

Las colecciones científicas: percepciones y verdades sobre su valor y necesidad

Revista Bitácora Académica USFQ, Septiembre/2014, No. 1

Scientific collections: perceptions and clarifications on their value and necessity

**Kelly Swing*¹, Judith Denkinge¹, Vladimir Carvajal L.², Andrea Encalada¹,
Xavier Silva³, Luis A. Coloma⁴, Jaime F. Guerra^{1,5}, Felipe Campos Yáñez⁶,
Vlastimil Zak¹, Pablo Riera¹, Juan Francisco Rivadeneira, Hugo Valdebenito¹**

¹ Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales.
Calle Diego de Robles y Vía Interoceánica, Campus Cumbayá.
Casilla Postal 17-1200-841, Quito, Ecuador

² Sección Invertebrados, Instituto de Ciencias Biológicas, Escuela Politécnica Nacional,
Quito, Ecuador

³ School for International Training/World Learning's Comparative Ecology
and Conservation Program-Ecuador

⁴ Centro Jambatu de Investigación y Conservación de Anfibios, Fundación Otonga,
Calles Geovanni Farina 566 y Baltra, San Rafael, Quito, Ecuador

⁵ Boston University Tropical Ecology Program, USFQ, Ecuador

⁶ BIOECUADOR, Calles Madrid 1050 y Toledo 7B, Quito, Ecuador

* Para correspondencia, correo electrónico: kswing@usfq.edu.ec

Recibido: 24/02/2013

Aceptado: 22/05/2014

RESUMEN

A pesar de algunas percepciones erróneas que han llegado a ser comunes en las décadas recientes, las colecciones de especímenes para investigación siguen siendo esenciales para el avance de la ciencia moderna. En el mundo entero la creciente conciencia sobre las extinciones de especies ha promovido políticas y leyes para evitarlas. En muchos casos, estas normativas y su estructura burocrática asociada, han obstaculizado o bloqueado el crecimiento apropiado y rápido de las colecciones científicas y la documentación de la diversidad biológica. En parte de la comunidad científica y de la ciudadanía hay confusión sobre el potencial impacto en las poblaciones silvestres. En la gran mayoría de los casos y a lo largo de la historia humana, la recolección mesurada de ejemplares para usos científicos no ha estado vinculada con las extirpaciones ni las extinciones de organismos. La pérdida de hábitats, el cambio climático, los patógenos emergentes, la contaminación del ambiente y la cosecha dirigida (pesca y cacería) son algunos de los principales factores que sí han provocado impactos realmente graves y están transformando ecosistemas enteros. Estos impactos han desembocado en la sexta extinción masiva de especies.

Los reglamentos y una supervisión informada de las colecciones científicas son necesarios para un control eficiente. No obstante, la normativa sobre estas colecciones y su puesta en práctica ha sido sesgada por sentimientos antropocéntricos extremos y opiniones populares. Consideramos que estos controles deben basarse en principios ecológicos y realidades científicas para lograr el mejor estado de la situación. Igualmente las entidades reguladoras del estado deben eliminar las trabas burocráticas y al mismo tiempo promover y facilitar el financiamiento, incremento y uso de colecciones científicas en museos de historia natural, bancos de genoma y germoplasma, centros de investigación, etc. Aunque la recolección y el sacrificio de ejemplares de ciertas especies serían totalmente anti-éticos y deben ser sancionados, en contraposición, la carencia de colecciones adecuadas para uso científico obstaculiza drásticamente nuestra capacidad de catalogar, conservar y usar la biodiversidad del planeta. Si desconocemos las especies de nuestro ambiente, no conoceremos los potenciales recursos que ellas nos ofrecen, y no podremos aprovechar de la totalidad de nuestras oportunidades de forma adecuada, y muy probablemente tampoco podremos evitar la extinción de muchas de ellas. Como en cualquier campo, la falta de información representa una pérdida de oportunidades. Sin un listado y conocimiento exhaustivo de las especies y un entendimiento de sus roles en la naturaleza, es imposible comprender el funcionamiento de los ecosistemas y por lo tanto, la creciente demanda del manejo eficiente de los recursos “renovables” se torna más difícil y menos probable cada día. Sin acceso a colecciones relativamente completas y sus innumerables datos y metadatos asociados (incluidos los de su genoma), es difícil conocer las relaciones filogenéticas entre las varias especies y asignarlas correctamente en un sistema de clasificación. En Ecuador se han catalogado aproximadamente 75000 especies de organismos vivos macroscópicos y se estima someramente que esta cifra representa menos del 10% de la diversidad biótica del Ecuador, la cual alcanzaría más del millón de especies. En países como Ecuador, este problema es relativamente más grave, pues al tratarse de un país megadiverso la escasez de inventarios completos de su diversidad biológica, y por tanto de colecciones científicas apropiadas impone serios límites para su investigación, conservación, generación de conocimiento biológico, y en último término socaba el desarrollo y buen vivir humanos.

Palabras Clave: colecciones científicas, recursos renovables, manejo, biodiversidad

ABSTRACT

Despite widespread recent perceptions, the collection of research specimens remains vital to the advance of modern science. Around the world, increasing awareness of extinctions has resulted in policies and regulations that run counter to this necessity. Among the scientific community as well as the lay citizens of the planet, confusion abounds regarding the causes of impacts on wild populations and the loss of species. In the vast majority of cases throughout human history, rational collection of specimens for scientific study has neither been connected with extirpations nor extinctions. Habitat loss, global climate change, emergent pathogens, environmental pollution and targeted harvest (hunting and fishing) have provoked much more important impacts and have already transformed entire ecosystems. These factors have led to the sixth mass extinction.

Undoubtedly, informed regulations and oversight are necessary for efficient and functional management. Regulation cannot depend upon heartfelt sentiments or popular opinions; instead, controls must be based on ecological principles and scientific reality. While the sacrifice of individuals of some species for scientific collections would be totally unethical and should be punished, the lack of broad collections drastically affects our capacity to catalog the biodiversity of the planet. If we do not know the species in our surroundings, we cannot recognize potential resources among them, and we can certainly not take advantage of all of our opportunities in a reasonable way. As in any arena, the lack of information represents a loss of opportunity. Without a complete list of species and a basic understanding of their roles in nature, it is impossible to comprehend the overall functioning of ecosystems and in the end, effective management of “renewable” resources in light of increasing demands becomes more difficult and less likely every day. Without access to relatively complete collections (accompanied by a plethora of data and meta-data including genetic material), it is impossible to recognize and analyze phylogenetic relationships and to properly position known species into existing classification schemes. In Ecuador, about 75,000 species of macroscopic organisms have been catalogued. This total is estimated to represent less than 10% of the existing biodiversity of Ecuador. In megadiverse countries like Ecuador, this problem is of greater relative importance because the lack of scientific collections and complete biotic inventories imposes serious limits on possibilities for conservation, generation of biological knowledge, and ultimately diminishes potential for development and access to an improved standard of living.

Key Words: scientific collections, renewable resources, management, biodiversity

INTRODUCCIÓN

Al parecer, existe un conflicto de intereses entre dos grupos que supuestamente comparten un mismo objetivo: la conservación de la naturaleza, la flora y la fauna en conjunto con sus hábitats nativos. Mientras un grupo afirma que la única manera de asegurar el futuro de la naturaleza es no tocarla [1], el otro grupo mantiene que un ecosistema o una especie que no tiene ningún valor tangible, económicamente medible, no presenta incentivos viables para justificar su existencia, protección o manejo para el futuro [2]. Las dos visiones, aunque siguen siendo debatidas, tienen su validez desde la perspectiva de sus proponentes y las corrientes filosóficas que las sustentan. Vale señalar que cualquier presunta falta de valor tangible más bien refleja una falta de información o ignorancia sobre el organismo en cuestión. Las especies en peligro de extinción, en su gran mayoría, están en esta situación debido al impacto del crecimiento poblacional humano y nuestras actividades. La mayor parte de los hábitats silvestres se convirtieron en potreros, campos de cultivo y ciudades, y se capturaron animales silvestres sin respetar hembras, juveniles o épocas de veda. En algunos casos, hemos disminuido sus poblaciones hasta extinguirlas – a pesar de que existían durante millones de años sin manejo alguno, como en los casos de las tortugas marinas [3,4], los cocodri-

los y caimanes, entre numerosos ejemplos. Es por esta situación que algunos conservacionistas modernos han tratado de asignarles valor económico para que los humanos puedan entender y así apreciar a estas especies [5,6]. Hay fortalezas y debilidades en ambos argumentos pero un punto en particular es indiscutible – necesitamos amplia información sobre los ecosistemas y sus integrantes para poder entenderlos, valorarlos, manejarlos y protegerlos adecuadamente ante las presiones actuales y venideras [7]. Las nuevas amenazas a la biodiversidad como el cambio climático y patógenos emergentes (debidas a la actividad humana en el planeta) han hecho que la naturaleza tenga ya graves afectaciones irreversibles incluso en áreas naturales consideradas mayormente intactas, como es el complejo caso de las masivas extinciones de anfibios ocurridas desde mediados de los 1980s en áreas protegidas de la región Andina y el mundo [8].

Pensamos que el sacrificio de unos ejemplares de ciertas especies es esencial para uso científico y para entender mejor el estado de la situación. La información y usos inconmensurables asociados a las colecciones científicas justifican su vigencia. Por tanto, hay que aclarar algunos aspectos sobre ellas. Una percepción popular es que estas pueden ser nada más que



trofeos para el recolector y que, aunque interesantes para un observador, no tienen ningún otro propósito más allá de alimentar el ego del dueño o sirven simplemente para satisfacer la “necesidad” humana de recolectar objetos. En parte, esto fue cierto en el pasado, especialmente durante el nacimiento de las colecciones de historia natural [9]. A pesar de esto, muchas de las colecciones más antiguas presentan hoy en día un valor inmenso. No obstante, en el mundo moderno, y con los avances científicos y tecnológicos, nada podría estar más lejos de la realidad. Las colecciones científicas (y sus datos y metadatos asociados) depositadas en museos de historia natural (incluso aquellas realizadas sin un propósito previo claro), bancos de genoma y germoplasma, tienen valores y usos intrínsecos y extrínsecos enormes; algunos de los cuales incluso distan de lo actualmente imaginable debido a la rapidez del desarrollo biotecnológico, especialmente en áreas como la genómica. En general, las colecciones biológicas sirven como centros de documentación o bibliotecas de la vida. Su importancia, cuidado, manejo y conservación son resumidos por Herholdt [10] y Simmons y Muñoz-Saba [11], quienes además proveen una extensa lista de referencias bibliográficas. Acosta-Buenaño y Páez [12] y Acosta-Buenaño [13,14] discuten brevemente algunos aspectos relacionados a las colecciones biológicas en Ecuador. A continuación, abordamos otros aspectos, ahondamos discusiones previas y proveemos ejemplos que ilustran su importancia.

Colecciones para catalogar las formas de vida

Desde 1758, tiempo de Carl von Linné (Carolus Linnaeus), el sistema vigente para aplicar nombres científicos, usado para documentar el descubrimiento de una especie nueva para la ciencia, depende de la existencia de ejemplares testigo depositados en museos. Algunos de ellos son designados por el autor o autores de la descripción como “tipos” al que otros científicos puedan acudir para hacer comparaciones, en el caso de tener dudas so-

bre las identificaciones de otros ejemplares [15]. Es imprescindible conectar el nombre científico asignado con un(os) ejemplar(es) físico(s) de referencia, pues es frecuente la similitud morfológica entre las especies en algunos linajes. Aún para las especies aparentemente únicas o fáciles de reconocer, también tiene sentido designar tipos por la eventualidad de descubrir parientes cercanos, como fueron los casos del elefante africano y el bisonte norteamericano. Por acuerdo científico, se aplica el sistema de tipos a todos los organismos descritos. Sin embargo, hay una tendencia creciente y controversial [16,17 y fuentes allí citadas] para describir nuevas especies sin requerir un espécimen tipo completo, tal es el caso de algunas aves descritas sin especímenes testigo. Consideramos que esta tendencia es nociva e incrementa la probabilidad de confusiones al nivel taxonómico. Sin capturar y recolectar ejemplares de cualquier especie, flora o fauna, no sería posible ver, estudiar, entender, documentar, comparar, o compartir información sobre los detalles de su anatomía; sin tener un ejemplar en la mano o debajo de un microscopio, muchos detalles morfológicos simplemente no son discernibles.

Se debe aclarar que un espécimen en una colección no es simplemente un pedazo de protoplasma puesto en alcohol o disecado sobre una cartulina sino más bien, la evidencia tangible (ejemplar testigo) de la existencia de un organismo acompañado de los datos sobre la ubicación geográfica de su captura, fecha, hábitat, y un sinnúmero de otros datos informativos que dependen del objetivo de la recolección. Cada muestra es un repositorio de información sobre la especie y una fuente para estudios vanguardistas de su diversidad genética y aplicaciones de la genómica. Siempre podemos regresar a los especímenes en los museos para confirmar y evaluar características, para evaluar lo que no vimos en un primer estudio o para compararlas con otros ejemplares similares, previamente curados o recién adquiridos. Al final, los datos que acompañan cada muestra tienen relevancia que puede ser crítica para la conservación de la especie.

Para entender la importancia de las colecciones científicas desde otros puntos de vista, solamente hay que visitar algunos momentos históricos en la ciencia de los últimos siglos. Cuando Linnaeus quería documentar la diversidad del planeta, en sus propias palabras “en honor a Dios”, se buscaban y se requerían ejemplares de “todas sus creaciones”. Sin acceso a tales ejemplares, y sin poder comparar directamente las características de todos, hubiera sido imposible ordenar los organismos en grupos coherentes. Cuando Charles Darwin regresó a Inglaterra con sus colecciones después de cinco años circunnavegando el globo, sus miles de especímenes le permitieron acudir a los expertos mundiales en los varios grupos para confirmar y ajustar sus identificaciones [18,19]. Sin esta ayuda por parte de una serie de científicos, sus ideas sobre la evolución jamás hubieran fructificado. Así mismo, el entendimiento de las aves de Galápagos se hubiera quedado estancado. Originalmente, Darwin consideró que los pinzones del Archipiélago pertenecían a varios grupos taxonómicos – y por lo tanto, no hubieran provocado ninguna necesidad de explicación. Sin la evidencia tangible de los ejemplares en sus colecciones, los especialistas no hubieran podido evaluar los detalles necesarios para determinar el verdadero parentesco entre las variedades y especies de pinzones y no habría la posibilidad de corregir nada después de regresar del campo – o dicho en otras palabras, ¿porqué aceptar las observaciones de campo del joven Darwin sin ninguna evidencia? En los 1830s, las intervenciones y perspectivas de John Gould y otros colegas [20], basadas en ejemplares testigo, fueron la única razón por la que la teoría de la evolución no murió antes de nacer dentro del cerebro de Darwin. Cuando Henry Walter Bates recolectó miles de nuevas especies durante sus 11 años en la Amazonía (mediados del siglo XIX), la posibilidad de colaborar con expertos dependía totalmente de sus colecciones. Sin sus colecciones de mariposas, nunca hubiera podido hacer las comparaciones detalladas necesarias para distinguir las especies similares que constituyen los complejos de mimetismo. Las colecciones hechas por Alfred Russel Wallace

entre Malasia y Australia le permitieron establecer muchos conceptos fundamentales en el campo de la biogeografía [20,21]. Hoy en día, todas las revisiones taxonómicas, dependen de la accesibilidad a ejemplares de todas las especies involucradas; ninguna especie nueva puede ser descrita y ninguna publicación sobre la clasificación de los organismos puede ser redactada sin examinar series de ejemplares almacenados en una o varias colecciones. Actualmente, cualquier estudiante de ciencias ambientales conoce la historia vinculada con el impacto del pesticida DDT en las aves rapaces. Estos estudios se basaron en las colecciones de huevos que se hicieron antes de la amplia utilización de este químico en el mundo entero [22]. Anteriormente las colecciones fueron muy valiosas para la ciencia, y actualmente son incluso más importantes [23] pues servirán en el futuro para poder entender la naturaleza, tener referencia del estado natural antes, durante, y después de la industrialización y de otros cambios ambientales, e identificar oportunidades para la conservación y manejo de especies y ecosistemas.

Explotación histórica de la biodiversidad e impactos antropogénicos versus colecciones científicas

La meta principal de la conservación es salvaguardar especies, poblaciones y ecosistemas, no individuos [23,24]. Sabemos que cualquier población funcional produce y pierde individuos todo el tiempo como una parte natural de su existencia [25-28]. Todos los procesos como el envejecimiento, la depredación, la enfermedad, etc. conllevan a la mortandad individual, pero la capacidad de superar estos retos al nivel poblacional es justamente lo que ha garantizado el éxito de cada especie durante miles o millones de años. Reconocemos que la pérdida de alguna proporción de individuos es normal y que cada especie exitosa ha evolucionado desarrollando una capacidad reproductiva para compensar tales pérdidas.

Refiriéndonos a la explotación de recursos, cosechamos lo que deseamos bajo la suposición de que siempre habrá renovación de las poblaciones a través de la reproducción [29]. En muchos casos, hemos sobrepasado esta capacidad natural de reemplazo y como resultado varias especies se encuentran en peligro de extinción. Por ejemplo, los expertos en manejo pesquero suponían que la alta capacidad reproductiva de los atunes y otras especies comercializadas a gran escala les aportaría mucha resistencia a la sobre-explotación. Sin embargo, en los últimos 15 años, el 80% de la biomasa de comunidades pelágicas se ha perdido, siendo evidente la transformación y deterioro del ecosistema marino [30]. Al llegar a un punto así de desesperación, en muchos casos, la situación puede ser irreversible [31]. En general, tiene más sentido trabajar en la conservación y manejo de la especie y su hábitat cuando todavía quedan suficientes individuos para mantener su diversidad genética viable. La meta humana siempre ha sido buscar cómo maximizar la explotación de una especie sin acabar con ella totalmente. El concepto de la máxima cosecha sostenible [32] se traduce en la máxima ganancia que podemos mantener año tras año. La pregunta es si realmente somos capaces de hacer esto de una forma sostenible a largo plazo.

