

# **Listas de especies:** Lineamientos conceptuales y metodológicos para su consolidación en Colombia

Versión 1.0  
Diciembre 2016



[www.sibcolombia.net](http://www.sibcolombia.net)

---

**Cítese como:** Torres-Mejía, M., Beltrán, N., Llano S. (2016). *Listas de especies: Lineamientos conceptuales y metodológicos para su consolidación en Colombia*. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

---

**Licencia:** Este documento se publica bajo una licencia *Creative Commons Attribution 4.0*



**Control del documento:**

<b>Versión</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fecha publicación</b>	<b>Autor(es)</b>
1.0	Creación del documento	2016.12	Torres-Mejía, M., Beltrán, N., Llano S.

Listas de especies: Lineamientos conceptuales y metodológicos para su consolidación en Colombia.

Torres-Mejía, Mauricio; Beltrán, Néstor; Llano, Santiago – Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2016.

35 p.: il.; 28 x 21.5 cm. Incluye bibliografía y tablas.

1. Información científica. 2. Listas de especies 3. Colecciones biológicas 4. Publicación de datos 5. SiB Colombia I. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia II. Species checklist: Conceptual and methodological guidelines for it consolidation in Colombia.

## Resumen

En el presente documento se define qué es un listado de especies, qué tipos de listados de especies hay y cómo se construyen, publican y mantienen. Posteriormente, se propone un esquema de gobernanza para la construcción de los listados de especies más necesarios para el país. Estos lineamientos han sido contruidos de manera conjunta con curadores de colecciones biológicas e socios de la red del SiB Colombia.

*Palabras clave:* listas de especies, colecciones biológicas, publicación de datos, SiB Colombia

## Abstract

This document defines what a species checklist is, what types and how they are constructed, published and maintained. Subsequently, a scheme of governance is proposed for the construction of the most needed species checklist for the country. These guidelines have been jointly constructed and socialized with biological curator and partners of SiB Colombia.

*Keywords:* species checklists, biological collections, data publishing, SiB Colombia

# Contenido

Introducción	6
Planteamiento del problema	9
Objetivos	10
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10
Justificación	11
Marco teórico	13
Biodiversidad	13
Taxonomía y especies	13
Listas de especies	14
Metodología	16
Definición del equipo de trabajo	16
Selección del listado a desarrollar	16
Definición de escalas	17
Recopilación de la información del listado de especies	18
Estructuración de la información	20
Clasificación taxonómica	20
Corrección de errores técnicos	21
Documentación de metadatos y publicación	21
Mantenimiento del listado de especies	22
Resultados	23
Consideraciones para la construcción de Listados Nacionales	23
Portal de listas nacionales de especies	23
Esquema de Gobernanza	23
Autoría	25
Financiación	26
Conclusiones y discusión	27
Plan de trabajo inicial	27
Bibliografía	28

## Lista de figuras o ilustraciones

Figura 1. Esquema de especialización taxonómico	14
Figura 2. Clasificación de listados de especies según su alcance taxonómico.	15
Figura 3. Flujo de trabajo para la publicación de listados de especies	20
Figura 4. Esquema de Gobernanza.	23

## Lista de tablas

Tabla 1. Convenios internacionales en los que Colombia se ha comprometido a fortalecer el conocimiento de su diversidad biológica.	7
Tabla 2. Inventarios más recientes en Colombia para grandes grupos de especies.	12
Tabla 3. Niveles taxonómicos superiores esperados.	20
Tabla 4. Documentación del estatus taxonómico de una especie.	21
Tabla 5. Aportes y labores propuestas para los actores	24

## Acerca del SiB Colombia

El SiB Colombia es una iniciativa de país originada a partir del Decreto 1603 de 1994 como parte del proceso de creación del Sistema Nacional Ambiental (SINA), establecido en la Ley 99 de 1993. Su principal propósito es brindar acceso libre a información sobre la diversidad biológica del país para la construcción de una sociedad sostenible. Además, facilita la publicación en línea de datos e información sobre biodiversidad y el acceso a ella por parte de una amplia variedad de audiencias, apoyando de forma oportuna y eficiente la gestión integral de la biodiversidad.

El SiB Colombia es una realidad gracias a la participación de decenas de organizaciones y personas que comparten datos e información bajo los principios de libre acceso, cooperación, transparencia, reconocimiento y responsabilidad compartida.

Es liderado por un Comité Directivo (CD-SiB), conformado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los 5 institutos de investigación del SINA (Ideam, Invemar, IIAP, Sinchi e Instituto Humboldt) y la Universidad Nacional de Colombia. El CD-SiB se apoya en un Comité Técnico (CT-SiB), grupos de trabajo para temas específicos y un Equipo Coordinador (EC-SiB) que cumple las funciones de secretaría técnica, acogiendo e implementando las recomendaciones del CD-SiB.

El SiB Colombia es coordinado por el Instituto Humboldt, que promueve la participación activa del gobierno, la academia, el sector productivo y la sociedad civil por medio de procesos colaborativos para lograr la consolidación de datos e información confiables y oportunos que influyan y ayuden en la toma de decisiones en el país.

La implementación del SiB Colombia, a partir del 2000, constituyó el primer resultado del nuevo enfoque de gestión de datos e información en el ámbito nacional y se encuentra articulado con el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) como el subsistema de información que soporta el componente de biodiversidad.

## Introducción

Colombia es una de las naciones caracterizadas por su elevada riqueza de especies, su alto grado de endemismos y su complejidad geográfica, características que le valen el título de país megadiverso (Mittermeier et al., 1997). Gran parte del territorio continental y marítimo colombiano está dentro de las zonas llamadas puntos calientes de biodiversidad (biodiversity hotspots), áreas destacadas por poseer una rica diversidad de especies de vertebrados y plantas endémicas, cuya conservación se encuentra críticamente amenazada (Myers et al., 2000, Kier et al., 2009, Miloslavich et al., 2010). Aunque el territorio colombiano cubre sólo el 0.77% de la superficie terrestre, es el hábitat del 10% de la biodiversidad descrita (González et al., 2012). Además, es el lugar de paso de biota entre el sur y el centro de América desde que se cerró el Istmo de Panamá, hace más de tres millones de años (Marshall et al., 1982), y es ruta migratoria de aves (La Sorte et al., 2016) e insectos (Srygley y Dudley, 2008).

Por otra parte, es un país rico en ecosistemas, una “isla entre tres océanos”: los mares Caribe y Pacífico y la cargada circulación atmosférica Amazónica (Poveda, 2004), y es el sitio de encuentro de tres placas tectónicas, la Sudamericana (el territorio continental emergido), la Nazca (subyacente al océano Pacífico) y la Caribe (subyacente al Caribe Colombiano) (Gregory- Wodzicki, 2000). La complejidad de la Colombia continental se originó en gran medida por el ascenso de la Cordillera de los Andes, causado por la subducción de la placa Nazca en la placa Suramericana (Gregory-Wodzicki, 2000).

Este complejo y diverso territorio colombiano ha sido dividido de varias maneras. A grandes rasgos, se pueden identificar cinco regiones continentales (Andina, Caribe, Pacífica, Orinoquía y Amazonía) y dos marinas (Caribe y Pacífica) (Rangel Ch., 1995). Dentro de la Colombia continental también se han clasificado, según criterios biogeográficos, nueve regiones distintas: Magdalena, Páramo, Guajira, Ecuador Occidental, Cauca, Chocó-Darién, Sabana, Imerí y Napo (Morrone, 2014). Sin embargo, utilizando otros criterios (geológicos, climáticos, ecológicos y de uso de suelo) de resolución más alta, es posible identificar 86 ecosistemas continentales, costeros, marinos e insulares en Colombia (IDEAM et al., 2015), cifra que da una idea más clara del potencial de nuestro territorio y la biodiversidad que en él habita.

A pesar de saber muy bien que contamos con esta megadiversidad, estamos muy lejos de conocer la totalidad del patrimonio biológico de nuestro país. Colombia no cuenta con un inventario completo de su biota y gran parte de su territorio ha sido poco explorado para muchos grupos biológicos (Arbeláez-Cortés, 2013). Se calcula que aún hace falta describir alrededor del 80% de la biodiversidad mundial, cuyo total se estima entre 6 y 8 millones de especies (Eichhorn, 2016) y, si se tiene en cuenta que hay más especies en el trópico que en las latitudes templadas (May, 1992), resulta fácil inferir que la biodiversidad desconocida de Colombia represente un porcentaje aún mayor. Describir esas especies desconocidas puede tardar siglos y costar miles de millones de dólares (Eichhorn, 2016), y será todavía más difícil si continúa la tendencia mundial de reducción de vacantes y financiación para profesionales en taxonomía (de Carvalho et al., 2014).

A pesar de las dificultades, es urgente identificar los beneficios que la riqueza de nuestra biodiversidad representa para la Nación en diversos ámbitos, y para ello es fundamental comenzar por el conocimiento de nuestra biodiversidad, ya que sólo así se puede enfocar la toma de decisiones en lo que tiene que ver con el manejo de los recursos naturales del país.

Con el fin de avanzar en el cubrimiento de los vacíos en este ámbito, la Nación colombiana ha firmado y ratificado acuerdos internacionales en los cuales se manifiesta expresamente la necesidad y el

compromiso de trabajar por un mayor conocimiento de la biodiversidad (Tabla 1). Entre esos acuerdos se destaca el Convenio de Diversidad Biológica de 1992 (CDB), que ha sido catalizador para el desarrollo de legislación, políticas nacionales y estructuras institucionales que fomentan el estudio y la sistematización de la diversidad biológica del país, como es el caso del Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia).

**Tabla 1.** Convenios internacionales en los que Colombia se ha comprometido a fortalecer el conocimiento de su diversidad biológica. Junto a ellos, se presentan los compromisos en los que es pertinente el inventario de la biodiversidad y las ratificaciones legales de cada convenio.

