situadas fuera de la zona del

mar territorial, hasta una profundidad de 200 metros o, más allá de este límite, hasta donde la profundidad de las aguas adyacentes permita la explotación de los recursos naturales de dichas zonas y el lecho del mar y el subsuelo de las regiones submarinas análogas, adyacentes a las costas de islas. Con esta convención se buscó definir el área de la plataforma continental y las actividades y criterios de manejo para las Partes dentro de esa zona. La forma en que esta convención se relaciona con la conservación de la biodiversidad es regulando la explotación de los recursos naturales en la plataforma continental según las decisiones de las naciones ribereñas, evitando la explotación indiscriminada por parte otras naciones.

Otro acuerdo internacional relacionado con la biodiversidad y que fue firmado por Colombia es Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre, (CITES). Esta convención fue redactada en 1973 y entró en vigor en 1975. Colombia ingresó a esta convención en 1981, según la ley 17 de ese año. Para el cumplimiento de las responsabilidades de esta convención el país cuenta con una autoridad administrativa que es el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y con autoridades científicas, las cuales corresponden a varios institutos de investigación. Actualmente la coordinación de las autoridades científicas en temas de CITES en Colombia se encuentra en cabeza del Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt. Esta convención regula el comercio internacional de animales y plantas silvestres o sus partes, por medio de tres apéndices en donde se listan a las especies amenazadas de extinción y cuyo comercio internacional acentúa el problema. Esta regulación se hace a través de un sistema de permisos de importación, exportación, o re-exportación, sin los cuales no se permite el comercio legal de las especies silvestres o sus partes. El otorgamiento de estos permisos es competencia del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, pero se fundamenta en los conceptos de las autoridades científicas.

Otro acuerdo internacional del cual Colombia hace parte, es el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), el cual fue ratificado por el gobierno colombiano a través de la ley 165 de 1994.

El CDB tiene como objetivos “*La conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes, la participación justa y equitativa en los beneficios que se derivan de la utilización de los recursos genéticos*”. Dentro del cumplimiento de las obligaciones de este convenio Colombia ha presentado cuatro informes nacionales en los años 1998 2005 2006 y 2010. Para finales del 2010, la visión del plan estratégico del CDB conocidas como metas de Aichi, (nombre de la ciudad Japonesa donde se celebró la reunión en ese año), es: “*para 2050, la diversidad biológica se valora, conserva, restaura y utiliza en forma racional, manteniendo los servicios de los ecosistemas, sosteniendo un planeta sano y brindando beneficios esenciales para todos*” (CDB 2011).

Pasando al ámbito regional, Colombia ha ratificado, entre otros, el Tratado de Cooperación Amazónica (Ley 74 de 1979) y el Convenio para la Protección del Medio Marino y la Zona Costera del Pacífico Sudoeste mediante la Ley 45 de 1985 (MADS 2013). El primero busca “*promover el desarrollo armónico e integrado de la cuenca, como base de sustentación de un modelo de complementación económica regional que contemple el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes y la conservación y utilización racional de sus recursos*” (OEA 2013). A través de este convenio, Colombia ha establecido acuerdos binacionales con países vecinos como Ecuador, Perú y Brasil para algunos asuntos relacionados con el manejo de recursos naturales en áreas limítrofes. Por su parte, el Convenio para la Protección del Medio

Marino y la Zona Costera del Pacífico Sudoeste busca proteger y preservar el medio marino de esta área geográfica de todos los tipos y fuentes de contaminación.

En el ámbito nacional, las directrices principales están dadas en la Constitución Política de Colombia, la cual, según la Corte Constitucional en la sentencia N° T-411 del 17 de junio de 1992, reconoce 34 artículos constitucionales como ecológicos, a partir de lo cual “...surge el concepto de *Constitución Ecológica, conformado por... 34 disposiciones...*”, de las que resaltamos las siguientes cuatro (no necesariamente en el orden con que aparecen oficialmente): (1) Una de las finalidades primordiales del Estado colombiano es la de asegurar la vida de todos los ciudadanos, dentro de un marco jurídico, democrático y participativo que garantice un orden político, ambiental, económico y social justo e igualitario, prevaleciendo el interés general sobre el particular; (2) La obligación del Estado y de los particulares de proteger las riquezas y recursos culturales de la Nación y velar por la conservación de un ambiente sano; (3) La función ecológica de la propiedad privada; (4) La educación como un derecho de los ciudadanos, que les garantiza el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica y a los demás bienes y valores de la cultura, con el fin de mejorar científica, tecnológica y culturalmente al pueblo y sensibilizándolo respecto a su deber de proteger y conservar el medio ambiente. (Ministerio del Medio Ambiente y SENA 2007).

Varias décadas antes de la Constitución de 1991, el país declaró algunas normas que siguen vigentes y que reglamentan aspectos claves de la gestión en biodiversidad y a las instituciones ambientales nacionales. Es así como en 1974 aparece el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y no Renovables y de Protección al Medio Ambiente el cual, entre otros temas, estipula que el ambiente es patrimonio común, y que el Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo pues es de utilidad pública e interés social. Este código además regula el manejo de los recursos naturales renovables, así como la defensa del ambiente y sus elementos. En el año 1993 la ley 99 crea el Ministerio del Medio Ambiente y organiza en cabeza del mismo al Sistema Nacional Ambiental (SINA). Posteriormente, este ministerio fue modificado en sus funciones y pasó a ser el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Actualmente la Ley 1444 de 2011 separó algunos ministerios y creó el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como se conoce actualmente. Varios actos administrativos de ese mismo año modifican el sector ambiental entre los que se destacan el decreto 3570 que modifica los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el decreto 3572 que crea la Unidad Administrativa Especial Parques Nacionales Naturales de Colombia, separándola de la estructura organizativa del anterior Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible, y dándole autonomía administrativa y financiera, y el decreto 3573 que

crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA- y se dictan otras disposiciones. Todos estos cambios han suscitado discusiones profundas en el sector ambiental colombiano, por las implicaciones que tienen en el mantenimiento de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos y la promoción de actividades productivas, que de no ser manejadas correctamente afectan nuestro patrimonio biológico (ver Capítulo 6: Causas de pérdida de la biodiversidad).

En la escala local, una de las herramientas que permite y obliga a las comunidades locales a incluir en la planificación de su territorio los aspectos ambientales, es el ordenamiento territorial municipal y distrital y los planes de ordenamiento territorial aprobados por la ley 388 de 1997. Este instrumento es en últimas donde se debe ver reflejada la intencionalidad de un conjunto humano, en este caso los municipios representados por su alcalde.

Un ejemplo de acciones a nivel de municipio o de grandes centros urbanos es la reciente experiencia de Bogotá, ciudad que ganó en 2013 el premio mundial de Liderazgo Cambio Climático y Ciudad. Este premio lo recibe la ciudad gracias a iniciativas como la peatonalización de la carrera séptima, la prohibición de construcciones en los cerros orientales, la inclusión de taxis eléctricos, el mejoramiento de combustibles y el plan de recuperación de los cuerpos de agua. Además, Bogotá trabaja en un plan piloto de implementación de bu-

ses híbridos por la carrera séptima, que entrará en operación en diciembre de 2013. El Sistema Transmilenio también forma parte integral del premio recibido. Este sistema de transporte masivo ya había recibido distinciones por su responsabilidad social y ambiental, tales como el Sello de Plata en la categoría “Responsabilidad ambiental en empresas comerciales o de servicios” del Premio de Responsabilidad Ambiental 2010, que otorga la embajada británica (El Tiempo 2010). El Transmilenio ha reducido en más de 2.400.000 Ton sus emisiones de CO<sub>2</sub> (Alcaldía Mayor de Bogotá 2013) (Figura 7.2a).

Este reconocimiento puede estimular a que en Bogotá se sigan buscando iniciativas para disminuir a corto plazo las emisiones de gases invernadero, los cuales ocasionan el cambio climático. Esto va en concordancia con pactos como el protocolo de Kyoto, que busca reducir dichas emisiones, y del cual Colombia es firmante, junto con otros países. Otra iniciativa que ya lleva varios años en ejecución es la creación del “*día sin carro*” (Figura 7.2b.), designado para el primer jueves de febrero de cada año. Este experimento busca evaluar la disminución en los niveles de contaminación ambiental. Aunque existe controversia sobre la efectividad de estas iniciativas, su implementación busca el mejoramiento de la calidad del aire para los ciudadanos bogotanos y el desestímulo al uso de vehículos motorizados que emiten al aire gases contaminantes.



**Figura 7.2.** A. Un articulado del sistema TransMilenio en el sector del Eje Ambiental en Bogotá. B. Panorámica de la calle 26 de Bogotá durante el día sin carro del 2013.

## Conservación *in situ*: Desde áreas hasta poblaciones

La estrategia de conservación *in situ*, hace referencia a las acciones que se realizan en áreas silvestres y que buscan mantener en condiciones naturales los diferentes niveles de la biodiversidad. La sociedad, mediante una legislación específica, ha definido diferentes objetivos a las áreas silvestres, como por ejemplo conservar: (1) ecosistemas característicos o únicos; (2) especies de interés o valor particular, (3) áreas de particular diversidad genética; (4) paisajes o rasgos geográficos de gran valor estético o científico, (5) sitios de especial interés científico, (6) sitios con alta diversidad biológica y/o genética, (7) especies endémicas y (8) rutas migratorias; así como proteger (9) sitios culturales tales como sitios arqueológicos e históricos,

(10) áreas recreativas tradicionales y (11) áreas de restauración; y por último, (12) mantener funciones de protección hidrológica como la recarga acuífera y la protección de suelos, y (13) promover facilidades de recreación y turismo en sitios naturales (UICN y PNUMA 1990). Al ser tan diversos los objetivos para los cuales se establece un área silvestre protegida, estas se han agrupado en “categorías de manejo”. En el caso de Colombia, las áreas del nivel nacional se han clasificado en seis categorías (Recuadro 7.1.). Cabe destacar que las áreas silvestres protegidas no sólo abarcan extensión terrestre, sino que también pueden incluir áreas marinas (Recuadro 7.1.).



## Recuadro 7.1. Áreas protegidas en Colombia

Por: Olga L. Montenegro y Hugo F. López-Arévalo

La protección de áreas es una de las estrategias de conservación de la biodiversidad más conocidas y utilizadas en el mundo. El área protegida más antigua en América es el Parque Nacional de Yellowstone, creado por el gobierno de los Estados Unidos en 1872. En Colombia, la protección oficial de áreas se inició en 1960 con la creación del Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos, ubicado en el sur de Huila. Según la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, (UAESPNN), entidad estatal que maneja estas áreas, actualmente el sistema de parques nacionales naturales de Colombia cuenta con 56 áreas protegidas que cubren 12.602.320,7 hectáreas y el 1.3% de la superficie marina del país. Este sistema se organiza en las siguientes categorías de manejo: parque nacional natural (PNN), reserva natural (RNN), vía parque (VP), área natural única (ANU), santuario de fauna y flora (SFF).

En la normativa ambiental de Colombia existen además otras figuras de protección manejadas por entes como las corporaciones autónomas regionales (CARs). Algunas de estas figuras de protección son parque natural regional, área de manejo integrado, reserva forestal protectora, reserva forestal protectora-productora, entre otras. Los gobiernos municipales también tienen áreas protegidas bajo figuras como parque municipal, reserva natural municipal, reserva biológica, entre otras. Un inventario realizado por investigadores de las entidades BioColombia y Conservación Internacional señala que a diciembre de 2008 existían en Colombia al menos 486 áreas protegidas y manejadas por autoridades nacionales, regionales o locales. Estas áreas cubrían 22.439.090 hectáreas en todo el territorio nacional, bajo 43 denominaciones diferentes. Los parques nacionales y muchas de las reservas de nivel regional y local hacen parte del sistema nacional de áreas protegidas (SINAP), dentro del cumplimiento de los compromisos adquiridos por Colombia con la firma del convenio sobre diversidad biológica.

Sumado a estas áreas, existen las reservas naturales de la sociedad civil, que se definieron en el artículo 109, de la Ley 99 de 1993, como *“la parte o el todo del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y sea manejado bajo principios de sustentabilidad en el uso de los recursos naturales, cuyas actividades y usos se establecerán de acuerdo a reglamentación con la participación de las organizaciones sin ánimo de lucro de carácter ambiental”*. Algunas de estas áreas se organizan en la Red de Reservas de la Sociedad Civil, Resnatur, la cual cuenta actualmente con 245 reservas y 4 organizaciones asociadas.



Parque Nacional Natural Chingaza

Aunque los parques nacionales y regionales de grandes extensiones son fundamentales para la conservación de la biodiversidad en el país, las pequeñas reservas también juegan un papel muy importante. Por ejemplo, a partir de varios estudios sobre mamíferos existentes en estas reservas, hemos encontrado que son valiosas para la conservación de especies de distribución restringida como pequeños roedores y especies raras ecológicamente. Los aportes de estas reservas pueden variar de acuerdo a su tamaño, su ubicación geográfica y la cercanía a otras áreas protegidas. Además, estas áreas prestan servicios ambientales a las comunidades circundantes y al país en general.

Como complemento a las áreas gubernamentales que van desde carácter nacional a municipal, en Colombia existen las reservas privadas o Reserva natural de la sociedad civil (Recuadro 7.1.), las cuales se definen en la legislación nacional como “la parte o el todo del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y que sea manejado bajo los principios de la sustentabilidad den el uso de los recursos naturales” (Ministerio del Medio Ambiente 1999). La mayoría estas áreas se encuentran agrupadas en la red de reservas de la sociedad civil, RESNATUR organización sin ánimo de lucro cuyos

inicios se remontan a 1991 (Resnatur 2013).

Además de las áreas protegidas como directrices para la conservación y gestión específica de la biodiversidad, existen varios programas emitidos a nivel nacional que involucran ecosistemas como los manglares o los bosques, entre otros, y cuya aplicación es regional o nacional. Recientemente, con la intención de integrar la gestión de la biodiversidad se formuló la Política para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (MADS 2013).

## Conservación fuera de áreas protegidas: importancia de las áreas urbanas, sub urbanas y rurales

Se podría pensar que las especies silvestres solo se encuentran en las áreas protegidas. Sin embargo las áreas urbanas, sub urbanas y rurales por fuera de las áreas protegidas también mantienen poblaciones de especies silvestres, así como también ofrecen servicios ecosistémicos de la biodiversidad. Es por esto que presentamos algunas características de este tipo de áreas y ejemplos de actividades que promueven la conservación en estas áreas. Las áreas urbanas y suburbanas se caracterizan por presentar una alta densidad humana, ser el encuentro de diferentes culturas y percepciones, encontrarse pocas zonas verdes y muy fragmentadas, con predo-

minancia de monocultivos y abundancia de especies domésticas. Las especies silvestres responden de forma diferente a estas condiciones ambientales. Algunas especies rechazan los ambientes urbanos y semiurbanos, mientras que otras se adaptan y aprenden a explotar los múltiples recursos disponibles en los espacios transformados. Por ejemplo, algunas especies silvestres en ambientes urbanos se habitúan a alimentarse de las basuras (Figura 7.3.), a vivir edificaciones o en las zonas verdes aledañas y en cuerpos de agua existentes, muchas veces mantenidos dentro de la infraestructura urbana (McKinney 2002).



**Figura 7.3.** Ardilla silvestre dentro de un ambiente urbano alimentándose de desperdicios.

En las áreas urbanas y sub urbanas se han adelantado varias iniciativas como promover el manejo de residuos, realizar el mejoramiento de hábitat para algunas especies silvestres promoviendo por ejemplo comederos para aves, instalando señalización sobre la presencia de fauna para evitar atropellamientos y accidentes. Así mismo, se ha promovido proyectos ambientalmente amigables que contribuyan a la seguridad alimentaria, tales como huertos urbanos que

pueden diseñarse en espacios reducidos como terrazas, lotes, y jardines, y cuyo diseño intenta simular los mecanismos de equilibrio y estabilidad que usa la naturaleza, para el cultivo de una variedad de plantas.

Adicionalmente, en el caso de Bogotá, las zonas verdes distritales se han definido como espacios públicos destinados para la recreación de los ciudadanos y para la conservación de ecosistemas locales, como los humedales por ejemplo.