La cacería de las ballenas durante los 1800s ilustra nuestra poca capacidad en el manejo de un recurso “renovable” [26]. En lugar de manejar los cetáceos de forma sostenible, pasábamos de especie en especie cosechando hasta agotar las más codiciadas y luego pasando a diezmar la próxima en la lista de prioridades. Con esta estrategia, hemos llegado a la situación actual en la que todas las trece especies de ballenas de barba, sin excepción alguna, se encuentran con problemas poblacionales o en vías de extinción [33]. Aunque todas hayan ya alcanzado el nivel de extinción comercial [34,35], la cacería de los cetáceos sigue en pie por parte de algunos países bajo la premisa de respetar costumbres ancestrales o de hacer investigación científica. En el caso de estos enormes animales descritos y caracterizados desde

hace siglos [33], otras investigaciones pueden realizarse sin la necesidad de sacrificarlos o utilizando ejemplares encontrados muertos en las playas [36,37].


En contraste, la recolección de varios ejemplares de cualquier especie que cuenta con una población sana, no representa una amenaza importante sino una buena oportunidad para aprender a conservarla [38]. Por lo común, el valor de cada muestra bien curada excede inmensamente cualquier daño a la especie a nivel poblacional. Si estamos hablando de los organismos verdaderamente comunes, la captura de docenas de individuos, en el caso de muchos vertebrados pequeños, o cientos de individuos en el caso de muchos invertebrados, no suele impactar la especie sustancialmente. En cambio, la eliminación de individuos de especies grandes suele provocar impactos más significativos, para ellas mismas y para su ecosistema en general. Esta situación refleja unos hechos biológicos básicos en las vidas de los organismos. Los organismos pequeños (generalmente “r seleccionados”) suelen tener vidas cortas, mientras los grandes (principalmente “K seleccionados”) suelen ser más longevos; los pequeños alcanzan la madurez sexual a una edad joven y los grandes más lentamente; los pequeños suelen producir prole en abundancia mientras los grandes no [26,28]. Puede haber excepciones [39] pero esta información debería guiarnos en el manejo general hasta identificar y entender tales especies consideradas excepciones. Muchas de las excepciones ya son destacadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en sus listas [40] y libros rojos [41]. Es importante incluir y respetar estas fuentes en la evaluación de solicitudes de colección pero debemos resaltar que esta ONG tampoco posee toda la información específica y actualizada sobre las especies que incluye en sus listas [40-43], y en general abundan las especies con datos insuficientes [44], pues son necesarios más estudios, sobre todo, del estado de las poblaciones en general.

Los humanos solemos consumir principalmente las especies más vulnerables entre las K-seleccionadas y de alto nivel trófico [45]. Aunque la cosecha a escala comercial de algunas especies grandes va totalmente en contra de este hecho (desde los peces del mar hasta los árboles de la selva), perspectivas sociales, políticas y económicas suelen tomar prioridad en las decisiones vinculadas con el manejo de estas especies valiosas. Estas perspectivas nos han llevado a sobre-explotar muchos recursos pesqueros del mundo a una escala alarmante [46-48]. Un cambio de mentalidad radical es lo único que puede superar esta situación para los atunes, los picudos y los tiburones [49]. Vale señalar que la explotación dirigida, sea al nivel comercial/industrial o artesanal y de subsistencia, suele extraer enormes números de individuos de una población mientras las colecciones científicas típicamente incluyen insignificantes proporciones de todos los representantes de una especie en cualquier región. Por ejemplo, durante el 2005, se cosecharon estimativamente 4,381,377 cangrejos rojos (*Ucides occidentalis*) en los manglares de Ecuador, para alimentación humana [50], mientras que la recolección de ejemplares de la misma especie para estudios de taxonomía, evolución, morfología, filogeografía, entre otras disciplinas científicas, requeriría no más de 100 a 200 individuos, es decir el 0.005% de la mencionada cosecha anual.

Sentimientos humanos hacia las colecciones y un contraste a otros impactos antropogénicos

Muchas personas no pueden justificar o aceptar el sacrificio de ningún individuo para cualquier finalidad e ignoran o desconocen algunos hechos. Primero, todos los organismos en el mundo mueren en algún momento. La mayoría tienen vidas cortas y son relativamente pequeñas, como por ejemplo, los artrópodos (insectos principalmente). Ellos representan una proporción enorme de la biomasa terrestre del planeta. Segundo, la muerte en la naturaleza generalmente involucra violencia y sufrimiento, a través de un evento de depredación

o por enfermedades [51] que llevan al infectado hacia un estado de debilidad y finalmente, a ser depredados. Morir viejo y tranquilo es extremadamente raro en la naturaleza. Podemos decir lo mismo cuando la vida se termina a través de la cosecha - sea artesanal, comercial o industrial. En cambio, cuando los científicos capturan y sacrifican organismos, comúnmente es con la intención de usarlos como muestras de estudio, en buenas condiciones y a perpetuidad. El proceso necesariamente involucra métodos humanamente aceptables, rápidos y eficaces (usualmente a través de sobredosis de anestésicos); son también ética y profesionalmente regulados [52-54]. Tercero, el número de animales matados intencionalmente en otras situaciones (a través de la pesca y cacería, el uso de insecticidas en casas y sembríos, el uso de trampas contra las plagas como las ratas, el uso de un matamoscas en una vivienda, etc.), es sin duda, miles de veces mayor a lo que los científicos podrían provocar en conjunto [55]. Cuarto, la cantidad de animales matados accidental o colateralmente por un ciudadano común o por nuestra simple presencia en un lugar es enorme, aunque las muertes puedan categorizarse como incidentales, indirectas o inconscientes [56]. También nuestras actividades, vinculadas con la vida cotidiana, la cosecha de recursos, la agricultura, la construcción de edificios o carreteras, lo que generalmente llamamos progreso, eliminan organismos en grandes números y arrasan con sus hábitats. Se estima que la pesca incidental, por ejemplo, de animales no comerciables es igual al tonelaje de la cosecha descargada y reportada, sumando anualmente 100,000 millones de kilogramos al nivel mundial [48]. Entre la enorme lista de pérdidas colaterales, se incluyen aves marinas, tortugas marinas, mamíferos marinos y tiburones. Durante un viaje en áreas rurales en la noche, cientos o miles de insectos mueren en la mascarilla y parabrisas de cualquier auto y de vez en cuando, algún murciélago o ave nocturna [57]. En el día, la situación es algo diferente; las víctimas son insectos de especies distintas, y de vez en cuando también muere algún ave. De día o de noche, otros animales terrestres resultan atropellados en la vía [58]. Por ejemplo, se



han reportado atropellamientos del posiblemente extinto sapo arlequín Jambato (*Atelopus ignescens*) durante migraciones masivas de individuos cruzando la carretera Panamericana en las provincias de Chimborazo y Bolívar (en 1958 y 1959) y en la vía Ambato-Guaranda (el 15 de mayo de 1985). Durante estas migraciones se observaron miles de individuos aplastados a lo largo de hasta 8 kilómetros de carretera [59]. Por sus capacidades como depredadores, un solo gato doméstico [60,61] que vive suelto en una urbe con áreas verdes mata más pájaros y roedores que cualquier ornitólogo o mastozoólogo podría capturar en años [62,63]. Cualquier persona que consume productos de papel que, incluyendo la compra de libros, provoca la pérdida de bosques y el hábitat de millones de especies; el vivir en una casa con estructuras o muebles de madera produce los mismos impactos [64]. El consumo de víveres de cualquier categoría depende de la agricultura o ganadería que ha suplantado la cobertura natural de alguna parte del planeta, lo que significa la pérdida de espacios naturales y la muerte de numerosos individuos de varias especies; ningún consumidor queda libre de culpa en este sentido aunque no estén conscientes del hecho.

Muchas petroleras mantienen mecheros para quemar el gas natural que es un producto colateral de sus actividades extractivas. Millo-

nes de insectos mueren cada noche en cada una de estas teas, aparatos que abundan en la Amazonía. Cuando una petrolera o un colono tala una hectárea de bosque, 100,000 especies de insectos, pierden sus refugios y sitios de accionar [65,66]. Igualmente la “cosecha sustentable” de aunque sea unos pocos árboles maderables produce la muerte accidental de miles a millones de animales durante la tala. Como mínimo, millares de individuos son afectados negativamente, probablemente para morir en seguida al perder su microhábitat o por falta de refugios o por competencia con otros individuos ya establecidos en el bosque adyacente hacia dónde huyen, etc. [24] Datos de bandadas mixtas de aves en el Parque Nacional Yasuní [67] indican que es erróneo pensar que al deforestar unas cuantas hectáreas y quitar los territorios en los que las aves se encuentran, estas podrán buscar en el “extenso bosque” otro sitio para sobrevivir. Se calcula que al desbrozar un solo kilómetro cuadrado de selva tropical, se pierden aproximadamente 1,900 aves [68], 21,000 anfibios adultos [12,13] y por ende, cientos de miles de juveniles. El incendio de tan solo una hectárea de bosque andino nativo en un sitio como el Bosque Protector Cashca Totoras (2800-3100 msnm, Provincia de Bolívar) mataría alrededor de 600 individuos de la rana cutín (*Pristimantis simonbolivari*) [69]. Típicamente, la colección científica remueve pocos ejemplares, no cambia el hábitat o causa daño a la población [70], por lo que permite la libre recolonización. Entonces, el perjuicio es temporal y de bajo impacto. En

cambio, la apertura de espacios para el desarrollo humano elimina hábitats y la posibilidad de recuperación de poblaciones permanentemente [24]. En cuanto a las plantas tropicales, también se pierden representantes de más de mil especies en un área de igual tamaño [71]. Entre ellas son cientos de árboles, lianas, bromelias, orquídeas, anturios [72] y arbustos, lamentablemente incluyendo toda su epifauna. Este tipo de destrucción se produce con la apertura de cualquier vía de acceso, como por ejemplo, para la extracción del petróleo. Asimismo, la contaminación de un río por efluentes de las ciudades termina la vida de millares de especies acuáticas [73]; por ejemplo, en un metro cuadrado de río, se pueden encontrar más de 3,000 invertebrados [74]. En el nombre del “progreso”, todo esto es ignorado mientras la colección de unos ejemplares científicos muchas veces ha sido cuestionada y poco comprendida por funcionarios del estado, quienes han puesto límites arbitrarios al número de especímenes a ser recolectados sin considerar que esta actividad puede proveer valiosa información que permita un desarrollo sustentable y la conservación, en vez de solamente destruir espacios naturales para el desarrollo. El progreso de la ciencia merece consideración tomando en cuenta estos hechos; una pequeña fracción de las pérdidas incidentales al desarrollo seguramente sería justificable en el nombre de los avances científicos.

Un ejemplo relacionado a lo anterior nos muestra la increíble visión de la comunidad botánica, nacional e internacional, en los años 1990, cuando aprovecharon la apertura de la Vía Maxus en el Bloque 16 en el Parque Nacional Yasuní y recolectaron muestras de cada planta que caía ante los tractores y motosierras. En esa ocasión, se documentó la pérdida de millones de plantas, desde las especies diminutas hasta los árboles gigantes de 50m de altura, a lo largo de la ruta de esta carretera. Afortunadamente, este grupo de científicos tomó el momento de destrucción como una oportunidad de acceso y llegaron a acumular la colección botánica más grande en la historia del

Ecuador. Esta colección representa lo que existe en un tramo de más de 100km y añadió cientos de especies a nuestro conocimiento de la zona [75,76] y varias especies nuevas para la ciencia. Jamás haríamos algo semejante solamente para acumular una colección, pero la innovación convirtió este evento en un transecto científico invaluable – y justamente en la zona más diversa del planeta. Esta colección y los estudios subsecuentes en la parcela de 50ha de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) [77] han permitido cuantificar una buena parte de la biodiversidad vegetal del Yasuní.

Cualquier terrateniente tiene el derecho de preparar sus terrenos para las actividades que le permitan sobrevivir, alimentar a su familia, etc. Una interpretación de la ley ecuatoriana implica que los terrenos mantenidos y manejados por el sector privado tienen que hacerse “productivos”. En su turno, esto implicaría la conversión obligatoria de la cobertura vegetal nativa en algo manejable y rentable [78]. Durante la limpieza de un trozo de bosque, lógicamente se debe talar los árboles y abrir espacio para la vivienda y los sembríos y se puede cosechar o quemar todo que cae. Paradójicamente, un botánico sin permiso gubernamental no puede coleccionar ningún ejemplar para depositarlo en un herbario, aunque sea de una especie no identificada y/o nueva para la ciencia. El dilema para el botánico en un caso así es la elección entre respetar la ley o aprovechar de la oportunidad para contribuir al conocimiento científico. Estas últimas oportunidades son rarisimas y los trámites legales son generalmente engorrosos y largos. Un buen ejemplo de lo valioso que pueden resultar estas colecciones es él de las realizadas por el entomólogo Giovanni Onore durante la década de los 1980 en áreas donde la colonización destruía miles de hectáreas de bosques, especialmente en la región de San Francisco de las Pampas, Provincia de Cotopaxi y las plantaciones de palma africana se expandían en los alrededores de Coca, Provincia de Orellana. Sobre la base de estas colecciones científicas de insectos y otros in-

vertebrados, anfibios y reptiles se formaron las colecciones científicas más grandes con las que cuenta el Ecuador [79]. Cientos de especies nuevas para la ciencia fueron descubiertas [80,81]. Algunas de estas recolecciones, como las de anfibios, fueron posteriormente utilizadas por los científicos para indagar las causas de las extinciones catastróficas masivas de anfibios ocurridas alrededor del mundo. El uso de estos ejemplares proveyó datos necesarios para constatar no solamente la extinción de especies sino para investigar sobre las causas de su repentina desaparición [82].

Una interrogante generalizada de personas no familiarizadas con colecciones científicas es: “¿si los animales se están extinguiendo, por qué hay que matar aún más individuos para estas colecciones?” Aunque es verdad que las colecciones de animales suman sacrificios (relativamente menores), nuestra argumentación enfatiza la importancia de estas en los avances de la ciencia en general y la conservación en particular. Quisiéramos proveer algo de perspectiva sobre las cantidades colectadas en proporción a otras pérdidas. Cada especie es un libro lleno de información sobre la vida y la supervivencia; cada especie por descubrir es un libro sin abrir y sin título. Lo que aprendemos a través de estos restringidos sacrificios científicamente aprovechados nos da oportunidades de reconocer los valores ecológicos y comerciales potenciales; la información resultante compilada puede enseñarnos cómo salvar/manejar las especies enteras y sus ecosistemas o nos puede servir para fortalecer los argumentos para su conservación ante la opinión popular. Al tener listas de las especies presentes en cualquier lugar, se posibilita atraer su atención para protegerlas. Al conocer más detalles sobre los organismos que han ocupado el planeta durante más tiempo que nosotros y consecuentemente, sobrevivido muchos cambios climáticos, es posible encontrar respuestas para los retos que enfrentaremos nosotros como especie en el futuro cercano.

Salvataje de despojos, esqueletos y conchas

Los animales ya muertos (por causas naturales o por la cacería o pesca, atropellamientos u otros accidentes) pueden servir sea como especímenes completos, muestras de tejidos, o por lo menos, de materia ósea dependiendo de su estado. En el mundo entero, las restricciones sobre la colección de material osteológico han crecido drásticamente con la concientización del público sobre temas relacionados con la conservación. Estamos de acuerdo con que no se debe permitir el sacrificio de animales grandes con el exclusivo propósito de obtener sus esqueletos. Sin embargo, la recuperación de los huesos de cualquier animal que haya muerto bajo otras circunstancias debería ser aprovechada por la comunidad científica, y debería ser impulsado por las agencias gubernamentales vinculadas. Claramente, ya existen ejemplares de esta procedencia para algunos vertebrados en los museos del mundo pero estas colecciones están lejos de ser completas, en especial en Ecuador, particularmente para animales raros como el manatí amazónico, el delfín rosado y un sinnúmero de otros animales de regiones poco exploradas. Como una ilustración de lo que falta descubrir y podemos aprender a través de cadáveres encontrados, dos ballenas rarísimas aparecieron muertas recientemente en una playa en Nueva Zelanda. Aunque *Mesoplodon traversii* fue originalmente descrita en 1872, estos son los primeros ejemplares completos rescatados de la especie. Anteriormente, la única evidencia que se tenía de su existencia eran fragmentos de dos cráneos y un trozo de mandíbula. Antes de este evento, ni siquiera se conocía como se veía esta especie que alcanza un tamaño que supera los 5 metros [36].

Mientras los estudios de anatomía y morfología son necesarios para nuestro entendimiento de la taxonomía de los animales y su parentesco, hay otros tipos de información que podemos extraer de sus esqueletos. La acumulación de varias toxinas (en especial los metales pesados), puede ser detectada a través de los huesos de cualquier animal. Por lo tanto,

ejemplares de varios lugares y de todos los años pueden servir como una de las pocas fuentes de este tipo de información [82-84], la cual podría servir para atraer atención a problemas de posibles contaminaciones crónicas, y para luego ayudar a mitigar y/o remediar los impactos. El valor de tales ejemplares para determinar causas de muerte es imposible de estimar. Otro ejemplo lo constituyen los 1500 delfines varados en la costa peruana en 2012, los cuales dieron evidencia de impactos agudos provocados por las pruebas sísmicas en la región, en relación a la exploración petrolera [85].