Convenio	Año	Compromisos	Ratificación
Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional (Ramsar)	1971	Promover la investigación y el intercambio de datos y publicaciones relacionadas con los humedales, su flora y su fauna.	Ley 357, 1997.
Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)	1973	Los países firmantes se comprometen a proponer actualizaciones de las listas de especies de su territorio que merecen la protección de CITES.	Ley 17, 1981.
Tratado de Cooperación Amazónica	1978	Promover la investigación científica y el intercambio de informaciones y de personal técnico, con el fin de ampliar los conocimientos sobre los recursos de la flora y de la fauna de los territorios amazónicos.	Ley 74, 1979.
Convenio para la Protección y Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe	1983	Promover y desarrollar la investigación científica sobre los procesos ecológicos (de las áreas protegidas), así como sobre especies de la flora y la fauna amenazadas o en peligro de extinción y sus hábitats. Cada parte debe compilar inventarios completos de las especies de la flora o fauna que sean susceptibles de ser incorporadas en los registros como amenazadas o en peligro de extinción.	Ley 56, 1987.
Convenio de Diversidad Biológica (CBD)	1992	Identificar componentes de la diversidad biológica importantes para su conservación y uso sostenible; monitorear con muestreos los componentes de la diversidad biológica; mantener y organizar los datos derivados de las actividades de monitoreo.	Ley 165, 1994; Política Nacional de Biodiversidad de 1995 (revisada en 2008 y 2009); Decreto 1076, 2015, art. 2.2.2.1.6.3.
Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC)	1992	Promover y apoyar la investigación científica, la observación sistemática y el establecimiento de archivos de datos relativos al sistema climático, con el propósito de facilitar la comprensión de las causas, los efectos, la magnitud y la distribución cronológica del cambio climático.	Ley 164, 1994.
Convenio Internacional de las Maderas Tropicales	1994	Fomentar y apoyar la investigación y el desarrollo para mejorar la ordenación de los bosques y la utilización eficiente de las maderas, así como para aumentar la capacidad para conservar y fomentar otros valores forestales en los bosques tropicales productores de madera.	Ley 464, 1998.
Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología	2000	Evaluar el riesgo y evitar efectos adversos de organismos modificados en el uso sostenible y conservación de la diversidad biológica.	Ley 740, 2002.



Por otro lado, el interés del Estado por el conocimiento y la conservación de la biodiversidad ha quedado registrado en informes nacionales del estado de la biodiversidad (Chaves y Arango, 1998, Chaves y Santamaría, 2006, Romero et al., 2008, Romero et al., 2009, Bello et al., 2014) y en los informes presentados ante el CDB (MMADS and PNUD, 2014). Estos trabajos no han caído en el facilismo de mostrar la biodiversidad en fotografías vistosas de atractivo turístico, sino que han recogido los avances en el conocimiento de las especies nacionales y revelado el alarmante panorama que vivimos, en el que las amenazas para la conservación son cada vez mayores, el número de especies extintas y amenazadas ha aumentado y se están observando los primeros efectos del cambio climático (MMADS y PNUD, 2014). La conclusión general de todos estos informes es la evidente necesidad de aumentar el conocimiento de la biodiversidad nacional para poder protegerla y aprovecharla de una mejor manera.

## Planteamiento del problema

Este documento se elaboró a partir de la pregunta ¿Cómo elaborar listas de especies incidentes en la toma de decisiones?, realizada en el Espacio Abierto que se llevó a cabo el 27 y 28 de Agosto de 2015 en Bogotá.

La variedad de los participantes permitió contar con múltiples visiones del estudio, manejo y uso de la biodiversidad del país, y la discusión obtuvo como principal conclusión la utilidad y urgencia de consolidar listados completos de la biodiversidad nacional. El reto que se propuso fue la creación de una lista unificada con las más de 100.000 especies descritas para Colombia, que además sirva como plataforma para recibir los cientos de miles de especies que se estima que aún están por describir.

En esta discusión participaron representantes de la Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Tecnológica del Chocó, Universidad del Magdalena, Universidad del Quindío, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional (ICN), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Jardín Botánico de Bogotá.

En el presente documento se define qué es un listado de especies, qué tipos de listados de especies hay y cómo se construyen, publican y mantienen. Posteriormente, se propone un esquema de gobernanza para la construcción de los listados de especies más necesarios para el país. Estos lineamientos han sido contruidos de manera conjunta y socializados gracias al apoyo y participación de las personas y organizaciones que participan en el SiB Colombia:

Carlos Donascimento	IAvH, Asociación Colombiana de Ictiólogos.
Carolina Castellanos Castro	IAvH.
Cristina Lopez-Gallego	UdeA.
Danny Zurc	ITM, Sociedad Colombiana de Mastozoología.
Felipe Cardona	UdeA, Asociación Colombiana de Herbarios.
Humberto Mendoza	IAvH.
Javier Maldonado Ocampo	PUJ, Asociación Colombiana de Ictiólogos.
Jhon Cesar Neita Moreno	IAvH.
Juan Manuel Daza	UdeA, Asociación Colombiana de Herpetología.
Luis Alonso Zapata Padilla	WWF, Asociación Colombiana de Ictiólogos.
Mauricio Rivera	UdeA, Asociación Colombiana de Herpetología.
Mauricio Torres	IAvH, Universidad Industrial de Santander.
Néstor Beltrán	SiB Colombia.

# Objetivos

## Objetivo general

- Definir los lineamientos conceptuales y metodológicos para la consolidación de listas de especies de referencia en el país que se publicarán a través del SiB Colombia.

## Objetivos específicos

- Definir qué es un listado de especies, qué tipos de listados de especies hay y cómo se construyen, publican y mantienen.
- Proponer un esquema de gobernanza para la construcción de los listados de especies más necesarios para el país.
- Evidenciar las consideraciones necesarias para la construcción de listados nacionales.

## Justificación

El cumplimiento de muchos de los compromisos del Estado colombiano requiere de la creación de listas de especies unificadas de referencia para el país, que deben constituirse como una pieza clave en lo que tiene que ver con el conocimiento, la sistematización, la conservación y el buen uso de nuestra diversidad biológica.

Resulta claro que, hasta el momento, Colombia carece de un listado unificado de las especies de su territorio. Aunque se han hecho varios esfuerzos en este sentido, el principal problema es que no se han centralizado, de manera que los resultados están dispersos en la literatura, además de presentar otros obstáculos para la unificación: cubren los grupos taxonómicos sólo parcialmente, utilizan distintas metodologías y, en algunos casos, están desactualizados en más de dos décadas (Tabla 2).

Algunos de los ejemplos recientes más significativos de listados para grandes grupos de especies del país son, por una parte, el proyecto que catalogó las especies de plantas y vertebrados de gran parte del territorio (González et al., 2015, Portocarrero-Aya et al., 2015, Barriga et al., 2016, Mesa-S. et al., 2016), y por otra, el que se está desarrollando actualmente, que pretende llevar a cabo la versión nacional del inventario forestal (IDEAM and DANE, 2009). A pesar del valor de estos esfuerzos, está claro que el país está muy lejos de naciones como, Australia (ABRS, 2009), Holanda (NBC, 2016) y Sudáfrica (Hamer et al., 2012), pioneras en el ámbito de la catalogación y publicación en línea de la totalidad de su biodiversidad, y cuyos trabajos sirven como modelos a seguir.

De esas experiencias, ha resultado que la mejor estrategia para mantener un listado de especies unificado y actualizado consiste en publicar primero el listado completo, y posteriormente ir publicando actualizaciones (Salaman et al., 2009, Donegan et al., 2011, Donegan et al., 2009). Por otra parte, el estudio de las referencias aclara que la tendencia mundial más idónea en materia de publicación es el formato de página web, que permite que los listados sean actualizados más fácil y frecuentemente (p. ej. Eschmeyer et al., 2016; otros ejemplos en la Tabla 2).

**Tabla 2.** Inventarios más recientes en Colombia para grandes grupos de especies\*.

Grupo	Referencia	Tipo <sup>1</sup>	Formato	Datos incluidos para cada especie
Plantas y líquenes	Bernal. et al. (2015)	F	Portal web	Incluye fotos, mapa de distribución, estado de conservación.
Algas	Guiry y Guiry (2016)	L	Artículo	Restringido a especies de aguas epicontinentales. Incluye localidades, referencias y métodos de observación.
Myxomycetes	Uribe-Meléndez (1995)	L	Artículo	Incluye distribución por departamentos y referencias.
Hongos superiores	Vasco-Palacios y Franco-Molano (2013)	L	Artículo	Incluye distribución a grandes rasgos y rango de elevación.
Oligochaeta	Feijoo et al. (2004)	L	Artículo	Incluye rangos de elevación, zonas de vida, datos de localidades y referencias.
Arácnidos	Flórez-D. y Sánchez-D. (1995)	L	Capítulo	Incluye rango de distribución.
Hymenoptera	Fernández (1995)	L	Capítulo	Incluye rango de distribución a grandes rasgos.
Odonata	Pérez-Gutiérrez y Palacino-Rodríguez (2011)	C	Artículo	Incluye distribución por departamentos.
Blattaria	Vélez (2008)	L	Artículo	Incluye distribución geográfica por región, departamento y rango de elevación.
Diptera	Wolf et al. (2016)	M	Revista	Incluye distribución a escala de país y referencias.
Anfibios	Acosta-Galvis y Cuentas (2016)	F	Portal web	Incluye rango de distribución y elevación, mapas, estado de conservación y referencias; no incluye sinonimias.
Reptiles	Sánchez-C. et al. (1995)	L	Capítulo	Incluye rango de distribución.
Aves	Salaman et al. (2009)	L	Artículo	Incluye subespecies, región de distribución, rango de elevación y estado de conservación.
Peces	Álvarez-León et al. (2013)	L	Libro	Incluye nombres comunes, cuencas de distribución, tipos de hábitat, estado de conservación y referencias.
Mamíferos	Solari et al. (2013)	M	Artículo	Incluye distribución por regiones y departamentos, rango de elevación y referencias por especie.
Todos	SiB Colombia (2016)	F	Portal web	En construcción. Incluye fotos, mapas de distribución y estado de conservación. Disponible en <a href="http://catalogo.biodiversidad.co">catalogo.biodiversidad.co</a>

\* Se consideraron como grandes grupos de especies los niveles taxonómicos de Orden, para el caso de Insecta y Clase, para los demás grupos. 1 Tipo de inventario: L=listado de nombres, C=listado de chequeo taxonómico, F=listado de flora o fauna, M=monografía. (Ver sección 3.3 para una mayor explicación de estos tipos).