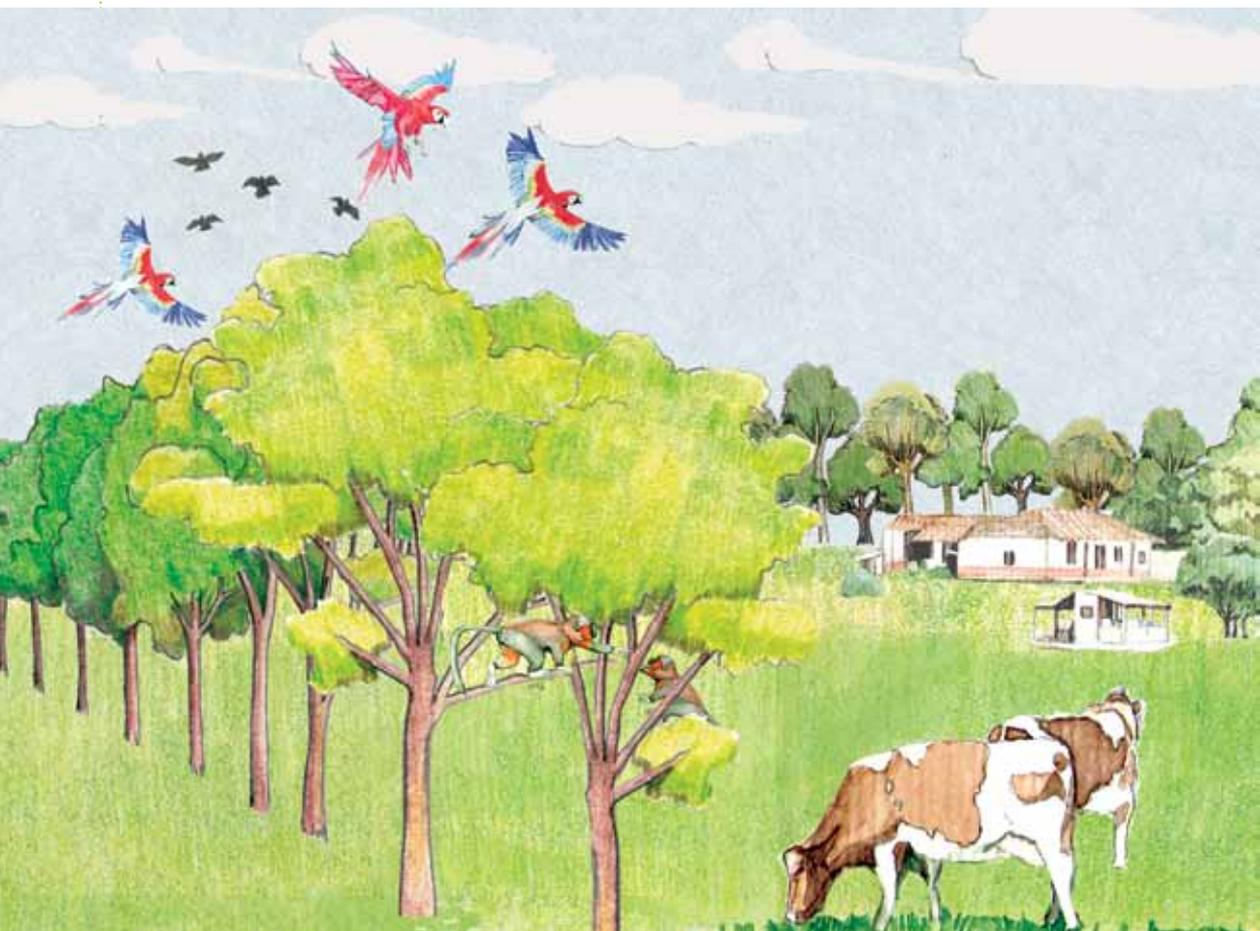
El Distrito Capital cuenta con reservas naturales, parques distritales, regionales y metropolitanos, zonas vecinales y de bolsillo, y aulas ambientales, los cuales, dependiendo de sus características ecológicas y sociales ofrecen diversos servicios culturales, ambientales y pedagógicos. La Secretaría Distrital de Ambiente, por ejemplo, administra cuatro aulas ambientales en Bogotá, las cuales hacen parte de una estrategia pedagógica de educación ambiental adoptada por la ciudad (SDA 2013).

Uno de los problemas más evidentes en las áreas rurales es la homogenización del territorio por la proliferación de un mismo cultivo, muchas veces exótico y sin miramientos sobre el entorno natural existente. Esto generalmente sigue luego de la alteración de las coberturas naturales y muchas veces van acompañadas de la contaminación de fuentes de agua a donde llegan residuos de fertilizantes y herbicidas. Estas transformaciones generan deterioro ambiental, que junto con otros factores, se suman a las amenazas a la biodiversidad (ver Capítulo 6: Causas de pérdida de biodiversidad). Como una alternativa ambientalmente amigable y económicamente viable, en las zonas rurales se ha comprobado que la promoción de sistemas productivos diversificados, la presencia de árboles aislados, cercas vivas con especies nativas y seleccionadas, barreras rompevientos y, la existencia de remanentes de bosque dentro de un esquema de reservas archipiélagos promueve la permanencia y la recuperación de servicios ambientales en estos ambientes los cuales se han llamado

agroecosistemas. Sin embargo, el éxito de estas iniciativas dependen mucho de la convicción de los propietarios privados, la supervisión de las autoridades ambientales para, entre otros, mitigar los posibles conflictos vida silvestre sistemas productivos, así como la promoción por la entidades encargadas de la producción agrícola en donde además del rendimiento económico neto, se evalúen los beneficios ambientales y sociales de este tipo de alternativas.

Por ejemplo, en varios estudios realizados con animales como escarabajos y aves, se encuentra que las cercas vivas efectivamente aumentan la diversidad y sirven como corredores para que estos animales se movilicen de un fragmento de bosque a otro (Figura 7.4.).

En un estudio de la permanencia de las cercas vivas y bosques protectores en el Eje Cafetero, encontraron que las variables socioeconómicas e institucionales que más influyen en que los propietarios de predios conserven una cerca viva son el origen de los ingresos de propietario, las opciones de autoconsumo, motivaciones económicas para el mantenimiento, tipo de administración del predio, asistencia técnica brindada a los propietarios, la apropiación y participación de los propietarios en el proceso de implementación y mantenimiento de las cercas vivas, ubicación de la misma y los beneficios que se puedan obtener de ésta. También se cree que factores como la escolaridad del propietario, tamaño del predio y cofinanciación del mantenimiento pueden incidir (Aristizábal-Buitrago 2007).



**Figura 7.4.** Las cercas vivas constituyen un elemento importante para la movilidad de especies silvestres. Se ilustra el uso de cercas vivas por primates y aves, comúnmente visto en el departamento del Meta en Colombia.

Además de las acciones de conservación en áreas, sean protegidas o no, existen otros enfoques como el cuidado de poblaciones de especies amenazadas de extinción. Ejemplos de estos programas son aquellos dirigidos al oso de anteojos, las dantas y las tortugas. Algunos de estos programas se asocian con presas cazadas; por ejemplo, el Tapir Spe-

cialist Group (TSG) trabaja con estos datos, a partir de los cuales se realizan Análisis de Viabilidad Poblacional. Este análisis permite explorar la relación entre el tamaño poblacional y la probabilidad de extinción. Es útil para conocer los efectos de la pérdida, fragmentación o degradación del hábitat sobre una población (Mancera-Rodríguez).

## Conservación *ex situ*

La conservación que no se lleva a cabo directamente en el sitio donde están las poblaciones silvestres se ha denominado conservación *ex situ*. Los ejemplos más conocidos son los jardines botánicos y parques zoológicos, aunque se extiende a los acuarios, bancos de genes y centros de rescate. Este tipo de conservación incluye en algunos casos la reproducción en cautiverio, tanto en viveros como en zocriaderos.

Los jardines botánicos en Colombia han planteado como su misión “*Contribuir al conocimiento, conservación, valoración y aprovechamiento de la diversidad vegetal, mediante el fomento de la investigación, la educación ambiental y la recreación, con el propósito de mejorar la calidad de vida de las comunidades en armonía con la naturaleza y creando una*

*ética ecológica ciudadana*” (Olaya *et al.* 2002). El desarrollo de jardines botánicos en nuestro territorio se remonta a la iniciativa de José Celestino Mutis quien inició en 1783 la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada y, simultáneamente, realizó trabajos en el jardín Botánico del Rey, en la localidad de Mariquita el cual, de haberse mantenido, sería actualmente el más antiguo del continente. Posteriormente en 1955, gracias al empuje de Enrique Pérez-Arbeláez (1896-1972) nace el Jardín Botánico de Bogotá (Figura 7.5.), del cual su fundador fue el primer director, cargo que ha sido ocupado en varias oportunidades por eminentes científicos e investigadores como el profesor Luis Eduardo Mora Osejo (Acero 1988).



**Figura 7.5.** Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.

Como parte de la Secretaría Distrital de Ambiente, el Jardín Botánico de Bogotá tiene la función de divulgar la flora de la región, promover la diversidad genética de las especies forestales de la ciudad y realizar estudios sobre la diversidad florística del Distrito. Su misión establece que “el Jardín Botánico es el Centro de Investigación y Desarrollo Científico con énfasis en ecosistemas altoandinos y de páramo, que contribuye a la conservación de la flora del Distrito Capital, a la sostenibilidad ambiental de su territorio y al aprovechamiento de su patrimonio genético, a través de la investigación científica, la transferencia tecnológica y la educación ambiental” (JBB 2011).

La historia de los zoológicos y acuarios en Colombia indica que los más antiguos se fundaron hace 40 o 30 años, como los zoológicos de Matecaña, Santa Fe, Barranquilla, Cali y Santa Cruz y hace menos de 20 años los zoológicos Jaime Duque, Piscilago y los acuarios Mundo Marino, Ceiner y Rodadero (Figura 7.6.). El número de visitantes es uno de los principales potenciales de estas instituciones, como herramientas para incrementar la conciencia del público sobre los valores de la naturaleza. En el 2005 17 instituciones entre parques zoológicos y acuarios se encontraban registrados en Colombia La mayoría agremiados a la Asociación Colombina de Parques Zoológicos y Acuarios-ACOPAZOA (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 2006).



**Figura 7.6.** Puma (*Puma concolor*) en el Zoológico de Cali.



En algunos países, los zoológicos se han involucrado en programas de cría en cautiverio de especies amenazadas de extinción, dentro de programas de reforzamiento de poblaciones silvestres. Por ejemplo, en los Estados Unidos, la comadreja de patas negras, la cual se consideraba al borde de la extinción, ha aumentado sus poblaciones por la suplementación animales nacidos en cautiverio y posteriormente liberados en su hábitat natural. Varias instituciones han participado en este programa, entre ellos el zoológico nacional del Instituto Smitsoniano (Bove 2013). En Colombia existe al menos un programa en el cual se busca un objetivo similar. Se trata del programa de conservación del caimán llanero, en el cual participa la Estación de Biología Tropical Roberto Franco. Desde hace varias décadas esta estación mantiene un programa de cría

en cautiverio de este caimán y para el año 2013 tiene el objetivo de liberar varios individuos en el departamento del Meta, bajo un esquema de monitoreo satelital de los animales (EBTRF 2013).

Otras instituciones dedicadas al manejo *ex situ* de animales silvestres son los centros de recepción y rehabilitación de fauna silvestre. En Colombia, varias corporaciones autónomas regionales y secretarías de ambiente manejan este tipo de centros, en los cuales mantienen animales provenientes de decomisos en el control de tráfico ilegal de fauna silvestre. En muchos casos, los animales son posteriormente liberados en ambientes naturales. Existe también un centro de rehabilitación de fauna silvestre en la Universidad Nacional de Colombia, con más de una década de experiencia en el tema (Recuadro 7.2.).

## Recuadro 7.2. Unidad de rescate y rehabilitación de animales silvestres (URRAS): 17 años trabajando en pro de la fauna silvestre colombiana

Por: Claudia Brieva

La Unidad de Rescate y Rehabilitación de Animales Silvestres (URRAS) pertenece a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia. Esta unidad fue creada en 1995 para la atención de animales silvestres colombianos objeto de maltrato, tráfico ilegal y accidentes fortuitos. Es un programa pionero en el manejo, medicina y rehabilitación de especies nativas de Colombia. Su objetivo es capacitar estudiantes de medicina veterinaria, zootecnia y biología, mediante la recepción, rescate y rehabilitación de animales silvestres colombianos que potencialmente podrían ser liberados en su medio natural o reubicados en condiciones adecuadas para el mantenimiento de su bienestar, así como brindar atención médica profesional a mascotas no convencionales de tenencia legal.

La principal labor desarrollada en URRAS es la atención de animales silvestres víctimas del tráfico ilegal de mascotas. El tráfico ilegal de fauna en Colombia es inmenso, y muchos de los animales capturados y destinados a este mercado mueren en el proceso de comercialización o durante el cautiverio. URRAS recibe principalmente entregas voluntarias de particulares. A lo largo de la existencia de URRAS se han recibido más de 10.000 animales, que requieren atención médica o rehabilitación.

URRAS apoya a algunas entidades gubernamentales encargadas del control del tráfico de fauna y en el manejo de animales post-decomiso, adelantando investigaciones sobre el manejo médico y biológico de la fauna alojada en centros de rescate y hogares de paso. Dentro de este trabajo hemos: (1) elaborado protocolos y validado procedimientos para la rehabilitación de aves y primates, (2) determinado constantes hematológicas y bioquímicas de especies de fauna colombianas, (3) reportado estudios de caso en diversas patologías, en cautiverio y en campo y (4) estudiado aspectos comportamentales, reproductivos y fisiológicos.

La rehabilitación de fauna es el proceso de proveer cuidado médico y físico a los animales enfermos, heridos, huérfanos o traficados, con el objeto de reintegrarlos de nuevo a su hábitat natural. Los animales liberados deben ser capaces de desempeñarse como animales silvestres, esto incluye reconocer y obtener al

alimento apropiado, seleccionar parejas de su propia especie para reproducirse, y mostrar el miedo adecuado ante peligros potenciales como sus predadores naturales, vehículos, personas, etc.

Aunque el proceso de rehabilitación y liberación ha sido controvertido por razones de sanidad y de posible contaminación genética y comportamental, la labor realizada en URRAS ha mostrado que si se realiza el proceso de manera rigurosa y científica, pueden obtenerse muy buenos resultados. Hemos observado la incorporación exitosa de los animales liberados a su medio natural, la interacción con individuos de su especie, y ante todo, el impacto que este proceso trae para la población humana local, que se siente identificada y apoya estas iniciativas. Tratamos siempre de trabajar en zonas que han sido mediana o altamente intervenidas y donde en muchos casos las especies silvestres que eran comunes en el pasado han desaparecido por cacería o degradación del ecosistema. Al conocer proyectos de reintroducciones locales o reforzamientos poblacionales, la comunidad responde con entusiasmo y se compromete a cuidar la especie y la naturaleza.



Examen de una tortuga mata mata (*Chelus fimbriatus*) en URRAS



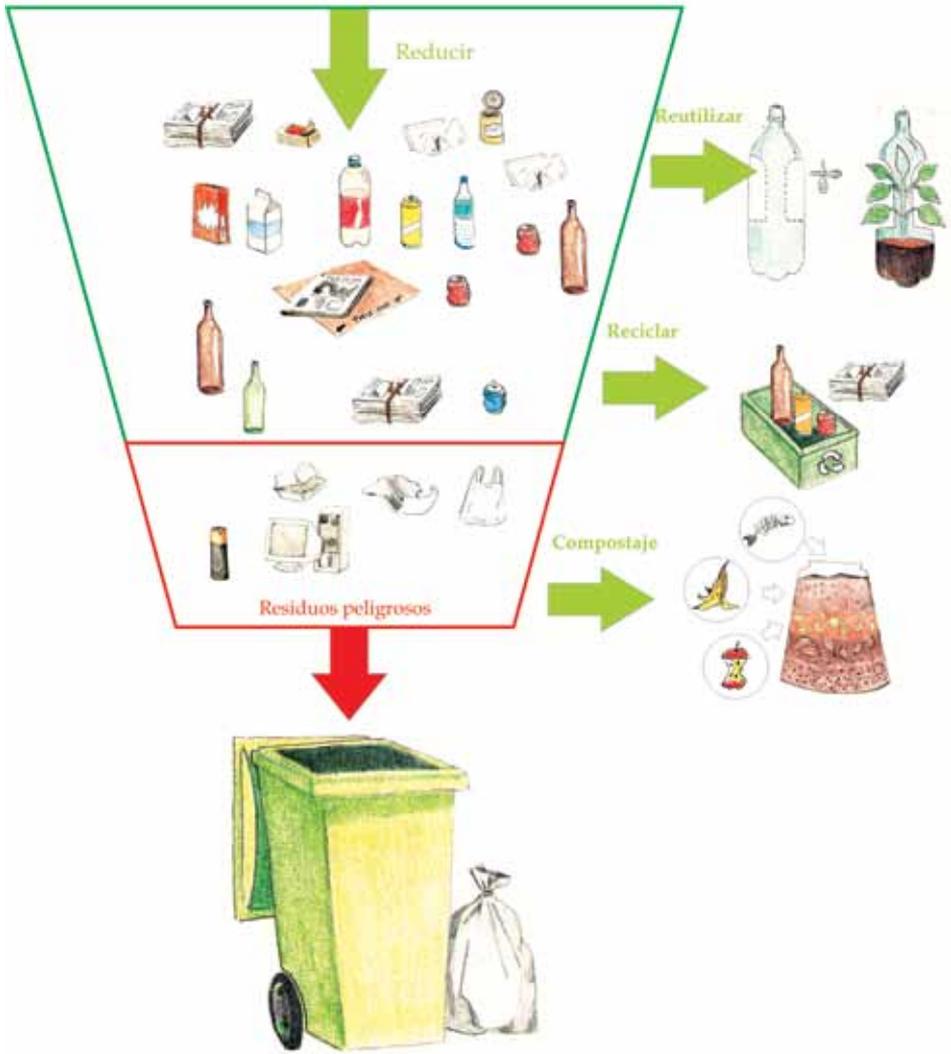
Estudiantes revisando una guacamaya militar (*Ara militaris*) en URRAS

## Conservación desde el individuo: Compromisos personales

Como hemos visto, existen varios instrumentos y herramientas diseñadas para promover la conservación de la biodiversidad. Sin embargo estos son insuficientes sin un verdadero compromiso personal pues por si solas las entidades oficiales y privadas no pueden lograr soluciones, sin el apoyo individual de los ciudadanos. Aquí consideramos dos premisas: (1) la necesidad de actuar localmente y pensar globalmente y (2) la visión de que todo cambio comienza por el individuo y su compromiso personal.

Algunas de las posibles acciones personales que apoyan la conservación de la biodiversidad implican por ejemplo (1) ser veedores del cumplimiento de los compromisos del país y de las entidades encargadas en la gestión de la biodiversidad, (2) tomar conciencia de cómo los patrones de consumo afectan el entorno que habitamos y modificar los que sean posibles, tomando decisiones informadas sobre lo que consumimos (3) buscar promover sistemas de comercio más justos y ambientalmente amigables y (4), promover la estrategia de las 3R es decir reciclar, reutilizar y reducir (Figura 7.7.).