En el caso de los organismos marinos, ningún estudio ha demostrado que el calcio o el carbonato de calcio, los principales componentes de los huesos y conchas, podrían ser considerados como factores limitantes para el ecosistema [86]; su extracción desde el ambiente no podría ser interpretada racionalmente como un impacto importante al nivel del ecosistema. Tan solo con la colección de conchas desde las playas, se han registrado cientos de diferentes especies de moluscos en la costa americana [87]. Aceptamos que debe haber algún control sobre la recolección dirigida para la venta de este tipo de ejemplares, como son los caracoles y corales en particular, justamente por el incentivo económico de matar estas especies en lugar de simplemente esperar su muerte. La reciente extinción comercial de las ostras gigantes, *Spondylus* spp., a lo largo de la costa ecuatoriana, ilustra esta situación [88]. Un estudio basado en las conchas de *Spondylus* descartadas desde unos restaurantes reveló mucha información sobre la comunidad bentónica vinculada a este bivalvo [89]. Bajo estas circunstancias, la comunidad científica debería aprovechar de tales oportunidades únicas de aprender sin sacrificar individuos adicionales y para ello tanto los científicos como los museos deberían tener las licencias necesarias. Aun así, esta estrategia tendría que limitarse en la práctica a la extracción científica. Por las potenciales complicaciones en el control, se en-

tiende que no es aceptable la extracción turística no regulada por ejemplo en áreas naturales protegidas.

Hace años durante su primera visita a Galápagos, el primer co-autor de este artículo (KS) tomó una oportunidad entre las actividades planeadas para subir a la torre de la cisterna del hotel donde se alojaba en Puerto Baquerizo Moreno en la Isla San Cristóbal para sacar un par de fotografías panorámicas. Observó que adentro del tanque, flotaba en el agua, lo que quedaba del cuerpo de un gavián endémico ya muerto durante algunos días. Como científico formado en la curación de varias colecciones científicas, quería aprovechar la oportunidad para rescatarlo pero entendía que las leyes no permiten ninguna excepción a la prohibición de la colección de cualquier espécimen del Archipiélago. Considerando las posibles consecuencias legales asociadas al rescatar el esqueleto, se abstuvo. Luego de la visita, a través de la comunidad ornitológica, logró entender que éste habría sido el primer esqueleto de esta especie entre todas las colecciones establecidas en el mundo [90,91]. Como la población estable de esta especie desapareció de esta isla hace aproximadamente medio siglo [92], este ejemplar podría haber sido el único depositado en las colecciones y la tecnología actual habría permitido la extracción de su ADN. Nadie debería permitir el sacrificio de un animal con una población tan limitada pero de igual forma, es una pérdida científica no aprobar y aprovechar tales oportunidades. En octubre del año 2010, nuevamente se presentó la oportunidad de recuperar los restos de un albatros endémico en una playa al oeste de Puerto Villamil en la Isla de Isabela pero una vez más, no existía el mecanismo para hacerlo legalmente.

Cualquier persona puede ir al mercado y comprar todo el pescado que pueda consumir; la industria pesquera y la economía de muchas regiones dependen totalmente de estas actividades comerciales. Sin embargo, si un ictiólogo compra el mismo pescado y en lugar de

comérselo, decide mantenerlo en alcohol para usarlo como ejemplar en la docencia o hasta estudiarlo, está cometiendo un delito. En 1998, el dueño de una operación turística en Manabí, Alfonso Pinoargotty, mientras compraba pescado, encontró un pescado extraño; sabiendo que el autor KS es ictiólogo, lo compró y lo guardó para que hubiera la oportunidad de evaluarlo. Resultó ser una quimera y el primer registro de esta subclase de vertebrados para el país [93]. Parece que su presencia en aguas ecuatorianas fue vinculada con el fenómeno de La Niña. El descubrimiento del celacanto, un “fósil viviente” entre los peces, una pieza clave en nuestro entendimiento de la evolución del linaje de los vertebrados, ocurrió en África en un escenario muy similar [94,95]. Tales oportunidades son rarísimas y no deberían desaprovecharse.

Consideraciones poblacionales

Para tener algo de perspectiva sobre el tema de capturas de organismos, deberíamos estar conscientes de que actualmente la única forma legal de cosecha de fauna silvestre, más allá de las prácticas artesanales e indígenas tradicionales, es la pesca bajo ciertas circunstancias particulares. Es imprescindible hacer comparaciones entre los números que son destinados para las colecciones científicas y la explotación comercial, en relación a las abundancias de los organismos, sus densidades naturales, su mortalidad natural, etc. Los siguientes ejemplos nos darán contexto para entender estas circunstancias.

En Yasuní, cualquier persona caminando en el interior del bosque puede observar regularmente unos sapos de varias especies del género *Rhinella* que se camuflan con la hojarasca (todos reconocidos anteriormente bajo el nombre *Bufo typhonius* o *Rhinella margaritifera*). Según estudios científicos, entre esta especie y algunas otras ranas que habitan entre la hojarasca, los anfibios tienen densidades de más de seis individuos por cada 100m² [96]. Entonces, podemos extrapolar que en una hectárea, en

cualquier momento, existe un promedio de 600 ranas en el suelo, sin considerar las otras especies arborícolas. Entre el Parque Nacional Yasuní y la Reserva Étnica Waorani, fácilmente hay un millón de hectáreas que son aptas para estas especies. Esto significa que el total de ranas en la hojarasca del Yasuní es mayor a 600 millones de individuos. Aun dividiéndolas en subgrupos por especie, cada una cuenta con un mínimo de miles o cientos de miles de individuos en la totalidad de la región, dependiendo de su especie y abundancia relativa. Para seguir la línea del argumento, los sapos como *Rhinella* suelen especializarse en comer hormigas. Cada sapo ingiere entre docenas y cientos de hormigas cada día dependiendo de sus oportunidades. Las densidades de los depredadores (los sapos) y sus presas (las hormigas) han estado en equilibrio durante millones de años. Esto significa que hay suficientes hormigas para alimentar a todos los sapos, y suficientes reemplazos para alimentarles todos los días a perpetuidad – mientras permanezca el hábitat intacto. Los sapos también son parte de una cadena alimenticia y sus poblaciones han podido mantenerse ante alguna tasa de pérdidas a través de la depredación. Algunos estudios sobre las hormigas nos dicen que ellas pueden ocurrir en abundancias altas. En promedio, Mertl *et al.* [97] encontraron prácticamente un nido de hormigas por metro cuadrado de suelo con hojarasca. Aquí estamos hablando de un nido por metro cuadrado, no una sola hormiga. Aceptamos que los nidos de algunas especies son pequeños y no incluyen más de unas decenas de individuos. Sin exagerar en los cálculos, suponemos que cada nido cuenta con unos 100 individuos [98]. Así, si hacemos el mismo cálculo que hicimos con los sapos, nos da el resultado de un millón de hormigas por hectárea y 100 millones por kilómetro cuadrado en el suelo, sin considerar los formícidos arborícolas. Claramente, en total, estas son divididas entre cientos de especies [99] pero muchas tienen una buena representación. El punto a destacar en estos casos es la posibilidad de que una especie, o grupo de organis-

mos, puede soportar la colección científica de varios individuos o varios cientos de individuos sin perjudicar a la población ni a la especie.

De ninguna manera quisiéramos incluir todas las especies de animales en esta categoría; muchas especies caben aquí fácilmente pero otras no. No sabemos con exactitud cómo categorizar todas las especies pero los ecólogos teóricos y los biólogos de campo experimentados han elaborado criterios sobre cuáles especies serían particularmente susceptibles a sufrir por la pérdida de poquísimas cantidades de individuos [26,28]. Previamente, se han presentado algunas perspectivas sobre los números de individuos que se pueden coleccionar racionalmente en cualquier sitio según el tamaño y el nicho ecológico del organismo [24]. Reconociendo que no hemos llegado a aplicar un nombre científico al 80% de los invertebrados en lugares como el Yasuní, es evidente que no hay ninguna posibilidad de conocer con certeza este tipo de información reproductiva/poblacional detallada de muchas especies. Los principios básicos de la biología y la ecología tienen que guiarnos por el momento. Las colecciones bien manejadas y razonables son el punto de partida para llenar los vacíos en nuestros conocimientos. Los estudios extensivos de Erwin nos da un número total de 3.2×10^{10} artrópodos por hectárea [66]. Aunque algunas

especies grandes son excepcionales en sus características de reproducción y longevidad, una gran mayoría puede soportar la extracción de decenas de individuos fácilmente sin impactos sustanciales. Los experimentos de Erwin con fumigaciones repetidas en varios países neotropicales también confirman que las poblaciones de artrópodos se recuperan en poco tiempo aún cuando toda la comunidad es eliminada en espacios relativamente pequeños como son aquellos limitados a un solo árbol a la vez, siempre y cuando la estructura del bosque alrededor se mantenga [65,66]. Similarmente, se ha reportado que después de una remoción completa del fondo del río con maquinaria pesada para actividades mineras, se puede recuperar la riqueza, diversidad y abundancia de invertebrados acuáticos que originalmente estaban ahí en relativamente poco tiempo [100]. Es decir, algunos ecosistemas tienen alta resiliencia, y a través de procesos de recolonización y reclutamiento de individuos, el ensamblaje de especies tiende a recuperarse en poco tiempo, siempre y cuando el resto del río se mantenga en buenas condiciones que favorezcan este re-establecimiento.

En una situación natural, en hábitats marinos óptimos, algunas especies de peces pequeños (por ejemplo los apogónidos, *Apogon spp.*) pueden tener densidades de decenas de individuos en un espacio de unos pocos metros cuadrados alrededor de las rocas sumergidas. Cualquier turista que participa en el buceo superficial (“*snorkeling*”) en Galápagos puede confirmar avistamientos de entre cien y mil de estos peces rojos por hora de esta actividad. Pero estos no son comerciales y nunca serían presas de la pesca dirigida. Para especies más grandes y codiciadas, sus densidades son mucho menores. Para hacer comparaciones, podemos tomar en cuenta especies codiciadas como son los meros [101]. Algunas especies viven en hábitats similares pero, por ser depredadores grandes, tienen densidades



menores. De todas maneras, legalmente un pescador puede colocar una red o unos anzuelos justo al lado de un sitio de estas características, y podría capturar prácticamente todos los individuos de un arrecife en una sola noche. Hasta ahora, un ictiólogo podría solicitar un permiso para capturar 10 ejemplares de una especie pequeña y abundante (como son los ojones o salemas rayadas, Haemulidae, *Xenocys jessiae*, por ejemplo), y lo más probable es que su solicitud saldría negada mientras la pesca artesanal podría llevarse cantidades sustanciales de especies grandes que tienen mucho menos capacidad de reemplazarse. Se ha señalado que actualmente las restricciones para cualquier tipo de colección científica han aumentado en todo el mundo [102], a pesar de no haber justificaciones contundentes.

En el bosque húmedo tropical, las aves comunes del orden Paseriformes, típicamente viven en densidades de una pareja por cada 5 hectáreas [68]. Este dato implica que existen 20 parejas de estas especies en cada kilómetro cuadrado. Dado el tamaño del Parque Nacional Yasuní y la Reserva Waorani, se estima que hay un mínimo de 300,000 ejemplares (entre machos y hembras) de cada especie de pájaros del sotobosque en la zona. Estas especies no son utilizadas por los indígenas y no sufren por presiones de cosecha. La amenaza más importante para ellas es la pérdida de hábitat a través del desarrollo [103]. Aún en los tiempos cuando los científicos estaban colectando muchos especímenes, era rarísimo tomar la cantidad equivalente a lo que corresponde a una fracción de 1km² de cualquier especie [24]; el promedio de especímenes recolectados por especie era de 3 o 4 individuos. Según esos estudios, los impactos provocados por las capturas con redes de neblina eran imposibles de documentar o cuantificar a una distancia de 100m desde el sitio de trampeo, por ser tan insignificantes. En general, es bien conocido que la mayoría de poblaciones de aves se recuperan en poco tiempo [104] después de una intervención de este nivel. Aún en situaciones naturales, sin intervención alguna por parte del hombre, solo el 2% de las aves passeriformes

estarían vivas después de 5 años [24], debido a sus expectativas de vida.

Para dar más contexto a la vida de las aves pequeñas en la selva, pero a otro nivel trófico, consideramos un día en la vida de un halcón (Accipitridae) que consume aves. Cada uno suele matar un miembro de los passeriformes cada día; en 5 años, cada individuo habría comido 1825 pájaros, y según su nivel de especialización, habrá seleccionado entre sus presas, miembros de unas pocas especies. Este número supera la cantidad de ejemplares de cualquier especie en particular reposando en todos los museos del mundo, combinados. [24]

Perspectivas socio-culturales, pasadas y futuras

En la mayoría de culturas y religiones un ser supremo ha señalado, de alguna forma, que todos los recursos fueron creados específicamente para servir como provisiones para la especie favorecida, nosotros los humanos. Esta perspectiva no representaba ningún problema mientras nuestras poblaciones seguían pequeñas y dispersas [105]. Desafortunadamente, hemos mantenido aquellas perspectivas “bíblicas” sobre nuestra utilización de los recursos del planeta a pesar de nuestro crecimiento poblacional y el reconocimiento de que los recursos no son infinitos.

En el mundo moderno, cada vez con mayor conciencia acerca del impacto humano sobre los ecosistemas y sus habitantes, la preocupación por el bienestar de las especies en nuestro alrededor crece [5,106]. Esto es un gran cambio considerando que los humanos, desde tiempos inmemorables, han operado bajo el pretexto de que todos los recursos del globo existen expresamente para nuestra explotación. Los esfuerzos de la comunidad conservacionista durante décadas han servido para iniciar este cambio de mentalidad ante la explotación de las especies silvestres, pero todavía se hace necesario alcanzar un segmento más amplio de la población humana [107].

Sin embargo, la única manera para llegar a manejar nuestra relación con los recursos de nuestro entorno depende de un mayor conocimiento de ellos. Aunque los recursos no renovables del Ecuador y el mundo entero, como los minerales y otros, merecen un tratamiento extenso y exhaustivo, en este ensayo no serán analizados. Si no conocemos bien lo que existe en nuestro alrededor, no tenemos la capacidad para manejarlo. Si queremos manejar una tienda, no podemos hacerlo sin saber lo que existe dentro de ella. Sin un inventario de la mercancía, estaríamos trabajando en un vacío y sin sentido. De igual forma, no sabríamos dónde buscar cualquier producto, siendo propietario o cliente, si no conocemos ese producto en particular. Por ser raros, esquivos, voladores, nocturnos [108], diminutos, etc., muchos organismos simplemente son difíciles de observar de cerca; prácticamente la única manera de obtener información sobre ellos es a través de la captura o recolección y la paciente acumulación de datos a largo plazo [109].

Todo esto significa que una prioridad para la humanidad, la especie pensante del planeta, debería ser la compilación de una lista de especies que incluya toda la información posible sobre cada una y cómo ellas interactúan en la naturaleza. Es por eso, que en los últimos años, ha nacido un proyecto global que se llama la Enciclopedia de la Vida [110] (EOL por sus señas en inglés), pero el proceso es lento pues aunque la base tecnológica informática está muy avanzada, existen vacíos enormes de información. Desde el punto de vista de contar con una base de datos confiable, podríamos tomar decisiones informadas sobre la posibilidad de explotar cualquier especie y hasta qué punto esa explotación pueda ser sostenida. Para contextualizar, hasta el año 2012, hemos descubierto y dado nombres científicos a menos de dos millones de especies para la Tierra. El 80% de los organismos registrados son insectos [111]. Conocemos detalles sobre la densidad, comportamiento, distribución y fisiología para menos del 10% de las especies catalogadas; para el resto, no tenemos más que un nombre y su descripción física. Es evidente que faltan observacio-

nes, recolecciones y más estudios para entender sus hábitats específicos y sus roles ecológicos. Se estima que puede haber unos 10 millones de especies de organismos macroscópicos – y tal vez, diez veces de este número son microorganismos [112]. En el Ecuador, un estimado muy conservador de especies macroscópicas alcanza un millón pero hasta ahora, hemos catalogado solamente 75,000. Estas cifras representan el estado de desconocimiento y, a la vez, una situación alarmante e inaceptable para Ecuador, cuyo desarrollo se espera logre afianzarse en bioconocimiento y biotecnología.

El trabajo de documentar la biodiversidad al nivel del planeta requiere un esfuerzo monumental [113,114]. Considerando que este pequeño país podría contar con la décima parte de todas las especies del planeta, se presenta una tarea formidable, y a la vez, una oportunidad fantástica, para hacer una contribución espectacular. Lógicamente, cualquier país con un inventario establecido que incluye solamente 7.5% de lo que se encuentra en su territorio nacional está, sin duda, perdiendo oportunidades.

Para ilustrar la enorme falta de conocimiento al nivel de la fauna pequeña en la región, ofrecemos unos ejemplos concretos. Hace pocos años, en 2009, un grupo de aracnólogos vino al Ecuador durante solamente tres semanas y descubrieron 39 especies nuevas de arañas y tres nuevos géneros [115,116]. También aumentando el conocimiento de la fauna ecuatoriana, [117] se ha documentado fotográficamente la presencia de 13 géneros de membrácidos no previamente reportadas para el país en un solo punto geográfico, la Estación de Biodiversidad Tiputini en el Yasuní. Para seguir llenando miles de huecos similares, vamos a necesitar miles de expediciones que involucren a especialistas mundiales.