# Marco teórico

## Biodiversidad

Aunque la diversidad biológica, según la definición del Convenio de la Diversidad Biológica (UN, 1992), comprende la diversidad de ecosistemas y los complejos ecológicos de los que forman parte, los alcances de este documento se centran en la biodiversidad a nivel de especies. Un inventario de la diversidad de complejos ecológicos y ecosistemas, con los retos y características necesarios que implicaría llevarlo a cabo, es una tarea que quedará todavía pendiente.

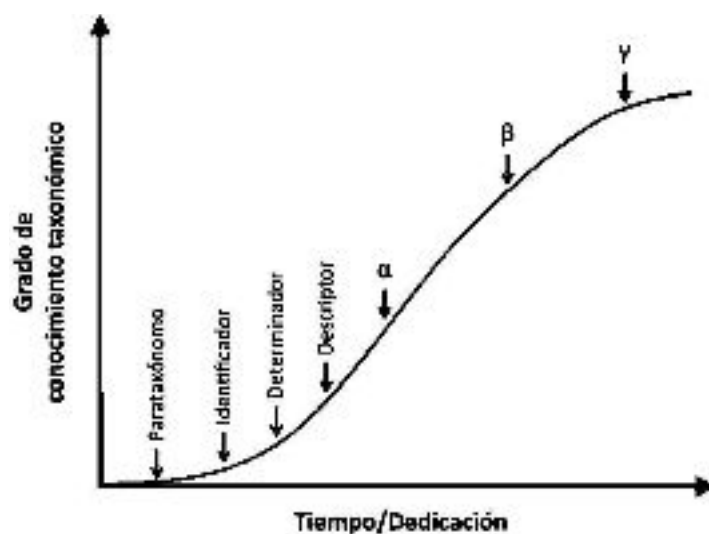
## Taxonomía y especies

Los listados de especies son iniciativas de carácter taxonómico, pero ¿qué es la taxonomía?: “Una disciplina de la biología que identifica, describe, clasifica y nombra a los organismos existentes o extintos y trabaja con la teoría de clasificación” (Padial et al., 2010). La taxonomía moderna nombra a los organismos asignando nombres de especies según el sistema de clasificación binomial y la identificación tipológica de Linneus. Durante siglos, esta descripción de especies se limitó a un ejercicio de anatomía; la búsqueda de caracteres diagnósticos que permitieran distinguir un grupo de especímenes (Padial et al., 2010). Sin embargo, con el desarrollo de nuevas técnicas de secuenciación genética y registros visuales y auditivos (cámaras digitales, grabadoras, micro-CT), se están abriendo las compuertas de una avalancha de datos que están redefiniendo continuamente el oficio de la taxonomía (Padial et al., 2010, Noriega et al., 2015).

Por esta razón, el ejercicio taxonómico actual va mucho más allá de la descripción de especies. Los niveles alfa, beta y gamma de la experticia taxonómica (Figura 1) comprenden tareas que van desde las propuestas de sinonimización de especies hasta las hipótesis filogenéticas, definiendo sinapomorfías y el soporte de clados enteros. Estos últimos niveles de experticia requieren de un prolongado proceso de formación y años de trabajo. De hecho, se ha estimado que para llegar a ser autoridad internacional en la taxonomía de un clado en particular, un egresado de un programa de doctorado debe recorrer todavía dos terceras partes del camino en materia de publicaciones, reconocimiento y tiempo de trabajo (Caley et al., 2014). Desafortunadamente, la ruta de la experticia en taxonomía se encuentra en crisis (Noriega et al., 2015), principalmente por la falta de inversión, de reconocimiento y de plazas laborales (de Carvalho et al., 2014).

Aunque, como se puede ver en la gráfica, existen grados de especialización muy altos, también es cierto que la taxonomía es una labor intrínsecamente incluyente, ya que permite la participación de personas con distintos niveles de dedicación y conocimiento. Simples aficionados pueden participar en colectas, identificaciones de morfotipos e incluso llegar a determinar taxones al nivel de especie en algunos grupos.

En lo que tiene que ver con el concepto de especie, se han propuesto múltiples definiciones que han llevado a discrepancias que eran, hasta hace poco, tema de complejos debates. Por fortuna, se ha llegado a una unificación de conceptos (De Queiroz, 2007), y actualmente se considera una especie como un linaje natural delimitable (Wiens, 2007, Padial et al., 2010).



**Figura 1.** Esquema de especialización taxonómica. En el nivel alfa se clasifican especies dentro de una propuesta filogenética dada. En el nivel beta se manejan taxones de manera global, proponiendo sinonimias y reubicando clados en la jerarquía taxonómica según su nivel de diferenciación fenotípica. En el nivel gamma se proponen hipótesis filogenéticas del grupo de trabajo. Tomado de Noriega et al. (2015).

## Listas de especies

Para elaborar una lista de especies, es necesario definir antes los alcances que tendrá. Esta tarea se lleva a cabo teniendo en cuenta diferentes escalas: la espacial, la temporal y la filogenética.

### Escala espacial

Puede ser tan pequeña como unos cuantos metros cuadrados (un parche de bosque o un tramo de un río), o tan grande como el planeta mismo (Levin, 1992). Para las listas de especies de Colombia, la escala espacial puede comprender una progresión de unidades geográficas o políticas que van desde un municipio hasta el país entero.

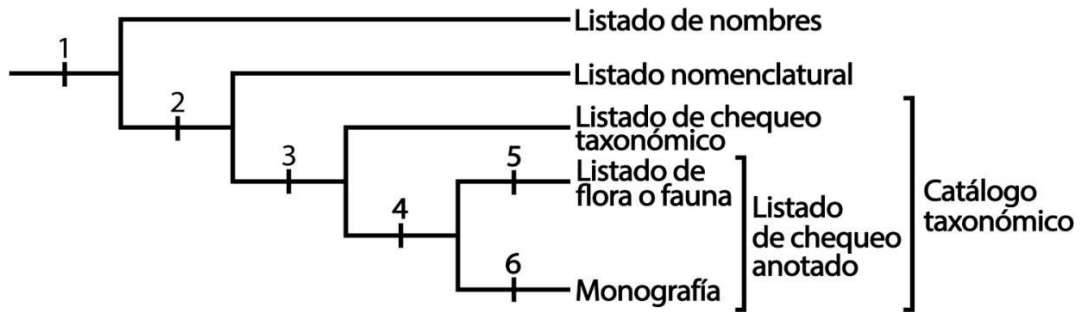
### Escala temporal

Es tan importante para entender la ecología y la evolución de los organismos como la escala espacial (Levin, 1992, Chave, 2013). Sin embargo, la escala temporal raramente se hace explícita en la descripción de un listado de especies, porque se asume que se está tratando con una diversidad constante y del tiempo presente. Esta suposición no tiene en cuenta la extinción, la colonización y la invasión de especies, fenómenos que se pueden dar de forma natural o por causas antropogénicas.

### Escala filogenética o temática

Frecuentemente se refiere al clado de interés de una lista. En estos casos, las especies listadas provienen de una raíz común y el inventario contribuye a entender su diversificación. Sin embargo, las listas de especies también pueden ser acotadas por: un tema, como un determinado estado de conservación de las especies ( el caso de los Libros Rojos); un tipo de hábitat, como la flora asociada a cultivos de café, la fauna urbana etc.; o algún otro aspecto biológico de los organismos de interés, como el caso de las especies polinizadoras o introducidas en una zona determinada.

Además de estas escalas, las listas de especies también se pueden clasificar según su alcance taxonómico, en una progresión que va desde el simple listado de los nombres hasta los más informativos catálogos taxonómicos (Figura 2). Cualquiera de los tipos de lista puede incluir las siguientes características opcionales: nombres comunes, distribución geográfica, caracteres diagnósticos y descriptivos, ilustraciones, datos moleculares y listado de especímenes en colecciones.



**Figura 2.** Clasificación de listados de especies según su alcance taxonómico. Se definen según los datos que incluyen, indicados de la siguiente manera: (1) Nombres científicos aceptados; (2) Usos de nombres científicos (actos nomenclaturales); (3) Opinión taxonómica, listado de sinonimias; (4) Propuesta de jerarquía taxonómica; (5) Circunscripción espacial; (6) Circunscripción a un taxón. Adaptado de GBIF (2011a).



## Metodología

A continuación, se indican los pasos propuestos a seguir en el desarrollo de las listas de especies de referencia para Colombia.

### Definición del equipo de trabajo

Al ser la taxonomía una disciplina incluyente, como ya se vio, cualquier persona o grupo podría tener la iniciativa de crear una lista de las especies de su interés. Por ejemplo, un grupo de campesinos interesados en listar las especies que cazan por su carne (Campos-Rozo and Ulloa, 2003) puede aportar datos tan valiosos como los de un grupo de consultores contratado para hacer el listado de especies de herpetos y mamíferos que habitan en bosques que serán inundados por una represa (Rodríguez-Moreno et al., 2014). Sin embargo, una lista nacional de especies es un proyecto de mayor envergadura, y su desarrollo debe ser liderado por personas expertas en la taxonomía y ecología de grupos determinados. Esto no quiere decir que otros actores deban dejarse de lado, pero es importante que los especialistas sean quienes dirijan el proceso, ya que en escalas de menor experticia es inevitable encontrar información dudosa o contradictoria que requiere del criterio de un taxónomo experto.

### Selección del listado a desarrollar

Debido a la variación de las listas de especies según su nivel de profundización e intervención de la taxonomía, se han considerado tres niveles para la realización de este proceso. Se recomienda abordar la construcción de las listas en el orden propuesto, partiendo de lo más general para construir lo particular, con el fin de optimizar los esfuerzos y proponer metas realistas en su desarrollo:

#### Listado de nombres

Es el inicio del proceso; consiste en una recopilación de nombres científicos aceptados bajo una taxonomía establecida. A pesar de ser el tipo de listado más sencillo, requiere de la participación de expertos debido a lo complicada que puede ser la determinación de especímenes a nivel de especie en algunos grupos de organismos.

#### Listado de especies

Es la primera publicación; consiste en un listado de nombres que incluye, adicionalmente, la lista de las publicaciones que han utilizado el nombre de las especies incluidas (publicación de la descripción original, cambio de género, leptotipificación, etc.).

#### Catálogo taxonómico

Su construcción requiere de la colaboración de expertos, ya que se deben tomar decisiones taxonómicas complejas, como la invalidación de especies dentro de sinonimias o la ubicación de especies en clados con sinapomorfías características. Este producto representa la evolución de las listas de especies y requiere de una revisión y aproximación detalladas en materia metodológica y conceptual que no serán tratadas en este documento.