**Figura 7.7.** Las 3R: Reciclar, reutilizar, reducir.

Finalmente, el reconocimiento de que nuestras acciones individuales y como sociedad influyen sobre las demás especies de nuestro planeta, hacen fundamental evaluar la necesidad de convivir

en el planeta que del que somos parte integral y que como se ha dicho “del que tomamos prestado de las generaciones futuras”.

## PARA REFLEXIONAR

- ¿Se cumple realmente la legislación y los tratados internacionales en el mundo? ¿Y en Colombia?
- ¿Podemos hablar de minería, ganadería o agricultura sostenible, o el desarrollo económico siempre irá en detrimento de la diversidad?
- ¿Qué son los sistemas silvopastoriles? ¿Existen ejemplos de ellos en Colombia?
- Las reservas privadas complementan los parques nacionales del Estado ¿Es viable dejar la conservación solamente en manos privadas, o debe seguir siendo un interés del Estado?
- ¿Qué has realizado el día de hoy para promover la conservación de la biodiversidad? ¿Y mañana?

## Capítulo 8

### FUENTES DE INFORMACIÓN SOBRE LA BIODIVERSIDAD Y LA CONSERVACIÓN

La rápida evolución de la tecnología ha facilitado que la humanidad pasara de la era industrial a la era de la información e incluso que esté iniciando una era molecular (Lindston 2011). Estamos llegando a la madurez de la era de la información, iniciada alrededor de 1970 con el uso de computadores, mejoramiento de medios de comunicación y creación de redes. Esto ha llevado a la generación de lo que muchos llaman la “sociedad de la información” o “sociedad del conocimiento”. Estos términos que van de la mano con el desarrollo, la globalización y las nuevas tecnologías disponibles (como Internet y telefonía celular) y alrededor de los cuales se han generado debates de toda índole (Torres 2005). Esta era se caracteriza por la disponibilidad de gran cantidad de información la cual ha ido creciendo casi exponencialmente, pues todos los días se publican cosas nuevas sobre todos los temas. Además, podemos acceder a mucha de esa información de una forma rápida y fácil gracias a Internet, las bibliotecas y los otros medios de comunicación. Sin embargo, es difícil revisar toda la información existente, y en

ocasiones, la disponibilidad de información está limitada (tendríamos que pagar para acceder a ella o no contamos con una plataforma para obtenerla, por ejemplo) (Goñi-Camejo 2000). También es necesario tener en cuenta que no toda la información disponible es verdadera o precisa. Mucha de la información disponible en internet no ha pasado por ningún tipo de control o verificación y por tanto no hay garantía de su validez. Es por estas causas, que se hace necesario hacer una revisión crítica de la información, y buscar en los lugares adecuados. En el tema de biodiversidad y su conservación, existen muchas fuentes de información, tanto para un público especializado, como para públicos muy amplios.

En este capítulo, buscamos brindar algunos ejemplos de fuentes de información útiles en el tema de biodiversidad y conservación. Sin embargo, no pretendemos dar una lista exhaustiva de todas las fuentes posibles, sino más bien resaltar algunas que pueden complementar lo expuesto en los anteriores capítulos.



## La información y el conocimiento

La palabra *información*, está muy ligada a la comunicación y educación o instrucción, ya que se refiere a dar a conocer o adquirir conocimientos que permiten ampliar o precisar los que se poseen sobre una materia determinada (RAE 2013), que en nuestro caso, sería la biodiversidad. La información se compone de un grupo de **datos** revisados y ordenados, que constituyen un mensaje (basado en algún fenómeno). La información permite resolver problemas y tomar decisiones, puesto que es la base del **conocimiento**, que se ve reflejado en ideas, pensamientos, experiencia, etc. Los datos los obtenemos mediante los sentidos, y ellos en sí mismos no nos dicen nada, pero cuando los integramos, estructuramos y les asignamos un significado, pasan a ser información que se puede comunicar a las otras personas, y así llegan a ser parte del conocimiento. La información condiciona la generación del conocimiento y posibilita su formalización (si no damos a conocer algo, es como si no existiera); por tanto, conocimiento e información están íntimamente ligados. La comunicación de los humanos y de otras especies se basa en la información. Gracias a ella, se puede conformar una sociedad. La información es la forma de liberar el conocimiento, generado por el pensamiento humano. Existen muchos tipos de información: desde el lenguaje hasta información sobre temas especializados, como el clima, economía, historia, matemáticas o biología (Goñi-Camejo 2000; Hernández-Salazar 1993).

La información se relaciona con los sistemas de conocimiento y con el aprendizaje. El conocimiento se puede ver como aquello que hace posible que un individuo o una sociedad entiendan, intervengan o resuelvan problemas particulares o que aborden situaciones particulares de forma satisfactoria o con sentido. Por lo tanto, la información se transforma en conocimiento a través de darle significado. Así mismo, un sistema de conocimiento es aquello que estructura las interacciones entre los diferentes agentes y poseedores de conocimiento de una manera cohesiva. A su vez, el aprendizaje se puede entender como el proceso de obtener y producir conocimiento a través de darle significado a los datos y la información y de usar el conocimiento en forma práctica y con algún sentido (Tàbara y Cabay 2013).

Las sociedades humanas tienen diferentes sistemas de conocimiento, derivados de su contexto histórico y cultural. Así, por ejemplo, las sociedades indígenas poseen conocimientos y visiones del mundo desarrollados a través de una larga historia de interacción con el ambiente natural. Este conocimiento es la base para la toma de decisiones en su vida cotidiana y para el manejo de su entorno. En conjunto, los conocimientos de estas sociedades hacen parte de su sistema cultural que incluye la lengua, los sistemas de clasificación, las formas de uso de los recursos, la espiritualidad y las tradiciones. Aunque actualmente,

muchas de estas lenguas ya tienen una grafía, derivada de estudios y propuestas etnolingüísticas, la transferencia del conocimiento tradicional de estas sociedades ha sido principalmente de forma oral y no escrita.

En contraste, en la llamada *sociedad occidental*, los sistemas de conocimiento involucran el registro escrito o almacenamiento de datos en diversos medios, que una vez analizados generan información. En el ámbito de la investigación científica este proceso podría ilustrarse, examinando un ejemplo de cómo desde la obtención de datos, se genera información que una vez analizada genera conocimiento sobre un aspecto de la biodiversidad. El ejemplo proviene del estudio de Giraldo-Cañas (2001) sobre las relaciones fitogeográficas de las sierras y afloramientos rocosos de la Guayana colombiana (Figura 8.1.). El proceso inicia con la observación y colecta de especímenes de varias

especies de plantas en varias localidades del país, obtenidas a lo largo del tiempo, y no necesariamente con preguntas fitogeográficas en mente. Los especímenes son identificados y depositados en herbarios en donde quedan a disposición para quienes deseen estudiarlos. El interés por entender las relaciones fitogeográficas entre varias serranías de la región conocida como la Guayana en Colombia, motiva la revisión de los ejemplares de herbario proveniente de esas localidades y de otras que sirvan de comparación. De allí se desprende la compilación de listas de especies (listado taxonómico) de las localidades de interés y un conjunto de análisis posteriores resultan en una propuesta de afinidades fitogeográficas entre estas serranías. Esta información puede ser utilizada por diferentes usuarios, sean otros investigadores, estudiantes o funcionarios de instituciones del área ambiental.

## Generadores y usuarios de información sobre biodiversidad

Los generadores y usuarios de la información son las personas que producen y utilizan la información, y por ello son el inicio y el final del ciclo de transferencia de ésta. El usuario es quien se enfrenta a la realidad que le plantea retos, los cuales, él buscará solucionar con la información, ya sea generándola o aplicándola (Naranjo-Vélez 2005).

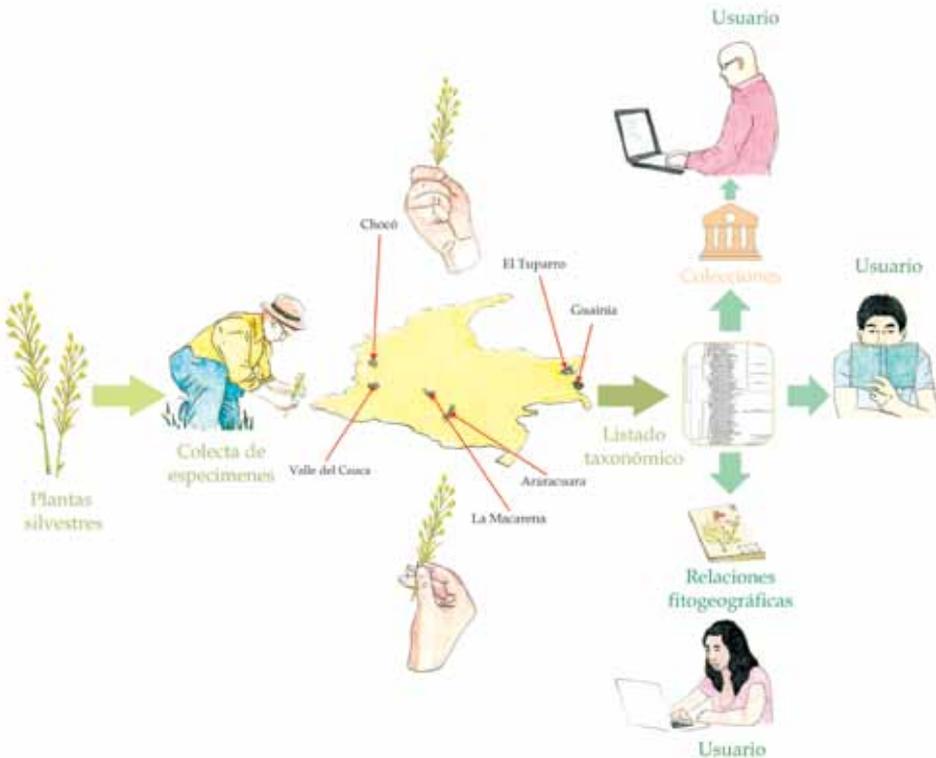
Dentro de los generadores de información sobre biodiversidad encontramos principalmente investigadores en universidades e institutos de investigación

quienes llevan a cabo estudios formales sobre el tema. También las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales (ONGs) generan información sobre biodiversidad y muchas veces la hacen disponible en sus páginas de internet. Adicionalmente, encontramos a las comunidades locales, que son y han sido la base de numerosas investigaciones sobre biodiversidad. El conocimiento de las comunidades locales (indígenas o campesinas) es producto de la relación permanente con el medio

y de la percepción individual o colectiva de esta relación y se ha transmitido entre sus habitantes de forma oral principalmente. Estos conocimientos han llegado al mundo científico a través de numerosos trabajos en etnozología y etnobotánica o han sido referenciados de forma indirecta en otro tipo de investigaciones (Ver Capítulo 5: Recuento histórico).

Los usuarios de información sobre biodiversidad son muy variados. Se

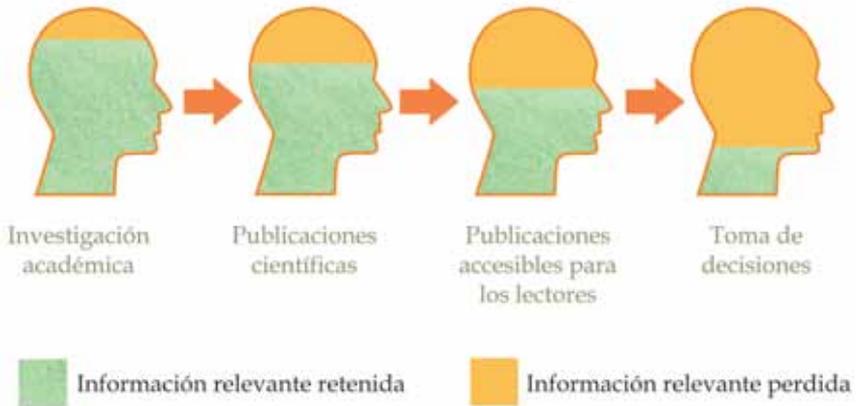
encuentran los mismos investigadores, administradores, empleados públicos, contratistas y estudiantes e instituciones, (Hernández-Salazar 1993). Las motivaciones para la búsqueda y uso de la información sobre biodiversidad varían. La necesidad de información se ve influida entonces por las características o perfil del usuario, tales como experiencia, área de interés, capacidad de análisis de información, situación social, política y económica o el manejo del lenguaje, entre otros.



**Figura 8.1.** Proceso de generación y uso de conocimiento a partir de la obtención de datos. Los especímenes recolectados en diferentes localidades son identificados y depositados en colecciones científicas. La información se puede organizar, por ejemplo, en listados taxonómicos que son utilizados por varios tipos de usuarios con diferentes propósitos.

La generación, divulgación y uso de la información son procesos desiguales. Por ejemplo, mucha de la información generada por los científicos se publica en revistas especializadas, aunque parte de ella nunca llega a ser publicada. De aquella disponible en los artículos, una parte es leída y entendida por colegas igualmente especializados, y solo una

pequeña parte es ocasionalmente traducida y entendida por manejadores de los recursos. Finalmente, solamente una pequeña parte de la información científica es realmente usada en programas de manejo y conservación de la biodiversidad (Salafsky *et al.* 2001) (Figura 8.2).



**Figura 8.2.** En una investigación, buena parte de la información generada se publica, pero solo una parte es leída y de ésta solo una parte se utiliza para tomar decisiones en conservación. Adaptado de Salafsky *et al.* (2001)

Varias razones explican esta situación. Entre las principales, están las barreras idiomáticas, el alto costo de libros y suscripciones a revistas especializadas, la falta de capacitación en manejo de bases de datos y la oportunidad desigual de acceder a la información entre zonas

urbanas y rurales. Sin embargo, esto último ha disminuido un poco con el aumento de cobertura de internet (Sánchez-Jacob 2002), y cada vez más hay bases de datos y revistas electrónicas de acceso libre.

## Fuentes de información

¿Dónde podemos consultar toda esa información generada? Básicamente, cualquier medio de comunicación actual posee temas sobre ambiente y biodiversidad. La información puede ser general, como la que encontramos en un periódico, programas radiales o televisivos, en Internet y redes sociales o algunos libros; o puede ser científica, la cual es más especializada y la encontramos en colecciones, artículos científicos, libros técnicos, centros de información y *literatura gris*, que hace referencia a tesis, trabajos de grado, informes técnicos e institucionales que no han sido publicados (López-Arévalo

1998). El uso de bibliotecas virtuales en muchas universidades ha puesto a disposición parte de estos documentos en sus repositorios institucionales electrónicos y actualmente tesis y trabajos de grado son más visibles pues pueden consultarse y descargarse desde prácticamente cualquier lugar del mundo que tenga acceso a internet.

Las diversas fuentes de información las podríamos categorizar en tres grandes grupos: (1) fuentes bibliográficas, (2) bases de datos sobre diversos aspectos de la biodiversidad y (3) páginas electrónicas institucionales (Figura 8.3).

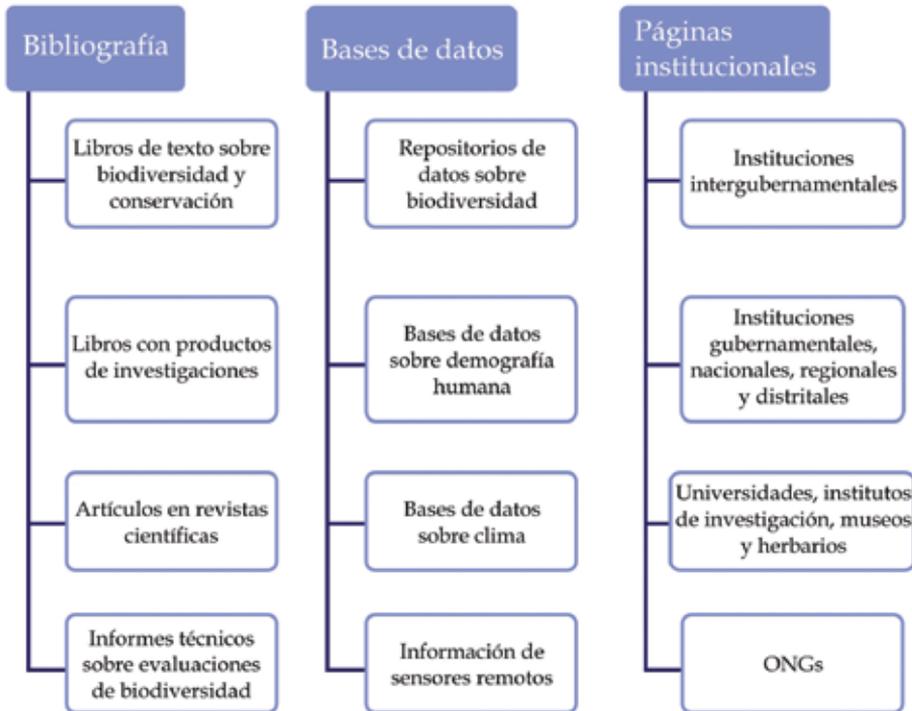


Figura 8.3. Categorías de fuentes de información sobre biodiversidad.

Dentro de las fuentes bibliográficas se encuentran los libros de texto, libros con resultados de investigaciones, artículos publicados en revistas científicas especializadas e informes técnicos generados por instituciones o contratistas. En esta categoría, son los artículos publicados en revistas científicas el grupo de más rápido crecimiento. En el mundo existen más de 10.000 revistas especializadas en diversos temas científicos. Una de las primeras revistas dedicadas específicamente al tema de conservación de la biodiversidad es *Conservation Biology*, fundada en 1987 (SCB 2013). Actualmente existen al menos 21 revistas especializadas en el tema de biodiversidad y al menos 64 revistas sobre temas de conservación de la biodiversidad en idioma inglés, reconocidas en la base de datos *ISI Web of Knowledge*. Algunas de estas revistas son *Biological Conservation*, *Diversity and Distributions*, *Biodiversity Journal*, *Animal Biodiversity and Conservation*, entre muchas otras. Además en Latinoamérica se ha venido incrementando la publicación en estos temas, y su visibilidad internacional, tradicionalmente baja, ha ido aumentando. Por ejemplo, en la base de datos *Scielo*, se listan al menos 102 revistas sobre ciencias biológicas en América Latina, muchas de las cuales publican artículos que tratan directa o indirectamente temas de biodiversidad. Estas revistas publican artículos en español, portugués e inglés. Muchas de las revistas científicas son accesibles a través de bases de datos bibliográficas disponibles en bibliotecas de universidades, o de forma particular,

con el pago de suscripciones. Entre este tipo de bases de datos, se destacan por ejemplo *J-store*, *Science Direct*, *Academic Search*, *Scopus*, etc. Algunas bases de datos son de libre acceso, como por ejemplo *Scielo*, antes mencionada.