En el prefacio de [118], Wilson señala que quizás el 80% de las plantas que producen flores y el 95% de las aves son conocidas; sin embargo, y en contraposición, solamente una proporción pequeña de los invertebrados, espe-

cialmente los insectos, ha sido descubierta [119]. Menos del 10% de los hongos y menos del 1% de los microbios ha sido descrito. De las especies descritas, menos del 0.1% ha sido estudiado profundamente – e inclusive en esos casos, faltan muchos detalles. En el ámbito marino, se estima que 1% [120] de la fauna ha sido descrito, mientras descartamos el 70% de la pesca como incidental o inútil [47,48,121].

Al final, tenemos que estar conscientes del hecho de que nuestra supervivencia en el planeta está vinculada directamente al éxito de los otros organismos. Si seguimos acabando con los recursos naturales y especies como ha sido nuestra historia moderna, en algún momento, tampoco habrá de estos recursos para nosotros [122]. Tenemos las lecciones repetidas de varias regiones del planeta. Si queremos evitar el escenario que vivieron los nativos de la Isla de Pascua a una escala mucho mayor, debemos tomar en cuenta nuestra relación con lo que explotamos directamente y lo que impactamos indirectamente. Para asegurar una relación sostenible con nuestros recursos, necesitamos información sobre ellos [109,123], y tenemos que aplicar la ciencia en el manejo de ellos excluyendo compromisos netamente políticos y económicos.

JUSTIFICACIONES PARA ESTABLECER, MANTENER E INCREMENTAR COLECCIONES CIENTÍFICAS DE PLANTAS Y ANIMALES

Aunque el Ecuador no cuenta actualmente con las facilidades necesarias para tener colecciones completas y en buen estado, la comunidad científica del país está desarrollando planes para aumentar y modernizar su infraestructura. Tenemos que reconocer que esto representa un paso adelante para el conocimiento de la naturaleza de la región. Invertir en la investigación es invertir en el futuro. La investigación biológica generalmente depende de un amplio conocimiento de las especies involucradas, empezando con bases bien establecidas de su cla-

sificación y parentesco, anatomía, fisiología, ecología, distribución, etc.

Se podría pensar que los ejemplares ya colectados en el último par de siglos nos darían suficiente información para cualquier estudio. La verdad es otra; aunque los especímenes bien curados pueden durar por cientos de años, la información anotada con la mayoría de colecciones que tienen más de unas décadas no suele incluir datos completos. En el pasado, el obtener el ejemplar era la única prioridad. En el caso de muchos ejemplares colectados en el siglo XIX, el sitio de captura incluye solamente el continente o país, lo que es insuficiente para cualquier análisis moderno [24]. Es imperativo hoy en día el aprovechamiento completo de la información de los ejemplares depositados en museos. Tenemos que admitir que medio siglo de fuertes restricciones contra las colecciones ha producido esta mentalidad de sacar toda la información posible [124] de cada muestra legalmente permitida. En el pasado, la falta de información y conocimiento sobre el verdadero valor de las colecciones ha resultado en la pérdida de oportunidades únicas, y por falta de perspectiva, hemos desperdiciado una porción de los fondos invertidos en realizar esas colecciones anteriores. Con esta lección bien aprendida, se requiere la posibilidad de llenar enormes huecos en nuestro conocimiento. Las colecciones en los museos del mundo son trágicamente inadecuadas para dar respuestas a las preguntas más básicas [24,125,126]. Si no podemos seguir con las recolecciones y re-establecer una consciencia del porqué hacerlo entre la comunidad científica y el público, vamos a seguir dejando una huella indeleble e insuperable en la historia de la ciencia. El tiempo corre y no podemos retroceder a documentar lo que está pasando en el mundo en cualquier momento; los científicos del futuro se quejarán por la falta de información o la falta de esfuerzo para documentar las situaciones durante esta época que podría llegar a llamarse una “edad negra” de la historia científica [24] por esa falta de visión sobre el valor de las colecciones y por unas percepciones sin fundamentos sobre

los supuestos impactos negativos de esta actividad.

Documentación anatómica de cada especie

Al tener un espécimen de cualquier especie, tenemos un registro de todas sus características morfológicas. El proceso de describir una especie nueva es un trabajo minucioso que requiere atención a todos los detalles estructurales de cualquier organismo. En los varios grupos taxonómicos, ciertas características suelen ser de particular importancia en el reconocimiento de especies, géneros, familias, etc. El proceso de descubrimiento y descripción es imposible de completar sin ejemplares para estudiar. Aunque la descripción original escrita y publicada de cada especie obligatoriamente incluye información sobre la apariencia del organismo con enfoques hacia los caracteres que se usan para distinguirla de sus parientes cercanos, no es humanamente posible anotar todos los detalles, internos y externos, que existen en cualquier individuo. Aún al nivel de la anatomía básica, siempre hay oportunidades para nuevos descubrimientos [127].

Un solo espécimen no puede proveer información sobre la variabilidad de una especie. En algunas especies, los individuos pueden ser fenotípicamente muy parecidos pero en la gran mayoría, la extensa variabilidad entre individuos puede provocar confusión sobre su correcta identificación. Este hecho explica la razón para coleccionar más de un solo ejemplar por especie. En muchas especies, los machos y las hembras son tan diferentes que reconocerlos como una sola especie es un reto. En todas las especies, hay cambios que acompañan el proceso de crecimiento y maduración [128,129]; las más notables transformaciones corporales asociados con el desarrollo se dan en los insectos con metamorfosis completa (huevo, larva, pupa, adulto) y en los anuros (huevo, larva, adulto). Por lo tanto, una colección se hace más útil al contar con ejemplares representativos de todas las etapas de la vida.

Los juveniles de algunas especies de anuros muestran colores radicalmente diferentes al de los adultos [130] y si no fuese por la documentación detallada de sus ontogenias, sería muy difícil su reconocimiento.

Aunque la variabilidad de cualquier especie no sea visible, esto no quiere decir que no existe; varios ejemplares también almacenan esta variabilidad genética al nivel molecular, la cual es conocida como diversidad críptica. Por ejemplo, se estima que la diversidad críptica en grupos relativamente bien estudiados como los anfibios alcanzaría entre el 28 hasta 39% [131]. Algunos de los genes se expresan de acuerdo a ciertas circunstancias especiales (presencia de predador o competencia) y podríamos tener casos de plasticidad morfológica fenotípica [132]. Al topar el tema de la variabilidad genética, ha llegado a ser común entre los científicos y los reglamentos de muchos países la sustitución de la colección de muestras de sangre, o un dedo (para lagartijas o ranas), o una pata o antena (para los artrópodos) por ejemplares enteros con la idea de que toda esta información está representada en cada célula del cuerpo de cualquier organismo; en el caso de la sangre, exclusivamente en los leucocitos. Con las especies que son fáciles de reconocer en el campo, este procedimiento es bastante confiable pero para otras especies, al momento de tener resultados difíciles de explicar, se puede presentar un problema insuperable si no existe un ejemplar testigo o "*voucher*" [133]. En este caso, si hubo una equivocación al momento original de identificar el individuo, no existe ninguna segunda oportunidad para confirmar o ajustar la identificación [134,135]. En cambio, si el investigador tiene el espécimen debidamente depositado y curado en una colección, siempre se puede acudir a él para verificaciones o la búsqueda de explicaciones en el caso de haber anomalías entre los análisis o resultados. Al contrario, si no existe el ejemplar, la investigación llega a ser dudosa y la inversión en ella se convierte en un fracaso. El resultado final en un caso así, sería la pérdida del tiempo y el esfuerzo del investigador más los fondos destinados para completar el estu-

dio. Aún para grupos bien conocidos como son las aves, se ha documentado errores crónicos en la identificación de individuos en el campo inclusive hechos por observadores muy experimentados [136]; tales equivocaciones han producido una serie de confusiones importantes en particular en la distribución de aves.

Desarrollo de guías de identificación

La identificación del sujeto de cualquier investigación científica es imprescindible. Si no podemos aplicar un nombre al organismo bajo la lupa, no tenemos contexto para la información que se produce. Es por esta conexión que deberíamos mantener colecciones. Por un lado, ellas sirven para permitir comparaciones directas y por otro, sirven como referencia durante el proceso de desarrollar guías para la identificación o claves taxonómicas de cualquier grupo de organismos [137-139]. Claramente un fotógrafo puede ir al campo [140-153] para capturar imágenes desde la naturaleza para una publicación sobre las especies que alcanzan un tamaño mayor a unos centímetros, pero tales imágenes, simplemente no pueden incluir todos los detalles necesarios para distinguir con certeza todas las especies. Para muchas, especialmente entre los artrópodos y nemátodos, se necesita comparar estructuras microscópicas o internas. En estos casos, la única manera para incluir los detalles diagnósticos es a través de dibujos derivados desde especímenes en un laboratorio o museo [87,154-159]. La mayoría de libros de este estilo que han servido durante la época moderna son productos de mucha labor en varios museos estudiando las diferencias morfológicas entre las especies más semejantes [160,161]. Una fotografía puede darnos una impresión de cómo se ve un organismo en general pero la probabilidad de capturar una buena imagen de un animal vivo, silvestre o en cautiverio, que demuestra las características necesarias para distinguir hasta los parientes más cercanos es baja. La probabilidad de capturar imágenes de esta calidad [143,162,163] de absolutamente todas las especies, grandes y pe-

queñas, comunes y raras, diurnas y nocturnas, mansas y esquivas en cualquier situación natural es prácticamente cero. Además, el hecho de tener una fotografía para una publicación no sustituye la necesidad de haber nombrado y descrito el organismo ilustrado anteriormente desde especímenes en una colección. El trapeo sistemático a través de cámaras con sensores de movimiento y calor da una alternativa a las capturas físicas para contestar algunos tipos de preguntas sobre la vida de especies de gran tamaño [164] pero nunca nos proporcionará todos los detalles para responder preguntas sobre parentesco genético, morfología interna, exposición a contaminantes, ingestión de toxinas, etc.

Las mismas probabilidades son aplicables para las especies de la flora donde la identificación confiable casi siempre depende de la oportunidad de ver y estudiar las frutas y/o flores. La producción estacional de estas estructuras, especialmente en los casos de reproducción sincronizada, significa que en algunos casos, hay un solo día de oportunidad cada uno o dos años para registrarlas. En las especies raras, puede que nadie observe este evento durante décadas [165]. Para las especies enormes que producen sus flores y frutas a 50m sobre el suelo, puede ser imposible acercarse para sacar una fotografía en el momento adecuado. Por ejemplo, si uno tuviera que contar estambres para hacer una determinación al nivel de especie, sería imposible hacerlo trabajando con una imagen tomada desde una distancia tan corta como de dos metros; si tuviera que contar el número de óvulos, es imposible sin un ejemplar en la mano para diseccionarlo. Estas son las razones que explican el hecho de que la gran mayoría de guías de campo dependen de dibujos y retratos hechos por artistas [33,139,154,166-168] que tienen la flexibilidad de pintar el ejemplar en casi cualquier posición para lucir los detalles importantes en su identificación. Con una tecnología especializada para la fotografía computarizada en láminas, se puede obtener imágenes que demuestran los detalles diminutos, que parecen prácticamente de tres dimensiones [161,169,170]; así se provee la

información necesaria para hacer algunas comparaciones. El limitante es que, por ser costosas de producir, se saca una sola toma desde un solo ángulo; desde una sola perspectiva, no se puede ver todas las estructuras externas del organismo – y ninguna interna. Este tipo de imagen solamente puede ser producida en un laboratorio con un espécimen muerto, necesitando ejemplares en una colección sin excepción. Para muchas especies pequeñas, existe comúnmente una necesidad de incluir dibujos técnicos [157,171] de estructuras diminutas y en algunos grupos, internas. Para distinguir los parientes cercanos, se requiere la oportunidad de comparar todos los detalles de la anatomía. El mismo proceso sirve como base de las páginas web que pueden proveer mayor acceso a esta información.

Docencia

Como nadie tendría confianza en un médico que nunca ha trabajado con humanos vivos o muertos, la formación de cualquier biólogo depende de sus oportunidades de ganar experiencia trabajando con ejemplares reales de la biota. Admitiendo que se puede llegar a conocer muchas especies y sus estructuras desde dibujos y fotografías, se nota también que la aplicación de las lecciones aprendidas es siempre con ejemplares verdaderos. Si queremos formar una generación de taxónomos [172] que tengan alguna posibilidad de manejar la megadiversidad de este país, deberían tener acceso a colecciones gigantescas regularmente para lograr el nivel de pericia exigida de cualquier profesional.

Por cambios de perspectivas sobre la relativa importancia de varios aspectos de la ciencia a través del tiempo, la clasificación de la biota y su taxonomía ha llegado a ocupar un puesto cada vez menor entre nuestras prioridades. Todos los argumentos que hacemos aquí en relación al valor de las colecciones son también aplicables a la necesidad de mantener y formar esta clase de profesionales [173].





Documentación geográfica de cada especie

Las especies, a lo largo y ancho de sus rangos, suelen variar en sus dimensiones, coloración, etc. Sin ejemplares representativos desde varios puntos, sería difícil o imposible interpretar la significancia de esta variabilidad. Los estudios de este tipo de fenómeno nos han dado mucha información sobre el proceso de la evolución de varios organismos ante los retos de la vida en varias regiones geográficas [174,175]. Al entender las respuestas de una especie ante la variabilidad de climas en varias partes de su rango, podemos entender alguno de los posibles mecanismos de cómo nuevas especies aparecen a través de los siglos o milenios. Varios estudios [176-178] han documentado cambios evolutivos a través del tiempo y de un lugar a otro gracias a las colecciones que proveen materia comparativa adecuada, en algunos casos a través de tejidos para la evaluación genética molecular. Este tipo de información también llega a ser más importante con el cambio climático y otras alteraciones producidas por los seres humanos. Cualquier cambio en la distribución de especies nos indica algo sobre la relación entre cada una de ellas y las presiones ambientales, naturales o antropogénicas [21]. Sin una colección amplia de especímenes con datos geográficos, no podemos documentar la distribución de las especies en cualquier momento en la historia y jamás sería posible anotar diferencias a lo largo del tiempo. Esta es una razón más para seguir colectando ejemplares después de tener unos pocos en los museos del país o del mundo.

Para las plantas y los animales, es imprescindible tener ejemplares representativos desde diferentes partes de sus rangos de distribución [179] y a lo largo del ciclo anual. Una sola especie puede ocupar sitios con diferentes temperaturas, tipo de substrato y acceso al agua. Por lo tanto, la apariencia de los individuos puede ser muy diferente de un sitio a otro (variación geográfica). Esto puede provocar mucha confusión sobre la identificación de

cualquier individuo pero al tener una serie que permite la comparación directa, es posible documentar la progresión de los cambios con la altura, con la cobertura vegetal, con el nivel de intervención, etc. y eliminar tal confusión.

Como ejemplo, el puma (*Puma concolor*) se encuentra desde Alaska en el norte hasta Argentina en el sur, ocupando esencialmente todos los hábitats del Nuevo Mundo [180]; el tamaño máximo de individuos en las poblaciones equinociales es mucho menor a sus primos sub-árticos. Obviamente el animal de las Montañas Rocosas de Canadá no es exactamente igual al animal del desierto de México o el animal de la selva Amazónica. Esta especie ha servido como parte de los argumentos sobre los efectos observados en las proporciones corporales de los mamíferos en general [103] en relación a la latitud habitada. La posibilidad de cuantificar estas dimensiones a lo largo del tiempo nos puede ayudar a documentar los cambios climáticos. No tenemos que ir matando felinos para este propósito pero la colección oportunista de animales muertos por otras causas, así como la acumulación de material óseo puede proveer mucha información al respecto.

Para las especies que migran de un lugar a otro durante sus actividades normales, el obtener ejemplares en los diferentes sitios utilizados nos puede ayudar a explicar por qué invierten tanta energía en trasladarse. Esta información es sumamente importante en la conservación y manejo de cualquier especie migratoria [174,175]. Estas especies son especialmente vulnerables a las intervenciones humanas; la pérdida de hábitat en cualquier parte de sus viajes puede ser crítica para su sobrevivencia. Por ejemplo, las ballenas jorobadas que visitan las aguas marinas ecuatorianas estacionalmente cada año migran largas distancias. Sus migraciones han sido documentadas gracias a la estrategia de foto-catálogos de sus aletas caudales y a través de investigaciones genéticas basadas en biopsias de piel [181]. Esta información ha permitido entender la co-

nectividad de poblaciones [182] y el estado poblacional actual en relación a su estado en épocas anteriores a su explotación dirigida [183-185].

En la práctica, se necesita información sobre la distribución de los organismos para poder identificar los sitios que deberían recibir mayor atención para la conservación [186]. Para determinar la ubicación de los sitios de mayor diversidad o mayor endemismo, se necesitan colecciones mucho más amplias, geográfica y taxonómicamente hablando [31,66,71,122,179,187-190]. La máxima protección de nuestros recursos naturales, y lógicamente un manejo adecuado, tiene que empezar con el conocimiento de la abundancia y distribución de las diferentes especies. En este momento de la historia, es innegable que no vamos a salvaguardar toda la naturaleza; sería razonable entonces, enfocar nuestros esfuerzos en lugares específicos que posean las mayores concentraciones de especies o en aquellas especies que reconocemos como únicas [162]. Esta orientación es lo único que puede servir para elegir dónde establecer y mantener una reserva [191].