## Definición de escalas

### Escala espacial

Es necesario que los listados de especies abarquen toda la escala geográfica (incluyendo zonas de influencia, ecosistemas, etc.) y la escala política, en la cual las entidades tomadoras de decisiones tienen especial interés debido a su jurisdicción (reservas de la sociedad civil, municipios, parques nacionales, corporaciones autónomas regionales o departamentales y país).

Es importante establecer la línea base del listado en una escala nacional. Los listados de diferentes escalas deben alimentarse entre sí; un listado nacional facilita la elaboración de listados locales mediante la acotación de la lista a especies que se encuentran en una zona determinada. De la misma manera, una vez establecidos los listados de menor escala, estos servirán para alimentar la lista nacional.

### Escala temporal

Como se explicó anteriormente, el listado de especies para un área geográfica definida puede variar en el tiempo debido a cambios en la distribución (dispersión natural o causas antropogénicas) y la existencia misma de las especies, además de los cambios que se verifican constantemente en la taxonomía. Debido a las limitaciones para obtener esta información de manera oportuna, se recomienda generar el primer listado de especies incluyendo todas las especies vivas observadas o colectadas hasta el tiempo presente, es decir, llevar a cabo el levantamiento de la línea base de la biodiversidad de especies.

### Escala filogenética o temática

La amplitud filogenética o temática del listado de especies depende de la experticia de los autores y del tamaño del taxón. Por lo tanto, se recomienda limitar la lista a un alcance proporcional a la dedicación y experticia del grupo encargado de su elaboración. Se puede delimitar la lista según la escala filogenética (Reino, Clase, Orden, Familia, Género). Sin embargo, el nivel taxonómico no necesariamente es un buen indicador del tamaño de la lista. Por ejemplo, la clase más diversa de vertebrados -Osteichthyes, con 62.000 especies- (Nelson et al., 2016) parece pequeña al lado del orden más rico de insectos (Coleoptera, con 300.000 especies). Los listados de especies pueden acotarse al nivel de cualquier clado supraespecífico, dependiendo del músculo investigativo y financiero del proyecto. A medida que se asciende en la escala taxonómica, la tarea se torna sobrecogedora: la publicación del catálogo de las especies del orden Diptera de Colombia, por ejemplo, requirió un número completo de la revista *Zootaxa* y la participación de decenas de autores (Wolff et al., 2016).

La misma recomendación aplica para los listados de especies con algún tipo de amenaza (listados de Libros Rojos, perturbación antrópica, especies afectadas por atropellamientos en carreteras, especies aprovechadas para consumo, especies decomisadas, etc.), que son una herramienta de primera mano para los tomadores de decisiones. La inclusión de una especie en una lista de amenazadas puede determinar la asignación y ejecución de recursos, la atención investigativa, la restricción de colecta y la movilización social en pro de la conservación de la especie. La serie de Libros Rojos de Colombia ha significado un importante avance en el reconocimiento de problemáticas ambientales que comprometen la supervivencia de algunas especies. Sin embargo, todavía no se ha evaluado el grado de amenaza de muchos taxones; las evaluaciones existentes son principalmente cualitativas y la escala geográfica nacional suele ser muy gruesa para aplicaciones a nivel local.

Otro posible, aunque controversial, tema focal para un listado de especies es el grado de endemismo. La lista de especies endémicas depende de la escala espacial que se escoja, ya si bien una especie puede ser endémica del país, puede estar ampliamente distribuida dentro del territorio. El listado de especies endémicas de un área particular también puede ser utilizado para la valoración de las especies, y por ende para la inversión de recursos en su protección (Brooks et al., 2006). Para Colombia sería de gran utilidad contar con una lista de endémicas que contenga la escala espacial de endemismo de cada especie, usando como partición territorial las áreas de jurisdicción del mapa político y la de las CAR y las áreas protegidas del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales (SNPNN).

Además, los listados pueden delimitarse temáticamente según aspectos ecológicos (presencia de las especies en un hábitat o un ecosistema determinado, grupo funcional, hábitos migratorios, dieta o periodo reproductivo); según aspectos aplicados (importancia económica de especies); o según aspectos culturales y antropológicos (plantas mencionadas por García Márquez en su universo macondiano, plantas de importancia etnobotánica, etc.).

### **Selección de la hipótesis filogenética subyacente**

Debido a los distintos modelos que existen, la validez de los nombres científicos puede ser un tema de discusión taxonómica. Para este efecto, es recomendable escoger una hipótesis filogenética que sirva de soporte para la selección de los nombres a listar. Dependiendo de la escala filogenética que se elija, se puede contar con una o más hipótesis filogenéticas del grupo. En el caso de que haya más de una hipótesis, se debe usar como base la más sustentada según la metodología, fuente de datos, nivel de experticia de los autores, aceptación de la comunidad académica, etc. Para los grupos que no cuenten con hipótesis filogenéticas disponibles, se puede seleccionar una referencia que sustente al menos el nivel taxonómico superior. Una fuente confiable para consultar filogenias actualizadas de todo el árbol de la vida es la página web del proyecto *Open Tree of Life* (Hinchliff et al., 2015).

## **Recopilación de la información del listado de especies**

### **Estándar para la publicación**

La información que se requiera para el listado de especies depende de la selección previa del tipo de listado y la definición de las escalas. Para la recopilación de dicha información (GBIF, 2011c) se recomienda el uso del estándar *Darwin Core -DwC-* (Wieczorek et al., 2012). El DwC es un estándar interoperable, de fácil acceso e intercambio, que permite organizar datos de colecciones, colectas y experimentos, y relacionar información proveniente de medios digitales, datos moleculares y referencias bibliográficas. Consiste en una serie de campos estandarizados que se pueden visualizar como las columnas de una hoja de cálculo (actualmente, cuenta con 185 campos, de los cuales 44 corresponden a elementos para construir listas de chequeo de especies).

Además, el DwC permite recopilar información adicional relacionada con las especies registradas, como los rasgos funcionales, el uso y el estado de conservación (las categorías IUCN o CITES se pueden incluir en la extensión *DwC-Distribution*). En lo que tiene que ver con la localidad, se puede incluir la presencia de especies en territorios colectivos y áreas protegidas, además de la autoridad ambiental que ejerce jurisdicción sobre el área. Estos atributos adicionales deben ser documentados con la ayuda de las extensiones, que son formatos DwC modificados para organizar tipos particulares de datos.

### **Qué información recopilar**

La inclusión de cada especie en la lista debe estar sustentada por especímenes depositados en colecciones nacionales o internacionales y determinada por especialistas en cada grupo específico. Así mismo, los registros de soporte deben estar determinados en el tiempo y en el espacio. Los datos obtenidos de literatura también se pueden incorporar en este formato, siempre y cuando estén sustentados por registros de una colección. El material referente a una especie debe seguir el requisito de la *International Commission on Zoological Nomenclature* (ICZN) incluido en el párrafo 72.50: “un animal o parte de un animal, o una muestra de la obra fosilizada de un animal, o de la obra de un animal existente, si el nombre basado en ella se estableció antes de 1931” (González and Soacha-Godoy, 2015). Sin embargo, hay algunas excepciones al requerimiento de ejemplares testigo para cada registro, ya que algunos organismos no se depositan en colecciones por su gran tamaño o porque su conservación se encuentra en algún estado de amenaza (p. ej. Cetáceos). En esos casos, el registro debe estar sustentado por observaciones de expertos asociadas con material tipo de la especie respectiva.

### **Recopilación de la información**

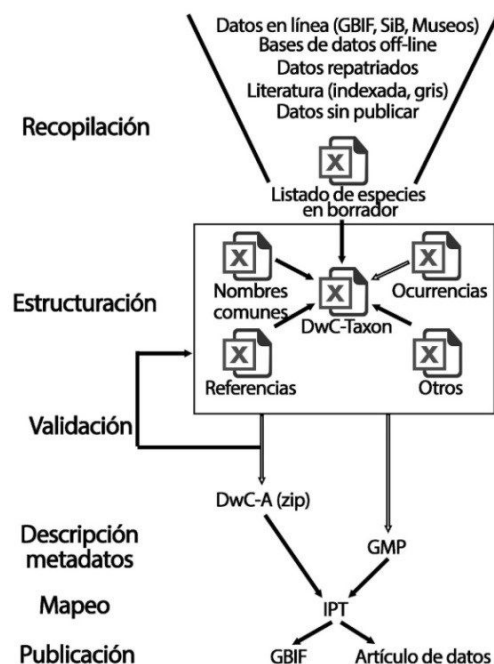
Una vez definidos los alcances del listado de especies, se da inicio al proceso de construcción (Figura 3). Para el primer paso, que es recopilar la información, se recomienda consultar las fuentes de información en el siguiente orden:

**Listados de especies preliminares:** un listado previo es un borrador del cual se parte, reestructurándolo y complementándolo con información actualizada. Los registros de los listados preliminares también deben estar sustentados por ejemplares testigo depositados en colecciones biológicas, salvo en las excepciones anteriormente descritas.

**Bases de datos de colecciones biológicas:** pueden estar en línea o puede ser necesario contactar a las personas encargadas de la curaduría en colecciones nacionales o internacionales.

**Registros en fuentes bibliográficas:** las referencias pueden ser documentos indexados o literatura gris. Entre los primeros, se cuentan libros y artículos con listados o descripciones de especies, artículos de datos, ampliaciones de rangos de distribución y análisis filogenéticos. La literatura gris, por su parte, comprende informes de consultoría, tesis de grado sin publicar y documentos oficiales de entidades que manejan los recursos naturales (desde municipios hasta la Nación, pasando por departamentos, CAR, PNN y otras entidades del SINA). Toda la información que se obtenga de la literatura debe corroborarse y estar sustentada por especímenes depositados en colecciones biológicas sometidas a revisión de curaduría. Se debe tener especial cuidado con la literatura gris, especialmente cuando se trata de informes técnicos, ya que estos suelen desarrollarse bajo estándares de cumplimiento de plazos administrativos y no de rigor científico.