En la categoría de bases de datos sobre biodiversidad, se destacan varios repositorios que contienen, no los artículos publicados, sino datos originales de diversa índole, los cuales se hacen disponibles para re-utilizar. Ejemplos importantes son los repositorios de información sobre registros de distribución de especies, provenientes de museos, herbarios y otras colecciones científicas, como el *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF), las bases de datos de secuencias de ADN, como GenBank, datos demográficos humanos, datos climáticos, etc. Algunas de éstas y otras bases de datos se detallan brevemente más abajo. Varias de estas bases de datos han facilitado el modelamiento de la distribución potencial de especies bajo diferentes escenarios, como herramienta para estudiar patrones o fenómenos ecológicos (Recuadro 8.1.). Aunque esta información es muy útil, especialmente para análisis a nivel global, existen varias precauciones para su correcto uso. Por ejemplo, los datos de distribución de especies provenientes de museos pueden traer errores de identificación taxonómica, carecer de o tener erróneas coordenadas geográficas, o ser demasiado sesgadas geográficamente (Anderson 2012), razón por la cual debe existir un proceso de depuración y valoración de la información antes de utilizarla. Aunque bases de datos

como GenBank han ido creciendo rápidamente gracias a las contribuciones de los investigadores, este no es el caso de otro tipo de datos originales. Algunos opinan que los datos sobre biodiversidad deben ser publicados, revisados y tener control de calidad, de forma que sean útiles a la sociedad (Costello *et al.* 2013). Sin embargo, aunque muchos investigadores están de acuerdo en que

datos crudos deberían tener libre acceso, muchos opinan lo contrario y generalmente no los comparten (Thessen y Patterson 2011, Enke *et al.* 2012). Algunos proponen mejorar la infraestructura de las plataformas de internet para el manejo de los datos, en beneficio del conocimiento de la biodiversidad (Zhang 2012).



## Recuadro 8.1. Selección de sitios invernales ecológicamente óptimos: el caso de un ave migratoria neotropical

Por: Heidi Pérez-Moreno

Los modelos de nicho ecológico (MNE) son una herramienta relativamente reciente dentro del análisis espacial de la biodiversidad, mostrando su eficacia en el estudio de diversos aspectos biológicos y ecológicos de diferentes especies y ayudando a dilucidar entre otros, factores relacionados con el fenómeno de la migración.

Dentro de los patrones comportamentales de muchas especies de aves se encuentran las largas migraciones que los individuos realizan dos veces por año durante el verano y el invierno. Aunque este fenómeno se ha estudiado ampliamente, no se conoce bien el patrón de distribución dentro de la época invernal. Sin embargo, se sabe que además del alimento, los aspectos climáticos pueden afectar la distribución y selección de territorios en las zonas invernales. Se ha propuesto que los individuos que pasan el invierno en sitios climáticamente óptimos, no solo tienen mayor probabilidad de supervivencia, sino que además, están en mejores condiciones para las fases posteriores de su ciclo anual.

Para evaluar esta propuesta, estudiamos un ave migratoria neotropical llamada *Setophaga magnolia* de la familia Parulidae, que anida en Canadá y Estados Unidos y pasa el invierno en Centro América. Con el fin de probar si los individuos de la especie realizan una ocupación diferencial de los sitios disponibles durante el invierno, analizamos la variación climática de los sitios ocupados durante cada mes (septiembre a abril) de la temporada invernal. Según nuestra hipótesis los primeros individuos en llegar durante el invierno tendrían la ventaja de ocupar mejores sitios con poca variación climática, mientras que los individuos que llegan tarde durante la temporada se verían obligados a ocupar sitios menos favorables, que serían aquellos con mayor variación climática.

Realizamos un modelo de nicho ecológico por cada mes de la temporada invernal de *Setophaga magnolia*, utilizando los datos de ocurrencia mensual (Bases de datos de la GBIF y el Atlas de las Aves de México) y la información mensual de las variables climáticas de temperatura máxima (tmax), mínima (tmin) y precipitación (prec) (Coberturas de WorldClim). Los modelos de nicho resultantes son las representaciones geográficas (mapas de distribución) de los sitios ocupados durante cada mes de la temporada invernal. Finalmente calculamos el coeficiente de variación mensual de dichos sitios, teniendo en cuenta la variación de cada una de las variables climáticas en cada modelo de nicho.



Ejemplo de modelos de nicho ecológico durante un mes de la temporada invernal de *S. magnolia*. Los registros de presencia mensual aparecen como puntos negros sobre el modelo.

Comprobamos que la variación en estas variables fue baja al inicio y final de la temporada y alta en los meses intermedios. Nuestros resultados muestran que esta especie responde a condiciones macroclimáticas de ocupación, sugiriendo que la hipótesis de ocupación de áreas durante el invierno es selectiva a ciertos ambientes, y por tanto generan información que podrían ayudar a determinar áreas invernales de importancia para conservación de especies migratorias y evaluar si las áreas protegidas existentes contienen los sitios óptimos de invierno.

Por otra parte, datos provenientes de sensores remotos como satélites y otros instrumentos han generado mucha información sobre coberturas de la tierra y su cambio a través del tiempo. Este tipo de información es fundamental en programas de monitoreo de deforestación, cambios en el uso de la tierra, fenómenos meteorológicos, o efectos del cambio climático, por ejemplo. Una fuente muy importante de este tipo de información a nivel mundial es *Global land cover facility* (GLCF), de la Universidad de Maryland.

En la categoría de páginas institucionales se encuentran algunas de nivel internacional, como la del panel intergubernamental para cambio climático (IICP), o aquellas de los entes gubernamentales de cada país. En Colombia, se encuentran aquellas del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, corporaciones autónomas regionales, secretarías de ambiente, etc. Están también las páginas de universidades e institutos de investigación, en donde además se incluyen colecciones científicas que se articulan con algunas de las bases de datos antes mencionadas. Muchas organizaciones no gubernamentales tienen en sus páginas información de

diversa índole sobre biodiversidad, educación ambiental, proyectos con comunidades indígenas y rurales, iniciativas con grupos urbanos, etc. También encontramos las redes de información, las cuales se han podido multiplicar gracias a este medio de información. Las redes de información son creadas por grupos de personas con intereses comunes para conocer, divulgar e intercambiar información sobre temas específicos.

Por último, se han creado directorios especializados de profesiones o áreas temáticas, que permiten contactar a personas que nos puedan brindar información de interés. Por ejemplo, hay iniciativas de redes de centros de datos para la conservación (CDC), apoyadas por las organizaciones no gubernamentales (ONG) *The Nature Conservancy* y *NatureServe*, con centros en países como Guatemala, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Perú, Bolivia y Paraguay, manejados por ONG locales. En el caso de Colombia, este centro es manejado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. También hay redes dedicadas a grupos específicos, como la Red Latinoamericana de Botánica, o la Red Latinoamericana de Mastozoología.



## Detalle de algunas fuentes de información sobre biodiversidad y conservación

A continuación, detallamos brevemente algunas de las fuentes de información organizadas según los contenidos de este libro.

### Capítulo 1. ¿Qué es la biodiversidad?

**Encyclopedia of life (EOL):** Agrupa información sobre las diferentes formas de vida (bacterias, protozoos, hongos, plantas, animales) obtenida de diferentes fuentes (varias universidades y museos están asociados a esta enciclopedia) y permite un acceso libre a dicha información.

<http://eol.org/>

**The Field Museum (Chicago):** El museo de Chicago (The Field Museum) existe desde 1905 y cuenta con extensas colecciones biológicas y arqueológicas (alrededor de 25 millones de objetos). En la página web del museo, podemos acceder a información sobre sus colecciones antropológicas, botánicas, sobre conservación, geológicas, libros y zoológicas, a los especímenes depositados allí y a información sobre las investigaciones llevadas a cabo dentro del museo.

<http://fieldmuseum.org/explore/our-collections>

**American Museum of Natural History:** Ofrece bases de datos sobre zoología, paleontología, botánica, antropología, arqueología, bibliotecas y ciencias físicas con los datos de las colecciones (como taxonomía, distribución, etc.).

Además, nos brinda información sobre investigaciones realizadas en el museo.

<http://www.amnh.org/our-research>

**Digital Morphology:** Es una biblioteca digital de la Universidad de Texas, donde podemos acceder a tomografías computarizadas de los especímenes de la colección. Permite consultar los cráneos de los especímenes animales con un nivel de detalle alto y visualizar cortes de los mismos en varios planos.

<http://www.digimorph.org/>

**Scientific Electronic Library Online (SciELO):** Es una base de datos que incluye revistas científicas de países latinoamericanos como Chile, Colombia, Argentina y Brasil, entre otros, además de países como Sudáfrica, España y Portugal. Permite acceder a los artículos de las revistas asociadas libremente. Se encuentran revistas de ciencias agrarias, ciencias sociales, ciencias de la salud, ciencias de la tierra, artes, lenguas, ingeniería y biología. Los artículos pueden estar escritos en español, inglés o portugués.

<http://www.scielo.org/php/index.php?lang=es>

**Red de Revistas Científicas de América Latina y El Caribe, España y Portugal (Redalyc):** Es una base de datos donde podemos encontrar artículos de las revistas asociadas sobre muchos temas, entre ellos, biología, biodiversidad y conservación, de acuerdo con nuestro criterio de búsqueda. También es posible consultar artículos sobre humanidades, ciencias de la salud, agrociencias, demografía, ingeniería, artes, entre otros. Los artículos pueden estar escritos en español, portugués o inglés.

<http://www.redalyc.org/>

## Capítulo 2. ¿Cuánta biodiversidad hay y donde se encuentra?

**Sistema sobre Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB):** Es una iniciativa que busca brindar acceso libre a información sobre la diversidad biológica del país para la construcción de una sociedad sostenible. Facilita la publicación de datos en línea concernientes a la biodiversidad y su acceso. El SiB es coordinado por el Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt IAvH y sus comités directivo y técnico incluyen al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y los institutos de investigación SINCHI, IAvH, INVEMAR, IDEAM, IIAP, y la Universidad Nacional de Colombia.

<http://www.sibcolombia.net/web/sib/home>

**Animal Diversity Web:** Es una base de datos en línea de la Universidad de Michigan, donde podemos consultar historia natural, distribución, clasificación y conservación sobre diferentes grupos de animales. La información incluye textos, fotografías, sonidos o videos.

<http://animaldiversity.ummz.umich.edu/>

**Tree of Life Web Project:** Contiene información sobre la biodiversidad, compilada por diferentes personas. Ofrece texto, imágenes y otros tipos de información sobre organismos vivos y extintos. Se centra en brindar información taxonómica y evolutiva de los diferentes grupos.

<http://tolweb.org/tree/>

**Colección en línea Instituto de Ciencias Naturales:** Es posible consultar los especímenes depositados en el Instituto de Ciencias Naturales. Son más de 940.000 especímenes, organizados por grupos (plantas, invertebrados, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Podemos encontrar información sobre el sitio de colecta, algunos aspectos morfológicos del espécimen, entre otros.

<http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/>

**Global Biodiversity Information Facility (GBIF):** Es una plataforma internacional que permite el acceso abierto a datos sobre biodiversidad. En ella es

posible consultar y compartir información sobre la biodiversidad o alguno de sus elementos; por ejemplo, se puede acceder a través de ella a “eBird”, donde podemos reportar algún ave que hayamos visto y explorar otros aspectos sobre este grupo.

<http://www.gbif.org/>

**Inter-American Biodiversity Information Network (IABIN):** Es una red interamericana de información sobre biodiversidad, dentro de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Su propósito es apoyar la colaboración técnica y la coordinación entre los países americanos para colección y difusión de información sobre biodiversidad relevante para la toma de decisiones de los países sobre recursos naturales.

<http://www.oas.org/en/sedi/dsd/iabin/>

**World Porifera Database:** Contiene información sobre esponjas y corales. Permite la búsqueda de especies, dándonos información taxonómica y de distribución, además de noticias sobre nuevas especies o descubrimientos recientes.

<http://www.marinespecies.org/porifera/>

**FishBase:** Permite buscar información taxonómica, distribución y nombres comunes sobre especies de peces del mundo. En algunos casos, se puede consultar fotos e información adicional.

<http://www.fishbase.org/search.php>

**Amphibian Species of the World:** Es una base de datos en línea del *American Museum of Natural History*, en la cual

podemos consultar información sobre alguna especie determinada. Brinda información taxonómica, distribución, nombres comunes, entre otros.

<http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/>

**Avibase:** Es una base de datos en línea que brinda información sobre las aves del mundo. Permite la búsqueda de especies determinadas y contiene información que incluye taxonomía, distribución y nombres comunes, entre otros. Fue creada en 1992 por Bird Studies Canada, que hace parte de Birdlife International.

<http://avibase.bsc-eoc.org/avibase.jsp?lang=EN>

**Mammal Species of the World:** Es una base de datos en línea que permite consultar aspectos taxonómicos sobre los mamíferos del mundo. Permite la búsqueda de alguna especie determinada y nos entrega información como nombres comunes, autor de la descripción de la especie, distribución y taxonomía, entre otros. Se basa en la publicación de un libro del mismo nombre en 2005 (Wilson y Reeder).

<http://www.departments.bucknell.edu/biology/resources/msw3/>

**Botanic Gardens Conservation International:** Es una base de datos que agrupa información sobre las plantas contenidas en diferentes jardines botánicos del mundo. Permite la búsqueda de plantas y nos brinda datos taxonómicos, sobre distribución, nombres comunes y conservación.

[http://www.bgci.org/plant\\_search.php/](http://www.bgci.org/plant_search.php/)

**Genbank®:** Es una base de datos que contiene secuencias de ADN de alrededor de 260.000 especies formalmente descritas (Benson *et al.* 2012). Esta base de datos la mantiene y distribuye el Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI), la cual es una división de la Biblioteca Nacional de Medicina (NLM), y tiene su sede en el Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos, en la ciudad de Bethesda, MD. Esta base de datos se ha ido construyendo con las secuencias que varias instituciones hacen disponibles y por aportes de investigadores. Varias instituciones europeas y banco de datos de Japón hacen parte de una iniciativa de colaboración, gracias a la cual las instituciones intercambian información y aseguran la disponibilidad de la información. Muchos investigadores que trabajan temas de taxonomía, sistemática y filogeografía de componentes de la

biodiversidad utilizan y aportan a esta fuente de información.

**International Barcode of life (iBOL):** Corresponde a un proyecto que busca dar una herramienta para identificar organismos de forma rápida y a bajo costo, basada en el uso de secuencias del ADN de las especies. En la mayoría de especies animales, el “código de barras” utilizado es un gen llamado citocromo oxidasa 1 (CO1) encontrado en las mitocondrias (un organelo de las células animales). En plantas se utilizan dos genes del cloroplasto (un organelo de las células vegetales) llamado *matK* y *rbcL*. Las secuencias obtenidas de material animal o vegetal se comparan con aquellas disponibles en las bases de datos Genbank y BOLD (barcode of life database). Para mayor información consulte:

<http://www.barcodeoflife.org/content/about/what-dna-barcoding>

### Capítulo 3. Midiendo la biodiversidad

**Sociedad Entomológica Aragonesa:** La página web de la S.E.A. recoge clasificados tanto por revistas como por áreas temáticas, más de 2000 artículos, monografías, notas e informaciones entomológicas publicadas en revistas y series S.E.A., abarcando más de 12.000 páginas impresas del periodo 1991-2004.

<http://www.sea-entomologia.org/>

Entre ellas varias dedicadas a la medición de la biodiversidad y que se han

convertido en referentes para personas interesadas en el tema.

<http://entomologia.rediris.es/sea/man-ytes/metodos.pdf>

**Centro Mundial de Monitoreo de la Conservación (WCMC):** Hace parte del programa ambiental de las Naciones Unidas. En esta fuente contramos información sobre bioindicadores, noticias, investigaciones y reportes sobre biodiversidad, cambio climático y servicios ecosistémicos en diferentes países.

<http://www.unep-wcmc.org/>

## Capítulo 4. Biodiversidad y sociedades humanas en Colombia

**FAO. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.** El mandato de la FAO consiste en mejorar la nutrición, aumentar la productividad agrícola, elevar el nivel de vida de la población rural y contribuir al crecimiento de la economía mundial, dada la relación entre la biodiversidad y las sociedades humanas, varias de sus publicaciones evalúan periódicamente la relación de la sociedad y la naturaleza, entre estas “*El Estado de los Bosques del Mundo* que informa

sobre la situación de los bosques, los últimos importantes acontecimientos y temas esenciales institucionales y políticos. Esta organización facilita el acceso a la información de interés actual, fiable y pertinente a la normativa para simplificar la toma de decisiones y el debate informado con respecto a los bosques del mundo. *El Estado de los Bosques del Mundo* se publica cada dos años en árabe, chino, inglés, francés, español y ruso.

<http://www.fao.org/forestry/sofo/es/>

## Capítulo 5. Recuento histórico: hacia el conocimiento de la biodiversidad.

**Biodiversity Heritage Library:** Es una base de datos en línea que nos permite consultar libremente literatura antigua sobre biodiversidad. Contiene libros disponibles en diferentes colecciones, digitalizados y disponibles para todo público. Hace parte de *Encyclopedia of Life*.