Bancos de tejidos para usos jurídicos

Como es bien conocido, la información genética que se encuentra en cualquier muestra de tejido - músculo, sangre, piel, etc. - aunque sea diminuta, puede ser utilizada para identificar la especie a la cuál pertenecía el organismo y hasta el individuo. Este hecho ha sido incorporado en los sistemas legales del mundo para los humanos durante un par de décadas y actualmente es usado para condenar o perdonar a sospechosos de crímenes. De igual forma, los mismos procedimientos pueden ser utilizados para la identificación de productos decomisados [84]. En algunos casos, la materia confiscada es fácil de identificar por tratarse de un animal entero; en otros casos, se complica la identificación y el seguimiento del caso podría fracasar por falta de confiabilidad. Si bien es difícil reconocer a cual especie pertenece un

trozo de carne en un mercado, un pescado enlatado, una aleta de tiburón en un barco, un pedazo de piel incorporada en una prenda de ropa, las técnicas genéticas pueden resolver cualquier duda. Por ejemplo, si existe la sospecha de que un restaurante ofrece carne de monte, proveniente de especies protegidas por la ley, es posible llevar una muestra desde un plato servido para analizar su origen. Para que funcione un sistema así, es imprescindible tener ejemplares en colecciones para poder hacer las comparaciones. La confiabilidad de tales investigaciones y el valor legal de esta evidencia dependen totalmente de la calidad de las identificaciones aplicadas a los especímenes en dichas colecciones. La presencia de ejemplares de todas las especies en colecciones ya establecidas y bien mantenidas es compatible con cualquier necesidad de evaluación forense; en el momento de una posible violación, no habría la necesidad de ir a buscar y capturar ejemplares específicamente en relación al caso en cuestión. En la práctica, estas estrategias sirven para proteger las especies en peligro de extinción mientras permiten el aprovechamiento sostenible de especies que son reconocidas como legalmente disponibles para la cosecha [3].

Estacionalidad de cada especie y la relación con sus recursos

Existe un aspecto de estacionalidad en la vida de todas las especies [192]. Las colecciones permiten acumular datos sobre los cambios según la disponibilidad de recursos con la progresión de las estaciones cada año. Sin colecciones de varios ejemplares en una escala más temporal, sería imposible darse cuenta de los cambios en la dieta de un animal como respuesta a la disponibilidad de recursos. Al acumular ejemplares en una colección, se puede documentar este tipo de cambio a través del análisis de contenidos estomacales [193,194]. Al diseccionar un espécimen, se puede evaluar el estado reproductivo [24]. Al tener varios ejemplares de una planta, se nota fácilmente su época de reproducción a través de la presencia/ausencia de flores y frutas [154]. Al docu-

mentar los picos estacionales de reproducción, también tenemos mejores posibilidades de anotar cambios en relación al clima. Ejemplares que representan diferentes etapas fenológicas nos dan mucha información sobre el desarrollo de estructuras morfológicas asociadas con la reproducción y otras etapas de vida; esto permite entender mejor su parentesco. Conocimientos sobre las relaciones genéticas pueden señalar oportunidades para producir híbridos más productivos o resistentes a ciertas enfermedades.

Para muchas especies, no conocemos detalles de sus ciclos vitales y por lo tanto, no tenemos ninguna posibilidad de manejarlas, protegerlas o conservarlas en la naturaleza de una forma racional. Esta falta de conocimiento es especialmente problemática para las especies consideradas raras. Por ejemplo, si una persona no tiene mucha probabilidad de ver un cierto animal más de un par de veces en su vida, la acumulación de datos sobre su distribución, hábitos, patrones de actividad etc. es difícil y demora varias generaciones humanas. Con un repositorio de especímenes y los datos obligatoriamente conectados, un científico puede acudir a la colección para concentrar la información de varias vidas en su conocimiento durante un espacio de horas o días. Para las especies que cosechamos a una escala industrial, el entendimiento de la estacionalidad de reproducción, migración o momentos de especial vulnerabilidad nos da oportunidades para explotar estas especies eficientemente y nos provee oportunidades para aplicar estrategias eficaces para su manejo [48,195,196]. Para cualquier especie, el sentido común nos dice que la extracción de hembras adultas en el proceso de reproducción es contraproducente; la eliminación de estos individuos en particular no solamente impacta en forma negativa la población actual sino a la siguiente generación y a un nivel más importante aún. Es lógico entonces, que las leyes y reglamentos para las industrias extractivas deban reflejar lo que conocemos sobre la biología de cualquier especie, evitando la captura específicamente de las hembras preñadas o grávidas, aquellas que

atiendan a un nido, aquellas con crías que dependen de cuidado parental fuera de un nido, etc. si tenemos la intención de seguir explotando la especie [46].

Documentación de nuestros cambiantes impactos ambientales

Las colecciones permiten la documentación histórica de cada especie. Con muchas especies, quisiéramos tener una idea sobre la salud de su población. Para las especies “indicadoras”, dependemos totalmente de la posibilidad de hacer comparaciones entre sitios y tiempos. Una colección amplia y bien manejada sirve para apoyar este tipo de comparación [197]. Tales perspectivas son particularmente valiosas en el caso de querer evaluar impactos ambientales. Si no entendemos cómo es la densidad de una especie en condiciones naturales o antes de cualquier impacto, se hace difícil después desarrollar un argumento aunque tenga fundamentos científicos [198]. La incapacidad de relacionar impactos ambientales con cambios en avistamientos o densidades resulta ser una importante debilidad para cualquier juicio que busca asignar culpabilidad. Hacer comparaciones a través del tiempo sería la única estrategia para entender lo que pasa ante los cambios climáticos.

INTERCAMBIO INTERNACIONAL DE EJEMPLARES

En cualquier parte del mundo, en la zona templada o tropical, no existen suficientes especialistas que pueden manejar toda la biodiversidad que se encuentra en sus alrededores. En todos los países, la diferencia entre la cantidad de expertos y la cantidad de flora y fauna es enorme. Ciertamente la biodiversidad está concentrada en la zona tropical pero los taxónomos no [199]. A nivel mundial, desde 1979, se describe un promedio de 2300 especies de insectos por año, principalmente de los bosques húmedos tropicales [111]. Para Ecuador, siendo un país megadiverso [200], la carencia de taxónomos es particularmente grande. Aun-

que se fomente la formación de profesionales ecuatorianos, no se puede superar esta falta de especialistas; siendo realistas, deberíamos reconocer que nunca habrá especialistas dentro del país para manejar todas las especies ecuatorianas. Para avanzar de una forma eficiente y oportuna con la documentación de especies, es necesario el envío de ejemplares a instituciones en el exterior. No obstante, los envíos de ejemplares en préstamo o donación se han convertido en muchos países del neotrópico en un dolor de cabeza para los investigadores y son una muralla que prácticamente ha bloqueado el desarrollo científico en el área de la sistemática [201]. En algunos casos, la legislación de varios países es inapropiada [201], mientras que en el caso de Ecuador, [202] TULAS permite el envío de los especímenes de museos y herbarios sin requerimientos especiales o trámites burocráticos. No obstante, en el caso ecuatoriano la burocracia estatal, en general, ha bloqueado la aplicación del TULAS y la salida de especímenes, lo cual redujo drásticamente la participación de taxónomos foráneos en la descripción de la diversidad biológica del Ecuador, y en numerosos casos, el estudio de ciertos grupos taxonómicos quedó abandonado debido a la carencia de taxónomos nacionales. El envío de ejemplares tiene que ser manejado con ética, profesionalismo y responsabilidad mutua.

Algunas especies (una fracción pequeña del total pero incluyendo la mayoría de especies grandes de mamíferos y reptiles) están representadas por ejemplares en varias colecciones alrededor del mundo o por organismos vivos en jardines botánicos y zoológicos de otros países donde sus científicos han tenido acceso a ellas desde la formación de los museos en Europa y América en el siglo XVIII [11]. Por lo tanto, cuando un investigador solicita permiso para exportar muestras fecales de cualquier especie, el propósito no es de clonarla. La clonación es un proceso complicado y costoso, sin mucho éxito hasta el momento; no es una estrategia viable para robar algún patrimonio. En realidad, la materia genética extraída de las heces nos puede ayudar a explicar

relaciones genéticas al nivel de individuos y entonces, su comportamiento hacia familiares versus extraños. Sin embargo, la mayoría de organismos no está representada internacionalmente así, y los especímenes son necesarios para las revisiones taxonómicas que realizan los especialistas. Por lo tanto, el envío de unos ejemplares en préstamo, intercambio o donación entre museos e instituciones científicas que trabajan en el inventario de la diversidad tiene enormes ventajas que sobrepasan en mucho el riesgo potencial ante la posibilidad de acciones de bio-prospección no autorizada y/o bio-piratería. Estas últimas pueden ser controladas a través de otros mecanismos que no sean el control de su salida desde los museos. La reciente legislación ecuatoriana sobre acceso a recursos genéticos contempla la realización de contratos marco para bio-prospección con fines comerciales.

En lugar de pensar que la exportación de especímenes representa una potencial pérdida de bienes, hay que reconocer algunas ventajas en esta estrategia. Al compartir especímenes con especialistas al nivel mundial, se mejora la confiabilidad de las identificaciones y toda la información colateral generada. Este tipo de interacción incentiva la cooperación internacional. Esta cooperación internacional, la cual es un requisito en la legislación ecuatoriana, garantiza oportunidades para capacitar jóvenes locales y nacionales que pueden servir, en su momento, para aumentar la pericia residente en el país. Al enviar especímenes en préstamo permanente a otras colecciones, existe una replicación de información. En el evento de desastres (terremotos, erupciones volcánicas, incendios, etc.) que podrían acabar cualquier depósito de especímenes aquí, es siempre bueno tener colecciones de respaldo; es decir, según el viejo dicho, es ventajoso evitar poner todos los huevos en una sola canasta. Actualmente el Ecuador y algunos países del Neotrópico carecen de la infraestructura museológica apropiada para el almacenamiento de colecciones para uso científico, por lo cual el riesgo de desastres es mayor. Hasta tener facilidades más grandes y modernas para la curación de estos

ejemplares dentro del país, es bueno que existan réplicas en óptimas condiciones en otras colecciones. Y aún después de que se implemente la infraestructura en el Ecuador, las mismas ventajas seguirán vigentes. A ello se añade la ventaja de disminuir abusos anti-éticos, el cual puede impedir o limitar que muchos investigadores tengan acceso a las colecciones científicas y que es más frecuente en regiones con una actividad científica relativamente reciente [203]. Además, los ejemplares que se mantienen en museos de otros países no representan ningún costo para el país de origen. Colecciones internacionales se enriquecen científicamente al tener ejemplares de todo el mundo y se agradece la oportunidad de mantener tales especímenes que son considerados especialmente valiosos por ser de zonas remotas o ecosistemas desconocidos. Esta posibilidad de compartir gastos de infraestructura, preparación, curación y mantenimiento debe compensar cualquier duda sobre beneficios versus costos. Es necesario obviamente, que se haga un acuerdo mutuo y formal entre las partes, para que el uso de tales especímenes sea para toda la comunidad científica.

La colección de especímenes es un proceso que cuesta tiempo, esfuerzo especializado y dinero. Los científicos del mundo moderno, en general, no son los mismos colectores de hace décadas. Ahora, ellos entienden que los países de origen deben tener sus propios ejemplares depositados en colecciones nacionales o regionales; pero ellos también necesitan acceso a este material para completar sus investigaciones y para aportar al conocimiento general, que es valioso para todos, tanto dentro como fuera del país oriundo. Cualquier científico conoce las viejas historias de los colectores anteriores a este renacimiento; en algunos casos muy antiguos, ellos se llevaron muchos ejemplares sin aviso y sin ninguna intención de compartir estos especímenes ni la información generada. Sin embargo, en tiempos modernos, los investigadores extranjeros y nacionales son cada vez más proclives a establecer cooperaciones pues se reconoce el mayor impacto que resulta de estos estudios [203]. En esa línea, la legislación

ecuatoriana obliga a que las investigaciones realizadas tengan una contraparte nacional. El establecimiento previo de acuerdos con cada científico y con las instituciones sobre la cantidad o proporción de ejemplares que pueden salir del país, permanentemente o como préstamos temporales, deben ser parte de cualquier permiso de investigación o de exportación pero la determinación de los números acordados también debe tomar en cuenta estos argumentos. Al compartir especímenes, estamos desarrollando lazos duraderos con los especialistas del mundo [204], individuos que poseen las capacidades de ayudar en la catalogación de la hiper-diversidad del país. Esta forma de colaboración, más el trabajo y la capacitación de nuevos profesionales nacionales en estos campos, puede producir una sinergia para la descripción, catalogación y el entendimiento de nuestra diversidad. Al poner el tiempo, esfuerzo y dinero necesario para hacer colecciones en un país lejano, el científico también merece mantener alguna proporción racional y previamente establecida de los frutos de su trabajo, los ejemplares colectados, preparados y curados.

La acumulación de ejemplares en una colección puede proveer oportunidades a través del tiempo. Cuando un ejemplar llega al laboratorio de un especialista mundial, es muy probable que esta persona esté involucrada en otros proyectos. Por falta de personal capacitado y por falta de tiempo por parte de los pocos peritos, es ventajoso mantener algunos ejemplares en su presencia permanentemente. Vale señalar que el proceso de evaluar el parentesco de los organismos al nivel de la sistemática, muchas veces, representa una serie de pasos que puede, aún en el mejor de los casos, durar años cuando se trata de grupos diversos y complejos [205]. Para algunos linajes entre los vertebrados, conocemos todas las especies vivientes sin lugar a dudas (por ejemplo los elefantes y los buitres), y ya existen varios ejemplares en las colecciones establecidas pero para los invertebrados, especialmente los insectos, no sabemos cuántas especies podrán existir. Para analizar adecuadamente el parentesco



Cruz caspi (*Brownea sp.*)

ha sido utilizada durante miles de años como una planta medicinal. La colección de ejemplares podría permitir la determinación de sus propiedades químicas y potencialmente, el desarrollo de aplicaciones clínicas.

de las especies de cualquier género o familia, se requiere incluir ejemplares de todas las especies involucradas en combinación con especies de otros grupos ajenos [206]. Sin ejemplares de todas las especies, el realizar las evaluaciones no tiene sentido; la historia siempre resultaría incompleta y el esfuerzo sería en vano. Para estudiar linajes desconocidos que son diversos y con rangos amplios, habría que explorar ecosistemas enteros, países o hasta continentes. Luego, se requiere juntar especímenes en un solo laboratorio para completar el análisis. Dependiendo del nivel de diversidad, esta acumulación de especímenes puede costar mucho dinero y demorar mucho tiempo. El insistir en la repatriación de todos los especímenes colectados en cualquier país es perder oportunidades a largo plazo. Por tener permanente acceso a ejemplares de diferentes fuentes, es posible que este experto se dé cuenta de unas sutilezas en coloración o estructura, características que, a lo largo, pueden incitar más investigación dirigida hacia las inquietudes que jamás hubiera brotado sin las condiciones adecuadas. Aunque demore años, es importante no perder tales oportunidades en su totalidad. El sapo *Rhaebo ecuadorensis* fue reconocido como una especie distinta justamente por la presencia de ejemplares en varias colecciones donde algunos expertos podrían anotar unas dudas y después, colaborar en describir una nueva especie, una que seguía oculta hasta la actualidad aunque los ejemplares ya estaban presentes anteriormente en algunas colecciones [207]. En un caso similar, un nuevo género de insecto fue recientemente descrito, basado en especímenes colectados hace casi 60 años [208]. *Hanstruempelia ceresina*, un membrácido esperaba mucho tiempo para ser reconocido y descrito en 2004, aunque los especímenes tipo ya estaban en una colección en Colombia desde el año 1947. No es por negligencia; es por falta de personal, oportunidad, tecnología o recursos. En algunos casos aparece una nueva estrategia investigativa que resuelve una duda persistente de décadas o siglos, como ha sido la relación entre los ungulados y los cetáceos [209]. Hace poco, un equipo de entomólogos de todo el mundo

ha reconocido que un grupo poco estudiado de avispas (familia Ichneumonidae) es decenas de veces más diverso de lo que pensábamos anteriormente [210]. En Ecuador, el reciente descubrimiento de dos mamíferos, el olinguito [211] y un “ratón marsupial” o cenoléstido [212], señala la necesidad de intensificar nuestra búsqueda en la naturaleza y entre las colecciones existentes. Solamente en 2013 en Brasil, la lista de mamíferos añadió una especie de murciélago [213], un puercoespín [214], un tapir [215] y un ocelote [216]. Este año fue testigo del reconocimiento de tres especies nuevas de pez gigante (*Arapaima* spp.) [217,218], conocido como paiche en Ecuador. Mientras tanto, la lista de aves amazónicas creció por un mínimo de 15 especies [219]. Los otros descubrimientos del último año son demasiado numerosos para citar individualmente [220,221]. Sin los especímenes en las manos correctas, no será posible alcanzar a tener una lista completa y nunca llegaríamos a lograr entender el parentesco de los nuevos descubrimientos.

Para muchos tipos de investigación, el acceso a material comparativo es imprescindible. La rama de biología que pretende ordenar las especies en sistemas informáticos que llamamos clasificaciones se ubica al nivel de la raíz para prácticamente todas las otras investigaciones. Cualquier estudio que tiene como objetivo el interpretar el parentesco de cualquier especie entre cualquier linaje requiere varios ejemplares para hacer comparaciones [222]. Un ejemplo ecuatoriano es el del científico de la USFQ, Diego Cisneros-Heredia, quien ha descubierto y descrito para la ciencia varias especies nuevas de vertebrados dentro del territorio nacional. Un 85% de su extensa lista de publicaciones sobre la fauna del país, que se acerca a un centenar [223], se basa, directa o indirectamente, en especímenes depositados en colecciones y las notas de campo asociadas; tales publicaciones generalmente dependen de colecciones dentro y fuera del país. Otros ejemplos sobre la biota ecuatoriana son los trabajos compilatorios sobre plantas [224], mariposas [151,225],

peces [226-228], anfibios [229,230], aves [139,231], mamíferos [232-234] etc. los cuales presentan datos sobre todas las especies que ocurren en el país, y que dependen principalmente de la posibilidad de ver, estudiar y compilar información desde muchas fuentes, algunas históricas, algunas nuevas en combinación con sus observaciones en el campo. La producción de la única guía de campo para los peces marinos de la costa ecuatoriana [150] se hizo posible por la previa existencia de colecciones relevantes en varias colecciones en Ecuador y en Europa. Sin estas colecciones y la información vinculada con cada ejemplar, tales obras con este nivel de detalle serían imposibles.