La extracción de nombres científicos de la literatura se puede hacer manualmente o con técnicas de *data mining* como el *OrganismTagger* de *Semantics Software* ([www.semanticssoftware.info/organism-tagger](http://www.semanticssoftware.info/organism-tagger)), que funciona en línea o instalada en el computador personal bajo una plataforma GATE ([www.gate.ac.uk](http://www.gate.ac.uk)). Otras herramientas para explorar textos en búsqueda de taxa son los paquetes de R *Taxonstand* (<https://CRAN.R-project.org/package=Taxonstand>) y *Taxise* (<https://CRAN.R-project.org/package=taxise>).



**Figura 3.** Flujo de trabajo para la publicación de listados de especies. Los íconos de Excel indican elementos que se pueden manejar como hojas de cálculo.

## Estructuración de la información

Una vez obtenido el borrador del listado de especies, se procede a estructurarlo en el DwC (Figura 3), es decir, hacer corresponder la información obtenida con las categorías del estándar. El esquema de estructuración se conoce como “tipo estrella”. En él, el *core*, o información central, contiene los elementos *Taxon*, y las extensiones contienen la información adicional (GBIF, 2011a). Cada una de las filas del *core* corresponde a una especie o taxón, y puede estar asociada con múltiples filas en las tablas de datos relacionadas. Las tablas de datos se relacionan con un identificador único (ID) ubicado en el campo correspondiente, que puede consistir en un número, un código alfanumérico o un identificador.

## Clasificación taxonómica

Se aconseja realizar la estructuración de la clasificación de manera categorizada, es decir que en la fila correspondiente a cada especie se deben incluir también los niveles taxonómicos superiores, lo que ayuda a que el formato sea más intuitivo (GBIF, 2011a):

**Tabla 3.** Niveles taxonómicos superiores esperados en la documentación de la información (GBIF, 2011a).

ID	kingdom	phylum	class	order	family	scientificName
1001	Animalia	Chordata	Mammalia	Carnivora	Felidae	Panthera tigris
1002	Animalia	Chordata	Mammalia	Carnivora	Felidae	Panthera leo

La estructuración del estatus taxonómico de cada especie, incluyendo sus sinonimias, se realiza usando el campo *acceptedNameID*, que corresponde al *taxonID* de la especie válida:

**Tabla 4.** Documentación del estatus taxonómico de una especie, el primer registro representa el nombre aceptado para un taxón y los registros 2 y 3 son sinónimos (GBIF, 2011a).

ID	scientificName	acceptedNameID	taxonomicStatus	nomenclaturalStatus
1	Coeligena helianthea (Lesson 1838)	1	aceptado	
2	Ornismya helianthea Lesson 1838	1	Sinónimo homotípico	
3	Helianthea helianthea (Lesson 1838) J. Gould 1848	1	Sinónimo homotípico	
4	Helianthea typica Bonaparte 1850	1	Sinónimo heterotípico	nomen dubium
5	Helianthea porphyrogaster Mulsant 1876	1	Sinónimo heterotípico	nomen dubium
6	Coeligena helianthea tamai Berlioz & Phelps 1953	1	Sinónimo heterotípico	nomen dubium

Las referencias para un taxón se documentan mediante una extensión asociada al *Core Taxon* (<http://rs.gbif.org/terms/1.0/Reference>). Allí se indica la cita, su identificador (DOI o ISBN) y otras características generales. El archivo de nombres comunes se asocia de la misma manera (<http://rs.gbif.org/terms/1.0/VernacularName>), y puede incluir nombres para todo el organismo, un sexo, un estado de desarrollo, una parte, en qué parte del mundo o en qué periodo de tiempo se ha utilizado. Para mayor información sobre casos más complejos y otros campos en *DwC-Taxon* consultar <http://rs.tdwg.org/dwc/terms/Taxon>.

Todas las extensiones se asocian al *Core Taxon* por medio de un *TaxonID*. Existen extensiones adicionales para documentar atributos de las especies, puede consultar el listado completo en <http://tools.gbif.org/dwca-validator/extensions.do>. Algunos ejemplo son:

Distribución: <http://rs.gbif.org/terms/1.0/Distribution>  
 Descripción: <http://rs.gbif.org/terms/1.0/Description>  
 Especímenes tipo: <http://rs.gbif.org/terms/1.0/Specimen>  
 Invasividad: <http://rs.gbif.org/issg/terms/Pathway>

## Corrección de errores técnicos

Una vez que los datos hayan sido recopilados y estructurados, se debe hacer un análisis de su calidad (Figura 3). Para ello, se recomienda el uso de herramientas como *Darwin Test*, *Darwin Core Validator* y *Darwin Core Archive Validator Service*. Para revisar errores técnicos (ortográficos, de tecleo y duplicados), se recomienda de manera especial el uso de *OpenRefine*, que también permite la reconciliación de los nombres científicos con bases de datos de nombres actualizados (p. ej. el API de *Encyclopedia of Life*). Otra herramienta para la detección de fallas en la calidad de los datos es R.

## Documentación de metadatos y publicación

Una de las fortalezas de los estándares de manejo de datos de la biodiversidad es que permiten el uso de un lenguaje común para describir a los datos en sí mismos. Antes de adentrarse en una base de datos, es conveniente inspeccionar esa descripción con el fin de hacerse una idea de su calidad y aplicabilidad. Los metadatos son un archivo con campos definidos que se pueden ir completando a partir de la misma plataforma *Integrated Publishing Toolkit* (IPT), o usando una hoja de cálculo con campos predeterminados. Para más información de cómo describir los metadatos ver GBIF (2011b).

Se recomienda que en los metadatos se especifique la manera en la que se delimitó el listado (escalas, tipo de listado) y qué propuesta filogenética se utilizó como base. Una vez consolidada la información, el IPT genera un *DwC-Archive* (DwC-A), que es en sí mismo un mecanismo adicional de validación de datos, ya que reporta errores ante las inconsistencias técnicas de formato. En nuestro país, el SiB Colombia mantiene una plataforma IPT (<http://ipt.sibcolombia.net/sib/>) que ha venido creciendo paulatinamente gracias a proyectos de digitalización de datos de colecciones biológicas y a la incorporación de información de los socios publicadores.

Una vez que se han incorporado los datos a la plataforma IPT, ya están disponibles para ser compartidos al público. Actualmente, el principal repositorio de biodiversidad a nivel mundial es el GBIF ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)), desde donde se puede acceder a más de 600 millones de registros biológicos. Cabe destacar que un recurso (datos con sus metadatos publicados) es un tipo de publicación al que se le asigna un DOI, que puede ser citado por sus autores. Además de la publicación en IPT, es posible publicar en una revista un artículo de datos en el que se haga visible una sólida descripción de los datos y gráficas de la información obtenida. Varias revistas publican este tipo de artículos (p. ej. *Biota Colombiana*, *ZooKeys*), que consisten en una introducción y un análisis alrededor de los metadatos de la base de datos descrita.

## Mantenimiento del listado de especies

Una de las ventajas de la publicación de listados de especies en formato digital es que se facilita su actualización, y por ende su vigencia. Cualquier cambio taxonómico o dato nuevo se incorpora como una modificación en los recursos incorporados. Las nuevas versiones de estos archivos también deben pasar por los procesos de validación, descripción y publicación, que se llevan a cabo en línea, de manera que una nueva versión puede estar disponible en cuestión de horas. Idealmente, el grupo de coautores que tuvieron la iniciativa de recopilar el listado de especies debe hacerle mantenimiento directamente y comprometerse a encontrar un eventual relevo en caso de ser necesario.

# Resultados

## Consideraciones para la construcción de Listados Nacionales

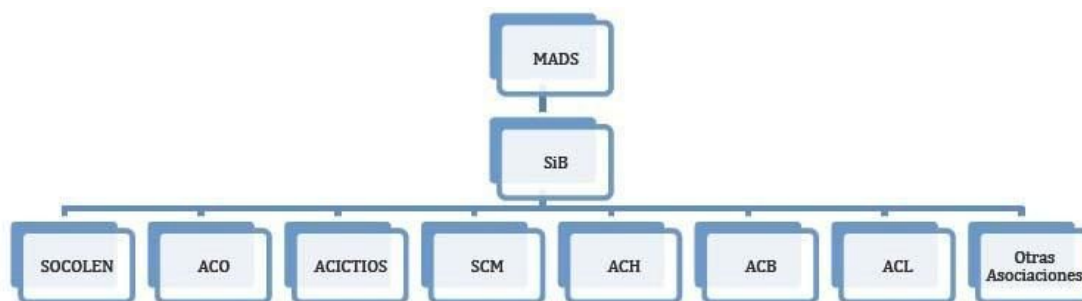
### Portal de listas nacionales de especies

Se requiere un portal dedicado exclusivamente a las listas nacionales de especies. En la actualidad, el SiB Colombia cuenta con un portal (<http://datos.biodiversidad.co/>) en donde los usuarios pueden consultar los registros de colecciones biológicas incorporados a través de la plataforma IPT. Sin embargo, el listado de especies publicadas en esta plataforma no es visible en ninguna instancia, más allá de la consulta directa a la plataforma IPT (<http://ipt.biodiversidad.co/sib/>).

### Esquema de Gobernanza

Es clara la necesidad de un esquema de gobernanza para el manejo de la información de la biodiversidad, y en particular para la elaboración de listados nacionales de especies. Dicho esquema debe asegurar que todo el proceso sea abierto desde el principio, que se explique por qué se priorizan ciertos grupos y ciertos datos, cómo se recoge la información, por qué se escogen o eliminan especies de los listados, cuáles son los criterios de validación y cada cuánto se lleva a cabo la actualización.

Los actores que podrían estar involucradas como recopiladores de datos, publicadores o usuarios inmediatos de los listados son: la ciudadanía (a través de procesos de Ciencia Participativa); la academia (universidades públicas y privadas con sus colecciones biológicas, cuerpo docente, investigadores, curadores, estudiantes de pregrado, postgrado y postdoctorados); las asociaciones de investigadores especialistas en los distintos grupos biológicos; las ONG; las entidades adscritas al SINA (Instituto Humboldt, Invemar, IDEAM, IIAP, Sinchi, PNN, CAR); el MADS y Colciencias. Teniendo en cuenta a estos actores, se propone aquí un esquema de gobernanza con tareas asignadas para cada tipo de participante (Figura 4 y Tabla 5). Cabe resaltar que este esquema no es una imposición definitiva, sino una alternativa que se pone sobre la mesa para su análisis y discusión.