<http://www.biodiversitylibrary.org/>



## Capítulo 6. Causas de pérdida de biodiversidad

**Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IITP):** En este lugar podemos encontrar información producida por IITP (por sus siglas en inglés 'Intergovernmental Panel on Climate Change'), el cual analiza información técnica, científica y socioeconómica relativa al cambio climático provocado por actividades humanas, repercusiones, posibilidad de adaptación y atenuación. Realiza evaluaciones periódicas sobre los conocimientos sobre el cambio climático. El link corresponde a la página en español del IITP.

[http://www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.shtml#.UlxS1IN6URO](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml#.UlxS1IN6URO)

**WorldClim - Global Climate Data:** Es una base de datos de libre acceso con información climática para modelamiento ecológico y sistemas de información geográfica (GIS). La base contiene datos climáticos en un formato de capas de información en cuadrículas de una resolución espacial de hasta 1 kilómetro cuadrado, proveniente de muchas estaciones meteorológicas del mundo (Hijmans *et al.* 2005). Puede consultarse en

<http://www.worldclim.org/>

**Global Invasive Species Information Network (GISIN):** Es una plataforma que permite buscar, compartir y descargar datos relacionados con especies invasoras.

[http://www.gisin.org/DH.php?WC=/WS/GISIN/GISINDirectory/home\\_new.html&WebSiteID=4](http://www.gisin.org/DH.php?WC=/WS/GISIN/GISINDirectory/home_new.html&WebSiteID=4)

**World population prospects:** Es una página del departamento de asuntos económicos y sociales de las Naciones Unidas, específicamente de la división de estimaciones y proyecciones de población. Esta página presenta reportes anuales sobre el tamaño de las poblaciones a nivel mundial y por cada país, así como indicadores de natalidad, estructura de las poblaciones, mortalidad infantil, etc.

<http://esa.un.org/wpp/Documentation/publications.htm>

**Departamento administrativo nacional de estadística-DANE:** Es la entidad del gobierno colombiano responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales del país. Esta institución mantiene el sistema estadístico nacional (SEN), el cual garantiza la producción y difusión de las estadísticas oficiales que requiere el país, a través de una organización sistematizada de la información generadas por ministerios, departamentos administrativos, entidades descentralizadas, órganos autónomos y entidades privadas que cumplan con funciones públicas, entre otras. En su página electrónica se encuentra disponible información demográfica Colombia, entre otra información económica y social.

<http://www.dane.gov.co>

**United States Geological Survey (USGS):** Es una entidad del gobierno estadounidense que proporciona infor-

mación sobre muchos aspectos de la tierra. Aunque su cobertura principal es el territorio de los Estados Unidos, existe mucha información de utilidad para otros países. Contiene mapas e imágenes de sensores remotos y mucha información ambiental.

[www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)

**Global land cover facility (GLCF):**

Es una entidad de la Universidad de Maryland, en los Estados Unidos, dedicada al estudio de la cobertura de la tie-

rra con base en imágenes provenientes de sensores remotos. Además de la investigación propia, esta entidad da acceso libre a información sobre imágenes satelitales de todo el mundo y permite descargar libremente la información para el uso de los interesados. Es una fuente muy importante de información espacial, fundamental en el monitoreo de los cambios en las coberturas de tierra a lo largo del tiempo.

<http://glcf.umd.edu/>

## Capítulo 7. Conservando la biodiversidad desde lo global a lo local

**IUCN Red List of Threatened Species:** Brinda datos sobre distribución, hábitos, taxonomía y categoría de amenaza de alguna especie de interés (permite la búsqueda de alguna especie determinada). Se basa en las categorías y criterios para la categorización de especies de la UICN.

<http://www.iucnredlist.org/>

**CITES:** Es la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies. En su página electrónica se pueden consultar las especies listadas en cualquiera de los tres apéndices, las cuales son objeto de restricción a la importación, exportación o re-exportación de fauna y flora o sus productos. Además, en la página se puede consultar los resultados de las reuniones de las partes, así como los proyectos de cambios, ingreso o salida de los apéndices de especies en peligro

de extinción, presentadas por las partes (los países firmantes de la convención). Así mismo, por solicitud, se puede acceder a estadísticas sobre comercio internacional de especies de flora y fauna silvestres.

<http://www.cites.org>

**PrimateLit:** Es una base de datos que compila literatura sobre primatología, disponible para centros educativos e investigadores. Está soportado por la Universidad de Wisconsin y la Universidad de Washington.

<http://primatelit.library.wisc.edu/>

**Centro Mundial de Monitoreo de la Conservación (WCMC):** Hace parte del programa ambiental de las Naciones Unidas. Encontramos información sobre bioindicadores, noticias, investigaciones y reportes sobre biodiversidad,

cambio climático y servicios ecosistémicos en diferentes países.

<http://www.unep-wcmc.org/>

**IUCN – SSC:** Estas siglas se refieren a la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. Dentro de la UICN, existen diferentes grupos especializados en organismos específicos, de los cuales promueven su investigación y conservación. A continuación presentamos ejemplos de algunos de estos grupos. Podemos consultar todos los grupos existentes en

[http://iucn.org/about/work/programmes/species/who\\_we\\_are/ssc\\_specialist\\_groups\\_and\\_red\\_list\\_authorities\\_directory/](http://iucn.org/about/work/programmes/species/who_we_are/ssc_specialist_groups_and_red_list_authorities_directory/)

**Tapir Specialist Group (TSG):** Este grupo hace parte de. Busca conservar la diversidad biológica estimulando y desarrollando estudios sobre los tapires. En la página web podemos consultar los proyectos, investigaciones e iniciativas de conservación orientadas a los tapires.

<http://www.tapirs.org/>

**Small Carnivore Specialist Group (SCSG):** Busca difundir información sobre los pequeños carnívoros (tales como pequeños felinos, comadrejas, mapaches, entre otros). En la página web encontramos información sobre reuniones, conferencias, artículos y publicaciones relacionadas a los pequeños carnívoros. Promueven también el estudio y conservación de este grupo de animales, con base en la investigación, manejo y educación.

<http://www.smallcarnivoreconservation.org/home/>

**The Orchid Specialist Group (OSG):**

Este grupo se centra en el estudio y conservación de orquídeas. Encontramos información sobre las especies amenazadas, eventos, e investigaciones.

[http://www.iucn.org/about/work/programmes/species/who\\_we\\_are/ssc\\_specialist\\_groups\\_and\\_red\\_list\\_authorities\\_directory/plants/orchid\\_specialist\\_group/](http://www.iucn.org/about/work/programmes/species/who_we_are/ssc_specialist_groups_and_red_list_authorities_directory/plants/orchid_specialist_group/)

Existen diversas ONG internacionales y nacionales que promueven la conservación e investigación de la biodiversidad. Algunas de ellas son:

**The Nature Conservancy:** Es una ONG con presencia en varios países del mundo. En la página web encontramos información sobre diferentes ecosistemas, las iniciativas llevadas a cabo por esta fundación y noticias generales.

<http://www.mundotnc.org/habitats/agua-dulce/index.htm>

**Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF):**

Es una organización a nivel mundial que apoya procesos de conservación y manejo a nivel local, busca influir en políticas y estrategias a nivel regional y busca disminuir y detener los impactos que causan pérdida de biodiversidad a nivel internacional. En la página web encontramos noticias, publicaciones, proyectos e investigaciones llevadas a cabo por la WWF. Presentamos el link para Colombia.

<http://www.wwf.org.co/>

**Conservación Internacional:** En la página web podemos consultar noticias, proyectos, publicaciones e investi-

gaciones de la fundación. La fundación promueve la conservación y protección de la naturaleza y la biodiversidad, lo cual se logra con trabajo con comunidades, investigación y educación. Presentamos el link para Colombia.

<http://www.conservation.org.co/>

**Fundación Natura:** En la página web de la fundación, encontramos información sobre iniciativas llevadas a cabo de conservación e investigación, desarrollo sostenible y sistemas productivos, las reservas naturales manejadas por la fundación y noticias y eventos relacionados.

<http://www.natura.org.co/>

**Red de Desarrollo Sostenible de Colombia (RDS):** Hace parte de la iniciativa de la ONU 'Programa de la Red de Desarrollo Sostenible'. Busca generar conciencia en la sociedad divulgando los principios y formulaciones expresados en la Cumbre de la Tierra. En la página web, podemos encontrar información sobre investigaciones llevadas a cabo en el país, noticias, publicaciones y eventos.

<http://www.rds.org.co/>

**Observatorio Ambiental de Bogotá (OAB):** En este sitio encontramos información sobre el estado y la calidad del ambiente en Bogotá, obtenida a partir de indicadores ambientales. También encontramos los resultados de la gestión de diferentes entidades del Sistema Ambiental del Distrito Capital, nos permite hacer seguimiento a las políticas ambientales y gestionar información y conocimiento sobre el ambiente de la ciudad.

<http://oab.ambientebogota.gov.co/index.shtml>

**La Bioguía:** Es un portal / comunidad con la intención de guiar y difundir ideas que ayuden en el cambio hacia una vida sana, eco-sustentable, socialmente responsable, plena y feliz. Se define como un movimiento de personas responsables y conscientes trabajando con la visión y la misión de crear un cambio de paradigma de manera pacífica en el sistema actual, generador de problemas e injusticias sociales y ambientales a uno basado en el Biorregionalismo, en un verdadero desarrollo eco-sustentable y de responsabilidad social.

<http://www.labioguia.com/>



## PARA REFLEXIONAR

- *¿Conoces alguna otra fuente de información que no hayamos enumerado en el texto? ¿Cuál(es)?*
- *¿Cuáles bibliotecas de tu región conoces?*
- *¿A qué fuente de información recurre con mayor frecuencia?*
- *¿Has realizado búsquedas sobre diversidad? ¿has encontrado lo que buscabas?*

# GLOSARIO

## Ácido Desoxirribonucleico (ADN)

Ácido nucleico (polímero compuesto por nucleótidos, proteínas y azúcares) capaz de replicarse y de determinar la estructura de las proteínas celulares, porque contiene información sobre crecimiento celular, división y función. Está compuesto por dos cadenas helicoidales que forman una doble hélice. Cada cadena tiene fosfatos, pentosas y bases nitrogenadas (adenina, timina, guanina y citosina).

## Agroecosistema

Sistema agrícola y pecuario, donde el ecosistema se encuentra altamente transformado por el hombre. Estas modificaciones afectan prácticamente todos los procesos ecológicos y abarcan desde el comportamiento de los individuos y la dinámica de las poblaciones hasta la composición de las comunidades y los flujos de materia y energía. Al igual que el ecosistema, el agroecosistema posee procesos, flujos de entrada y de salida.

## Ambiente

Interacción dinámica y compleja de elementos bióticos (vida), abióticos (materia y energía) y antrópicos (humanos).

## Análisis de Viabilidad Poblacional

Análisis de los factores ambientales y demográficos que afectan la sobrevivencia de una población. Usualmente se aplica a pequeñas poblaciones que presentan un peligro inminente de extinción.

## Área sub-urbana

Áreas residenciales ubicadas en la periferia de grandes centros urbanos.

## Área urbana

Áreas habitadas por una población humana numerosa, dedicada, por lo general, a actividades no agrícolas; es decir, ciudades.

## Banco de genes

Colección de genes (ver definición) o fragmentos de ellos, con los cuales se representa el genoma de varias especies.

## Base de datos

Conjunto de datos organizado de tal modo que permita obtener con rapidez diversos tipos de información. Los datos deben pertenecer al mismo contexto y estar almacenados de forma sistemática para que puedan usarse en el futuro, pueden ser estáticas o dinámicas.

## Biocombustible

Combustible de origen biológico obtenido mediante el tratamiento físico o químico de material vegetal o residuos orgánicos. Los biocombustibles se obtienen principalmente de la biomasa de caña de azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas (Ej.: palma africana). Pueden ser biodiesel, bioetanol o biogas.

## Biogeografía

Estudio científico de la distribución geográfica (pasada y presente) de los organismos.

## Capacidad de carga

Número máximo de organismos de una especie dada que puede sostener un hábitat o área geográfica determinada.

## Cerca viva

Franjas lineales de plantas leñosas que proporcionan diversos beneficios a las parcelas donde se utilizan, ya que se usan para separar predios, obtener servicios como leña, forraje para animales, frutos, compuestos medicinales, sombra para el ganado, abono, contrarrestar el efecto del viento y de las heladas, controlar el flujo de agua, evitar la erosión y la desecación. Las cercas vivas actúan como corredores entre parches de bosque, permitiendo el flujo de fauna entre ellos y constituyéndose así como un elemento importante para la conservación.



## Conocimiento

Acción y efecto de conocer; donde conocer se entiende como la acción de averiguar por el ejercicio de las facultades intelectuales la naturaleza, cualidades y relaciones de las cosas.

## Conservación

Aproximación integral al tema de la protección y manejo de la biodiversidad, que utiliza conocimientos y experiencias de diversas ciencias como la genética, ecología, economía, sociología, etc. Se refiere al manejo activo de la biósfera para asegurar la supervivencia de la máxima diversidad de especies y el mantenimiento de la variabilidad genética dentro de éstas. Incluye el mantenimiento de la función de la biosfera (Ej.: ciclo de nutrientes y función ecosistémica) y el uso sostenible de recursos. La conservación de especies y de procesos biológicos debe ser simultánea con la conservación de recursos abióticos.

## Crónica (literaria)

Relato que narra acontecimientos según su organización cronológica. Existe la crónica periodística (que no da pie para la ficción) y literaria (en la cual se puede incluir algo de ficción). Las crónicas de Indias pertenecen a la crónica literaria.

## Dato

Antecedente de la información, que permite llegar al conocimiento exacto de algo o para deducir las consecuencias legítimas de un hecho. Representación simbólica o atributo de una entidad, el cual requiere de un contexto.

## Dominancia

Es el inverso de equidad. Se dice que una especie o unas pocas especies son dominantes cuando tienen una abundancia elevada (respecto a las otras especies) en una comunidad.

## Economía ecológica

Enfoque transdisciplinar de la economía que apunta a la interdependencia y co-evolución de los sistemas económicos y naturales, reconociendo: i) unos límites biofísicos del crecimiento económico, ii) unos flujos de materia y energía desiguales históricamente por el comercio, iii) la degradación de la materia por los procesos económicos, y iv) la pluralidad de valores en relación al ambiente, no reducibles a unidades físicas o monetarias.

## Ecosistema

Complejo dinámico que incluye comunidades de plantas, animales y microorganismos y sus interacciones con el ambiente abiótico como una unidad funcional.

## Efecto de borde

Resultado de la interacción de dos ecosistemas adyacentes. Se refiere al microambiente que se forma en la margen de un fragmento, el cual es diferente al hábitat encontrado dentro del mismo. Entre los efectos se encuentran fluctuaciones de luz, temperatura, humedad y viento. En estos ambientes, hay cambios en la composición, estructura y función de la diversidad.

## Endemismo

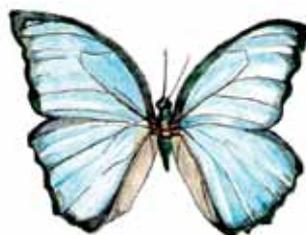
Situación en la cual una especie está restringida a una región geográfica particular, como resultado de factores como el aislamiento o respuesta a condiciones abióticas.

## Equidad (equitabilidad, equitatividad)

Uniformidad de la abundancia entre especies de una comunidad. Medida de la similitud de abundancias de diferentes especies.

## Especie

Grupos de poblaciones naturales que pueden reproducirse entre sí y que están aislados reproductivamente de otros grupos (concepto biológico de especie).



### Especie exótica

Especie introducida por el hombre fuera de su distribución natural (pasada o presente); incluye partes, gametos, semillas, huevos o propágulos de esta que puedan sobrevivir y reproducirse. Con frecuencia este término se utiliza erróneamente para referirse a especies de colores llamativos o extravagantes.

### Especie invasora

Es una especie exótica cuya introducción o propagación amenaza la diversidad biológica debido a que puede generar extinción o disminución de especies nativas, ya sea por depredación, competencia o parasitismo.

### Espécimen

Muestra, modelo, ejemplar, normalmente con las características de su especie muy bien definidas.

### Fósil

Remanente de un organismo, o evidencia directa de su presencia. Puede ser una parte dura (diente, tronco o hueso) petrificada o un molde en la roca.

### Género

Categoría taxonómica sobre el nivel de especie. Agrupa especies de acuerdo con características determinadas. En el nombre científico binomial de las especies, el género corresponde a la primera palabra.

### Genes

Unidad de herencia fundamental, física y funcional. Es una unidad discreta de información hereditaria, que consiste en una secuencia específica de ADN (o ARN en algunos virus). Es responsable del fenotipo, o características físicas y heredables de un organismo. Especifica la estructura de las proteínas y del ARN.

### Glaciación

Períodos de la Tierra donde gran parte de ella estuvo cubierta de glaciares (hielo). Esto afectó el clima mundial, que a su vez, afectó a diferentes especies vivientes.

### Grupo taxonómico

Unidad de cualquier rango (reino, filo, clase, orden, familia, género o especie) que designa a un organismo o grupo de organismos, agrupados mediante criterios determinados.

### Huella ecológica

Indicador del impacto ambiental generado por la demanda humana de recursos; permite calcular la presión del hombre sobre el planeta, es decir, la medición de la capacidad de carga de la Tierra para soportar el consumo humano. Al calcular la huella ecológica, también se puede obtener información como cuántos planetas Tierras se necesitarían si toda la población viviera como estadounidense, europeo, colombiano, entre otras nacionalidades.