Las colecciones del mundo están dispuestas a compartir sus bienes en la forma de préstamos a los científicos respaldados por instituciones de investigación; algunos museos tienen una cierta cantidad de sus fondos operacionales específicamente presupuestados para el envío de muestras. De todas maneras, no es razonable transportar más de unos pocos ejemplares; esto se hace más evidente cuando estamos hablando de las especies de gran tamaño. Muchos estudios requieren acceso a docenas o cientos de especímenes y ningún museo responsable puede arriesgar colecciones numerosas o raras a través de encomiendas internacionales.

Con una nueva iniciativa que pretende catalogar la biodiversidad del Yasuní, el área con más especies que cualquier otra, el involucramiento de todos los especialistas relevantes existentes del mundo no es simplemente aconsejable, sino una necesidad. No podemos esperar que todos vengan al Ecuador para darnos una mano; la mayoría ya está involucrada en sus propios proyectos en sus respectivos países. En general los especialistas están dispuestos a ayudar pero no tienen la opción de simplemente dejar sus trabajos y vidas establecidas para dedicarse a tales obras. Por lo tanto, es necesario eliminar cualquier trámite burocrático que retrase o impida el envío de

ejemplares y facilitar el procedimiento mediante la aplicación del artículo 133 del Libro IV del TULAS [202]. Lo más probable es que esto no significaría cientos de ejemplares sino cientos de miles de ejemplares, especialmente en relación a los invertebrados. Sin esta disposición, la idea de catalogar la diversidad del Ecuador o cualquiera de sus regiones, sería nada más que un sueño. La biodiversidad solamente de Yasuní es suficiente para mantener ocupada por décadas a la comunidad mundial de taxónomos.

Se estima la tasa actual de descubrimiento de nuevas especies entre todos los tipos de organismos en 18,000 cada año [112,113]. Se estima el número total de especies en el planeta en 10 millones. El número descrito hasta ahora es menos de 2 millones. Mundialmente, hemos demorado casi 250 años en llegar a una suma que es apenas el doble de lo que creemos existe en el Ecuador. Al nivel global, se estima que se extinguen 27,000 especies anualmente. Un grupo de especialistas ven esta situación como una batalla que estamos perdiendo rotundamente y algunos biólogos de la conservación han pasado a ser biólogos de la extinción y/o taxónomos forenses, pues algunos de ellos están describiendo y documentando especies posiblemente extintas [235,236]. Por los cambios climáticos y las extinciones, ellos mismos dicen que deberíamos considerar la situación como de desesperación. Los mismos especialistas sugieren establecer la meta de catalogar las especies restantes en menos de 50 años [113]. Esta meta requiere la multiplicación de la tasa actual por 11 para poder añadir 200,000 especies al año en vez de las 18,000 actuales. Para que funcione, el proceso de catalogar la biota del planeta tendría que ocupar un puesto prioritario entre todas las naciones. Son optimistas porque ya existe la tecnología para lograr este aumento. Lo clave es diseñar un sistema que permita compartir colecciones e información de una forma sin precedentes, sin las trabas tradicionales entre los países e instituciones del mundo. [114]

BIO-PROSPECCIÓN Y BUROCRACIA EN RELACIÓN A LAS COLECCIONES CIENTÍFICAS

En las últimas décadas, la bio-prospección ha llegado a ser una actividad común y cada día se provoca más inquietudes sobre su manejo, reglamentación, administración y control. Por los incentivos económicos vinculados, la búsqueda de nuevos productos ha provocado mucha competencia entre los emprendedores del mundo. Como en cualquier competencia, algunos salen ganando y otros salen perdiendo. Si vemos a la biodiversidad como un recurso, explotado o potencial, hay que entender la presión para desarrollar sus derivados. Con los avances en la biotecnología, el valor de estos productos es cada vez más notable y alcanzable. Si bien hay un millón de especies en el país, hay que reconocer que ochocientos mil o más de ellas son compartidas con los países vecinos. Una porción es endémica y ahí tenemos un monopolio en algún sentido, pero la gran mayoría también ocurren en otros países donde sería posible que sus propios científicos aprovechen de las oportunidades vinculadas más rápidamente. La bio-prospección presenta muchas oportunidades pero los derechos intelectuales asociados presentan muchos retos. Últimamente, existe una tendencia de asociar todas las colecciones con esta actividad en particular. En una minoría de casos, esta conexión es real pero en la mayoría de instituciones que manejan colecciones, las prioridades y las posibilidades son otras. Un museo puede identificar posibles fuentes de fármacos por ejemplo, pero rara vez, tiene laboratorios de química orgánica que podrían desarrollar productos comerciales. Son operaciones y actividades totalmente distintas. Al nivel reglamentario, esta diferencia se expresa cuando los permisos o licencias de recolección de especímenes o tejidos incluyen la prohibición de su uso para fines de bio-prospección comercial o que deriven en patentes. En general, esta es un área que requiere mucha atención para asegurar un manejo justo y sostenible. El tema, sin duda, es demasiado grande para ser tratado en este mis-

mo artículo. No obstante, ha sido tema de discusión amplia en varios ámbitos [237 y citas allí indicadas].

ACLARACIONES Y RECOMENDACIONES

Puede existir mucha confusión entre lo que se ve en una exhibición pública de esqueletos o conchas o insectos atravesados con alfileres y lo que significa un museo de investigación. Aunque muchos museos tradicionales mantienen áreas para recibir y educar a sus visitantes, el trabajo de descubrimiento es un proceso dinámico que se realiza generalmente tras bastidores, entre los muros de la institución pero también en los páramos, bosques, desiertos, ríos y mares del país. Mientras los museos deben demostrar al público evidencia tangible del papel que cumplen, sus enfoques tienen que ser la documentación científica de lo que existe en la naturaleza y la difusión de información generada sobre los bienes y recursos de nuestro alrededor. Es necesario reconocer que la reglamentación y administración de las colecciones ciertamente pueden ser complicadas pero es imprescindible que sean prácticas. Si podemos definir claramente los propósitos de las colecciones científicas, se facilitaría la redacción e implementación de reglamentos concernientes. [238]

En un país megadiverso con una constitución que contempla temas ambientales, el fortalecimiento de las colecciones nacionales debe considerarse de alta prioridad. Idealmente, esta meta incluiría infraestructura y equipamiento de museos y laboratorios más la formación de taxónomos especializados, acompañados por suficientes para-biólogos de apoyo y administradores para maximizar el aprovechamiento científico de las mismas. Es esencial también la incorporación a este proceso de numerosos taxónomos en el mundo, quienes pueden contribuir significativamente si se facilitan y estimulan sus investigaciones y el flujo de ejemplares para usos en sistemática, morfología y otras áreas de la ciencia. Se requiere estabilidad en este sistema para que haya

confiabilidad en el estado y accesibilidad de los especímenes, lo que implica presupuestos garantizados para mantenimiento, nuevas adquisiciones, crecimiento, sueldos atractivos, etc. Para entender la biodiversidad del país y su potencial económico, sería necesario ver este proceso como una inversión para el futuro.

Ya tenemos mucha información confiable que nos permite manejar el proceso de aprender sobre los desconocidos remanentes. Deberíamos aplicar científicamente las generalidades conocidas a todas nuestras acciones para asegurar “el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado” [239]. Los principios científicos de la ecología son fundamentales en el manejo y reglamentación de las colecciones; las decisiones sobre su diseño e implementación no deben basarse en creencias o criterios que no tengan una base científica sólida. Se trata de establecer reglas del juego viables, justas y oportunas, que respeten a los encargados del patrimonio biótico pero que también permitan aportar al desarrollo del conocimiento universal [240]. Estas reglas del juego tienen que ser basadas en realidades y no en imaginarios poco pragmáticos.

CONCLUSIONES

En cada ser humano, el interés por conocer el mundo que lo rodea es innato. Parte del proceso de conocer lo que nos acompaña en este mundo es el identificar y categorizar a los otros seres. Para completar este proceso con confianza en un ambiente con alta diversidad, es imprescindible obtener y mantener representantes para hacer comparaciones, para no repetir en el conteo y para no omitir varias especies similares. Si queremos maximizar nuestro conocimiento sobre el mundo, sus especies y sus recursos, por placer o por negocios, la necesidad es igual. El no catalogar la vida en nuestro planeta es no tener de dónde partir con las intenciones de entender, manejar o conservar nuestro medio. “En el conocimiento de la biodiversidad se encuentran las pistas ha-

cia nuestro pasado y las mejores esperanzas para el futuro.” [114] Las colecciones de especímenes son una de las piedras angulares en el proceso de conocer nuestro mundo. Según la historia, la gran mayoría de especies nuevas se descubren entre las colecciones, no directamente en la naturaleza.

Aunque siempre hemos tenido interés en catalogar la biodiversidad del planeta entero, de varios países específicos o “simplemente” de algún parque en particular, y aunque han existido algunos proyectos grandes con financiamiento para hacerlo, ningún proyecto grande en la historia de la humanidad ha alcanzado su meta [241]. Mientras vemos más hacia el mundo microscópico, el reto se pone más difícil y menos manejable. Podemos ver esta situación como insuperable o podemos verla como una gran oportunidad para el futuro. En un mundo donde la mayoría de especies, todavía en el año 2013, no son conocidas hasta el punto de tener nombres científicos, es hora de priorizar la catalogación de la vida en nuestro alrededor. Los resultados de una campaña que pretende descubrir y nombrar todas las especies del planeta dependerán de muchos factores desde la situación económica y el ámbito político hasta los egos de los individuos involucrados; pero como los únicos seres pensantes del planeta, deberíamos ver en esto el reto que simplemente no podemos resistir.

Este artículo no sirve únicamente para justificar la colección científica de ejemplares sino señala una serie de necesidades y oportunidades vinculadas; no es llanamente una crítica de lo que no hemos logrado sino una llamada a iniciar una nueva campaña científica. Con un creciente interés en mejorar el sistema nacional de educación, el proceso de documentar y catalogar la biodiversidad nacional que puede proveer docenas de trabajos especializados para atraer y mantener una nueva generación de científicos en el país, y a la vez aumentar las capacidades de compartir los conocimientos sobre los recursos naturales para un mejor aprovechamiento en el futuro. La abundante información conectada a cualquier espécimen

significa que la colección científica sería una de las pocas posibilidades de que la muerte de un individuo pueda beneficiar a su propia especie, a su ecosistema y, a la final, a nosotros.

Los conservacionistas, los taxónomos, los biólogos de campo, los investigadores que basan sus estudios en las colecciones del mundo y las agencias gubernamentales vinculadas con los recursos naturales son aliados naturales y estratégicos en el propósito de conocer, manejar y mantener las maravillas de la naturaleza. Por lo tanto, debe haber muchas oportunidades para colaborar. Teóricamente, Ecuador, por sí solo, podría añadir un millón de especies nuevas al catálogo de la vida del planeta Tierra.

REFERENCIAS

- [1] McGeehan A. 1994. Enlightenment, not epitaphs. *Birdwatch* 23:20.
- [2] Baskin Y. 1994. There's a new wildlife policy in Kenya: use it or lose it. *Science* 265:733-734.
- [3] Smith TB y Wayne RK, eds. 1996. *Molecular Genetic Approaches in Conservation*. Oxford University Press. 483pp.
- [4] Rueda-Almonacid JV, Carr JL, Mittermeier RA, Rodríguez-Mahecha JV, Mast RB, Vogt RC, Rhodin AGJ, de la Ossa-Velásquez J, Rueda JN, Goettsch Mittermeier C. 2007. Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico. *Conservation International*, Bogotá, Colombia, Serie de Guías Tropicales de Campo.
- [5] Daily GC. 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press.
- [6] Kareiva P, Tallis H, Ricketts TH, Daily GC y Polasky S, eds. 2011. *Natural Capital: theory and practice of mapping ecosystem services*. Oxford University Press. 365pp.
- [7] Simberloff D. 1988. The contribution of population and community biology to conservation science. *Ann. Rev. Ecol. Systematics* 19:473-511.
- [8] Pounds JA, Bustamante MR, Coloma LA, Consuegra JA, Fogden MPL, Foster PN, La Marca E, Masters KL, Merino-Viteri A, Puschendorf R, Ron SR, Sánchez-Azofeifa GA, Still CJ, y Young BE. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439:161-167.
- [9] Bryson B. 2003. *A short history of nearly everything*. Broadway Books 544pp.
- [10] Herholdt EM, ed. 1990. *Natural History Collections: Their management and value*. Transvaal Museum Special Publication No. 1.
- [11] Simmons JE y Muñoz-Saba Y. (eds.). 2005. *Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas*. Conservación Internacional, Bogotá, Colombia, Serie manuales de campo 1:288 pp.
- [12] Acosta-Buenaño, N y Páez M. 2005. Importancia de la colecciones de historia natural del Museo de Zoología de la PUCE. *Memorias de las XXIX Jornadas Ecuatorianas de Biología*.
- [13] Acosta-Buenaño, N. 2006. La investigación biológica en conflicto con el Ministerio del Ambiente. *Memorias de las XXX Jornadas Ecuatorianas de Biología*.
- [14] Acosta-Buenaño, N. 2006. Cero en conservación. *Revista Nuestra Ciencia*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Escuela de Biología.
- [15] Campbell NA y Reece JB. 2002. *Biology*, 6th ed. Benjamin Cummings.
- [16] Dubois A y Nemésio A. 2007. Does nomenclatural availability of nomina of new species or subspecies require the



Rhinella margaritifera

La especie reconocida como *Rhinella margaritifera* es extremadamente variable. Esta situación ha provocado muchas dudas sobre su taxonomía. Tener colecciones para su estudio y evaluación genética es la mejor manera de resolver las preguntas.

- deposition of vouchers in collections? *Zootaxa*, 1409, 1–22.
- [17] Donegan TM. 2008. New species and subspecies descriptions do not and should not always require a dead type specimen. *Zootaxa* 1761: 37–48.
- [18] Quammen D 2006. *The Reluctant Mr. Darwin*. Atlas Books.
- [19] Quammen D. 2010. Was Darwin Wrong? <http://ngm.nationalgeographic.com/ngm/0411/feature1/fulltext.html> [1]
- [20] Milner R. 2009. *Darwin's Universe: Evolution from A to Z*. University California Press.
- [21] Cox CB y Moore PD. 2000. *Biogeography: an ecological and evolutionary approach*. Blackwell Science.
- [22] Risebrough RW. 1986. Pesticides and bird populations. *Current Orn.* 3:397-427.
- [23] Foster MS, 1982. The research natural history museum: pertinent or passé? *Biologist* 64:1-12.
- [24] Remsen JV. 1995. The importance of continued collecting of bird specimens to ornithology and bird conservation. *Bird Conservation Intl* 5:145-180.
- [25] Hunter Jr ML, Lindenmayer DB y Calhoun AJK. 2007. *Saving the Earth as a career: advice on becoming a conservation professional*. Blackwell Publishing.
- [26] Mackenzie A, Ball AS y Virdee SR. 1998. *Instant notes in Ecology*. Bios Scientific Publishers, Springer. 321pp.
- [27] Newman EI. 1993 *Applied Ecology*. Blackwell Scientific Publications.
- [28] Levin SA. 2009. *The Princeton Guide to Ecology*. Princeton University Press.
- [29] Everhart WH, Eipper AW y Youngs WD. 1975. *Principles of Fishery Science*. Comstock/Cornell University Press.
- [30] Myers RA y Worm B. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature* 423:280-283.
- [31] Bass MS, Finer M, Jenkins CN, Kreft H, Cisneros-Heredia DF, McCracken SF, Pitman NCA, English PH, Swing CK, Villa G, Di Fiore A, Voigt CC y Kunz TH. 2010. Global Conservation Significance of Ecuador's Yasuní National Park. *PLoS ONE* 5(1):e8767. doi:10.1371/journal.pone.0008767
- [32] Ricker WE. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 191.
- [33] Watson L. 1981. *Sea guide to whales of the world*. Elsevier-Dutton. 302pp.
- [34] Perrin WF, B Würsig y Thewissen JGM, eds. 2002. *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press 1414pp.
- [35] Gudfinsson E. 2007. WWF/WDCS report. <http://www.wdcs.org/publications>
- [36] Thompson K, Baker CS, van Helden A, Patel S, Millar C y Constantine R. 2012. The world's rarest whale. *Current Biology* 22(21):R905-R906.
- [37] Würsig BG JGM Thewissen. 2002. *Encyclopedia of Marine Mammals*. Gulf Professional Publishing. 1414pp.
- [38] Diamond J. 1987. Justifiable killing of birds? *Nature* 330:423.
- [39] Delibes M, Blázquez MC, Soriano L, Revilla E y Godoy JA. 2011. High Antipredatory Efficiency of Insular Lizards: A Warning Signal of Excessive Specimen Collection? *PLoS ONE* 6(12): e29312. doi:10.1371/journal.pone.0029312

- [40] CITES página web.
<http://www.cites.org/esp/disc/species.php> [2]
- [41] IUCN Red List.
<http://www.iucnredlist.org>
- [42] Hines TC y Rice KG. 1992. A report on the initial survey to assess the status of the black caiman *Melanosuchus niger* in the Amazonian region of Ecuador. Pp 168-175 en Crocodiles. Proceedings of the 11th Working Meeting of the IUCN-SSC Crocodile Specialist Group. IUCN: Gland, Switzerland.
- [43] Thorbjarnarson JB. 2010. Black Caimán *Melanosuchus niger*. Pp. 29-39 en Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan. Third Edition. Crocodile Specialist Group, Darwin, Australia.
- [44] Swing, CK. 2013. Inertia is speeding fish-stock declines. Nature, Correspondence 494:314.
- [45] Primack RB. 2010. Essentials of Conservation Biology, 5th ed. Sinauer.
- [46] Safina C. 1997. Song for the Blue Ocean. Owl Books.
- [47] National Geographic. April 2007. Special Report. Saving the Sea's Bounty.
- [48] Food and Agricultural Organization of the United Nations, Fisheries and Aquaculture Department.
<http://www.fao.org/fishery/statistics/en> [3]
- [49] Cosandey-Godin A y Morgan A. 2011. Fisheries Bycatch of Sharks: Options for Mitigation. Ocean Science Series, Pew Environment Group, Wash, DC.
- [50] Solano, F. y Chalén X. Aspectos pesqueros, biológicos y socioeconómicos de la captura de cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en los manglares del Ecuador. Instituto Nacional de Pesca. Investigación de Recursos Bioacuáticos y su Ambiente.
<http://www.inp.gov.ec>
- [51] Swing CK. 2012. Periodontal abscess in a wild Amazon tapir, *Tapirus terrestris*. Avances 4(2):B54-B55.
- [52] Gaunt AS, Oring LW, Able KP, Anderson DW, Baptista LF, Barlow JC y Wingfield JC. 1997. Guidelines to the use of wild birds in research. The Ornithological Council, Wash. DC.
- [53] Kunz TH y Parson S, eds. 2009. Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats, 2nd ed. Johns Hopkins University Press.
- [54] University of North Carolina at Chapel Hill, Institutional Animal Care and Use Committee.
<http://research.unc.edu/offices/iacuc/index.htm> [4]
- [55] Pimentel D. 2005. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. Environment, Development and Sustainability 7:229-252.
- [56] Banks RC. 1979. Human related mortality of birds in the United States. Washington, DC: Special Scientific Report, Wildlife, No. 215, US Fish and Wildlife Service.
- [57] Pickles W. 1942. Animal Mortality on Three Miles of Yorkshire Roads. J. Anim. Ecol. 11(1):37-43.
- [58] Beadnell, C.M. 1937. The Toll of Animal Life Exacted by Modern Civilisation. Proc. Zool. Soc. London A107:173-182.
- [59] Ron SR, Duellman WE, Coloma LA, Bustamante M y Duellman WE. 2003. Population decline of the jambato toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. Journal of Herpetology 37:116-126.