**Figura 4.** Esquema de Gobernanza. Las instituciones que componen la estructura directiva son el MADS, el SiB Colombia y las diferentes asociaciones especializadas en grupos taxonómicos: Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN), Asociación Colombiana de Ornitología (ACO); Asociación Colombiana de Ictiología (ACICTIOS); Sociedad Colombiana de Mastozoología (SCM), Asociación Colombiana de Herpetología (ACH), Asociación Colombiana de Herbarios (ACB) y Asociación Colombiana de Limnología (ACL).



**Tabla 5.** Aportes y labores propuestas para los actores participantes en la creación de las listas de especies.

Proceso	Ciencia participativa	Estudiantes pregrado	Posgrado/Posdoc	Taxónomo experto	SiB Colombia	Contratista
Recopilación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usos</li> <li>- Nombres comunes</li> <li>- Reportes avistamientos, fotografías.</li> <li>- Digitalización de datos.</li> <li>- Toponimias</li> <li>- Monitoreo de especies de fácil identificación (uso de apps).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minería de datos</li> <li>- Digitalización de datos de literatura.</li> <li>- Investigaciones y pasantías relacionadas.</li> <li>- Georreferenciación</li> <li>- Visitas a colecciones.</li> <li>- Levantamiento de información.</li> <li>- Nuevos datos de campo.</li> <li>- Organización de material.</li> <li>- Sistematización de grupos específicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Supervisión de estudiantes.</li> <li>- Revisar material de museos.</li> <li>- Minería de datos ecológicos y biogeográficos.</li> <li>- Propuestas de investigaciones y temas para listas.</li> <li>- Revisiones taxonómicas y monografías.</li> <li>- Análisis filogenéticos y curaduría.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitación y supervisión.</li> <li>- Definición de vacíos de información.</li> <li>- Curaduría y administración de la lista recopilada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitación y asesoría.</li> <li>- Diseño y publicación de guías.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minería de datos.</li> <li>- Repatriación de datos.</li> <li>- Búsqueda general de información.</li> <li>- Digitalización y Georreferenciación.</li> </ul>
Estructuración		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pasantías y electivas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis - Confirmación de identificaciones.</li> <li>- Revisión de material de museos</li> <li>- Contacto y consulta con expertos.</li> <li>- Supervisión de estudiantes y ciudadanos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Supervisión - Verificación de localidades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitación y asesoría.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistematización - Manejo de bases de datos y archivos de referencias.</li> </ul>
Validación			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis y depuración de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Supervisión - Curaduría de lista.</li> <li>- Decisiones taxonómicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitación y asesoría.</li> <li>- Evaluación de validaciones.</li> </ul>	
Metadatos				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitación y asesoría.</li> <li>- Descripción de datos entrantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descripción de datos.</li> </ul>
Mapeo					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mapeo de datos entrantes.</li> </ul>	
Publicación				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Curaduría final de lista.</li> <li>- Determinación de periodicidad actualizaciones.</li> <li>- Repositorio de información.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Publicación</li> <li>- Diseño de software.</li> <li>- Mantenimiento de plataformas.</li> <li>- Formación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualización</li> </ul>

Según el esquema propuesto, las entidades especializadas en los diferentes grupos taxonómicos serán las encargadas de elaborar los listados nacionales de especies que, a través del SiB Colombia, llegarán al MADS para ser oficializadas. El SiB Colombia también estará a cargo de socializar el trabajo realizado con las otras instituciones adscritas al SINA con el fin de promover y divulgar las listas. Además, deberá liderar procesos de diseño de software, capacitación, aplicación para financiamiento y reuniones dedicadas a trazar planes de trabajo y asignación de recursos. Para esto, debe contar con personal apto para capacitar y asesorar a los demás actores. Por otra parte, deberá contribuir en los procesos de estructuración, validación, descripción, mapeo y publicación de los datos.

Otras responsabilidades del SiB Colombia serán: el mantenimiento de la plataforma de listados de especies; la consolidación de un directorio de especialistas; la gestión de recursos ante el MADS, Colciencias y las

ONG; la organización de reuniones periódicas de la Estructura Directiva del esquema de gobernanza y la capacitación de los demás actores en el trabajo relativo a la Ciencia Participativa.

Las asociaciones de especialistas, por su parte, se encargarán de contactar internamente a personas expertas en los grupos taxonómicos de interés, que a su vez tendrán que coordinar con otros actores la recopilación, estructuración, validación, descripción, mapeo y publicación de los datos, tal y como se explica en la Tabla 3. Durante años, las asociaciones de especialistas han sido estructuras con capital humano altamente calificado, pero con escasos recursos para demostrar su potencial. La elaboración de las listas nacionales de especies es una oportunidad en la que estas entidades merecen tener un rol central, ya que su razón de ser encaja perfectamente con el trabajo por realizar. Entre las responsabilidades específicas propuestas para estas asociaciones están la de contribuir con la actualización del Plan Estratégico de trabajo y la estructuración de propuestas de financiamiento.

La Estructura Directiva del esquema de gobernanza, el SiB Colombia y un representante de cada una de las asociaciones de especialistas se encargarán de construir y actualizar los protocolos para el manejo de colecciones biológicas, el trabajo con Ciencia Participativa y la elaboración de listas nacionales de especies. Adicionalmente, se propone que este cuerpo de personal experto tenga la libertad de emitir alertas si se llegare a detectar un deterioro grave de la conservación de especies amenazadas.

La academia también tiene un papel central en el esquema de gobernanza, puesto que los taxónomos expertos, los museos y sus curadores trabajan principalmente desde las universidades. Con la relevancia y los recursos que se quieren brindar a los taxónomos expertos, se abre también una oportunidad para que las universidades puedan colaborar en procesos de capacitación y desarrollo de proyectos en los que su cuerpo docente, el estudiantado y las personas asociadas a los museos tengan un rol principal. Los grupos taxonómicos que no cuentan con una asociación nacional pueden ser comisionados a expertos nacionales o internacionales, conforme lo estipule la Estructura Directiva de acuerdo con las prioridades trazadas en el Plan Estratégico.

El componente ciudadano es un engranaje con el que se cuenta para este esquema de gobernanza. La ciudadanía, que comprende grupos como colegios, personas de la tercera edad, aficionados, e incluso practicantes de deportes extremos, también puede contribuir en este inventario de la biodiversidad nacional. Con el fin de que esto suceda, el proceso debe contar con plataformas y espacios idóneos para la contribución ciudadana (ver sección 5.1 y Tabla 3). Durante todo el proceso, el personal experto en taxonomía deberá diseñar procesos y material didáctico, capacitar a la ciudadanía y validar los datos obtenidos. Aunque en la Ciencia Participativa el rigor científico suele ser menos preciso, los datos obtenidos por ciudadanos corrientes han sorprendido por su calidad, cantidad y contenido en otros procesos, y han servido para refinar rangos de distribución y abundancias de varias especies en distintos contextos.

## Autoría

Como se ha podido entrever, los listados nacionales de especies son proyectos que van mucho más allá que la carrera de cualquier investigador. Por esta razón, se propone que la autoría de estas listas sea otorgada a cada una de las asociaciones encargadas de construirlas. Las personas que hayan participado en la elaboración podrán ser reconocidas de las siguientes formas:

- Podrán publicar artículos de datos relacionados con listas parciales de especies acotados según las

escalas o el tipo de listado.

- Podrán ser citadas con reconocimientos individuales. Una o más personas pueden ser autores de una extensión de la lista.
- Quienes se hayan encargado de los datos de una especie determinada podrán ser citados por el uso de los datos de esa ficha.
- Quienes hayan encabezado los procesos de elaboración o actualización de listas nacionales de especies tendrán la posibilidad de participar en la creación del Informe Nacional del Estado de la Biodiversidad, y su coautoría deberá ser reconocida.

Los estudiantes de pregrado deben ser reconocidos con pasantías voluntarias o remuneradas, con referencias en su hoja de vida y cartas de recomendación. Los estudiantes y ciudadanos capacitados pueden ser reconocidos con certificados digitales como *Open Badge Factory* (<https://openbadgefactory.com>).

## Financiación

El esquema gobernanza propuesto requiere de una considerable contrapartida que aporte recursos para todas las fases del proceso. Sin recursos adicionales no será posible obtener listados nacionales de calidad a corto o mediano plazo. Aun incluyendo el trabajo voluntario de estudiantes y ciudadanos, es imprescindible contar con personal contratado para múltiples actividades. Se recomienda aunar esfuerzos para canalizar recursos que contribuyan a construir y enriquecer cada lista a través de proyectos que se empalmen paulatinamente.

Como punto de partida, se reconocen los siguientes actores como posibles financiadores, al menos en parte, de esta iniciativa de listado de la biodiversidad nacional:

- Entidades adscritas al SINA
- GBIF
- Colciencias
- JRS Biodiversity Foundation
- ONG como CITES, WWF, WCS, *Alfred P. Sloan Foundation*.
- ANH
- Ministerio de Agricultura de Colombia

Para este punto, se recomienda tomar como referencia un listado de especies a gran escala que contó con una financiación exitosa: el *World Register of Marine Species* (<http://www.marinespecies.org>). Esta iniciativa, que busca catalogar todas las especies marinas del mundo, ha conseguido renovar sus fuentes de financiación mediante diferentes proyectos con duración de dos a cinco años, que sustentan la iniciativa alternativamente para asegurar su permanencia.

# Conclusiones y discusión

## Plan de trabajo inicial

La Estructura Directiva debe ser la encargada de actualizar el plan de construcción de listas de especies a nivel nacional y determinar las prioridades en diferentes escalas (geográficas, temporales, taxonómicas). Como punto de partida, se proponen los siguientes productos estratégicos que se consideran prioritarios, y se recomienda que se realicen en el orden en que están enunciados:

- Socializar este documento de lineamientos con las asociaciones nacionales de especialistas.
- Comenzar por listados de nombres para, posteriormente, realizar listados nomenclaturales o de chequeo taxonómico. Sólo después de un primer conglomerado abordar las listas de chequeo anotadas.
- Hacer un diagnóstico del estado de conocimiento taxonómico para cada grupo biológico.
- Organizar recorridos de revisión taxonómica de colecciones nacionales y locales del país a cargo de equipos de especialistas en grupos de interés.
- Desarrollar el Catálogo de Especies Endémicas de Colombia.
- Desarrollar el Catálogo de Material Tipo de las especies de Colombia.