## Índice de diversidad

Ecuaciones matemáticas sencillas que buscan mostrar la diversidad de una comunidad mediante la relación entre la riqueza y abundancia de las especies que la componen. Los índices de diversidad se utilizan principalmente para hacer comparaciones entre sitios o a lo largo del tiempo en el mismo sitio.

## Información

Comunicación o adquisición de conocimientos que permiten ampliar o precisar los que se poseen sobre una materia determinada. Acción y efecto de informar (enterar, dar a conocer). Conjunto de datos sobre una materia determinada que permite generar conocimiento.

## Inventario

Reconocimiento, ordenamiento, catalogación, cuantificación y mapeo de entidades naturales (genes, individuos, especies, comunidades, ecosistemas o paisajes) de un lugar determinado. Un inventario es la forma más directa de conocer la diversidad de un lugar.

## Manejo

En el contexto global de la biodiversidad, se entiende como gestión de la salud de los ecosistemas y de la vida silvestre. Proceso cíclico de toma de decisiones y adopción de medidas. Es un proceso dinámico, que funciona dentro de un ambiente de intervención (con componentes cultural, económico, político y ecológico) y que debe tener unos objetivos claros, acciones y evaluaciones periódicas.

## Microsatélite

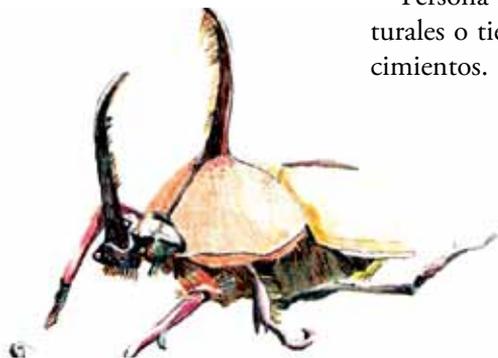
Secuencias cortas de tamaño variable de ADN, distribuidos ampliamente en el genoma. Es posible determinar su ubicación y variaciones (polimorfismos), lo cual es aplicado en investigar asociaciones genéticas con enfermedades.

## Monitoreo

Medición y observación continua y estandarizada del ambiente (agua, aire, suelo, biota), a menudo usado para control y detección de anomalías.

## Naturalista

Persona que profesa las ciencias naturales o tiene en ellas especiales conocimientos.



## Paisaje

Área heterogénea (mosaico) que contiene diferentes tipos de ecosistemas, ya sean naturales o modificados por el hombre. El paisaje posee elementos estructurales: una matriz, donde se encuentran inmersos fragmentos o parches, que pueden estar aislados o unidos entre sí por corredores.

## Población

Grupo de individuos de la misma especie que ocupan un área geográfica definida; reproductivamente de otros grupos similares.

## Presión selectiva

Factor ambiental que favorece la supervivencia y reproducción de aquellos individuos dentro de la población que posean características que los ayuden a adaptarse mejor al ambiente.

## Productividad

Cantidad de energía almacenada en compuestos químicos o en biomasa (materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía), en un periodo particular de tiempo. Se puede hablar de productividad a nivel trófico, comunidad o ecosistema. Se diferencia entre productividad primaria bruta (cantidad de energía o biomasa almacenada) y neta (diferencia entre la productividad bruta y la respiración).

## Quina

Árbol originario de Perú, que actualmente se encuentra en América, Asia y África. Hay 17 especies, pero la más común es *Cinchona pubescens*. Es una planta medicinal, cuya corteza se usa como medicamento antiséptico, tónico y febrífugo, entre otros. Se puede emplear en polvo, extracto, jarabe o infusión (lavado de heridas y úlceras). Contiene los alcaloides quinina, quinidina, chinchonina y chinchonidina.

## Radiación adaptativa

Surgimiento de numerosas especies a partir de un ancestro común en un ambiente nuevo, donde existe gran diversidad lugares para colonizar.

## Recambio de especies

Patrón en el cual cambia la composición de especies a lo largo de un gradiente ambiental. Las especies presentes en un lugar van desapareciendo y van siendo reemplazadas por otras, a medida que se avanza en el gradiente.

## Reciclaje

Sistema de colecta, clasificación y reprocesamiento de material, para crear materias primas reutilizables.

## Redes de información

Sistema cooperativo entre varias instituciones agrupadas en torno a un tema afín. Conjunto de personas u ordenadores conectados entre sí para intercambiar información.

## Riqueza de especies

Número de especies dentro de una muestra, comunidad o área.

## Sensores remotos

Son sistemas o instrumentos para captar información a distancia. Los sensores remotos más utilizados actualmente para el estudio de la tierra están ubicados en satélites o aviones que permiten obtener imágenes de la superficie terrestre. Los datos obtenidos por estos sensores permiten estudios cuantitativos espacialmente explícitos sobre diversos aspectos de la superficie terrestre.

## Servicios ecosistémicos

Beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Incluye los servicios de aprovisionamiento (agua y comida), regulación (de inundaciones, erosión y enfermedades), soporte (formación del suelo y ciclo de nutrientes) y culturales (recreación, espirituales, religiosos y otros).

## Uso sostenible

Se refiere al uso racional de los componentes de la biodiversidad de tal manera que a largo plazo estos no declinen, manteniendo así su potencial para sostener a las generaciones presentes y futuras.



## REFERENCIAS

- Acero, A. P. 1988. El Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Biblioteca Virtual del Banco de la República. Disponible en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/publicacionesbanrep/boletin/boleti5/bol16/jardin.htm> (Acceso el 14 de septiembre de 2013).
- Alcaldía Mayor de Bogotá. 2013. Bogotá, comprometida con la mitigación del Cambio Climático. Disponible en: <http://www.bogotahumana.gov.co/index.php/noticias/comunicados-de-prensa/4348-bogota-comprometida-con-la-mitigacion-del-cambio-climatico> (Acceso el 12 de septiembre de 2013)
- Anderson, R. P. 2012. Harnessing the world's biodiversity data: promise and peril in ecological niche modeling of species distributions. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1260: 66-80.
- Andrade, G. I. 1998. Los humedales del altiplano de Cundinamarca y Boyacá: ecosistemas en peligro de desaparecer. En: Guerrero, E. (Editor), Sánchez, H. y Escobar, E. N. (Comp.). Una Aproximación a los Humedales en Colombia. Fondo FEN Colombia, Comité Colombiano de la UICN y UICN Oficina Sur Quito. Editorial Guadalupe, Santafé de Bogotá.
- Andrade, G. I. 2010. La adaptación al CCG como proceso de aprendizaje. En Franco-Vidal, C.L., A. M. Muñoz, G.I. Andrade y L.G. Naranjo. (Compiladores y editores). Experiencias de adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña (páramos y bosques de niebla) en los Andes del Norte. Memorias del Taller Regional. Bogotá, D.C. Febrero 19 y 20 de 2009. WWF, MAVDT, IDEAM y Fundación Humedales. Pp. 27-28.
- Andrade-C, M. G. 2011. Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas, Consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 35(137): 491-507.
- Arbeláez-Cortes, E. 2013. Describiendo especies: un panorama de la biodiversidad colombiana en el ámbito mundial. *Acta Biológica Colombiana*. 18(1):165 – 178.
- Arias-González, J. E., González-Gándara, C., Cabrera, J. L. y Christensen, V. 2011. Predicted impact of the invasive lionfish *Pterois volitans* on the food web of a Caribbean coral reef. *Environmental Research*. 111: 917-925.

- Aristizábal, D. 2000. La diversidad étnica y cultural en Colombia: un desafío para la educación. *Pedagogía y Saberes* N° 15. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Aristizábal-Buitrago, S. L. 2007. Factores socioeconómicos e institucionales determinantes de la permanencia de cercas vivas y bosques protectores en el Eje Cafetero. Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Armenteras, D., González, T. M. y Retana, J. 2013. Forest fragmentation and edge influence of fire occurrence and intensity under different management types in Amazon forests. *Biological Conservation*. 159:73-79.
- Armenteras, D., Rudas, G., Rodríguez, N., Sua, S. y Romero, M. 2006. Patterns and causes of deforestation in the Colombian Amazon. *Ecological Indicators*. 6: 353-368.
- Arocha-Rodríguez, J., Dieck, M., Friedemann, N. S., Jiménez-Meneses, O., Leal-León, C., Maya-Restrepo, L. A., Pomare-Myles, L., Rivas-Gamboa, A., Romero, M. D., Serrano-Amaya, J. F., Spicker-Morales, J., Vanin, A., Villa-Rivera, W. y Zuluaga-R, F. U. 1998. Geografía Humana de Colombia: Los Afrocolombianos. Tomo VI. Instituto Colombiano de Antropología e Historia, Colombia.
- Asociación Latinoamericana de Conservación y Manejo de Vida Silvestre (ALCOM). 2005. ¿Quiénes somos? Disponible en: <http://www.alcomlatino.org/info/somos.html> (Acceso el 29 de septiembre de 2013)
- Ayales, I., Cruz, J. C., Madrigal, P., Solís, V. y Soto, R. 1996. Experiencias de manejo de vida silvestre en Centroamérica: pequeños proyectos grandes lecciones. UICN. San José, Costa Rica.
- Baptiste, M. P., Castaño, N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F. P., Gil, D. L. y Lasso, C. A. Editores. 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
- Barrera, A., Barrera-Vázquez, A. y López-Franco, R. M. 1976. Nomenclatura Etnobotánica Maya. Una interpretación Taxonómica. Colección científica 36: Etnología. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D. F.
- Barzetti, V. 1993. Parques y progreso. IV Congreso Mundial de Parques y Áreas Protegidas. UICN-Banco Interamericano de Desarrollo. Caracas, Venezuela.
- Bebber, D. P., Carine, M. A., Wood, J. I., Wortley, A. H., Harris, D. J., Prance, G. T., David, G., Paige, J., Pennington, T. D., Robson, N. K. B., y Scotland, R. W. 2010. Herbaria are a major frontier for spe-

- cies discovery. Proceedings of the National Academy of Sciences. 107(51): 22169–22171.
- Becerra-Ardila, D., Restrepo-Forero, O. 1990. Las ciencias en Colombia: 1783-1990. Una perspectiva histórico-sociológica. Disponible en: <http://www.docentes.unal.edu.co/omrestrepof/docs/Las%20ciencias%20en%20colombia.pdf> (Acceso el 10 Julio de 2013).
- Bennet, E. L. 2002. Is there a link between wild meat and food security? *Conservation Biology*. 14:590-592.
- Benson, D. A., Karsch-Mizrachi, I., Clark, K., Lipman, D. J., Ostell, J. y Sayers, E. W. 2012. GenBank. *Nucleic Acids Research*. 40: D48–D53.
- Bernal, R., Gradstein, S. R. y Celis, M. Editores. 2006. Catálogo de las Plantas de Colombia, Versión Preliminar. Vol. 1 (Líquenes–Laxmaniaceae): 1–786; vol. 2 (Lecythidaceae–Zygophyllaceae): 787–1619. Bogotá y Göttingen (publicado en 5 copias).
- Blackwell, M. 2011. The fungi: 1 2, 3 ... 5.1 million species?. *American Journal of Botany*. 98(3): 426–438.
- Bolen, E. G. y Robinson, W.L. 1995. *Wildlife Ecology and Management*, 3a Edición. Prentice Hall. EEUU.
- Bove, J. 2013. Endangered Species Programs at the Smithsonian National Zoo. Disponible en: <http://endangeredspecies.about.com/od/zoosandcaptivebreeding/tp/Endangered-Species-Programs-At-The-Smithsonian-National-Zoo.htm>. (Acceso el 25 de septiembre de 2013).
- Braje, T. J. y Erlandson, J. M. 2013. When humans dominated the Earth: Archaeological Perspectives on the Anthropocene. *Anthropocene*. En prensa.
- Brook, B. W., Sodhi, N. S., y Bradshaw, C. J. A. 2008. Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology and Evolution*. 23: 453-460.
- Burel, F. y Baudry, J. 2003. *Landscape Ecology: Concepts, Methods, and Applications*. Science Publishers. Enfield, NH, US.
- Camacho-Valdez, V. y Ruiz-Luna, A. 2012. Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias*. 1(4): 3-15.
- Campos, C., Ulloa, A., Rubio-Torgler, H. Editores. 1996. *Manejo de fauna con comunidades rurales*. Imperandes Presencia S.A., Colombia.
- Campos-Rozo, C. y Ulloa-Cubillos, A. 2003. *Fauna Socializada: tendencias en el manejo participativo de la fauna en América Latina*. Fundación Natura. Colombia.
- Cárdenas, D., Castaño, N. y Cárdenas-Toro, J. 2010. Análisis de riesgo de especies de plantas introducidas para Colombia. Pp. 51-72. En:

- Baptiste, M.P, Castaño N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F. P., Gil, D. L. y Lasso, C. A. Editores. 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
- Cárdenas, D., Castaño, N., Zubieta, M. y Jaramillo, M. 2008. Flora de las formaciones rocosas de la Serranía de La Lindosa. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas –Sinchi. Colombia.
- Castiblanco, C., Etter, A. y Mitchell, A. 2013. Oil palm plantations in Colombia: a model of future expansion. *Environmental Science & Policy* 27: 172-183.
- Caughley, G. y Gunn, A. 1996. *Conservation Biology in Theory and Practice*. Blackwell Science, Cambridge, MA; Oxford.
- Ceballos, G. 2009. Especies raras, el conocimiento de la diversidad biológica y la conservación. Disponible en: <http://www.ecologia.unam.mx/laboratorios/eycfs/faunos/art/GCe/AD10.pdf> (Acceso el 16 de agosto de 2013).
- Ceballos, G. y Ehrlich, P. R. 2006. Global mammal distributions, biodiversity hotspots, and conservation. *PNAS*. 103(51): 19374–19379.
- Cerón-Rengifo, C. P., López-Garcés, C. L., Mamián-Guzmán, D., Oliveros, D. E., Pachón de Jaramillo, X., Wiesner-Gracia, L. E. y Zambrano, C. V. 1996. *Geografía Humana de Colombia: Región Andina Central*. Tomo IV volumen 2. Instituto Colombiano de Antropología e Historia, Colombia.
- Colciencias. 2012. Grupos de investigación, fortalecimiento y consolidación. Disponible en: [http://www.colciencias.gov.co/programa\\_estrategia/grupos-de-investigacion-fortalecimiento-y-consolidacion](http://www.colciencias.gov.co/programa_estrategia/grupos-de-investigacion-fortalecimiento-y-consolidacion) (Acceso el 29 de septiembre de 2013).
- Collar, N. J., Gonzaga, L. P., Krabbe, N., Madrono-Nieto, A., Naranjo, L. G., Parker, T. A. y Wege, D. C. 1992. *Threatened birds of the Americas: the ICBP/IUCN Red Data Book*. International Council for Bird Preservation. Cambridge, U.K.
- Congreso de Colombia. 1991. Ley 21 de 1991. Disponible en: [http://www.elabedul.net/Documentos/Leyes/1991/Ley\\_21\\_de\\_1991.pdf](http://www.elabedul.net/Documentos/Leyes/1991/Ley_21_de_1991.pdf) (Acceso el 15 de julio de 2013)
- Congreso de Colombia. 2010. Ley 1381 de 2010. Disponible en: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2010/ley\\_1381\\_2010.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2010/ley_1381_2010.html) (Acceso el 15 de julio de 2013)
- Connell J. H. 1978. Diversity in the tropical rain forest and coral reefs. *Science*. 199: 1302-1310.

- Connell, J. H. y Orias, E. 1964. The ecological regulations of species diversity. *Am. Nat.* 122: 661-694.
- Convenio de diversidad Biológica (CDB). 2011. Plan estratégico para la diversidad biológica 2011-2020 y las metas de Aichi. Disponible en: <http://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-ES.pdf> (Acceso el 27 de agosto de 2013).
- Correa, C. y García, F. 2013. Caracterización genética de poblaciones silvestres de chigüiro en el Casanare. Pp. 163 – 178. En López-Arévalo, H.F., Sánchez-Palomino, P. y Montenegro-Díaz, O.L., editores. El chigüiro *Hydrochoeris hydrochaeris* en la Orinoquía Colombiana: Ecología, manejo sostenible y conservación. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Correal, G. 1990. Aguazuque: evidencias de cazadores, recolectores y plantadores en la Altiplanicie de la Cordillera Oriental. Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales. Banco de la República. Bogotá.
- Correa-Rubio, F. 2000a. Geografía Humana de Colombia: Amazonía Amerindia territorio de diversidad cultural. Tomo VII, Volumen I. Instituto Colombiano de Antropología e Historia. Colombia.
- Correa-Rubio, F. 2000b. Geografía Humana de Colombia: Amazonía Amerindia territorio de diversidad cultural. Tomo VII, Volumen II. Instituto Colombiano de Antropología e Historia. Colombia.
- Correa-Rubio, F., Garay-Ariza, G., Jaramillo, S., Osborne, A., Ramírez de Jara, M. C. y Uribe, C. A. 1998a. Geografía Humana de Colombia: Región Andina Central. Tomo IV volumen 1. Instituto Colombiano de Antropología e Historia. Colombia.
- Correa-Rubio, F., Garay-Ariza, G., Jaramillo, S., Pinzón-C. E. y Turbay, S. 1998b. Geografía Humana de Colombia: Región Andina Central. Tomo IV volumen 3. Instituto Colombiano de Antropología e Historia. Colombia.
- Costanza, R., Sklar, F. H. y White, M. L. 1990. Modeling coastal landscape dynamics. *BioScience*. 40: 91-107.
- Costello, M. J., Michener, W. K., Gahagan, M., Zhang, Z. y Bourne, P. E. 2013. Biodiversity data should be published, cited, and peer reviewed. *Trends in Ecology & Evolution*. 28: 454-461.
- Denslow, J. S. 1985. Disturbance-mediated coexistence of species. En: Pickett, S.T.A y White, P.S. Editores. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, Inc.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2012. Comunicado de prensa 17-05/2012. Oficina de prensa. Bogotá.