- [60] Churcher PB y Lawton JH. 1987. Predation by domestic cats in an English village. *J Zool* 212:439-455.
- [61] Loss SR, Will T y Marra PP. 2013. The impact of free-ranging domestic cats on wildlife in the United States. *Nature Communication* 4:1396. doi:10.1038/ncomms2380
- [62] Winker K, BA Fall, Klicka JT, Parmalee DF y Tordoff HB. 1991. The importance of avian collections and the need for continued collecting. *Look* 63: 238-246.
- [63] Walsberg GF. 1994. The use of wild birds in research. *Condor* 96:1119-1120.
- [64] Remsen JV. 1993. Emotionalism is the epitaph for enlightenment. *Birding* 25:129-132.
- [65] Erwin TL. 1989. Canopy arthropod biodiversity: a chronology of sampling techniques and results. *Rev. Peru. Entomol.* 32:71-77.
- [66] Erwin TL, Pimienta MC, Murillo OE y Aschero V. 2005. Mapping patterns of β – Diversity of beetles across the Western Amazon Basin: a preliminary case for improving inventory methods and conservation strategies. *Proc. Cal Acad. Sci.* 56:1(7):72-85.
- [67] De Vries T, Buitrón G, Tobar M, Piedrahita P, Iglesias A, Serrano A, Erazo MJ, Ojeda I, Baquero L, y Sánchez P. 2012. Composición, estructura, densidad, y aspectos socio-ecológicos de bandadas mixtas de aves de sotobosque y dosel en una parcela de 100 ha, Parque Nacional Yasuní, Amazonía Ecuatoriana. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas.* XXXIII (1-2): 88-123.
- [68] Terborgh J, Robinson SK, Parker III TA, Munn CA y Pierpont N. 1990. Structure and organization of an Amazonian forest bird community. *Ecol. Monogr.* 60:213-238.
- [69] Funk CW, Almeida-Reinoso DP, Bustamante MR y Nogales-Sornosa F. 2003. Monitoring population trends of *Eleutherodactylus* frogs. *Journal of Herpetology* 37:245-256.
- [70] Loeb SL y Spacie A, eds. 1994. *Biological Monitoring of Aquatic Ecosystems.* Lewis Publishers.
- [71] Pitman NCA, Terborgh J, Silman MR y Núñez P. 1999. Tree species distributions in an upper Amazonian forest. *Ecology* 80:2651-2661.
- [72] Kreft H, Köster N, Küper, W, Nieder J y Barthlott W. 2004. Diversity and biogeography of vascular epiphytes in western Amazonia, Yasuní, Ecuador. *J Biogeog* 31:1463-1476.
- [73] Paul MJ y Meyer JL. 2008. Streams in the Urban Landscape. *Urban Ecology* 207-231.
- [74] Mackay, RJ y Kalff J. 1969. Seasonal Variation in Standing Crop and Species Diversity of Insect Communities in a small Quebec Stream. *Ecology* 50(1):101-109.
- [75] Neill DA y Ulloa Ulloa C. 2003. Nuevas especies y nuevos registros para la flora del Ecuador: 1999-2003. P. 157 en Libro de Resúmenes, IV Congreso Ecuatoriano de Botánica, Edit. Univ. Tec. Part. Loja, Ecuador.
- [76] Neill DA y Ulloa Ulloa C. 2011. Adiciones a la flora del Ecuador: segundo suplemento, 2005-2010. Fundación Jatún Sacha.
- [77] Valencia R, Condit R, Foster RB, Romoleroux K, Villa Muñoz, et al. 2004. Yasuní Forest Dynamics Plot, Ecuador. En Losos EC y Leigh Jr EG, eds. *Tropical forest diversity and dynamism: Fin-*

- dings from a large-scale plot network. University of Chicago Press.
- [78] Constitución Ecuatoriana, Capítulo Sexto, Sección Segunda, Art. 320, 321, 323 y Sección Cuarta, Art. 334).
- [79] Coloma LA. 2010. Cuarenta años de historia del área de vertebrados del QCAZ. Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la PUCE, Nuestra Ciencia, Quito, Ecuador. 12:22–26.
- [80] Barragán AR, Dangles O, Cárdenas RE y Onore G. 2009. The history of entomology in Ecuador. *Annales de la Société Entomologique de France*, 45(4): 410–423.
- [81] Coloma LA, Miranda-Leiva A, Lötters S y Duellman WE. 2007. A taxonomic revision of *Atelopus pachydermus*, and description of two new (extinct?) species of *Atelopus* from Ecuador (Anura: Bufonidae). *Zootaxa* 1557:1–32.
- [82] Thompson DR, Furness RW y Walsh PW. 1992. Historical changes in mercury concentrations in the marine ecosystem of the north and north-east Atlantic Ocean as indicated by seabird feathers. *J Appl. Ecol.* 29:79-84.
- [83] Elliot JE, Bishop CA, y Morrissey CA. 2011. *Wildlife Ecotoxicology: Forensic Approaches, Emerging Topics in Ecotoxicology*. Springer.
- [84] Wright DA y Welbourn P. 2002. *Environmental Toxicology*. Cambridge Univ. Press.
- [85] Fraser B. 2012. *Scientific American*. <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=massive-dolphin-die-off-in-peru-may-remain-a-mystery> [5]
- [86] Nybakken JW y Bertness MD. 2003. *Marine Biology, an ecological approach*, 6th ed. Pearson/Benjamin Cummings.
- [87] Keen AM. 1971. *Sea Shells of Tropical West America: Marine Mollusks from Baja California to Peru*, 2nd ed. Stanford University Press.
- [88] El Comercio. 21 octubre 2009. *La spondylus está en riesgo de extinción*. Redacción Manta.
- [89] Mackensen A. 2011. Comunicación personal. Universidad de Bremen, Instituto Alfred Wegener.
- [90] Parker III TA. 1990. Comunicación personal, Universidad Estatal de Luisiana.
- [91] Remsen JV. Comunicación personal. Universidad Estatal de Luisiana.
- [92] Valle C. Comunicación personal. Universidad San Francisco de Quito.
- [93] Swing CK y Bearez P. 2006. First record of an elephant fish (*Chondrichthyes, Holocephali*) in Ecuadorian water during an ENSO event. *Rev. Biol. Mar. Ocean.* 41(1):107-109.
- [94] Moyle PB y Cech JJ. 2004. *Fishes: an introduction to ichthyology*, 5th ed. Pearson, Prentice Hall.
- [95] Helfman GS, Collette BB y Facey DE. 1997. *The Diversity of Fishes*. Blackwell Science.
- [96] Deichmann JL, Lima AP y Williamson GB. 2010. Effects of Geomorphology and Primary Productivity on Amazonian Leaf Litter Herpetofauna. *Biotropica* 2010:1-8. doi10.1111/j.1744-7429.2010.00683.x
- [97] Mertl AL, Ryder Wilkie KT y Traniello JFA. 2009. Impact of flooding on the species richness, density and composition of Amazonian litter-nesting ants. *Biotropica* 41:633-641.
- [98] Mertl AL. Comunicación personal. Universidad de Boston.

- [99] Ryder Wilkie KT, Mertl AL y Traniello JFA. 2010. Species diversity and distribution patterns of the ants of Amazonian Ecuador. PLoS ONE 5(10):e13146.doi:10.1371/journal.pone.0013146.
- [100] Milner AM y Piorkowski RJ. 2004. Macroinvertebrate assemblages in streams of interior Alaska following alluvial gold mining. River Research and Applications 20:719-731.
- [101] GWSG. 2007. Workshop for Global Red List: Assessments of Groupers. Family Serranidae; subfamily Epinephelinae. Groupers and Wrasses Specialist Group.
- [102] Liversidge R. Collecting capers. Bokmakierie 27:27-28.
- [103] Brown JH y Lomolino MV. 1998. Biogeography, 2nd ed. Sinauer Associates.
- [104] Lack D. 1966. Population studies of birds. Clarendon Press, Oxford.
- [105] Kitchen A, MM Miyamoto y Mulligan CJ. 2008. A three-stage colonization model for the peopling of the Americas. PLoS ONE 3:1-7.
- [106] Norton BG, Hutchins M, Stevens EF y Maple TL, eds. 1995. Ethics on the Ark. Smithsonian.
- [107] Phillips AR. 1974. The need for education and collecting. Bird-Banding 45:24-28.
- [108] Rex K, Kelm DH, Wiesner K, Kunz TH y Voigt CC. 2008. Species richness and structure of three Neotropical bat assemblages. J Linn Soc 94:617-629.
- [109] Lundmark C. 2004. UC-Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology turns 100. The importance of scientific collections, from dinos to DNA. BioScience 54(8):800.
- [110] Encyclopedia of Life. <http://eol.org> [6]
- [111] Lucky A, Erwin TL y Witman JD. 2002. Temporal and spatial diversity and distribution of arboreal Carabidae (Coleoptera) in a Western Amazonian Rain Forest. Biotropica 34(3):376-386.
- [112] Wilson EO 16 May 2011 Comunicación personal. Universidad de Harvard.
- [113] Raven PH y Wilson EO. 1992. A fifty-year plan for biodiversity studies. Science 258:1099-1100.
- [114] Wheeler QD, S Knapp, DW Stevenson, J Stevenson, SD Blum, BM Boom, GG Borisy, JL Buizer, MR De Carvalho, A Cibrian, MJ Donoghue y Doyle V. 2012. Mapping the biosphere: exploring species to understand the origin, organization and sustainability of biodiversity. Systematics and Biodiversity 10(1):1-20.
- [115] Platnick, N. I., y Dupérré N. 2010. The Andean goblin spiders of the new genera *Niarchos* and *Scaphios* (Araneae, Oonopidae). Bulletin of the American Museum of Natural History 345: 120 pp.
- [116] Platnick, N. I., y Dupérré N. 2011. The Andean goblin spiders of the new genus *Scaphidysderina* (Araneae, Oonopidae), with notes on *Dysderina*. American Museum Novitates 3712: 51 pp.
- [117] Swing CK. 2012. Preliminary observations on the natural history of representative treehoppers (Hemiptera, Auchenorrhyncha, Cicadomorpha: Membracidae, Aetalionidae) in the Yasuní Biosphere Reserve, including first reports of 13 genera for Ecuador and the province of Orellana. Avances 4(2):B10-B38.
- [118] Wilson, EO 2009. Preface in RR Dunn. Every living thing. 272pp.

- [119] Ruppert EE y Barnes RD. 1994. Invertebrate Zoology, 6th ed. Saunders College Publishing. 1056pp.
- [120] World Register of Marine Species. <http://www.marinespecies.org> [7]
- [121] PEW Charitable Trusts. <http://www.pewenvironment.org> [8]
- [122] Diamond J. 2005. Collapse: how Societies Choose to Fail or Succeed. Penguin Books.
- [123] Hubbell SP y Foster RB. 1986. Commonness and rarity in a Neotropical forest: implications for tropical tree conservation. In ME Soule (ed.) Conservation biology, the science of scarcity and diversity, pp 205-231. Sinauer Assoc.
- [124] Lee DS y Clark MK. 1993. Notes on post-breeding American Swallow-tailed Kites, *Elanoides forficatus* (Falconiformes: Accipitridae), in north central Florida. *Brimleyana* 19:185-203.
- [125] Parkes KC. 1963. The contribution of museum collections to knowledge of the living bird. *Living Bird* 2:121-130.
- [126] Storer 1988. The need for more museum specimens of colonial waterbirds. *Colonial Waterbirds* 11:123-124.
- [127] Bostwick KS y Prum RO. 2005. Courting bird sings with stridulating wing feathers. *Science* 309:736.
- [128] Alberch P. 1985. Museum collection and the evolutionary study of growth and development. Pp 29-42 en Miller EH, ed. Museum collections: their roles and future in biological research. *British Columbia Prov. Mus. Occ. Pap. No. 25*.
- [129] Daly HV, Doyen JT y Purcell III AH. 1998. Introduction to Insect Biology and Diversity, 2nd ed. Oxford University Press 680pp.
- [130] Coloma LA, Carvajal-Endara S, Dueñas JF, Paredes-Recalde A, Morales-Mite M, Almeida-Reinoso DP, Tapia EE, Hutter CR, Toral E. y Guayasamin JM. 2012. Molecular phylogenetics of stream treefrogs of the *Hyaloscirtus larinyopygion* group (Anura: Hylidae), and description of two new species from Ecuador. *Zootaxa* 3364:1-78.
- [131] Ron SR, Coloma LA, y Cannatella DC. 2005. A new, cryptic species of *Physalaemus* (Anura: Leptodactylidae) from western Ecuador with comments on the call structure of the *P. pustulosus* species group. *Herpetologica* 61(2):178-198.
- [132] Relyea RA. 2002. Local population differences in phenotypic plasticity: predator-induced changes in wood frog tadpoles. *Ecol. Monogr.* 72:77-93.
- [133] Stiles G. 1983. On sightings and specimens. *Auk* 100:225-226.
- [134] Parker III TA y Bailey B, eds. 1991. A biological assessment of the Alto Madi di region and adjacent areas of northwest Bolivia. Washington, DC. Conservation International, Rapid Assessment Working Papers 1.
- [135] Cannatella D. 2009. Comunicación personal. Universidad de Texas Austin.
- [136] Phillips AR. 1975. Semipalmated sandpiper: identifications, migrations, summer and winter ranges. *Amer. Birds* 29:799-806.
- [137] O'Neill JP. 1999. Great Texas Birds. University of Texas Press.
- [138] Duellman WE. 1978. The Biology of an Equatorial Herpetofauna in Amazonian Ecuador. Univ. Kansas Press.
- [139] Ridgely RS y Greenfield PJ. 2001. The Birds of Ecuador. Cornell University Press.