## Bibliografía

ABRS (2009) *Australian Biological Directory*: Australian Biological Resources Study. Available at: <http://www.environment.gov.au/science/abrs/online-resources> (Accessed: 2016-11-11).

Acosta Galvis, A. R. and Cuentas, D. (2016) Lista de los Anfibios de Colombia: Referencia en línea V.05.2015.0. Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. Available at: <http://www.batrachia.com> (Accessed: 2016-11-11).

Alvarez-León, R., Orozco-Rey, R. H., Páramo-Fonseca, M. E. and Restrepo-Santamaría, D. (2013) Lista de los peces fósiles y actuales de Colombia: Nombres científicos válidos, distribución geográfica, diagnosis de referencia & nombres comunes e indígenas. EcoPrints Diseño Gráfico y Audiovisual de Colombia, p. 346.

Arbeláez-Cortés, E. (2013) 'Knowledge of Colombian biodiversity: published and indexed', *Biodiversity and Conservation*, 22(12), pp. 2875-2906.

Barriga, J. C., Díaz-Pulido, A., Santamaría, M. and García, H. (2016) Catálogo de biodiversidad de las regiones andina, pacífica y piedemonte amazónico. Nivel Local. Volumen 2 Tomo 2 Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en áreas operativas de Ecopetrol. Proyecto Planeación Ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ecopetrol S.A. , p. 423.

Bello, J. C., Báez, M., Gómez, M. F., Orrego, O. and Nägele, L. (2014) *Biodiversidad 2014. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Bogotá D.C.: Instituto Alexander von Humboldt.

Bernal, R., Gradstein, S. R. and Celis, M. (2015) *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Bogotá D.C.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Available at: <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co> (Accessed: 2016-11-11).

Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., da Fonseca, G. A., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., Mittermeier, C. G., Pilgrim, J. D. and Rodrigues, A. S. (2006) 'Global biodiversity conservation priorities', *science*, 313(5783), pp. 58-61.

Cadena, C. D. and Cuervo, A. M. (2010) 'Molecules, ecology, morphology, and songs in concert: how many species is *Arremon torquatus* (Aves: Emberizidae)?', *Biological Journal of the Linnean Society*, 99(1), pp. 152-176.

Caley, M. J., O'Leary, R. A., Fisher, R., Low-Choy, S., Johnson, S. and Mengersen, K. (2014) 'What is an expert? A systems perspective on expertise', *Ecology and evolution*, 4(3), pp. 231-242.

Campos-Rozo, C. and Ulloa, A. (2003) *Fauna socializada: tendencias en el manejo participativo de la fauna en América latina*. Fundación Natura Bogotá D.C.: Fundación Natura-McArthur Foundation-Instituto Colombiano de Antropología e Historia.

Chave, J. (2013) 'The problem of pattern and scale in ecology: what have we learned in 20 years? ', *Ecology*

Letters, 16(S1), pp. 4-16.

Chaves, M. E. and Arango, N. (1998) Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad Colombia Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente, PNUMA.

Chaves, M. E. and Santamaría, M. (2006) Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998- 2004. . (2 vols). Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. .

Colombia), S. d. I. d. I. B. S. (2016) Sistema de información sobre biodiversidad de Colombia. Available at: <http://www.sibcolombia.net> (Accessed: 2016-11-11).

Conniff, R. (2011) *The Species Seekers: Heroes, Fools, and the Mad Pursuit of Life on Earth*. New York: W. W. Norton Company, p. 464.

Conniff, R. (2014) 'Useless Creatures', <http://opinionator.blogs.nytimes.com/> 2016].

Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Faber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V. and Paruelo, J. (1997) 'The value of the world's ecosystem services and natural capital', *Nature*, 387, pp. 253-260.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S. and Turner, R. K. (2014) 'Changes in the global value of ecosystem services', *Global Environmental Change*, 26, pp. 152-158.

Costello, M. J., Wilson, S. and Houlding, B. (2012) 'Predicting total global species richness using rates of species description and estimates of taxonomic effort', *Systematic Biology*, 61(5), pp. 871-883.

Daily, G. (1997) *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press.

de Carvalho, M. R., Ebach, M. C., Williams, D. M., Nihei, S. S., Trefaut Rodrigues, M., Grant, T., Silveira, L. F., Zaher, H., Gill, A. C., Schelly, R. C., Sparks, J. S., Bockmann, F. A., Séret, B., Ho, H.-C., Grande, L., Rieppel, O., Dubois, A., Ohler, A., Faivovich, J., Assis, L. C. S., Wheeler, Q. D., Goldstein, P. Z., de Almeida, E. A. B., Valdecasas, A. G. and Nelson, G. (2014) 'Does counting species count as taxonomy? On misrepresenting systematics, yet again', *Cladistics*, 30(3), pp. 322–329.

De Queiroz, K. (2007) 'Species concepts and species delimitation', *Systematic biology*, 56(6), pp. 879-886.

Donegan, T., Salaman, P. and Caro, D. (2009) 'Revision of the status of various bird species occurring or reported in Colombia', *Conservación Colombiana*, 8, pp. 76-82.

Donegan, T. M., Quevedo, A., McMullan, M. and Salaman, P. (2011) 'Revision of the status of bird species occurring or reported in Colombia 2011', *Conservación Colombiana*, 15, pp. 4-21.

Eichhorn, M. P. (2016) 'How many species are there?', in Eichhorn, M.P. (ed.) *Natural Systems: the organization of life*: John Wiley & Sons, Ltd, pp. 29-40.

Eschmeyer, W. N., Fricke, R. and van der Laan, R. (2016) Catalog of Fishes: Genera, Species, References. Available at: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (Accessed: 2016-11-11).

Feijoo M., A., Quintero V., H., Fragoso, C. and Moreno, A. G. (2004) 'Patrón de distribución y listado de especies de las lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) en Colombia', *Acta Zoologica Mexicana*, 20(2), pp. 197-220.

Fernández, F. (1995) 'La diversidad de los Hymenóptera de Colombia', in Rangel-Ch., J.O. (ed.) *Colombia Diversidad Biótica I*. Bogotá D.C.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, pp. 373-442.

Flórez-D., E. and Sánchez-C., H. (1995) 'La diversidad de los arácnidos de Colombia. Aproximación Inicial.', in Rangel-Ch., J.O. (ed.) *Colombia Biodiversidad Biótica I*. Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, pp. 327-372.

Franco, J. L. d. A. (2013) 'O conceito de biodiversidade e a história da biologia da conservação: da preservação da wilderness à conservação da biodiversidade', *História (São Paulo)*, 32, pp. 21- 48.

GBIF (2011a) Best Practices in Publishing Species Checklists, (contributed by Remsen D., Döring M., Robertson, T.) Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. Available at: [http://links.gbif.org/checklist\\_best\\_practices](http://links.gbif.org/checklist_best_practices).

GBIF (2011b) GBIF Metadata Profile – How-to Guide, (contributed by Ó Tuama, Eamonn, Braak, K. Remsen, D.) Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. Available at: [http://links.gbif.org/gbif\\_metadata\\_profile\\_howto\\_en\\_v1/](http://links.gbif.org/gbif_metadata_profile_howto_en_v1/).

GBIF (2011c) Publishing Species Checklists, (contributed by Remsen D., Döring M., Robertson, T., Ko, B.) Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. Available at: [http://links.gbif.org/checklist\\_how\\_to](http://links.gbif.org/checklist_how_to).

González, A. and Soacha-Godoy, K. (2015) *Construyendo colaborativamente la ruta para consolidar listas de especies*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

González, M., García, H., Corzo, G. and Madriñán, S. (2012) 'Ecosistemas terrestres de Colombia y el mundo', in Sánchez, J.A. & Madriñán, S. (eds.) *Biodiversidad, Conservación y Desarrollo*. Primera Edición. Bogotá DC, Colombia: Universidad de los Andes. Ediciones Uniandes. Bogotá D.C.: Ediciones Uniandes, pp. 87-88.

González, M. F., Díaz-Pulido, A., Mesa, L. M., Corzo, G., Portocarrero-Aya, M., Lasso, C., Chaves, E. and Santamaría, M. (2015) *Catálogo de biodiversidad de la región orinoquense*. Volumen. Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en áreas operativas de Ecopetrol. Proyecto Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ecopetrol S.A., p. 408.

Goodwin, Z. A., Harris, D. J., Filer, D., Wood, J. R. I. and Scotland, R. W. (2015) 'Widespread mistaken identity in tropical plant collections', *Current Biology*, 25(22), pp. R1066-R1067.

Gregory-Wodzicki, K. M. (2000) 'Uplift history of the Central and Northern Andes: A review', *Geological Society of America Bulletin*, 112(7), pp. 1091-1105.

Guiry, M. D. and Guiry, G. M. (2016) *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponible en <http://www.algaebase.org> (Accessed: 2016-11-09 2016).

Hamer, M., Victor, J. and Smith, G. F. (2012) *Best practice guide for compiling, maintaining and disseminating national species checklists* Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. Available at: [http://www.gbif.org/orc/?doc\\_id=4752](http://www.gbif.org/orc/?doc_id=4752).

Hinchliff, C. E., Smith, S. A., Allman, J. F., Burleigh, J. G., Chaudhary, R., Coghill, L. M., Crandall, K. A., Deng, J., Drew, B. T., Gazis, R., Gude, K., Hibbett, D. S., Katz, L. A., Laughinghouse, H. D., McTavish, E. J., Midford, P. E., Owen, C. L., Ree, R. H., Rees, J. A., Soltis, D. E., Williams, T. and Cranston, K. A. (2015) 'Synthesis of phylogeny and taxonomy into a comprehensive tree of life', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(41), pp. 12764-12769.

Hunter Jr, M. L. and Gibbs, J. P. (2009) *Fundamentals of conservation biology*. John Wiley & Sons.

IDEAM and DANE (2009) *Diseño del marco conceptual y metodológico del Inventario Forestal Nacional*. Bogotá D.C.

IDEAM, Invemar, IAvH, IIAP, Sinchi, IGAC and PNN (2015) *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. Escala 1:100000. Bogotá D.C.

Kier, G., Kreft, H., Lee, T. M., Jetz, W., Ibsch, P. L., Nowicki, C., Mutke, J. and Barthlott, W. (2009) 'A global assessment of endemism and species richness across island and mainland regions', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(23), pp. 9322-9327.