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2013. Contador de población colombiana. Disponible en: [http://www.dane.gov.co/reloj/reloj\\_animado.php](http://www.dane.gov.co/reloj/reloj_animado.php) (Acceso el 29 de septiembre de 2013).
- Díaz-Piedrahita, S. 1992. Francisco José de Caldas y la botánica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Físicas, Exactas y Naturales*. 18(70): 369-381.
- Díaz-Piedrahita, S. 2009. La Real Expedición Botánica. *Credencial Historia*. 240.
- Domínguez, C. y Gómez, A. 1990. La economía extractiva en la Amazonía colombiana: 1850-1930. *Tropenbos-Colombia*.
- Echeverri, J. A. y Candre, H. 2008. Tabaco frío, coca dulce. Palabras del anciano Kinerai de la Tribu Cananguchal para sanar y alegrar el corazón de sus huérfanos. *Jírue diona ríerue jírbina. Jikofo Kinéreni éirue jito Kinerai ie jaiéniki komeki zuitaja ie jiyóitaja úai yoina*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- El Tiempo. 2010. TransMilenio recibió Sello de Plata en premio de responsabilidad ambiental. Disponible en: <http://m.eltiempo.com/bogota/transmilenio-recio-sello-sello-de-plata-en-premio-de-responsabilidad-ambiental/7924163/1/home> (Acceso el 12 de septiembre de 2013).
- Enke, N., Thessen, A., Bach, K., Bendix, J., Seeger, B. y Gemeinholzer, B. 2012. The user's view on biodiversity data sharing - Investigating facts of acceptance and requirements to realize a sustainable use of research data. *Ecological Informatics*. 11: 25-33.
- Erwin, T. L. 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. *Coleopterists Bulletin*. 36: 74-75.
- Estación De Biología Tropical Roberto Franco (EBTRF). 2013. Cocodrilos del Orinoco serán liberados. Disponible en: <http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/web/dependencia/?dep=15> (Acceso el 25 de septiembre de 2013).
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S. y Possingham, H. 2006. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114:369-386.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA). 2003. Ecosistemas y bienestar humano: El marco de la evaluación. Island Press, Washington, DC.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA). 2005. Ecosistemas y bienestar humano: síntesis de biodiversidad. World Resources Institute, Washington, DC.
- Fa, J. E., Peres, C. A. y Meeuwig, J. 2002. Bushmeat exploitation in tropical forests: an intercontinental

- comparison. *Conservation Biology*. 16: 232-237.
- Fernández de Oviedo, G. 1851. Historia general y natural de las Indias, islas y tierra firme del mar océano Primera parte. Real Academia de Historia. Disponible en: <http://bib.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/05816284255727262232268/index.htm> (Acceso el 29 de septiembre de 2013).
- Fisher, B. y Christopher T. 2007. Poverty and biodiversity: Measuring the overlap of human poverty and the biodiversity hotspots. *Ecological Economics*, 62: 93-101.
- Fjeldså, J. 1993. The decline and probable extinction of the Colombian Grebe *Podiceps andinus*. *Bird Conservation International*. 3: 221-234.
- Fleck, D. W. y Harder, J. D. 2000. Matses Indian rainforest habitat classification and mammalian diversity in amazonian Peru. *Journal of Ethnobiology*. 20: 1-36.
- Forero-Medina G., Terborgh, J., Socolar, S. J. y Pimm, S. L. 2011. Elevational ranges of birds on a tropical montane gradient lag behind warming temperatures. *PLoS ONE*. 6(12): e28535. doi:10.1371/journal.pone.0028535.
- Forero-Medina, G., Joppa, L. y Pimm, S. L. 2010. Constrains to species' elevational range shifts as climate changes. *Conservation Biology*. 25: 163-171.
- Franco-Vidal, C.L., A. M. Muñoz, G.I. Andrade y L.G. Naranjo. (Compiladores y editores). 2010. Experiencias de adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña (páramos y bosques de niebla) en los Andes del Norte. Memorias del Taller Regional. Bogotá, D.C. Febrero 19 y 20 de 2009. WWF, MAVDT, IDEAM y Fundación Humedales.
- Fundación Natura. 2013. Presentación. Disponible en: <http://www.natura.org.co/> (Acceso el 02 de Octubre de 2013).
- Galindo, L. 2010. De la Biodiversidad a la Diversidad Genética. BIOGENIC Biólogos Genetistas Colombianos. Disponible en: <http://biogenic-colombia.blogspot.com/2010/03/de-la-biodiversidad-la-diversidad.html>. (Acceso el 23 de junio de 2013).
- Galindo-Leal, C. 1997. Métodos cuantitativos para el manejo de la diversidad biológica. Programa de Investigación Tropical. Centro para la Biología de la Conservación. Stanford University.
- Galvis, G. 1994. Economía extractiva y desarrollo sostenible. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 19(73):299-304.
- Gaston K. J. y Spicer J.I. 2003. Biodiversity. An introduction. Wiley-Blackwell; 2a Edición.

- Gaston, K. J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature*. 405: 220-227.
- Giraldo-Cañas, D. 2001. Relaciones fitogeográficas de las sierras y afloramientos rocosos de la Guayana colombiana: un estudio preliminar. *Revista Chilena de Historia Natural*, 74: 353-364.
- Gleich, M., Maxeiner, D., Miersch, M. y Nicolai, F. Editores. 2000. *Las cuentas de la vida: Un balance global de la naturaleza*. Círculo de Lectores. Barcelona, España.
- González. 2000. El Darién "Ocupación, poblamiento y transformación ambiental del Darién", una revisión histórica. Corporación Ambiental Centro de Investigaciones Sociales y Humanas Universidad de Antioquia, Fundación Natura. Disponible en: <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005144/Archivos/01EL%20DARIEN%20HISTORICO.htm#elrescate> (Acceso en septiembre de 2013)
- Goñi-Camejo, I. 2000, Contribuciones breves: Algunas reflexiones sobre el concepto de información y sus implicaciones para el desarrollo de las ciencias de la información. *ACIMED*. 8(3): 201-207. Disponible en: <http://eprints.rclis.org/5219/1/aci05300.pdf> (Acceso el 21 de septiembre de 2013).
- Govindarajulu, P., Altwegg, R. y Anholt, B. R. 2005. Matrix model investigation of invasive species control: bullfrogs on Vancouver Island. *Ecological Applications*. 15: 21-61-2170.
- Guerrero-Giraldo, L. M. 2010. Historia del movimiento ambiental departamento de Risaralda: Aportes, conceptos, prácticas sociales de la cultura ambiental y la participación social. Trabajo de grado. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Gutiérrez, F., Lasso, C. A., Sánchez-Duarte, P. y Gil, D. L. 2010. Análisis de riesgo para especies acuáticas continentales y marinas. pp.: 73-148. En Baptiste, M. P., Castaño N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F. P., Gil, D. L. y Lasso, C. A. Editores. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia.
- Hawksworth, D. L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: Magnitude, significance, and conservation. *Mycological Research*. 95: 641 – 655.
- Helgen, K. M., Pinto, M., Kays, R., Helgen, L. E., Tsuchiya, M. T. N, Quinn, A., Wilson. D. E. y Maldonado J. E. 2013. Taxonomic revision of the olingos (*Bassaricyon*), with description of a new species, the Olinguito. *ZooKeys*. 324: 1–83.
- Hernández de Alba, G. 1991. Quinas amargas: el sabio Mutis y la discusión naturalista del siglo XVIII. Colección viajeros y viajeros.

- Academia de Historia de Bogotá. Tercer Mundo Editores. Bogotá, Colombia.
- Hernández, C. A. 1995. Ideas y prácticas ambientales del pueblo Embera del Chocó. Colcultura/Cerec. Santafé de Bogotá.
- Hernández-Salazar, P. 1993. El perfil del usuario de la información. *Investigación Bibliotecológica*. 7(15): 16-22. Disponible en: <http://www.ejournal.unam.mx/contenido.html?r=13&v=007&n=015> (Acceso el 07 de octubre de 2013).
- Hettner, A. 1884. Viajes por los Andes colombianos (1882-1884). Disponible en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/historia/viaand/viaand1.htm> (Acceso el 29 de septiembre de 2013).
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. y Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 25: 1965-1978.
- IAvH, IDEAM, IIAP, INVEMAR y SINCHI. 2011. Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Bogotá D.C., Colombia.
- IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, I. SINCHI y IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andrés e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Bogotá, D. C.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI). 2013a. Ecosistemas y recursos naturales. Disponible en: <http://www.sinchi.org.co/index.php/ecosistemas> (Acceso el 21 de agosto de 2013).
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI). 2013b. Monitoreo de la deforestación, aprovechamiento forestal y cambios en el uso del suelo en bosque Panamazonia - Panamazonia II. Disponible en: <http://www.sinchi.org.co/> (Acceso el 15 de agosto de 2013).
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). 2013. Sistema Nacional Ambiental. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/sina/c-sina.htm> (Acceso el 29 de septiembre de 2013).
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y Malagón, D. 2002. Los suelos de Colombia. Sociedad Geográfica de Colombia. Disponible en: <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/05loss.pdf> (Acceso el 10 de agosto de 2013)

- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). 2005. Monitoreo básico de la diversidad biológica en áreas naturales protegidas. Ministerio de Agricultura Instituto Nacional de Recursos Naturales. Disponible en: <http://www.ibcperu.org/doc/isis/10372.pdf> (Acceso el 18 de agosto de 2013).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2013. Working group I Contribution to the IPCC fifth assessment report climate change 2013: the physical science basis. Disponible en: [http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5\\_WGI-12Doc2b\\_FinalDraft\\_All.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5_WGI-12Doc2b_FinalDraft_All.pdf) (Acceso el 15 de octubre de 2013).
- Jackson, T. 2011. Prosperidad sin crecimiento. Economía para un planeta finito. (Traducción de Ángel Ponziano). Icaria, Barcelona.
- Jardín Botánico José Celestino Mutis (JBB). 2011. Informe de Gestión Diciembre 31 de 2011. Disponible en: <http://www.jbb.gov.co/jardin/images/stories/infome%20de%20gestion/INFORME%20DE%20GESTI+%C3%B4N%202011%20-%201ra%20Parte.pdf> (Acceso el 24 de septiembre 2013).
- Johnston, M. W., y Purkis, S. J. 2011. Spatial analysis of the invasion of lionfish in the western Atlantic and Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*, 62: 1218-1226.
- Joppa, L. N., Roberts, D. L. y Pimm, S. L. 2010. How many species of flowering plants are there? *Proceedings of the Royal Society-Biological Sciences*, DOI 10.1098/rspb.2010.1004.
- Koch-Grünberg, T. 1995. Dos años entre los indios. Viajes por el noreste brasileño 1903-1905. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Koh, L. P. y Wilcove, D. S. 2008. Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? *Conservation letters* 1-5.
- Krebs, C. J. 1985 *Ecología*. Estudio de la distribución y la abundancia. Harla Editores. México.
- Latouche, S. 2012. La sociedad de la abundancia frugal. *Contrasentidos y controversias del decrecimiento*. Icaria, Barcelona.
- Legast, A. 1995. Iconografía animal prehispánica en el suroccidente de Colombia. Pp. 263-297. En: *Perspectivas Regionales en la Arqueología del suroccidente de Colombia y norte del Ecuador*, Universidad del Cauca, Colombia.
- Lindston, H. A. 2011. Three eras of technology foresight. *Technovation*. 31: 69-76.
- López de Gómara, F. 1555. *Historia general de las Indias*. Disponible en: [http://www.taller-palabras.com/Datos/Cuentos\\_Bibliotec/ebooks/Historia%20General%20de%20las%20Indias.pdf](http://www.taller-palabras.com/Datos/Cuentos_Bibliotec/ebooks/Historia%20General%20de%20las%20Indias.pdf) (Acceso el 29 de septiembre de 2013).

- López-Arévalo, H. F. 1998. Curso Fundamentos de conservación biológica. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). Costa Rica.
- López-López, H. 1989. Contribución de los Lasallistas a las ciencias naturales en Colombia. Fondo para la Protección del Medio Ambiente FEN Colombia. Bogotá, Colombia.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. y De Poorter, M. 2004. 100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo. Global Invasive Species Database, Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI). Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN).
- Magurran, A. E. 2003. Measuring Ecological Diversity. Blackwell Science Inc. Reino Unido.
- Malagón, D. 2003. Ensayo sobre tipología de suelos colombianos -Énfasis en génesis y aspectos ambientales. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 27: 319-341.
- Mancera-Rodríguez, N. J. Viabilidad de poblaciones de fauna silvestre. Disponible en: [http://www.unalmed.edu/~poboyca/documentos/documentos1/Vida\\_Silvestre\\_Pregrado/vida%20silvestre%20II-2008/Vida%20Silvestre\\_Nov\\_27/presentaciones/14\\_%20Viabilidad\\_de\\_poblaciones.pdf](http://www.unalmed.edu/~poboyca/documentos/documentos1/Vida_Silvestre_Pregrado/vida%20silvestre%20II-2008/Vida%20Silvestre_Nov_27/presentaciones/14_%20Viabilidad_de_poblaciones.pdf) (Acceso el 25 de septiembre de 2013).
- Mann, C. 2005. 1491: New Revelations of the Americas Before Columbus. Vintage, EEUU.
- Martin, P. S. 1966. Africa and Pleistocene overkill. *Nature*. 212: 339-342.
- Martínez-Polanco, M. F. 2008. Del pasado al presente: breve análisis del estado de cinco especies de mamíferos silvestres en Colombia. *Canto Rodado*. 3:95-112.
- Martínez-Polanco, M. F. 2011. La Biología de la Conservación aplicada a la Zooarqueología: la sostenibilidad de la cacería del venado cola blanca, *Odocoileus virginianus* (Artiodactyla, Cervidae), en Aguazuque. *Antipoda*. 13: 99-118.
- Max-Neef, M. 1998. Desarrollo a escala humana. Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones. 2ª edición. Icaria, Barcelona.
- May, R. M. 1988. How Many Species are there on Earth? *Science*. 241(4872): 1441-1449.
- McArthur, R. H. y Wilson, E. O. 1967. The theory of Island Biogeography. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- McKinney, M. L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience*. 52: 883-890.
- McNeely, J. A., Mille, K. R., Reid, W. V., Mittermeier, R. A. y Werner, T. B. 1990. Conserving the World's Biological Diversity. IUCN. Gland, Switzerland.

- Medina-Rangel, G. F. 2011. Diversidad alfa y beta de la comunidad de reptiles en el complejo cenagoso de Zapatosa, Colombia. *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol.) 59(2): 935-968.
- Meffe, G. K. y Carroll, C. R. 1997. *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland.
- Mejía, M. 1987. La Amazonía colombiana, introducción a su historia natural. Colombia Amazónica. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Mejía, M. 2011. Modestos aportes a la historia del ambientalismo en Colombia. Disponible en: <http://www.censat.org/articulos/10028-documento/10061-modestos-aportes-a-la-historia-del-ambientalismo-en-colombia> (Acceso el 11 de Julio de 2013).
- Melo-Vásquez, I., Velázquez-Sandino, P., López-Arévalo, H. F. y Ochoa, J. M. 2008. Pérdida de área potencial de distribución y cacería de subsistencia del paujil colombiano, *Crax alberti*, ave endémica críticamente amenazada del norte de Colombia. *Caldasia*. Unibiblos Publicaciones Universidad Nacional De Colombia. 31(1):157 - 173.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2013a. Deforestación. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=1356yconID=8778> (Acceso el 20 de septiembre de 2013).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2013b. Tasa deforestación. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=1367yconID=8914> (Acceso el 20 de septiembre de 2013).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). 2013, Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/250712\\_politica\\_nacional\\_biodiversidad.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/250712_politica_nacional_biodiversidad.pdf) (Acceso el 11 de agosto de 2013)
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). 2006. Directrices generales para la conservación ex situ de fauna silvestre en parques zoológicos y acuarios de Colombia. Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/documentos/4021\\_100909\\_direct\\_grales\\_exsitu.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/4021_100909_direct_grales_exsitu.pdf) (Acceso el 30 de agosto de 2013).
- Ministerio de Medio Ambiente y SENA. 2007. Estrategia de transferencia de tecnología ambiental sobre especies promisorias de la

- fauna y flora silvestres. Disponible en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ciencias/sena/cursos-de-capacitacion/estrategia/indice.htm> (Acceso el 27 de agosto de 2013).
- Ministerio de Medio Ambiente. 1999. Decreto 1996 del 15 de octubre de 1999 por el cual se reglamentan los artículos 109 y 110 de la Ley 99 de 1993 sobre Reservas naturales de la Sociedad Civil. Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec\\_1996\\_151099.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec_1996_151099.pdf) (Acceso el 30 de agosto de 2013).
- Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S., Simpson, A. G. B. y Worm, B. 2011. How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? *Plos Biol.* 9(8):e1001127.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. MyT-Manuales y Tesis. Sociedad Entomológica Aragonesa vol. 1. Zaragoza, España.
- Moreno, F., Bedoya, G., Derr, J. N., Carvajal, L. G., Bermúdez, N., Ossa, J., Estrada, L., Scott, D., Zuluaga, F. N. y Berdugo, J. 2001. Diversidad genética y relaciones filogenéticas del ganado criollo colombiano. *Revista Corpoica.* 3:17-23.
- Moreno-Arias, R. y Urbina-Cardona, N. 2013. Population Dynamics of the Andean Lizard *Anolis heterodermus*: Fast-slow Demographic Strategies in Fragmented Scrubland Landscapes. *Biotropica.* 45(2): 253–261.
- Moreno-Parra H. A. 2013. Derechos diferenciados y Estado multicultural en Colombia. Disponible en: [http://www.convergenciainoa.org/files/articulo783\\_287.pdf](http://www.convergenciainoa.org/files/articulo783_287.pdf) (Acceso el 15 de julio de 2013)
- Mortensen, H. S., Dupont, Y. L., y Olesen, J. M. 2008. A snake in paradise: Disturbance of plant reproduction following extirpation of bird flower-visitors on Guam. *Biological Conservation.* 141: 2146-2154.
- Museo de La Salle. 2011. Información general. Disponible en: <http://museo.lasalle.edu.co/index.php/informacion-general> (Acceso el 29 de septiembre de 2013).
- Naranjo-Vélez, E. 2005. Formación de usuarios de la información y procesos formativos: hacia una conceptualización. *Investigación Bibliotecológica.* 19(38). Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-358X2005000100003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-358X2005000100003) (Acceso el 09 de octubre de 2013).
- NatureServe. 2002. Centro de Datos para la Conservación-Colombia, Disponible en: <http://www.natureserve.org/nhp/lacarb/co/index.htm> (Acceso el 31 de agosto de 2013).
- Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical

- approach. *Conservation Biology*. 4: 355-364.
- Obregón, D. 1990. La Sociedad de Naturalistas Neogranadinos y la tradición científica. VII Congreso de Historia de Colombia. Popayán.
- Obregón-Torres, D. 1994. Historiografía de la ciencia en Colombia. En: Zambrano, B. Editor. 1994. La historia al final del milenio: ensayos de la historiografía colombiana y latinoamericana. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1430/5/04CAPI03.pdf> (Acceso el 01 de Octubre de 2013).
- Odum, H. T. 1990. The emery of natural capital. Pp. 200-215. En: Jansson, A. M., Hammer, M., Folke, C. y Costanza, R. Editores. *Investigating in Natural Capital*. Island Press, Washington D.C., EEUU.
- Ojasti, J. y Dallmeier, F. Editores. 2000. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. SI/MAB Series # 5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program. Washington D.C.
- Olaya, A., Rivera, A. y Rodríguez, C. Editores. 2002. Plan Nacional de Colecciones para los Jardines Botánicos de Colombia. Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.
- Organización de Estados Americanos (OEA). 2013. Tratado de Cooperación Amazónica. Disponible en: <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea08b/ch04.htm>. (Acceso el 24 de septiembre de 2013).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2010. State of the world forests. Technical report. FAO. Roma.
- Ortega-P., S.C., A. García-Guerrero, C-A. Ruíz, J. Sabogal. & J.D. Vargas (eds.) 2010. Deforestación Evitada. Una Guía REDD + Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Conservación Internacional Colombia; Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF); The Nature Conservancy; Corporación Ecoveresa; Fundación Natura; Agencia de Cooperación Americana (USAID); Patrimonio Natural - Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas y Fondo para la Acción Ambiental. Bogotá. 72p.
- Ortega-Torres, J. y García, L.F. 2010. Polimorfismo de microsatélites en individuos de razas de bovino criollo colombiano. *Acta Biológica Colombiana*. 15: 223 – 236.
- Pabón-Caicedo, J. D. 2012. Cambio climático en Colombia: tendencias en la segunda mitad del siglo XX y escenarios posibles para el siglo XXI. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 36: 261-278.

- Pearce, D. L. y Moran, D. 1994. The economic value of biodiversity. Earthscan Publication Ltda, Londres.
- Peña, G. y Pinto, M. 1995. Mamíferos más comunes en sitios precerámicos de la sabana de Bogotá: guía ilustrada para arqueólogos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Julio Carrizosa Valenzuela: 6. Bogotá.
- Peres, C. A. 2000. Effects of subsistence hunting on vertebrate community structure in Amazonian forests. *Conservation Biology*. 14: 240-253.
- Pielou, E. C. 1975. Ecological diversity. John Wiley y Sons, Inc. New York.
- Pitman, N., Smith, R. C., Vriesendorp, C., Moskovits, D., Piana, R., Knell, G. y Wachter, T. Editores. 2004. Perú: Ampiyacu, Apayacu, Yaguas, Medio Putumayo. Rapid Biological Inventories. Report 12. The Field Museum. Chicago, Illinois
- Pitman, N., Vriesendorp, C., Moskovits, D., von May, R., Alvira, D., Wachter, T., Stotz, D. F., y del Campo, A. Editores. 2011. Perú: Yaguas-Cotuhé. Rapid Biological and Social Inventories. Report 23. The Field Museum, Chicago, Illinois.
- Polanco-Ochoa, R. L. E. 2000. Diagnóstico del uso y comercio de fauna silvestre en Colombia. Pp.:113-114. En: Colombia. 2000, Resúmenes Primer Congreso colombiano de zoología. Universidad Nacional de Colombia.
- Presidencia de la República de Colombia. 2010. Decreto 2957 de 2010. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40124> (Acceso el 15 de julio de 2013).
- Rangel, J. O. 2002. El estado actual del conocimiento de la flora de Colombia. Pp. 570–571 En: Rangel-Ch., J. O., Aguirre-C, J. y Andrade-C, M. G. Editores. Libro de Resúmenes, Octavo Congreso Latinoamericano y Segundo Colombiano de Botánica. UNIBIBLOS. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Rangel-Ch, J. O. (Editor). 1995. Colombia diversidad biótica I. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Rangel-Ch, J. O. 2013. Colombia Diversidad Biótica XIII Complejo cenagoso Zapatosa y ciénagas del Sur del Cesar: Biodiversidad, conservación y manejo. Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia - CORPOCESAR, Bogotá.
- Rangel-Ch, O. y Arellano-P, H. 2010. Bosques de Polylepsis: un tipo de vegetación condenado a la extinción. En Rangel-Ch. O. Editor. Colombia Diversidad Biótica X. Cambios global (natural) y climático (antró-

- pico) en el páramo colombiano. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Raup, D. M. 1991. *Extinction. Bad Genes or Bad Luck?* W.W. Norton. John Wiley y Sons. New York.
- Real Academia de la Lengua Española (RAE). 2001. *Diccionario de la lengua española*. 22ª edición. Disponible en: <http://lema.rae.es/drae/> (Acceso el 11 de agosto de 2013).
- Real Academia de la Lengua Española (RAE). 2013. *Diccionario de la Lengua Española*. 22º edición. Disponible en: <http://www.rae.es> (Acceso el 10 de agosto de 2013).
- Reeder, D. A. M., Helgen, K. M. y Wilson, D. E. 2007. Global trends and biases in new mammal species discoveries. *Occasional Papers Museum of Texas Tech University*. 269: 1-35.
- Reinoso, I. 2013. El cultivo de papa y su participación en la economía ecuatoriana. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Disponible en: [http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com\\_content&view=article&id=23:papaycatid=6:programasyItemid=12](http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=23:papaycatid=6:programasyItemid=12) (Acceso el 23 de junio de 2013).
- Renjifo, L. M., Franco-Maya, A. M., Amaya-Espinel, J. D., Kattan, G. H. y López-Lanús, B. Editores. 2002. *Libro rojo de aves de Colombia*. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia.
- Resnatur. 2013. *Misión, Visión y Principios de Resnatur*. Disponible en: <http://www.resnatur.org.co/sobre-resnatur/misi%C3%B3n-y-principios/> (Acceso el 19 de julio de 2013).
- Revista Dinero. 2012. Colombia es el séptimo país más desigual del mundo. Disponible en: <http://www.dinero.com/actualidad/economia/articulo/colombia-septimo-pais-mas-desigual-del-mundo/147127> (Acceso el 11 de Agosto de 2013).
- Rincón, S. A., Toro, J. y Burgos, J. 2009. Lineamientos guía para la evaluación de criterios de biodiversidad en los estudios ambientales requeridos para licenciamiento ambiental. *Biodiversidad y estudios de impacto ambiental*. Elementos para evaluadores. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt e Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia.
- Rodda, G. H. y Savidge, J. A. 2007. Biology and impacts of pacific island invasive species. 2. *Boiga irregularis*, the brown tree snake (Reptilia: Colubridae). *Pacific Science*. 61: 307-324.

- Rodríguez, J. V. C. 1999. Los Chibchas: Pobladores Antiguos de los Andes Orientales. Adaptaciones Bioculturales. Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales. Banco de la República, Bogotá.
- Rodríguez-Becerra, M. y Espinoza, G. 2002. Gestión ambiental en América Latina y el Caribe, Evolución, tendencias y principales prácticas. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C.
- Rodríguez-Eraso N., Pabón-Caicedo J.D., Bernal-Suárez N.R. y Martínez-Collantes J. 2010. Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los Andes colombianos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Universidad Nacional de Colombia y Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. Bogotá, D. C., Colombia. 80 p.
- Romero-Moreno, M. E., Castro-Agudelo, L. M. y Bejarano, A. M. 2000. Geografía Humana de Colombia: Región de la Orinoquía, Tomo III volumen 1. Instituto Colombiano de Antropología e Historia. Colombia.
- Romero-Ruiz, M. H., Flantua, S. G. A., Tansey, K. y Berrio, J. C. 2012. Landscape transformations in savannas of northern South America: Land use/cover changes since 1987 in the Llanos Orientales of Colombia. *Applied Geography*. 32: 766-776.
- Roncancio, N. J, Rojas, W. y Defler, T. 2011. Densidad poblacional de *Saguinus leucopus* en remanentes de bosque con diferentes características físicas y biológicas. *Mastozoología Neotropical*. 8(1):105-117.
- Rueda-Almonacid, J. V. 1999. Situación actual y problemática generada por la introducción de “rana toro” a Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 23 (Suplemento Especial): 367-393.
- Salafsky, N., Margoluis, R. y Redford, K. 2001. Adaptive management: A tool for conservation practitioners. Biodiversity Support Program. Washington, D.C.
- Sánchez-Jacob, E. 2002. Sobre las necesidades de los ciudadanos. En: Costa-Climent, J. *La Sociedad de la Información en el siglo XXI: un requisito para el desarrollo*. Ministerio de Ciencia y Tecnología de España. Disponible en: [http://www.oei.es/salactsi/Texto\\_publicacion\\_esp.pdf](http://www.oei.es/salactsi/Texto_publicacion_esp.pdf) (Acceso el 21 de septiembre de 2013).
- Saunders, D. A., Hobbs, R. J. y Margules, C. R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology*. 5(1):18-32.
- Savidge, J. A. 1987. Extinction of an island forest avifauna by an introduced snake. *Ecology*. 68: 660-668.
- Schluter, D., Ricklefs, R. E. 1993. Species diversity: an introduction to

- the problem. En: Ricklef, R. E. y Schluter, D. Editores. *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). 2013. Aulas ambientales. Disponible en: <<http://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/aulas-ambientales> (Acceso el 4 de septiembre de 2013).
- Şekercioğlu, C., Primack, R. B. y Wormworth, J. 2012. The effects of climate change on tropical birds. *Biological Conservation*. 148: 1-18.
- Sheehan, P. M. 2001. The Late Ordovician Mass Extinction. *Annual Review of Earth Planetary Sciences*, 29: 331-64.
- Sierra, G. P. 1989. La fiebre del caucho en Colombia. Credencial. Disponible en: <http://www.banrepultural.org/blaavirtual/revistas/credencial/octubre2011/la-fiebre-del-caucho-en-colombia> (Acceso el 03 de Octubre de 2013).
- Sistema de información sobre biodiversidad de Colombia (SiB). 2013. Disponible en: <http://www.sibcolombia.net> (Acceso el 15 de agosto de 2013).
- Sistema de Información sobre Diversidad en Colombia (SiB). 2013. Acerca del SiB. Disponible en: <http://www.sibcolombia.net/web/sib/acerca-del-sib> (Acceso el 20 de agosto de 2013).
- Society for Conservation Biology (CSB). 2013. Publications - Conservation Biology. Disponible en: <http://www.conbio.org/> (Acceso el 10 de octubre de 2013).
- Sodhi, N. S., Brook, B. W. y Bradshaw, C. J. A. 2007. *Tropical Conservation Biology*. Wiley-Blackwell.
- Spellberg, I. A. 1996. Themes, terms and concepts. En Spellberg, I.A., Editor. *Conservation Biology*. Longman Singapyre Publisher. EEUU.
- Spielvogel, J. 2010. *Historia Universal: Civilización de Occidente Tomo I, Séptima Edición*. Cengage Learning, México D.F.
- Tàbara J. D., Chabay, I. 2013. Coupling human information and knowledge systems with social-ecological systems change: reframing research, education, and policy for sustainability. *Environmental Science and Policy*, 28: 71-81.
- Thessen, A. E. y Patterson, D. J. 2011. Data issues in the life sciences. En: Smith V. y Penev, L. Editores. *e-Infrastructures for data publishing in biodiversity science*. *ZooKeys*. 150: 15-51.
- Tobasura-Acuña, I. 2007. Ambientalistas y ambientalistas: una expresión del ambientalismo en Colombia. *Ambiente & Sociedad*, 10: 45-60.
- Torres, R. M. 2005. Sociedad de la información / sociedad del conocimiento. Disponible en: <http://>

- www.ub.edu/prometheus21/articulos/obscriberprome/socinfocon.pdf (Acceso el 04 de Octubre de 2013).
- Tropenbos International. 2013. Colombia. Disponible en: [http://www.tropenbos.org/country\\_programmes/colombia](http://www.tropenbos.org/country_programmes/colombia) (Acceso el 02 de octubre de 2013).
- Tuomasjukka, T. y Solís, V. 1995. Marco conceptual de la biodiversidad: implicaciones políticas. pp. 3-18. En: *Biodiversidad su tratamiento en Centroamérica*, Fundación Ambio, San José, Costa Rica.
- Turner, M. G., Gardner, R. H. y O'Neill, R. V. 2001. *Landscape Ecology in theory and practice*. Springer – Verlag. Nueva York.
- UICN y PNUMA. 1990. *Manejo de Áreas Protegidas en los Trópicos*. UICN. Gland, Suiza.
- United Nations. 2013. *World Population Prospects: The 2012 Revision, Highlights and Advance Tables*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Working Paper No. ESA/P/WP.228.
- Vargas, N. 2011. Recopilación de estudios relativos al uso de carne de monte en Colombia, desarrollados a partir de 2001 y la identificación de casos representativos. Programa de Dimensiones Socioeconómicas de la Conservación y uso de la Biodiversidad y Programa de conservación y uso de la biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá.
- Vargas, N. 2012. Carne de monte en Colombia un tema por investigar: diagnóstico a partir de información sobre estudios relacionados. En: Matallana, C., Lasso, C. A. y Baptiste, M. P. Compiladores. 2012. *Carne de monte y consumo de fauna silvestre en la Orinoquía y Amazonía (Colombia y Venezuela)*. Memorias del Taller Regional Inírida, Guainía (Colombia). Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Universidad Nacional de Colombia, Sede Orinoquía, Instituto de Estudios de la Orinoquía y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico.
- Veza, F. 1860. Memoria sobre la historia del estudio de la botánica en la Nueva Granada. *Boletín de la Sociedad Naturalista Neo-granadinos*. Bogotá.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. M. 2004. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Wackernagel, M. y Rees, W. 2001. *Nuestra huella ecológica: Reduci-*

- endo el impacto humano sobre la Tierra. IEP/Lom Ediciones. Santiago.
- Waldron, A. A., Mooers, O., Miller, D. C., Nibbelink, N., Redding, D. , Kuhn, T. S., Roberts, J. T. y Gittleman, J. L. 2013. Targeting global conservation funding to limit immediate biodiversity declines. PNAS, doi:10.1073/pnas.1221370110.
- Whiffen, T. 1915. The north-west Amazons: notes of some months spent among cannibal tribes. Constable and Company Ltda. London.
- Whitfield, J. 2012. Rare specimens. Nature. 484: 436-438.
- Wilson, E. O. 1992. The diversity of life. Belknap Press. Cambridge, MA.
- Wilson, E. O., Peter, F.M. (Ed.). 1988. Biodiversity. National Academy Press. Washington, D.C.
- World Wildlife Foundation (WWF). 2004. Living Planet Report 2004. World Wildlife Fund for Nature.
- Zhang, J. 2012. A high-performance web-based information system for publishing large-scale species range maps in support of biodiversity studies. Ecological Informatics. 8: 68-77.



## RESEÑA DE LOS AUTORES

### Hugo Fernando López-Arévalo

Biólogo de la Universidad Nacional de Colombia, M.Sc en Conservación y Manejo de Vida Silvestre de la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, y Dr.Sc. del Instituto de Ecología en Xalapa, A.C. (México). Líder del Grupo en Conservación y Manejo de Vida Silvestre de la Universidad Nacional de Colombia. Docente de pregrado y posgrado del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, en asignaturas relacionadas con la mastozoología y biología de la conservación.



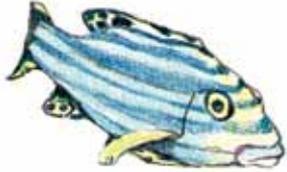
### Olga L. Montenegro

Bióloga de la Universidad Nacional de Colombia, M.Sc. y Ph.D. en Ecología y Conservación de Vida Silvestre de University of Florida (USA). Miembro del Grupo en Conservación y Manejo de Vida de la Universidad Nacional de Colombia y de los grupos de especialistas en tapires (Tapir Specialist Group - TSG) y pecaríes (Peccary Specialist Group - PSG) de IUCN/SSC. Docente de pregrado y posgrado del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá.

### Luisa Fernanda Liévano Latorre

Bióloga egresada de la Universidad Nacional de Colombia en 2013. Realizó su trabajo de grado con pequeños mamíferos no voladores en una pequeña reserva de la sociedad civil en Tabio, Cundinamarca y es miembro activo del Grupo de Mastozoología de la Universidad Nacional, el cual hace parte del Grupo en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Asistente administrativa del Grupo en Conservación y Manejo de Vida Silvestre de la Universidad Nacional de Colombia.





ABC de la Biodiversidad  
se terminó de imprimir en Bogotá  
en junio de 2014.