- [140] Borrór DJ y White RE. 1970. A field guide to Insects; America North of Mexico. Houghton Mifflin. 404pp.
- [141] Allen GR y Robertson DR. 1994. Peces del Pacífico Oriental Tropical. Univ. Hawaii Press, CONABIO, Sierra Madre.
- [142] Correoso Rodríguez M. 2008. Los Moluscos Terrestres y Fluviales del Ecuador Continental. La Biodiversidad Desconocida. SIMBIOE, Quito, Ecuador.
- [143] Dangles O y Nowicki F. 2010. Biota Maxima: Ecuador, Land of Biodiversity. Imprenta Mariscal.
- [144] van Ellenrieder N y Garrison RW. 2007. Libélulas de las Yungas (Odonata): una guía de campo para las especies de Argentina. Pensoft, Sofía-Moscú.
- [145] Fitter J, Fitter D y Hosking D. 2000. Safari Guides. Wildlife of the Galapagos. Collins.
- [146] Galvis G, Mojica JI, Duque SR, Castellanos C, Sánchez-Duarte P, Arce M, Gutiérrez A, Jiménez LF, Santos M, Vejarano S, Arbeláez F, Prieto E y Leiva M. 2006. Peces del Medio Amazonas, Región de Leticia. Conservation International, Colombia.
- [147] Godoy C, Miranda X y Nishida K. 2006. Membrácidos de la América Tropical. INBio, Costa Rica.
- [148] Hickman CP y Zimmerman TL. 2000. A field guide to the Crustaceans of Galapagos. Galapagos Marine Life Series. Sugar Spring Press, Lexington, Virginia.
- [149] Humann P y DeLoach N. 2003. Reef Fish Identification: Galapagos, 2nd ed. New World Publications/ Libri Mundi.
- [150] Jiménez Prado P y Béarez P. 2004. Peces marinos del Ecuador continental. Imprenta Mariscal
- [151] Silva X. 2012. Ecología de Mariposas del Ecuador. Imprenta Mariscal. 216pp.
- [152] Swash A y Still R. 2005. Birds, Mammals and Reptiles of the Galapagos Islands, 2nd ed. Christopher Helm A&C Black Publishers, Ltd.
- [153] Valencia JH, Toral E, Morales M, Bétantcourt R y Barahona A. 2008. Guía de campo de reptiles del Ecuador. Fundación Herpetológica Gustavo Orcés, SIMBIOE, Quito, Ecuador.
- [154] Gentry AH. 1993. A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary notes on herbaceous taxa. University of Chicago Press 895pp.
- [155] Hogue C. 1993. Latin American Insects and Entomology. University of California Press.
- [156] Maas PJM y Westra LYT. 1993. Neotropical Plant Families. Koeltz Scientific Books.
MacDonald G 2003. Biogeography: Introduction to Space, Time and Life. John Wiley and Sons, Inc. 518pp.
- [157] Merritt RW y Cummins KW. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company, USA.
- [158] Michener, CD. 2007. The bees of the world, 2nd ed. Johns Hopkins University Press 953pp.
- [159] Swing CK y Ramsey JS. 1989. Una Clave para las Familias de Peces Reportadas de Aguas Dulces Sudamericanas. Occ. Pap. Mus. Nat. Sci. LSU 64:1-73.
- [160] Bollino M y Onore G. 2001. Mariposas del Ecuador, Vol. 10a. Familia: Papilionidae. Museo de Zoología, PUCE, Quito, Ecuador.

- [161] Carvajal V, Villamarin S y Ortega AM. 2011. Escarabajos del Ecuador. Principales géneros. Instituto de Ciencias Biológicas. Escuela Politécnica Nacional. Serie Entomología, No. 1, Quito, Ecuador.
- [162] Oxford P, Bish R y Swing K. 2012. Yasuní, Tiputini: the Web of Life. Imprenta Mariscal, Quito.
- [163] O'Neill JP. Comunicación personal. Universidad Estatal de Luisiana.
- [164] Blake JG, Guerra JF, Mosquera D, Torres R, Loiselle BA y Romo D. 2010. Use of mineral licks by white-bellied spider monkeys (*Ateles belzebuth*) and red howler monkeys (*Alouatta seniculus*) in Eastern Ecuador. *Int J Primat* 31:471-483.
- [165] Woodward CL, Berry PE, Maas-van de Kamer H y Swing K. 2007. *Tiputinia foetida*, a new mycoheterotrophic genus of Thismiaceae from Amazonian Ecuador, and a likely case of deceit pollination. *Taxon* 56(1):1-6.
- [166] Hayman P, Marchant J y Prater T. 1986. Shorebirds: an identification guide to the waders of the world. Christopher Helm. 412pp.
- [167] Canaday C y Jost L. 1997. Common Birds of Amazonian Ecuador. Ediciones Libri Mundi, Quito.
- [168] Waller G, ed. 1996. SeaLife: a complete guide to the marine environment. Smithsonian Institution Press. 504pp.
- [169] Erwin TL y Pearson DL. 2008. A Treatise on the Western Hemisphere Caraboidea (Coleoptera): Their classification, distributions, and ways of life, Volume II, Carabidae – Nebriiformes 2 – Cicindellitae. Pensoft Publishers.
- [170] Encalada, AC, Rieradevall M, Rios-Touma B, Garcia N y Prat N. 2011. Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica y ríos andinos (CERA-s). USFQ, UB, AECID, FONAG, Quito, 83pp. ISBN 978-9942-02734-3.
- [171] Domínguez E y Fernández HR. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucuman, Argentina.
- [172] Gould SJ. 1998. Foreword en Margulis, L and KV Schwartz. Five Kingdoms: an illustrated guide to the phyla of life on Earth. Freeman, US pp520.
- [173] Hoffman RS. 1994. Expanding use of collections for education and research. Pp 51-62 en Rose CL, Williams SL y Gilbert J, eds., Simposio Internacional y Primer Congreso Mundial sobre Preservación y Conservación de Colecciones de Historia Natural. Libro del Congreso, Vol. 3, Madrid.
- [174] DeGraaf RM y Rappole JH. 1995. Neotropical Migratory Birds. Cornell University Press.
- [175] Greenberg R y Marra PP, eds. 2005. Birds of Two Worlds: the Ecology and Evolution of Migration. Johns Hopkins Univ. Press.
- [176] Grant PR. 1999. Ecology and Evolution of Darwin's Finches. Princeton Univ. Press.
- [177] Johnston RF y Selander RK. 1971. Evolution in the House Sparrow II. Adaptive differentiation in North American populations. *Evolution* 25:1-28.
- [178] St. Louis VL y Barlow JC. 1991. Morphometric analysis of introduced and ancestral populations of the Eurasian Tree Sparrow. *Wilson Bull.* 103:1-12.
- [179] Ruokolainen K, Tuomisto H, Vormisto J y Pitman N. 2002. Two biases in estimating range sizes of Amazonian plant

- species. *J Trop Ecol* 18:935-942.
- [180] Emmons LH y Feer F. 1997. Neotropical Rainforest mammals: a field guide, 2nd ed. Univ. Chicago Press. 307pp.
- [181] Stevick P, Aguayao A, Allen J, Avila IC, Capella J, Castro C, Chater K et al. 2004. Migrations of individually identified humpback whales between the Antarctic Peninsula and South America. *J. Cetacean Res. and Management*. 6(43):109-113.
- [182] Baker CS, Flórez-González L, Abernethy B, Rosenbaum HC, Slade RW, Capella J y Bannister JL. 1998. Mitochondrial DNA variation and maternal gene flow among humpback whales on the southern hemisphere. *Marine Mamm. Sci.* 14(4):721-737.
- [183] Baker CS, Perry A, Bannister JL, Weinrich MT, Abernethy RB, Calambokidis J, Lien J et al. 1993. Abundant mitochondrial DNA variation and world-wide population structure in humpback whales. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 90:8239-8243.
- [184] Baker S y Clapham PJ. 2004. Modeling the past and future of whales and whaling. *Trends in Ecology and Evolution* 19(7):365-371.
- [185] Hoelzel R. 1992. Conservation genetics of whales and dolphins. *Molecular Ecology*. 119-125.
- [186] ICBP. 1992. Putting biodiversity on the map: priority areas for global conservation. Cambridge, UK: International Council for Bird Preservation.
- [187] Kress J, Heyer WR, Acevedo P, Coddington JA, Cole D, Erwin TL, Meggers BJ, Pogue MG, Thorington RW, Vari RP, Weitzman MJ y Weitzman SH. 1998. Amazon biodiversity: Assessing conservation priorities with taxonomic data. *Biodiversity and Conservation* 7:1577-1587.
- [188] Tuomisto H, Kalle R y Markku Y. 2003. Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forests. *Science* 299:241-244.
- [189] Tuomisto H, Ruokolainen O, Kalliola R, Linna A, Danjoy W y Rodriguez Z. 1995. Dissecting Amazonian biodiversity. *Science* 269:63-66.
- [190] Wilson EO. 2000. A global biodiversity map. *Science* 289:2279.
- [191] Alonso LE, Deichmann JL, McKenna SA, Naskrecki P y Richards SJ, eds. 2011. Still Counting... Biodiversity Exploration for Conservation; the first 20 years of the Rapid Assessment Program. Conservation International.
- [192] Wolda H. 1983. Spatial and temporal variation in abundance of tropical animals. Pp 25-41 en Sutton SL, Whitmore TC y Chadwick AC (eds.) *Tropical rain forest: ecology and management*. Blackwell Scientific, Oxford.
- [193] Galacatos K, Stewart DJ y Ibarra M. 1996. Fish community patterns of lagoon and associated tributaries in the Ecuadorian Amazon. *Copeia* 875-894.
- [194] Galacatos K, Barriga-Salazar R y Stewart DJ. 2004. Seasonal and habitat influences on fish communities within the lower Yasuní River Basin of the Ecuadorian Amazon. *Environ. Biol. Fishes* 71:33-51.
- [195] Pauly D y Tsukayama I, eds. 1987. The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change. *ICLARM Studies and Reviews* 15, 351pp.
- [196] Schemnitz SD. 1980. Wildlife management techniques manual. The Wildlife Society.
- [197] Llorente-Bousquets JE y Castro-Gerardino DJ. 2002. Colecciones entomológicas en instituciones taxonómicas de

- Iberoamérica: ¿Hacia estrategias para el inventario de la biodiversidad? Capítulo VI en Museos y Colecciones de Historia Natural. RIBES.
- [198] Suárez E, Morales M, Cueva R, Utreras Bucheli V, Zapata-Ríos G, Toral E, Torres J, Prado W y Vargas Olalla J. 2009. Oil industry, wild meat and roads: indirect effects of oil extraction activities in a protected area in north-eastern Ecuador. *Animal Conservation* 1-10.
- [199] Novotny V. 2009. Notebooks from New Guinea: field notes of a tropical biologist. Oxford Univ. Press.
- [200] Mittermeier RA, Robles Gil P y Goettsch Mittermeier C. 1997. Megadiversity: the most biologically rich countries of the world. Conservation International/Quebecor, Canada.
- [201] Fernández F. 2002. Filogenia y sistemática de los himenópteros con aguijón en la Región Neotropical (Hymenoptera: Vespomorpha). Pp. 101–138. En: Costa C, Vanin SA, Lobo JM y A. Melic. (Eds.) Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática. Pribes 2002. Monografías Tercer Milenio. Vol 2, Zaragoza.
- [202] TULAS Artículo 133 del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Libro IV de la Biodiversidad.
- [203] Mares MA. 1991. How scientists can impede the development of their discipline: egocentrism, small pool size, and the evolution of “sapismo”. Pp. 57– 75. En: Mares MA y DJ Schmidly. (Eds). 1991. Latin American Mammalogy: History, biodiversity and Conservation. University of Oklahoma Press, 468 pp.
- [204] Gast, AP. 2012. Why science is better when it's multinational. *Scientific American Forum* May 9, 2012, 2pp. <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=boundary-conditions> [9]
- [205] Svenson G. 2012. Comunicación personal. Cleveland Museum of Natural History.
- [206] San Mauro D y Agorreta A. 2010. Molecular systematics: a synthesis of the common methods and the state of knowledge. *Cellular and Molecular Biology Letters* 15:311-341.
- [207] Mueses-Cisneros JJ, Cisneros-Heredia DF y McDiarmid RW. 2012. A new Amazonian species of *Rhaebo* (Anura: Bufonidae) with comments on *Rhaebo glaberrimus* (Günther, 1869) and *Rhaebo guttatus* (Schneider, 1799). *Zootaxa* 3447:22-40.
- [208] Sakakibara AM. 2004. A new genus and new species of Hyphinoini (Hemiptera, Membracidae, Darninae). *Revista Brasileira de Entomologia* 48(4):509-511.
- [209] Montgelard C, Catzefelis FM y Douzery E. 1997. Phylogenetic relationships of artiodactyls and cetaceans as deduced from the comparison of cytochrome b and 12S rRNA mitochondrial sequences. *Mol. Biol. Evol.* 14(5):550-9.
- [210] Vaijalainen A, N Wahlberg, GR Broad, TL Erwin, JT Longino y Sääksjärvi IE. 2012. Unprecedented ichneumonid parasitoid wasp diversity in tropical forests. *Proc. Roy. Soc. B.* doi: 10.1098/rspb.2012.1664
- [211] Helgen K M, Pinto M, Kays R, Helgen L, Tsuchiya M, Quinn A, Wilson D y Maldonado J. 2013. Taxonomic revision of the olingos (*Bassaricyon*), with description of a new species, the Olinguito. *ZooKeys* 324:1–83.
- [212] Ojala-Barbour R, Pinto M, Brito J, Albuja L, Lee TE y Patterson BD. 2013. A new species of shrew-opossum (Paucituberculata: Caenolestidae) with a phylogeny of extant caenolestids. *Journal of Mammalogy* 94(5):967-982.

- [213] Dias D, Esbérard CEL y Moratelli R. 2013. A new species of *Lonchophylla* (Chiroptera, Phyllostomidae) from the Atlantic Forest of Southeastern Brazil, with comments on *L. bokermanni*. *Zootaxa* 3722(3):347-360.
- [214] Mendes Pontes AR, Gadelha JR, Melo ERA, Bezerra de Sa F, Loss AC, Caldara Jr V, Pires Costa L y Leite YLR. (2013). A new species of porcupine, genus *Coendou* (Rodentia: Erethizontidae) from the Atlantic forest of northeastern Brazil [10]. *Zootaxa* 3636 (3): 421–438.
- [215] Cozzuol MA, Clozato CL, Holanda EC, Rodrigues FHG, Nienow S, De Thoisy B, Redonod RAF y Santos FR. 2013. A new species of tapir from the Amazon [11]. *Journal of Mammalogy* 96(4):1331-1345.
- [216] Trigo TC, Schneider A, de Oliveira TG, Lehugeur LM, Silveira L, Freitas TRO y Eizirik E. 2013. Molecular data reveal complex hybridization and a cryptic species of Neotropical wild cat. *Current Biology*. 23(24):2528-2533.
- [217] Stewart DJ. 2013. Re-description of *Arapaima agassizii* (Valenciennes), a Rare Fish from Brazil (Osteoglossomorpha: Osteoglossidae). *Copeia* 2013(1):38-51.
- [218] Stewart DJ. 2013. A New Species of *Arapaima* (Osteoglossomorpha: Osteoglossidae) from the Solimões River, Amazonas State, Brazil. *Copeia* 2013(3):470-476.
- [219] Hance J. 2013. Bird extravaganza: scientists discover 15 new bird species in the Amazon. <http://news.mongabay.com/2013/0606-hance-15-birds.html> [12]
- [220] Aldred J. 2013. Purring monkey and vegetarian piranha among 400 new Amazon species. <http://www.theguardian.com/environment/2013/oct/23/purring-monkey-vegetarian-piranha-amazon-species> [13]
- [221] Butler RA. 2013. Biggest new animal discoveries of 2013. <http://news.mongabay.com/2013/1223-top-new-species-2013.html?fbfnpg> [14]
- [222] Jarrín-V, P. y Kunz TH. 2008. Taxonomic history of the genus *Anoura* (Chiroptera: Phyllostomidae) with insights into the challenges of morphological species delimitation. *Acta Chiropterologica*, 10, 257–269.
- [223] Cisneros-Heredia DF. Acceso diciembre 2012. <http://www.cisneros-heredia.org> [15]
- [224] Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador. Missouri Botanical Garden. <http://www.mobot.org/mobot/research/ecuador/welcomesp.shtml> [16]
- [225] Piñas-Rubio. Mariposas del Ecuador. web page: <http://www.beaep.ec/index.php/2014-03-06-03-01-41/mariposas-del-ecuador>
- [226] Barriga R. 1992 “1991”. Peces de Agua dulce del Ecuador. *Rev. Politécnica, Biología* No. 3, Vol. XVI (3): 7–88.
- [227] Barriga R. 1994. Peces del Parque Nacional Yasuní. *Rev. Politécnica*, Vol.19 (2):10–41.
- [228] Barriga R. 2012. Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica* 30(3):83-119.
- [229] Centro Jambatu 2011–2012: <http://www.anfibioswebecuador.ec/anfibiosecuador.aspx>
- [230] Torres-Carvajal O. y Salazar-Valenzuela D. (eds).2012. *ReptiliaWebEcuador*. Versión 2012.1. Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica

- del Ecuador.
<http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/reptiles/FichaEspecie.aspx?Id=1777> [17], acceso diciembre 03, 2012.
- [231] Castro I y Phillips A. 1996. A guide to the birds of the Galapagos Islands. Princeton University Press. 144pp.
- [232] Tirira D. 2007. Guía de campo de los mamíferos del Ecuador. Ediciones Murciélago Blanco.
- [233] Tirira D. 2008. Mamíferos de los Bosques Húmedos del Noroccidente de Ecuador. Ediciones Murciélago Blanco. 352pp.
- [234] Tirira DG y Burneo SF, eds. 2012. Investigación y conservación sobre murciélagos en el Ecuador. PUCE, Fundación Mamíferos y Conservación y Asociación Ecuatoriana de Mastozoología. Publicación Especial sobre los mamíferos del Ecuador 9. Quito.
- [235] Coloma LA, Duellman WE, Almendáriz A, Ron SR, Terán-Valdez A y Guayasamin JM. 2010. Five new (extinct?) species of *Atelopus* (Anura: Bufonidae) from Andean Colombia, Ecuador and Peru. *Zootaxa* 2574:1-54.
- [236] Mendelson III JR. 2011. Shifted baselines, forensic taxonomy, and Rabbs' fringe-limbed treefrog: The changing role of biologists in an era of amphibian declines and extinctions. *Herp Rev* 42:21-25.
- [237] Rojas Díaz DA y Nemogá GR. 2010. Institutional misunderstandings about genetic diversity research. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 12(2):9-13.
- [238] Ministerio del Ambiente. 2001. Política y Estrategia Nacional de Biodiversidad del Ecuador 2001-2010. MAG, Ecuador.
- [239] Constitución Ecuatoriana, Capítulo Segundo, Sección Segunda, Artículo 14.
- [240] Fernandez F. 2011. The greatest impediment to the study of biodiversity in Colombia. *Caldasia* 33(2).
<http://www.icn.unal.edu.co/>
- [241] Dunn R. 2010. Every Living Thing: man's obsessive quest to catalog life, from nanobacteria to new monkeys. Harper, Smithsonian Books.