Kress, W. J., García-Robledo, C., Uriarte, M. and Erickson, D. L. (2015) 'DNA barcodes for ecology, evolution, and conservation', *Trends in ecology & evolution*, 30(1), pp. 25-35.

La Sorte, F. A., Fink, D., Hochachka, W. M. and Kelling, S. (2016) 'Convergence of broad-scale migration strategies in terrestrial birds', *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1823).

Levin, S. A. (1992) 'The problem of pattern and scale in ecology: the Robert H. MacArthur award lecture', *Ecology*, 73(6), pp. 1943-1967.

Marshall, L. G., Webb, D. S., Sepkoski Jr, J. J. and Raup, D. M. (1982) 'Mammalian evolution and the Great American Interchange', *Science*, 215(4538), pp. 1351-1357.

May, R. M. (1992) 'How many species inhabit the earth', *Scientific American*, 267(4), pp. 42-48.

Mejía-Falla, P. A. and Navia, A. F. 2011. *Guía para la identificación de especies del Programa de Avistamiento de Tiburones y Rayas*. Reserva de biosfera SEAFLOWER. Cali, Colombia: Fundación Squalus.

Mejía-Falla, P. A., Navia, A. F. and Puentes, V. (2011) *Guía para la identificación de especies de tiburones*,



rayas y quimeras de Colombia. Bogotá, D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina – CORALINA; Gobernación de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Fundación SQUALUS.

Mendoza, Á. M., Torres, M. F., Paz, A., Trujillo-Arias, N., López-Alvarez, D., Sierra, S., Forero, F. and Gonzalez, M. A. (2016) 'Cryptic diversity revealed by DNA barcoding in Colombian illegally traded bird species', *Molecular ecology resources*.

Mesa-S., L. M., Santamaría, M., García, H. and Aguilar-Cano, J. (2016) Catálogo de biodiversidad de la región caribe. Volumen 3. . Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en áreas operativas de Ecopetrol. Proyecto Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ecopetrol S.A. , p. 452.

Miloslavich, P., Díaz, J. M., Klein, E., Alvarado, J. J., Díaz, C., Gobin, J., Escobar-Briones, E., Cruz- Motta, J. J., Weil, E. and Cortes, J. (2010) 'Marine biodiversity in the Caribbean: regional estimates and distribution patterns', *PloS one*, 5(8), pp. e11916.

Miraldo, A., Li, S., Borregaard, M. K., Flórez-Rodríguez, A., Gopalakrishnan, S., Rizvanovic, M., Wang, Z., Rahbek, C., Marske, K. A. and Nogués-Bravo, D. (2016) 'An Anthropocene map of genetic diversity', *Science*, 353(6307), pp. 1532-1535.

Mittermeier, R. A., Robles Gil, P. and Mittermeier, C. G. (1997) *Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations*. México D.F.: CEMEX.

MMADS and PNUD (2014) Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica. Bogotá, D.C., p. 101.

Moritz, C. (2002) 'Strategies to protect biological diversity and the evolutionary processes that sustain it', *Systematic biology*, 51(2), pp. 238-254.

Morrone, J. J. (2014) 'Biogeographical regionalisation of the Neotropical region', *Zootaxa*, 3782(1), pp. 1-110.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. and Kent, J. (2000) 'Biodiversity hotspots for conservation priorities', *Nature*, 403(6772), pp. 853-858. Nathan, R. (2006) 'Long-distance dispersal of plants', *Science*, 313(5788), pp. 786-788.

Navia, A. F. (2011a) Programa de Observadores Científicos en el Pacífico colombiano: Manual de capacitación. Informe técnico Proyecto BID CMAR: Fundación Squalus.

Navia, A. F. (2011b) Programa de Observadores Científicos en el Pacífico colombiano: Marco conceptual. Informe técnico Proyecto BID CMAR: Fundación Squalus.

Navia, A. F. and Mejía-Falla, P. A. (2011) Guía para la identificación de especies de tiburones y rayas comercializadas en el Pacífico colombiano. Segunda Edición edn. Cali, Colombia: Fundación Squalus, p. 38.

NBC (2016) Dutch Species Catalogue: Nationalis Biodiversity Centre. Available at:

<http://www.nederlandsesoorten.nl/> (Accessed: 2016-11-11).

Nelson, J. S., Grande, T. C. and Wilson, M. V. (2016) *Fishes of the World*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Noriega, J. A., Santos, A. M., Aranda, S. C., Calatayud, J., de Castro, I., Espinoza, V. R., Hórreo, J. L., Medina, N. G., Peláez, M. L. and Hortal, J. (2015) '¿Cuál es el alcance de la crisis de la Taxonomía? Conflictos, retos y estrategias para la construcción de una Taxonomía renovada', *Revista IDE@-SEA*, 9, pp. 1-16.

Ocampo-Peñuela, N. and Pimm, S. L. (2015) 'Elevational Ranges of Montane Birds and Deforestation in the Western Andes of Colombia', *PloS one*, 10(12), pp. e0143311.

Padial, J. M., Miralles, A., De la Riva, I. and Vences, M. (2010) 'The integrative future of taxonomy', *Frontiers in Zoology*, 7(16), pp. 1-14.

Portocarrero-Aya, M., Corzo, G. and Chaves, M. E. (2015) *Catálogo de biodiversidad para las regiones andina, pacífica y piedemonte amazónico. Nivel Regional. Volumen 2 Tomo 1. . Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol. Proyecto Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ecopetrol S.A. , p. 175.*

Poveda, G. (2004) 'La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna', *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 28(107), pp. 201-222.

Pérez-Gutiérrez, L. A. and Palacino-Rodríguez, F. (2011) 'Updated checklist of the Odonata known from Colombia', *Odonatologica*, 40(3), pp. 203-225.

Rangel Ch., J. O. (1995) *Colombia Diversidad Biótica I*. Bogotá D.C.: Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia, p. 442.

Redford, K., Brandon, K. and Sanderson, S. (1998) 'Holding ground', in Brandon, K., Redford, K. & Sanderson, S. (eds.) *Parks in peril: people, politics, and protected areas*. Washington D.C.: Island Press, pp. 237-242.

Rissler, L. J., Hijmans, R. J., Graham, C. H., Moritz, C. and Wake, D. B. (2006) 'Phylogeographic lineages and species comparisons in conservation analyses: a case study of California herpetofauna', *The American Naturalist*, 167(5), pp. 655-666.

Rodríguez-Moreno, R. A., Ortega-Chinchilla, J. E., Ramírez-Pinilla, M. P. and Serrano-Cardozo, V. H. 2014. *Anfibios, Reptiles y Mamíferos del Área de Influencia, Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, Guía ilustrada*. Bucaramanga: ISAGEN - Universidad Industrial de Santander, Grupo de Estudios en Biodiversidad.

Romero, M., Cabrera, E. and Ortíz, N. 2008. *Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2006-2007 Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*.

Romero, M. H., Maldonado-Ocampo, J. A., Bogotá- Gregory, J. D., Usma, J. S., Umaña-Villaveces, A. M., Murillo, J. I., Restrepo-Calle, S., Álvarez, M., Palacios- Lozano, M. T., Valbuena, M. S., Mejía, S. L., Aldana- Domínguez, J. and Payán, E. 2009. *Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia*

2007- 2008: piedemonte orinoquense, sabanas y bosques asociados al norte del río Guaviare Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Salaman, P., Donegan, T. and Caro, D. (2009) 'Listado de aves de Colombia 2009', *Conservación Colombiana*, 8, pp. 1-89.

Sánchez-C., H., Castaño-M., O. and Cardenas-A., G. (1995) 'Diversidad de los reptiles en Colombia', in Rangel-Ch., J.O. (ed.) *Colombia Diversidad Biótica I*. Bogotá D.C.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, pp. 277-326.

Sodhi, N. S. and Ehrlich, P. R. (2010) *Conservation biology for all*. Oxford University Press, p. 344.

Solari, S., Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J. V., Defler, T. R., Ramírez-Chaves, H. E. and Trujillo, F. (2013) 'Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia', *Mastozoología neotropical*, 20(2), pp. 301-365.

Srygley, R. B. and Dudley, R. (2008) 'Optimal strategies for insects migrating in the flight boundary layer: mechanisms and consequences', *Integrative and Comparative Biology*, 48(1), pp. 119-133.

Suárez-Mayorga, A. M. and Bello, J. C. (2012) *Marco técnico y operativo para la construcción de la Estrategia del Inventario Nacional de la Biodiversidad. Esquema conceptual y operativo para el desarrollo de la ENIBIO*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, p. 72.

Travis, J. M., Delgado, M., Bocedi, G., Baguette, M., Bartoń, K., Bonte, D., Boulangeat, I., Hodgson, J. A., Kubisch, A. and Penteriani, V. (2013) 'Dispersal and species' responses to climate change', *Oikos*, 122(11), pp. 1532-1540.

UN (1992) *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Nueva York: Naciones Unidas.

Uribe-Meléndez, J. (1995) 'Catálogo de los Myxomycetes registrados para Colombia', *Calsasia*, 18(86), pp. 23-36.

Van Dyke, F. (2008) 'Biodiversity: Concept, Measurement, and Challenge', in Van Dyke, F. (ed.) *Conservation Biology: Foundations, Concepts, Applications*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 83-119.

Vasco-Palacios, A. M. and Franco-Molano, A. E. (2013) 'Diversity of Colombian macrofungi (Ascomycota-Basidiomycota)', *Mycotaxon*, 121(499), pp. 1-58.

Vélez, A. (2008) 'Checklist of Colombian cockroaches (Dictyoptera, Blattaria)', *Biota Colombiana*, 9(1), pp. 21-37.

Wieczorek, J., Bloom, D., Guralnick, R., Blum, S., Döring, M., Giovanni, R., Robertson, T. and Vieglais, D. (2012) 'Darwin Core: An evolving community-developed biodiversity data standard', *PloS one*, 7(1), pp. e29715.

Wiens, J. J. (2007) 'Species delimitation: new approaches for discovering diversity', *Systematic Biology*, 56(6), pp. 875-878.

Wolff, M., Nihei, S. S. and De Carvalho, C. J. B. (2016) 'Catalogue of Diptera of Colombia', Zootaxa, (4122).